



Universidade de Aveiro

Departamento de Geociências

2015

**Sílvia Vieira Pinto Alves da
Costa Spínola**

Caracterização Térmica de Pedras Naturais



**SÍLVIA VIEIRA PINTO
ALVES DA COSTA
SPÍNOLA**

**CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA DE PEDRAS
NATURAIS**



**SÍLVIA VIEIRA PINTO
ALVES DA COSTA
SPÍNOLA**

**CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA DE PEDRAS
NATURAIS**

Tese apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Geociências, realizada sob a orientação científica do Doutor Fernando Joaquim Tavares da Rocha, Professor Catedrático do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro e do Doutor José Augusto Abreu Peixoto Fernandes, Professor Coordenador do Departamento de Engenharia Geotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Apoio Financeiro do Programa de Formação Avançada de Docentes do Instituto Politécnico do Porto (IPP/P 058/2010).

Dedico este trabalho às pessoas mais importantes da minha vida

Pelo que me ensinaram e transmitiram

Pelo apoio incondicional e incessante

Pelo que sou

Ao **Fernando** (*in memoriam*), Excelente Pai, Companheiro e Amigo agradeço todos os momentos vividos e sonhos concretizados a dois.

À minha *amiga* **Rosário** (*in memoriam*) obrigada pela amizade incondicional e disponibilidade.

De uma forma ou de outra estarão para sempre presentes na minha vida.

Aos **meus Filhos** por serem todos os dias a minha fonte de energia e calor.
Obrigada por me fazerem feliz!

O júri
Presidente

Prof. Doutor Artur Manuel Soares da Silva
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor José António Simões Cortez
Professor Catedrático Aposentado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Prof. Doutor Manuel João Senos Matias
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Fernando Joaquim Tavares da Rocha
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Iuliu Bobus Radu
Professor Associado com agregação da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Prof. Doutor Hélder Iglésias de Oliveira Chaminé
Professor Coordenador com Agregação do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Prof. Doutor Joaquim Eduardo de Sousa Góis
Professor Auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Prof. Doutor José Augusto Abreu Peixoto Fernandes
Professor Coordenador do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Agradecimentos

Ao longo deste trabalho, para além do esforço pessoal e familiar, esconde-se um número muito significativo de contribuições, apoios, incentivos, sugestões, comentários ou críticas vindas de muitas pessoas. A sua importância assume no caso presente uma valia tão preciosa que, sem elas, com toda a certeza, teria sido muito difícil chegar à conclusão deste trabalho, numa das fases mais difíceis da minha vida. Por essa razão, desejo expressar os meus sinceros agradecimentos:

Ao Professor Doutor Fernando Rocha, orientador científico deste trabalho, pela orientação séria e meticulosa, pela crítica construtiva, pela sua sempre pronta ajuda e disponibilidade na partilha de conhecimento e sabedoria e pelos incentivos dados ao longo desta jornada.

Ao Professor Doutor José Augusto Fernandes, coorientador científico deste trabalho, pela orientação séria e meticulosa, pela crítica construtiva, pela disponibilidade de todos os momentos e principalmente pela amizade com que sempre me distinguiu. O seu exemplo de Mestre sábio e Amigo afável, acompanhar-me-á como uma referência pelo resto da minha vida.

À Professora Doutora Matilde Horta e Costa, do Grupo CEGEO do CERENA, do Instituto Superior Técnico de Lisboa, pela amizade e pela partilha de conhecimentos para a determinação da condutividade.

Ao Dr. José Hermenegildo Carvalho pela amizade, disponibilidade e partilha de conhecimentos na área da geologia e cartografia.

Aos Professores Doutores António Correia e Luís Lopes da Universidade de Évora, pela partilha de conhecimentos e pela forma amável como me receberam durante o período de ensaios realizados no Laboratório de Física da Universidade.

Ao Laboratório de análises químicas por Raios X da Universidade de Aveiro, na pessoa da Professora Doutora Cristina Sequeira do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro.

Ao Dr. Casal Moura e Eng^a Cristina Carvalho do LNEG pela partilha de conhecimentos e pronta resposta a questões lançadas no decorrer deste trabalho.

Agradecimentos

Ao Doutor José Feliciano Rodrigues, do Departamento de Engenharia de Minas da FEUP, pela disponibilização das cartas geológicas de África.

Ao Instituto Politécnico do Porto (IPP), na pessoa da Professora Doutora Rosário Gambôa, pela atribuição de uma bolsa de doutoramento ao abrigo do Programa de Formação Avançada de Docentes (IPP/P 058/2010), que muito contribuiu para a concretização deste trabalho.

Ao Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), na pessoa do seu presidente Professor Doutor João Rocha, pelo apoio institucional e financeiro concedido para desenvolver com serenidade a presente investigação.

À direção do Departamento de Engenharia Geotécnica do ISEP, nas pessoas do Professor Doutor José Augusto Fernandes, Professor Doutor António Vega, Professor Doutor Hélder Chaminé e Professor Doutor Carlos Galiza, pelo apoio departamental concedido em todos os momentos, por me mimarem e protegerem.

Ao Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção do ISEP (LGMC), na pessoa do seu diretor, Professor Doutor José Augusto Fernandes, por todas as facilidades concedidas na disponibilização das instalações e equipamentos, onde foi realizada grande parte desta investigação. Aos Mestres Isilda Costa e Rogério Pinheiro, pela dedicação e amizade com que sempre me apoiaram e pela preciosa ajuda na preparação das amostras e ensaios.

Ao Laboratório de Geomecânica, do grupo CEGEO inserido no Centro de Recursos Naturais e Ambiente (CERENA) do Instituto Superior Técnico de Lisboa, onde foram realizados ensaios de condutividade seca.

Ao Departamento de Física do Instituto Superior de Engenharia do Porto pela pronta ajuda e disponibilização dos laboratórios para a execução de ensaios de calor específico.

Ao Laboratório de Física da Universidade de Évora, onde foram realizados os ensaios de condutividade, capacidade térmica volumétrica e difusividade pelo método dinâmico.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção do CICCOPN, na pessoa do Eng.º Adriano Teixeira, pela disponibilização do suporte para a colocação do defletómetro para a realização dos ensaios de dilatação térmica linear.

Ao Laboratório de Cartografia e Geologia Aplicada do ISEP (LABCARGA), na pessoa do seu diretor Professor Doutor Hélder Chaminé pela disponibilidade e apoio concedido. Um agradecimento muito especial ao Professor Doutor José Teixeira pela ajuda na referenciação e composição das imagens da cartografia geológica e vistas aéreas dos locais de exploração. À Liliana pela amizade e boa disposição de todos os dias.

Ao Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), na pessoa do seu Diretor Professor Doutor Mário Machado Leite, pela disponibilidade de equipamentos para a moagem de amostras para o ensaio de Fluorescência de Raios X.

À Mestre Isilda Costa pela ajuda na elaboração de boletins de ensaio.

Ao Mestre Rogério Pinheiro pela sua preciosa ajuda na formatação deste trabalho.

À Dra. Ana Costa pela disponibilidade e simpatia demonstradas.

À Empresa TECNISIS, na pessoa do Engenheiro Carlos Neves, pela disponibilidade e interesse demonstrado na realização do estudo de piso radiante, e pelo fornecimento da mão de obra e materiais necessários para a construção do painel de piso radiante.

Um agradecimento a todas as empresas pela disponibilidade e corte de amostras, nomeadamente: Empresa de Lousas de Valongo, SA; Real Granitos, SA; INCOVECA, Granitos, SA; Cantarias e Mármore Polidos, SA; Eduardo Galvão Jorge & Filhos, SA ; IMOBILCA, Mármore e Granitos, SA.

Aos meus amigos e colegas do Departamento de Geotecnia do ISEP , sem qualquer exceção um agradecimento especial pelo apoio e incentivo constantes neste percurso.

Agradecimentos

Em particular, ao Eng.º José Augusto Fernandes e Eng.º Galiza Carneiro pela amizade e apoio em todos os momentos menos bons. À Eng.ª Elizabete Costa pela companhia agradável e por me ouvir nas alturas mais complicadas. À Dr.ª Manuela Carvalho pelas “nossas” partilhas, ao Eng.º Adriano Teixeira pela sua amizade e mensagens de incentivo.

Aos meus pais Joaquim e Ana, à Avó Necas, à minha família, em especial à Clara e ao Ângelo pelo apoio.

A todos os meus amigos, em especial aqueles que me apoiaram incondicionalmente nos momentos bons e menos bons dos últimos anos: Ana Aguiar e Cândido Aguiar (Dido), Carmem Passos e José Leocádio, Joana Sampaio e António Vega, Cristina Pinto e José Pinto. Temos passado por muita coisa juntos. Obrigada por todo o Vosso apoio. São essenciais na minha vida!

BEM HAJAM!

Palavras-chave

Pedra natural, Condutividade, Piso Radiante, Conforto Térmico, Eficiência Energética

Resumo

As pedras naturais, são um georrecurso precioso, não renovável e de inegável durabilidade confirmada pelos monumentos existentes um pouco por todo o Mundo.

Sendo cada vez mais utilizadas na construção moderna, quer em fachadas dos edifícios quer em pavimentos simples ou associados a novas tecnologias como o piso radiante, é importante saber efetivamente qual o seu comportamento face às variações térmicas que experimentam aquando da sua utilização para aliar o conforto térmico à eficiência energética.

A caracterização física e mecânica das rochas ornamentais é hoje em dia bastante comum, tendo em vista a sua aptidão como material de construção, não se passando o mesmo com a caracterização térmica.

Assim, pretendeu-se com este trabalho como objetivo principal caracterizar termicamente doze pedras naturais e por outro lado avaliar de que forma as suas propriedades físicas, mecânicas e químicas influenciam o seu comportamento térmico.

Numa primeira fase determinaram-se a massa volúmica aparente, a porosidade aberta, a absorção de água e a composição química e, posteriormente foram determinadas as propriedades térmicas tais como o coeficiente de dilatação térmica linear, a condutividade térmica, o calor específico, a capacidade térmica e a difusividade térmica por meio de ensaios de laboratório.

Numa segunda fase foi construído um protótipo de piso radiante para avaliar qual o comportamento térmico de cada uma das pedras naturais em causa, tendo-se recorrido também à termografia por infravermelhos.

Os resultados obtidos foram analisados e efetuaram-se correlações que permitiram seriar em função da sua “qualidade térmica” as pedras em estudo e inferir também o custo que cada uma delas apresenta quando aplicada em piso radiante.

A análise multivariada em componentes principais das variáveis obtidas permitiu evidenciar os pares mais importantes e as correlações existentes entre elas.

Keywords

Natural Stone, Conductivity, Heat Floor, Thermal Comfort, Energy Efficiency

Abstract

Natural stones are a precious, non-renewable and undeniable durability georesource confirmed by the existing monuments all over the world.

Being increasingly used in modern construction, either in buildings façades or either on pavements associated with new technologies like heating floor is really important to know their performance, when experiencing temperature variations during use to combine thermal and energetic efficiency.

Nowadays, the physical and mechanical characterization of natural stone is quite common, regarding their suitability as a construction material, not as much as their thermal characterization.

Thus, this work has as main purpose the thermal characterization of twelve natural stones and secondly to assess how their physical, mechanical and chemical properties can influence their thermal behavior.

In the first stage it is determined the apparent density, open porosity, water absorption and chemical composition and then the thermal properties such as the coefficient of linear thermal expansion, thermal conductivity, specific heat, the heat capacity and thermal diffusivity through laboratory testing were determined.

In a second phase we built a prototype to evaluate which was the thermal behavior of the heating floor of each natural stones in question having also turned to infrared thermography.

The obtained results were analyzed and made correlations which allowed serialize the stones, depending on their "thermal quality", under study and also infer the cost that each of them presents when applied on radiant floor.

Principal Component Analysis of the main variables obtained were highlighted the major pairs and the existing correlations between them.

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	3
1.1.	ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS DO TRABALHO	3
1.2.	ORGANIZAÇÃO DO TEXTO.....	5
2.	O SECTOR DAS PEDRAS NATURAIS	9
2.1.	DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DA PEDRA NATURAL EM PORTUGAL	11
2.2.	ANÁLISE DO SUBSECTOR DAS ROCHAS ORNAMENTAIS.....	15
2.3.	COMÉRCIO EXTERNO	18
2.4.	CARACTERIZAÇÃO DAS PEDRAS NATURAIS PORTUGUESAS.....	21
2.4.1.	MÁRMORES E ROCHAS SIMILARES PORTUGUESAS	21
2.4.1.1.	COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA MÉDIA	23
2.4.1.2.	COMPOSIÇÃO QUÍMICA MÉDIA.....	24
2.4.1.3.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS MÉDIAS	25
2.4.2.	OS GRANITOS E ROCHAS SIMILARES PORTUGUESAS.....	26
2.4.2.1.	COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA MÉDIA.....	27
2.4.2.2.	COMPOSIÇÃO QUÍMICA MÉDIA.....	28
2.4.2.3.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS MÉDIAS	29
2.4.3.	AS ARDÓSIAS PORTUGUESAS	30
2.4.3.1.	COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA MÉDIA.....	30
2.4.3.2.	COMPOSIÇÃO QUÍMICA MÉDIA.....	31
2.4.3.3.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS MÉDIAS	32
3.	ESTADO DA ARTE.....	35
4.	CONCEITOS E FUNDAMENTOS TEÓRICOS	49
4.1.	TERMODINÂMICA	49
4.2.	TEMPERATURA E CALOR.....	50
4.3.	MECANISMOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR.....	50

4.3.1.	TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONDUÇÃO	51
4.3.2.	TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONVECÇÃO	53
4.3.3.	TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RADIAÇÃO	54
4.4.	RADIAÇÃO NO INFRAVERMELHO	55
4.4.1.	LEIS DA RADIAÇÃO	56
4.4.1.1.	LEI DE PLANCK E LEI DE WIEN.....	56
4.4.1.2.	LEI DE STEFAN – BOLTZMANN	57
4.4.1.3.	CORPO NEGRO, REAL E TRANSPARENTE	58
4.5.	EMISSIVIDADE, ABSORÇÃO, REFLEXÃO E TRANSMISSÃO DE CALOR	59
4.5.1.	EMISSIVIDADE	59
4.5.2.	ABSORÇÃO.....	60
4.5.3.	REFLEXÃO	60
4.5.4.	TRANSMISSÃO	61
4.6.	PROPRIEDADES QUE INTERFEREM NO DESEMPENHO TÉRMICO DOS MATERIAIS	62
4.6.1.	MASSA VOLÚMICA.....	62
4.6.2.	POROSIDADE	62
4.6.3.	ABSORÇÃO DE ÁGUA	63
4.6.4.	DILATAÇÃO TÉRMICA.....	63
4.6.5.	COEFICIENTE DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA.....	64
4.6.6.	RESISTÊNCIA TÉRMICA	66
4.6.7.	COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA	67
4.6.8.	CALOR ESPECÍFICO	68
4.6.9.	CAPACIDADE TÉRMICA	69
4.6.10.	CAPACIDADE TÉRMICA VOLUMÉTRICA	70
4.6.11.	DIFUSIVIDADE TÉRMICA	71
4.6.12.	TEMPO DE ARREFECIMENTO	71
4.7.	TERMOGRAFIA OU TECNOLOGIA POR INFRAVERMELHOS	72

4.7.1.	CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS TERMOGRÁFICOS	73
4.7.1.1.	RESOLUÇÃO DA CÂMARA E QUALIDADE DE IMAGEM	74
4.7.1.2.	SENSIBILIDADE TÉRMICA	75
4.7.1.3.	PRECISÃO DA LEITURA	75
4.7.1.4.	FUNÇÕES DA CÂMARA	75
4.7.2.	APLICAÇÕES DA TERMOGRAFIA	76
5.	ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO DAS PEDRAS EM ESTUDO.....	81
5.1.	ROCHAS ÍGNEAS E AFINS	82
5.1.1.	AMARELO VILA REAL/AMARELO REAL	83
5.1.1.1.	LOCALIZAÇÃO	83
5.1.1.2.	ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO	83
5.1.1.3.	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	84
5.1.1.4.	EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES.....	84
5.1.2.	CINZENTO CLARO DE PEDRAS SALGADAS/PEDRAS SALGADAS	85
5.1.2.1.	LOCALIZAÇÃO	85
5.1.2.2.	ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO	85
5.1.2.3.	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	86
5.1.2.4.	EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES.....	86
5.1.3.	CRISTAL AZUL/CRISTAL BRANCO/CRISTAL CINZA.....	87
5.1.3.1.	LOCALIZAÇÃO	87
5.1.3.2.	ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO	87
5.1.3.3.	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	88
5.1.3.4.	EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES.....	88
5.1.4.	ROSA MONÇÃO/CRISTAL ROSA/ROSA DO MINHO	89
5.1.4.1.	LOCALIZAÇÃO	89
5.1.4.2.	ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO	89
5.1.4.3.	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	89

5.1.4.4.	EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES.....	90
5.1.5.	CINZENTO FAVACO/FAVACO.....	90
5.1.5.1.	LOCALIZAÇÃO.....	90
5.1.5.2.	ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO.....	91
5.1.5.3.	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA.....	91
5.1.5.4.	EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES.....	92
5.1.6.	CINZENTO MONCHIQUE/"ST. LOUIS".....	92
5.1.6.1.	LOCALIZAÇÃO.....	92
5.1.6.2.	ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO.....	93
5.1.6.3.	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA.....	93
5.1.6.4.	EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES.....	93
5.1.7.	NEGRO IMPALA.....	94
5.1.7.1.	LOCALIZAÇÃO.....	94
5.1.7.2.	ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO.....	95
5.1.7.3.	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA.....	96
5.1.7.4.	EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES.....	96
5.1.8.	NEGRO ZIMBABWE.....	97
5.1.8.1.	LOCALIZAÇÃO.....	97
5.1.8.2.	ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO.....	98
5.1.8.3.	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA.....	98
5.1.8.4.	EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES.....	99
5.2.	ROCHAS METAMÓRFICAS E AFINS.....	100
5.2.1.	ARDÓSIA DE VALONGO.....	100
5.2.1.1.	LOCALIZAÇÃO.....	100
5.2.1.2.	ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO.....	100
5.2.1.3.	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA.....	101
5.2.1.4.	EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES.....	101

5.2.2.	VERDE DONAI/SERPENTE VERDE	102
5.2.2.1.	LOCALIZAÇÃO	102
5.2.2.2.	ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO	102
5.2.2.3.	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	103
5.2.2.4.	EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES.....	103
5.2.3.	BRANCO ROSADO	104
5.2.3.1.	LOCALIZAÇÃO	104
5.2.3.2.	ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO	104
5.2.3.3.	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	105
5.2.3.4.	EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES.....	105
5.3.	ROCHAS SEDIMENTARES	106
5.3.1.	MOLEANOS MACIO	106
5.3.1.1.	LOCALIZAÇÃO	106
5.3.1.2.	ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO	106
5.3.1.3.	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA	107
5.3.1.4.	EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES.....	107
6.	METODOLOGIAS E TÉCNICAS DE ENSAIO.....	111
6.1.	DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS	111
6.1.1.	DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA APARENTE E POROSIDADE ABERTA	112
6.1.2.	DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA	115
6.1.3.	COMPOSIÇÃO QUÍMICA	116
6.1.3.1.	ANÁLISE QUÍMICA CONVENCIONAL.....	116
6.1.3.2.	ANÁLISE QUÍMICA QUANTITATIVA POR ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X EQUIPAMENTO PORTÁTIL...	117
6.2.	DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS E OUTRAS CORRELACIONADAS	121
6.2.1.	DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR.....	121
6.2.2.	CONDUTIVIDADE TÉRMICA	124

6.2.2.1.	TRANSMISSÃO DE CALOR POR VIA SECA (CONDUTIVIDADE SECA)	124
6.2.2.2.	TRANSMISSÃO DE CALOR POR VIA HÚMIDA (CONDUTIVIDADE SATURADA).....	126
6.2.3.	MEDIÇÃO SIMULTÂNEA DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA, DIFUSIVIDADE E CAPACIDADE TÉRMICA.....	127
6.2.4.	ENSAIO DE DISSIPACÃO (TRANSFERÊNCIA) DE CALOR EM MEIO AQUOSO	129
6.2.5.	DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO	130
6.3.	TERMOGRAFIA.....	133
6.3.1.	ENSAIO DE DISSIPACÃO DE CALOR COM RECURSO À TERMOGRAFIA.....	133
7.	CASO DE ESTUDO – PISO RADIANTE	139
7.1.	INTRODUÇÃO.....	139
7.2.	TIPOS DE PISO RADIANTE.....	140
7.2.1.	PISO RADIANTE HIDRÁULICO.....	140
7.2.2.	CABO RADIANTE	141
7.2.3.	TELA RADIANTE	142
7.2.4.	FILME RADIANTE.....	143
7.2.5.	TELA RADIANTE ULTRAFINA COM COBERTURA DE ALUMÍNIO PARA LAMINADOS (FOLHA RADIANTE DE ALUMÍNIO)	145
7.3.	CONSTRUÇÃO DO PAINEL DE TELA RADIANTE – UMA APLICAÇÃO PRÁTICA	145
7.4.	MEDIÇÃO DAS TEMPERATURAS SUPERFICIAIS E INTERIORES	148
7.4.1.	NO AQUECIMENTO	149
7.4.2.	NO ARREFECIMENTO	150
8.	ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS	161
8.1.	MASSA VOLÚMICA APARENTE	162
8.2.	POROSIDADE ABERTA.....	163
8.3.	ABSORÇÃO DE ÁGUA.....	164
8.4.	ANÁLISE MINERALÓGICA	166
8.5.	ANÁLISE QUÍMICA.....	167
8.5.1.	ANÁLISE QUÍMICA CONVENCIONAL.....	167

8.5.2.	ANÁLISE QUÍMICA QUANTIFICADA POR ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X (EQUIPAMENTO PORTÁTIL)..	167
8.6.	DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR.....	169
8.7.	TRANSMISSÃO DE CALOR POR VIA SECA (CONDUTIVIDADE SECA)	170
8.8.	TRANSMISSÃO DE CALOR POR VIA HÚMIDA (CONDUTIVIDADE SATURADA)	172
8.9.	CONDUTIVIDADE TÉRMICA, DIFUSIVIDADE E CAPACIDADE TÉRMICA (ISOMET 2014)	178
8.10.	DISSIPACÃO (TRANSFERÊNCIA) DE CALOR EM MEIO AQUOSO.....	183
8.11.	CALOR ESPECÍFICO	185
8.12.	ANÁLISE DAS VARIÁVEIS TÉRMICAS A PARTIR DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS (CALCULADAS ANALITICAMENTE).....	186
8.13.	DISSIPACÃO DE CALOR COM RECURSO À TERMOGRAFIA.....	188
9.	ANÁLISE EM COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP).....	199
9.1.	VARIÁVEIS RELATIVAS ÀS PROPRIEDADES FÍSICAS E TÉRMICAS	203
9.2.	VARIÁVEIS RELATIVAS À COMPOSIÇÃO QUÍMICA.....	203
9.3.	HISTOGRAMAS RELATIVOS ÀS VARIÁVEIS FÍSICAS E TÉRMICAS	204
9.4.	HISTOGRAMAS RELACIONADOS COM A COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS.....	205
9.5.	ANÁLISE EM COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP)	206
10.	CONCLUSÕES.....	217
11.	BIBLIOGRAFIA	225
12.	ANEXOS.....	239

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Centros produtores de granitos e rochas similares (IGM, 1997).....	12
Figura 2 - Centros produtores de mármore e rochas similares (IGM, 1997).	13
Figura 3 - Centros produtores de ardósias e xistos (adaptado de IGM, 1997).....	14
Figura 4 - Estrutura das entradas e saídas por grupo de rocha ornamental (em ton e euros), (DGEG, 2012).20	
Figura 5 - Condutividade térmica das principais classes minerais segundo Kobranova (Figueiredo, 2006). ..	38
Figura 6 - Intervalos de variação da condutividade térmica para os principais tipos de rochas (Figueiredo, 2006).....	41
Figura 7 - Representação esquemática dos fenómenos de transferência de calor através de uma parede. (http://www.michelena.com.br/imagens/transmissao.jpg , 2010)	51
Figura 8 - Transferência de calor através de uma parede. (http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=248&Itemid=422 , 2013).....	52
Figura 9 - Fluxo de calor por convecção forçada ao longo de uma parede.....	53
Figura 10 - Fenómeno de convecção de um fluido (ar) através de uma parede (DEFI/ISEP, 2008).....	54
Figura 11 - Espectro electromagnético e divisão da faixa do Infravermelho. (http://www.infratherm.net.br/termografia , 2013).....	56
Figura 12 - Relação da distribuição espectral da radiação térmica com a temperatura. (http://s3.amazonaws.com/magoo/ABAAAAIccAD-1.jpg).....	57
Figura 13 - Representação dos fenómenos de absorção, reflexão e transmissão num corpo negro, opaco e transparente (adaptado de Mendonça, 2005b).....	61
Figura 14 - Fluxo de calor numa parede de condutividade K (DEFI/ISEP, 2008).	64
Figura 15 - Esquema do processamento de uma imagem termográfica (FLIR Systems Inc., 2012).	73
Figura 16 - a) Imagem obtida com câmara fotográfica; b) A mesma imagem obtida com câmara termográfica onde é visível a perda de calor pela porta (http://www.slideshare.net/engenheiro/termografia-edificios , 2013).....	73
Figura 17 - Termómetro de infravermelhos (http://www.fluke.com/fluke/ptpt/Products/category.htm?Category=INFTHE&Parent=THETOP , 2013).	73
Figura 18 - Câmaras termográficas utilizadas na inspeção de edifícios (FLIR Systems Inc., 2012).....	74
Figura 19 – Imagem térmica de diferente resolução: a) 640x480 pixels; b)320x240 pixels (FLIR Systems Inc., 2011).....	75

Figura 20 - Combinação de imagens que permite a pormenorização (FLIR Systems Inc., 2011).....	76
Figura 21 - Comunicação por wireless (FLIR Systems Inc., 2012).....	76
Figura 22 – Utilização na medicina: a) Artrite reumatóide; b) Pé diabético; c) Infeção dentária; d) Cancro de mama. (Medical Infrared <i>in</i> Sousa,2010).....	77
Figura 23 - Utilização da termografia na medicina veterinária (Ipac <i>in</i> Sousa, 2010).....	77
Figura 24 - Aplicações em diferentes indústrias e fins militares (Sousa, 2010).	78
Figura 25 – Aplicações em edifícios (FLIR Systems Inc., 2009).....	78
Figura 26 – Localização das extrações das pedras portuguesas em estudo.	82
Figura 27 - Extrato da carta geológica de Portugal, Folha 2, Escala 1:200 000, com a localização da fácies em estudo, (Pereira <i>et al.</i> , 2006).	83
Figura 28 - Vista aérea de um dos locais de extração próximo de Vila Real (Google Earth, 2013).....	84
Figura 29 - Extrato da carta geológica de Portugal , Folha 2, Escala 1:200 000, (Pereira <i>et al.</i> , 2006).	85
Figura 30 - Vista aérea do maciço em exploração na zona de Pedras Salgadas (Google Earth, 2013).	86
Figura 31 - Extrato da carta geológica, Folha 9-B, (Guimarães), Escala 1:50 000, (Montenegro de Andrade <i>et al.</i> , 1986).	87
Figura 32 - Vista aérea do local de extração, situado em Guimarães, lugar de Costa (Google Earth, 2013)...	88
Figura 33 - Extrato da carta geológica de Portugal, Folha 1, Escala de 1:200 000. (Pereira <i>et al.</i> , 1992)	89
Figura 34 - Vista aérea de pedreiras existentes no Maciço de Monção (Google Earth, 2013).	90
Figura 35 - Extrato da carta geológica de Portugal, Folha 33-C (Campo Maior), Escala 1:50 000 (Gonçalves <i>et al.</i> , 1972).	91
Figura 36 - Vista aérea de pedreiras existentes no maciço em Campo Maior, Portalegre, (Google Earth, 2013).	92
Figura 37 - Extrato da carta geológica de Portugal, Folha 7, Escala de 1:200 000 (Oliveira <i>et al.</i> , 1984).	93
Figura 38 - Vista aérea do local de exploração, sito na Serra de Monchique (Google Earth, 2013).	94
Figura 39 - Mapa geológico simplificado da província de Bushveld, que inclui o conjunto de rochas magmáticas bandadas de onde se extrai o Negro Impala (Kinnaird, 2005).....	95
Figura 40 - Extrato da carta geológica internacional de África, Folha 5, Escala 1:5 000 000 (UNESCO, 1986).	96
Figura 41 - Vista aérea de uma pedreira de extração de Negro Impala na zona de Rustenburg (Google Earth, 2013).	97
Figura 42 - Extrato da carta geológica internacional de África, Folha 6, Escala 1:5 000 000 (UNESCO, 1990).	98
Figura 43 - Vista aérea de zona de extração de Negro Zimbabwe em Mashonoland (Google Earth, 2013). ...	99

Figura 44 - Aspecto de uma pedreira de Negro Zimbabwe. (http://www.stonetectrading.com/images/photos/zimbabweblack%20quarry.jpg , 2013).....	100
Figura 45 - Extrato da carta geológica de Portugal, Folha 9-D, (Campo – Valongo), com local de extração, Escala 1:50 000 (Medeiros <i>et al.</i> ,1980).	101
Figura 46 - Vista aérea da exploração a céu aberto, situada em Campo – Valongo (Google Earth, 2013)...	102
Figura 47 - Extrato da carta geológica de Portugal, Folha 2, Escala 1:200 000 (Pereira <i>et al.</i> , 2006).	103
Figura 48 - Vista aérea de explorações em Donai (Google Earth, 2013).	104
Figura 49 – Extrato da carta geológica do anticlinal de Estremoz, Escala 1:25 000 (Carvalho, 2008).....	105
Figura 50 - Vista aérea da zona de Estremoz e zonas de exploração (Google Earth, 2013).....	106
Figura 51 - Extrato da carta geológica de Portugal, Folha 26-B, Alcobaça, Escala 1:50 000 (França <i>et al.</i> , 1963).....	107
Figura 52 - Vista aérea da zona de Moleanos com várias explorações (Google Earth, 2013).	108
Figura 53 – Equipamento para determinação da massa volúmica aparente e porosidade aberta.....	114
Figura 54 – Balança com sistema de pesagem hidrostática	114
Figura 55 - Equipamento para determinação da absorção de água (Banho Maria).....	116
Figura 56 - Equipamento de ensaio AXIOS (http://www.panalytical.com , 2014).	117
Figura 57 - Analisador por fluorescência de Raios X (XRF) NITON XL3t 900 (NITON, 2011).....	117
Figura 58 – Princípio de funcionamento do equipamento de análise química quantitativa de fluorescência de Raios X. (adaptado de Queirós, 2011).	118
Figura 59 - Tabela periódica com os elementos químicos detetáveis pelo equipamento de fluorescência de Raios X, NITON XL3 (900), assinalados a vermelho.	119
Figura 60 - Ensaio in situ com analisador FRX. (http://www.burgex.com/services/ore-sampling/ , 2014) ...	120
Figura 61 - a) Amostras moídas no LNEG . b) Copos de amostra para ensaio de fluorescência de Raios X em laboratório.....	120
Figura 62 - a) Câmara onde é introduzida a cápsula para ensaio. b) Ensaio em laboratório com display digital do analisador de metais Niton XL 3t 900.....	121
Figura 63 - Provetes do granito cinzento Pedras Salgadas para ensaio com rebites e respetivo material de referência.	122
Figura 64 - a) Estufa com os provetes de ensaio; b) Defletómetro.	123
Figura 65 - Execução das medições com o defletómetro.....	123
Figura 66 - Representação esquemática do ensaio para determinação da condutividade (calor seco).	125

Figura 67 - a) Equipamento de ensaio por via húmida; b) Layout do software utilizado.	126
Figura 68 - Imagem do equipamento <i>ISOMET</i> 2014.	128
Figura 69 - Posição da sonda para as 5 medições efetuadas em cada provete.	128
Figura 70 - a) Termómetro digital e sonda PT de contacto; b) Provete em ensaio.	130
Figura 71 - Equipamentos de ensaio: 1- Estufa; 2 – Ebulidor e fonte de calor; 3 – Calorímetro.	131
Figura 72 - Provetes de calcário e ardósia para determinação do poder calorífico.	131
Figura 73 - Câmara FLYR , Série A, modelo 320 (FLIR, 2009 b).	133
Figura 74 - Display do software.	134
Figura 75 - Esquema do ensaio de termografia (Santos, 2006).	135
Figura 76 - Distância de filmagem durante o ensaio. (adaptado de http://download.fluke.com/OnlineTools/FOV_calc.htm , 2013)	135
Figura 77 - Procedimento do ensaio. 1 e 2- Colocação do provete aquecido na estufa-caixa na posição de leitura; 3- Colocação da placa de acrílico; 4 - Rocha dentro da estufa-caixa; 5 e 6 - Posicionamento do cavalete e da câmara à distância de filmagem.	136
Figura 78 - Comparação entre os vários sistemas de aquecimento convencionais e o piso radiante. (http://www.emporioluxo.com.br/imgdesc/1.jpg , 2013)	140
Figura 79 - a) Piso radiante hidráulico; b) Ligações necessárias (http://biohome.pt/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=91%3A piso-radiante&catid=42%3Aem-detalle&Itemid=68&lang=es , 2014).	141
Figura 80 - Cabo radiante (http://www.pisoradiante.com.pt/catalogos/TLBE-mod2.pdf , 2014).	142
Figura 81 - Esquema de aplicação de cabo radiante. (adaptado de http://www.pisoradiante.com.pt/catalogos/TBLE-mod3.pdf , 2014).	142
Figura 82 – Tela radiante.	143
Figura 83 – Esquema da aplicação de tela radiante.	143
Figura 84 - a) Filme radiante. (http://www.pisoradiante.com.pt/catalogos/Folheto_Filme_HF_FLOOR_UK.pdf , 2014); b) Colocação de filme radiante com pavimento flutuante, por cima de mosaicos de cerâmica pré-existentes (Neves, 2011).	144
Figura 85 - Esquema de montagem do filme radiante. (adaptado de http://www.pisoradiante.com.pt/catalogos/Folheto_Filme_HF_FLOOR_UK.pdf , 2014)	144
Figura 86 - Tela ultrafina de alumínio.	145

Figura 87 - a) Caixote de madeira realizado para montar piso radiante; b) Colocação de Isolante reflector para receber a camada de argamassa.....	146
Figura 88 - Colocação da tela radiante: a) Corte da tela; b) Justaposição da tela.....	146
Figura 89 - a) Colocação da camada de argamassa por cima da tela; b) Aspecto da superfície devidamente regularizada.....	147
Figura 90 - Controlo da temperatura: a) Pormenor do tubo para colocação do termostato; b) Momento da sua colocação.	147
Figura 91 - Termostato utilizado, I - Warmer 720 da Tecnis. http://www.pisoradiante.com.pt/catalogos/Folheto_Filme_HF_FLOOR_UK.pdf , 2014)	147
Figura 92 - Pormenor das pedras naturais: a) Com os termopares; b) Datataker.....	148
Figura 93 - Aspecto do interior da casa térmica e esquema dos termopares.....	149
Figura 94 - Variação da temperatura superficial e gradiente de temperatura no ensaio de piso radiante. .	154
Figura 95 - Planta de apartamento T4, utilizado no cálculo de custos de piso radiante.....	156
Figura 96 - Variação da temperatura nas faces das pedras em estudo, durante o ensaio de determinação da condutividade seca.....	171
Figura 97 - Ensaio de transferência de calor em meio aquoso.....	184
Figura 98 - Imagens termográficas obtidas para o Amarelo Vila Real, Cinzento Pedras Salgadas e Cristal Azul (20 minutos e 8 horas).....	189
Figura 99 - Imagens termográficas obtidas para o Rosa Monção, Cinzento Favaco e Cinzento Monchique (20 minutos e 8 horas).....	190
Figura 100 - Imagens termográficas obtidas para o Negro Impala, Negro Zimbabwe e Ardósia de Valongo (20 minutos e 8 horas).....	191
Figura 101 - Imagens termográficas obtidas para o Verde Donai, Branco Rosado e Moleanos (20 minutos e 8 horas).....	192
Figura 102 - Histogramas relativos às variáveis físicas e térmicas das amostras.	204
Figura 103 - Histogramas relacionadas com a composição química das amostras.....	205
Figura 104 - Projeções nos planos fatoriais 1 e 2 - a) Das variáveis; b) Das amostras.	211
Figura 105 - Projeções nos planos fatoriais 1 e 3 - a) Das variáveis; b) Das amostras.	211
Figura 106 - Projeções nos planos fatoriais 1 e 4 - a) Das variáveis; b) Das amostras.	212
Figura 107 - Projeções nos planos fatoriais 1 e 5: a) Das variáveis; b) Das amostras.	212
Figura 108 - Projeção conjunta das variáveis e amostras.....	213

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de Rochas Ornamentais (INETI, 2001).....	10
Tabela 2 - Produção de rochas ornamentais por substância de 2003 a 2011 (adaptado de DGEG, 2013).	17
Tabela 3 - Entradas de rocha ornamental (DGEG, 2011).....	18
Tabela 4 - Saídas de rocha ornamental (DGEG, 2011).....	19
Tabela 5 - Composição mineralógica média dos mármore das principais regiões de Portugal (Moura <i>et al.</i> , 2007).....	24
Tabela 6 - Composição química média dos mármore e calcários portugueses (adaptado de Moura <i>et al.</i> , 2007).....	25
Tabela 7 - Caracterização física e mecânica dos mármore e calcários ornamentais portugueses (adaptado Moura <i>et al.</i> , 2007).	26
Tabela 8 - Composição mineralógica média de rochas ígneas ornamentais portuguesas. (adaptado de Moura <i>et al.</i> , 2000).	28
Tabela 9 - Composição química média dos granitos e rochas similares (adaptado de Moura <i>et al.</i> , 2000). ..	29
Tabela 10 - Características físicas e mecânicas dos granitos e rochas similares (adaptado de Moura <i>et al.</i> , 2000).....	29
Tabela 11 - Composição mineralógica das ardósias e xistos ornamentais portugueses. (adaptado de (http://www.rop.ineti.pt)).....	31
Tabela 12 - Composição química das ardósias e xistos portugueses. (adaptado de http://www.rop.ineti.pt/rop/?&lg=pt , 2013)	31
Tabela 13 - Características físicas e mecânicas médias das ardósias e xistos portugueses. (adaptado de http://www.rop.ineti.pt/rop/?&lg=pt ,2013)	32
Tabela 14 - Intervalo de variação das características físicas e mecânicas das ardósias e xistos portugueses.	32
Tabela 15 - Condutividade térmica dos elementos químicos mais frequentes das rochas ornamentais. (adaptado de Figueiredo, 2006)	36
Tabela 16 - Valores da condutividade térmica (W/m °C) de minerais segundo vários autores.....	37
Tabela 17 - Valores médios de condutividade térmica (W/m °C) de várias rochas (Côté <i>et al.</i> , 2005).....	45
Tabela 18 - Valores de emissividade para diferentes materiais (adaptado de Mendonça, 2005b).	59
Tabela 19 – Valores de massa volúmica aparente de alguns materiais de construção (adaptado Mendonça, 2005b).	62
Tabela 20 - Valores de condutividade térmica para materiais de construção. (Pedras e Gessos).....	65

Tabela 21 - Valores de condutividade térmica para materiais de construção. (Isolantes).....	66
Tabela 22 - Valores de condutividade térmica materiais de construção. (Madeiras e Derivados, Metais).....	66
Tabela 23 - Valores de calor específico de rochas (J/Kg °C).....	68
Tabela 24 - Valores de calor específico de alguns materiais de construção.....	69
Tabela 25 - Identificação dos provetes de ensaio.....	112
Tabela 26 - Canais utilizados e correspondência para cada pedra natural no piso radiante.....	149
Tabela 27 - Resultados do teste de piso radiante para aquecimento ligado.....	151
Tabela 28 - Resultados do teste de piso radiante para aquecimento desligado.....	152
Tabela 29 - Cálculos de tela radiante em função da área considerada para cada divisão.....	157
Tabela 30 - Cálculo do custo da utilização de cada material estudado.....	158
Tabela 31 - Número de provetes ensaiados.....	161
Tabela 32 - Valores de ensaio de massa volúmica aparente para as pedras naturais estudadas.....	162
Tabela 33 - Valores de ensaio de porosidade aberta para as pedras naturais estudadas.....	163
Tabela 34 - Valores de ensaio de absorção de água para as pedras naturais estudadas.....	164
Tabela 35 - Resumo dos valores de ensaio obtidos para as pedras estudadas.....	165
Tabela 36 - Composição mineralógica das pedras em estudo (http://www.rop.ineti.pt/rop/?&lg=pt , 2013), (NCOVECA,2014a, 2014b).....	166
Tabela 37 - Composição química das pedras naturais em estudo (%), determinada na Universidade de Aveiro.....	167
Tabela 38 - Análise química quantitativa por Espectrometria de Fluorescência de Raios X em (%).	168
Tabela 39 - Valores do coeficiente de dilatação térmica obtidos e tabelados pelo LNEG.....	170
Tabela 40 - Valores da condutividade térmica (via seca) das pedras naturais estudadas.....	172
Tabela 41 - Variáveis utilizadas no cálculo da transmissão de calor por via húmida.....	177
Tabela 42 - Valores da condutividade térmica (via seca) e condutividade saturada.....	178
Tabela 43 - Valores médios de condutividade, capacidade térmica e difusividade obtidos para cada uma das pedras naturais.....	178
Tabela 44 - Valores médios de calor específico obtidos nos ensaios e comparação com valores bibliografia.....	185
Tabela 45 - Variáveis térmicas calculadas a partir dos valores da densidade, condutividade e calor específico obtidos nos ensaios.....	186

Tabela 46 - Escala de valores para os parâmetros térmicos.	196
Tabela 47 - Sieriação das pedras naturais estudadas com base nas suas características térmicas.	196
Tabela 48 - Propriedades físicas e térmicas das amostras.	202
Tabela 49 - Composição química das amostras (dados em %).	202
Tabela 50 - Composição mineralógica das amostras (dados em %).	202
Tabela 51 - Estatísticos básicos referentes às propriedades físicas e térmicas das amostras estudadas.	203
Tabela 52 - Estatísticos básicos referentes à composição química das amostras estudadas.	204
Tabela 53 – Matriz de correlações de Pearson.....	207
Tabela 54 - Análise em Componentes Principais.....	209
Tabela 55 - Coordenadas das variáveis.	209

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Correlação entre densidade e condutividade térmica. (adaptado de Yaser <i>et al.</i> , 2008)	43
Equação 2 - Correlação entre a resistência à compressão uniaxial e a condutividade térmica. (adaptado de Yaser <i>et al.</i> , 2008).....	43
Equação 3 - Correlação entre a porosidade e a condutividade térmica. (adaptado de Yaser <i>et al.</i> 2008)	43
Equação 4 - Correlação entre as ondas P e a condutividade térmica. (adaptado de Yaser <i>et al.</i> 2008)	43
Equação 5 - Transferência de calor por condução (Lei de Fourier - adaptado de Çengel & Boles, 2006).....	51
Equação 6 - Fluxo de calor por convecção. (adaptado de Çengel & Boles, 2006).....	54
Equação 7 - Lei de Wien. (FLIR, 2007)	57
Equação 8 - Lei de Stefan - Boltzmann. (adaptado de Çengel & Boles, 2006).....	57
Equação 9 - Quantidade de calor emitido. (adaptado de Çengel & Boles, 2006)	58
Equação 10 - Coeficientes numéricos da energia absorvida, transmitida e refletida (Lei de de Kirshoff) (adaptado de Mendonça, 2005b).....	59
Equação 11 - Quantidade de calor absorvido (Lei Kirschhoff). (adaptado de Çengel & Boles, 2006)	60
Equação 12 - Quantidade de calor refletido. (adaptado de Çengel & Boles, 2006).....	60
Equação 13 - Coeficientes numéricos da energia absorvida, transmitida e refletida (Lei de kirshoff).	61
Equação 14 - Coeficiente de dilatação térmica linear. (Pinto <i>et al.</i> , 2006)	63
Equação 15 - Coeficiente de condutividade térmica. (DEFI/ISEP, 2008).....	64
Equação 16 - Resistência térmica. (adaptado de Silva, 2007)	66
Equação 17 - Coeficiente de transmissão térmica. (adaptado de Silva, 2007).....	67
Equação 18 - Calor específico. (adaptado de Silva, 2007)	68
Equação 19 – Capacidade térmica (adaptado de Silva, 2007).....	69
Equação 20 - Capacidade térmica (quantidade de calor absorvido). (adaptado de Silva, 2007)	70
Equação 21 - Capacidade térmica volumétrica. (Silva, 2010).....	70
Equação 22 - Difusividade térmica. (adaptado de Silva, 2007 e Silva, 2010)	71
Equação 23 - Arrefecimento. (adaptado de Silva, 2007).....	71
Equação 24 - Massa volúmica aparente. (NP EN 1936, 2006).....	113
Equação 25 - Porosidade aberta. (NP EN 1936, 2006)	114
Equação 26 - Absorção de água à pressão atmosférica. (NP EN 13755, 2008)	116

Equação 27 - Coeficiente de dilatação térmica linear. (NP EN 14581, 2007)	123
Equação 28 - Fluxo de calor. (adaptado de Silva <i>et al.</i> , 2008).....	125
Equação 29 - Constante do calorímetro. (DEFI/ISEP, 2011).....	132
Equação 30 - Calor específico. (DEFI/ISEP, 2011).....	132
Equação 31 - Matriz transformada. (Sousa, 1988).....	200
Equação 32 - Relações de transição. (Sousa, 1988)	201
Equação 33 - Relações de transição. (Sousa, 1988)	201
Equação 34 - Elemento genérico da matriz de inércia. (Sousa, 1988).....	201

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução da produção de rochas ornamentais (dados obtidos da DGEG, DGGM, LNEG, 2013)... ..	16
Gráfico 2 - Evolução do valor da produção de rochas ornamentais (dados obtidos da DGEG, DGGM, LNEG, 2013).....	16
Gráfico 3 - Percentagens das entradas de, mármore e calcários, a partir de países da UE e outros.	20
Gráfico 4 - Percentagens das entradas, de granitos e rochas similares, a partir de países da UE e outros. ...	21
Gráfico 5 - Percentagens das saídas, de granitos e similares, para países da UE e outros.	21
Gráfico 6 - Percentagens das saídas de mármore e calcários, a partir de de países da UE e outros.....	21
Gráfico 7 - Custo para 24 horas de aquecimento para um T4 para as pedras em estudo, a madeira e a cerâmica.....	158
Gráfico 8 - Tendência da variação da absorção de água com a porosidade aparente.....	165
Gráfico 9 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para o Amarelo Vila Real.....	173
Gráfico 10 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para o Cinzento Pedras Salgadas.....	173
Gráfico 11 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para o Cristal Azul.....	174
Gráfico 12 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para o Rosa Monção.....	174
Gráfico 13 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para o Cinzento Favaco.....	174
Gráfico 14 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para o Cinzento Monchique.....	175
Gráfico 15 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para o Negro Impala.....	175
Gráfico 16 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para o Negro Zimbabwe.....	175
Gráfico 17 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para a Ardósia de Valongo.....	176
Gráfico 18 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para o Verde Donai.....	176

Gráfico 19 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para o Branco Rosado.	176
Gráfico 20 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para o Moleanos.	177
Gráfico 21 - Comparação entre os valores da condutividade térmica e da capacidade.....	179
Gráfico 22 - Correlação entre a K_{ISOMET} e a capacidade térmica com exclusão das.....	180
Gráfico 23 – Correlação entre os valores da capacidade térmica volumétrica.....	181
Gráfico 24 - Variação dos valores da condutividade térmica e da difusividade térmica pelo	181
Gráfico 25 - Comparação dos valores obtidos da condutividade pelos dois métodos ensaiados.	182
Gráfico 26 - Correlação entre os valores da condutividade térmica e do coeficiente	187
Gráfico 27 - Correlação entre os valores do coeficiente de transmissão térmica e o	187
Gráfico 28 - Coeficiente de transmissão térmica versus difusividade térmica.	188
Gráfico 29 - Evolução das temperaturas no Ponto 1 do ensaio de termografia.	193
Gráfico 30 e Gráfico 31 - Decréscimo de temperatura durante o ensaio de termografia para o Amarelo Vila Real	193
Gráfico 32 e Gráfico 33 - Decréscimo de temperatura durante o ensaio de termografia para o Cristal Azul194	
Gráfico 34 e Gráfico 35 - Decréscimo de temperatura durante o ensaio de termografia para o Cinzento Favaco	194
Gráfico 36 e Gráfico 37 - Decréscimo de temperatura durante o ensaio de termografia para o Negro Impala	194
Gráfico 38 e Gráfico 39- Decréscimo de temperatura durante o ensaio de termografia para o Verde Donai	195
Gráfico 40 e Gráfico 41- Decréscimo de temperatura durante o ensaio de termografia para o Branco Rosado	195

SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

A – área

A_b – Absorção de água

A_{ref} – Tempo de arrefecimento

C – calor específico

c' – calor específico da água

C1, C2 – Mosaicos de cerâmica 1 e 2

C_t – Capacidade térmica (massa térmica)

C_p – Capacidade térmica volumétrica

D – Difusividade térmica

E – constante do calorímetro

H – altura

h – coeficiente de transferência de calor por convecção

K – coeficiente de condutividade térmica

K/L/M – camadas eletrónicas mais internas de um eletrão

L – espessura

\ln – logaritmo

ℓ_p – comprimento inicial do provete

ℓ_p – comprimento inicial do provete

$\ell_{s_{20}}$ – comprimento do provete a 20°C

$\ell_{s_{80}}$ – comprimento do provete a 80°C

m – massa

m'_{1} – massa de água introduzida no calorímetro

m_1 – massa de água inicial

M1, M2 – laminado de madeira 1 e 2

m_2 – massa de água final

m_d – massa do provete seco

m_h – massa do provete imerso

m_s – massa do provete saturado

P – porosidade

P_0 – porosidade aberta

P1 – face de incidência direta

P2 – face de incidência indireta (externa)

P-w – ondas P

Q – fluxo de calor

$Q_{\text{máx emit}}$ – radiação máxima emitida

Q_{abs} – quantidade de calor absorvido

Q_{conv} – fluxo de calor por convecção
 Q_{emit} – quantidade de calor emitido
 $Q_{incidente}$ – quantidade de calor incidente
 Q_{ref} – quantidade de calor refletido
 Q_t – capacidade térmica (quantidade de calor absorvido)
 Q_x – fluxo de calor por condução
 R – resistência térmica
 r^2 – coeficiente de correlação
 RC – resistência à compressão uniaxial
 T – temperatura
 t_0 – tempo inicial de ensaio
 T_A – temperatura do ambiente
 TC – temperatura do chão
 T_f – temperatura final
 T_i – temperatura inicial
 T_i – temperatura interior
 TPD – temperatura da parede do lado direito
 TPE – temperatura da parede do lado esquerdo
 T_s – temperatura da superfície
 T_{s1} – temperatura da face exterior da parede
 T_{s2} – temperatura da face interior da parede
 TT – temperatura do teto
 U – coeficiente de transmissão térmica
 W – comprimento
 α – coeficiente de dilatação térmica linear
 α' – coeficiente de absorção
 δ – constante de Stefan – Boltzmann
 $\Delta \ell_s$ – variação do comprimento do provete
 $\Delta \ell_s$ – variação do comprimento do provete
 ΔT – gradiente de temperatura
 Δx – camada de espessura constante
 ε – emissividade da superfície
 ε_{s_i} – dilatação térmica linear na direção i
 \varnothing_0 – temperatura inicial do calorímetro
 \varnothing_1 – temperatura da massa de água ao fim de 10 minutos
 \varnothing_2 – temperatura da massa de água introduzida no momento 2
 \varnothing_3 – temperatura final da mistura de massa de água
 \varnothing_f – temperatura final do equilíbrio térmico

\varnothing_i – temperatura inicial do provete
 λ – comprimento de onda
 $\lambda_{\text{máx}}$ – comprimento de onda máximo
 ρ_b – densidade aparente ou massa volúmica aparente
 ρ – densidade ou massa volúmica
 ρ' – coeficiente de reflexão
 ρ_{rh} – massa volúmica da água
 τ – coeficiente de transmissão

SIMBOLOGIA QUÍMICA

Ag – prata
Al – alumínio
 Al_2O_3 – óxido de alumínio
As – arsénio
Au – ouro
Ba – bário
CaO – óxido de cálcio
Cd – cádmio
Cr – cromo
Cu – cobre
 Fe_2O_3 – óxido de ferro total
Ge – germânio
Hg – mercúrio
 K_2O – óxido de Potássio
MgO – óxido de magnésio
MnO – óxido de manganésio
 Na_2O – óxido de sódio
 P_2O_5 – óxido de fósforo
Pb – chumbo
Se – selénio
Si – silício
 SiO_2 – óxido de silício
 TiO_2 – óxido de titânio

SIMBOLOGIA GEOLÓGICA

D3 – granitos tardi a pós-tectónico relativamente á terceira fase de deformação

D4 – granitoides tardios relativamente à fracturação frágil da última fase de deformação

J²_{abc} – calcários do Jurássico médio

Ocd – formação de Valongo – do Landeiliano-Lanvirniano (xistos de Valongo)

γ'₄ – granito de grão médio a grosseiro com esparsos megacristais de duas micas

γ''' – granito porfiroide de grão grosseiro a médio, biotítico. Granito do Gerês e granito de Monção.

γ'''_b – granito porfiroide de grão grosseiro a médio, essencialmente biotítico

γ'''_c – granito porfiroide de grão grosseiro a médio, essencialmente biotítico

γ,Δ – gabros, dioritos e rochas intermédias em relação à estrutura sub-vulcânica de St^a Eulália

γTg – granitos de Guimarães e St^o Tirso, monzogranitos, biotíticos, porfiroides de grão grosseiro

δ – rochas básicas

σ2 – Sienitos nefelínicos

ψ0 – rochas ultrabásicas que incluem o serpentinito

ABREVIATURAS

ASTM – American Society for Testing and Materials

CEE – Comunidade Económica Europeia

CEN – Comissão Europeia de Normalização

CERENA – Centro de Recursos Naturais e Ambiente

CEVALOR – Centro Tecnológico da Pedra Natural de Portugal

COMPETE – Programa Operacional de Fatores de Competitividade

CPU – Unidade Central de Processamento de Dados

DEFI/ISEP – Departamento de Física do Instituto Superior de Engenharia do Porto

DGEG – Direção Geral de Geologia e Energia

DGGM – Direção Geral de Geologia e Minas

EN – Norma Europeia

ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

EU – União Europeia

FLIR – FLIR Systems Incorporated

FRX – Fluorescência de Raios X

GPS – Sistema de Navegação por Satélite

IGM – Instituto Geológico e Mineiro

INE – Instituto Nacional de Estatística

INETI – Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial

ISEP – Instituto Superior de Engenharia do Porto

ISO – International Standard Organisation

ITE 50 – Informação Técnica de Edifícios 50

LCD – Display de Cristal Líquido

LGMC – Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção

LOI – Loss on Ignition

NDT – Transferência de dados NITON

NEDT – Noise Equivalent Differential Temperature

NET – Noise Equivalent Temperature

NP EN – Norma Europeia em Português

PA1 – Projeto Âncora 1 do Cluster da Pedra Natural

QREN – Quadro de Referência Estratégico Nacional

RCCTE – Regulamento das Características do Comportamento Térmico de Edifícios

UA – Universidade de Aveiro

USB – *Universal Serial Bus* - tipo de conexão de periféricos

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS DO TRABALHO

Nos últimos anos temos assistido ao desenvolvimento e alteração das regras e exigências a que devem satisfazer as construções, de modo a minimizar as perdas ou ganhos de calor descontrolados nos edifícios mais antigos, bem como as exigências em termos energéticos para as novas construções. Surgem, então, o Decreto Lei nº 80/2006, de 4 de Abril, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e os Certificados de Eficiência Energética que impõem requisitos mínimos relativamente ao comportamento dos materiais envolvidos na construção. Estas imposições levam a uma racionalização do consumo de energia e contribuem para uma melhor economia energética e ambiental, sempre no sentido de aumentar o conforto térmico das pessoas.

O estudo e otimização da eficiência energética é, no quadro da construção sustentável, um dos seus principais pilares, pela importância dos seus princípios no contributo para uma eficiente e progressiva poupança de energia nas edificações (Ganhão, 2011).

O sector da construção civil tem utilizado materiais nobres como a pedra natural que pelo seu valor estético e pelas suas características físicas, mecânicas e de durabilidade são materiais de inequívoca qualidade. Em Portugal, com a variedade de pedra natural existente, torna-se por vezes difícil a sua escolha associada também ao crescente aparecimento de materiais sintéticos de igual aparência mas que, por vezes, não apresentam as mesmas características de qualidade das pedras naturais. Com o impasse que se vive no país em termos económicos, e uma vez que se fala cada vez mais em construção sustentável, é extremamente importante a caracterização das pedras naturais utilizadas na construção de edifícios em termos de conservação/transferência de calor.

A construção com elementos de pedra natural, utilizada nos panos envolventes ao edifício ou no interior das habitações, associada a uma boa arquitetura solar passiva onde o material pedra pode ser utilizado para fornecer uma boa inércia térmica ao interior da habitação, tendo em conta o zonamento e a exposição solar de cada uma das divisões, pode levar a poupanças energéticas significativas, sobretudo em zonas onde existem grandes amplitudes térmicas (Frota & Schiffer, 2001).

Hoje em dia e graças à implementação de um sistema de Normalização Europeu, EN, é rotineira a caracterização física e mecânica das rochas ornamentais, ficando definida a sua aptidão em termos de aplicação na construção civil.

A utilização de rochas ornamentais na construção civil e arquitetura implica o conhecimento das suas propriedades físicas, mecânicas e químicas. Embora seja prática corrente a medição destas propriedades, o mesmo não é verdade para as características térmicas, tais como a condutividade térmica, a difusividade térmica, o calor específico e a produção de calor. Estas propriedades são particularmente importantes nos processos de aquecimento e arrefecimento de edifícios e encontram-se relacionadas com a forma como a energia é transmitida e acumulada nas rochas (Amaral *et al.*, 2012).

De facto, as rochas absorvem e libertam energia, particularidade que pode ser utilizada em diferentes alturas do dia para aumentar o conforto térmico e a eficiência energética, ajudando a definir como podem ser utilizadas para a climatização das casas e redução do consumo de energia.

Na seleção de materiais para a construção civil é, para as mais diversas aplicações, muito importante o conhecimento da condutividade térmica que representa a quantidade de calor que atravessa uma dada espessura por unidade de tempo, como por exemplo numa parede plana. Em muitas aplicações, será importante a escolha de materiais que isolam os ambientes (de baixa condutividade térmica) e noutras aplicações pretende-se exatamente o oposto.

No entanto, este problema é mais complexo do que parece, uma vez que a variabilidade das diferentes pedras naturais obriga a uma caracterização cuidada das mesmas em termos térmicos. Sendo assim, este trabalho propõe-se avaliar as principais variáveis térmicas de doze pedras naturais, dez portuguesas e duas estrangeiras, as mais utilizadas no nosso país em aplicações como o piso radiante e os termoacumuladores de parede, e tentar perceber o respetivo desempenho. É portanto, objetivo deste trabalho a realização de ensaios para avaliar a influência da massa volúmica, da porosidade, da absorção de água, da mineralogia e da composição química das mesmas na condutividade térmica e caracterização térmica das pedras naturais.

Foram assim, determinadas em laboratório as propriedades físicas, químicas e térmicas tentando analisar qual ou quais as propriedades que mais influenciam o seu comportamento térmico, tendo em vista a sua caracterização e classificação térmica com base em metodologias e técnicas expeditas.

1.2. ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

De acordo com os objetivos deste trabalho, desenvolveram-se onze capítulos, sendo o último referente à bibliografia, normas e sites da internet consultados. No primeiro capítulo faz-se uma introdução ao tema e apresentam-se os principais objetivos a atingir com o trabalho realizado.

No segundo capítulo apresenta-se de forma sucinta o enquadramento do sector das pedras naturais/rochas ornamentais, começando pela divisão das mesmas nos três grandes grupos comerciais, fazendo-se também o enquadramento geográfico dos principais centros produtores no nosso País. Ainda neste capítulo, faz-se uma breve análise da evolução dos últimos 20 anos do subsector (produção e valor da produção, não esquecendo o comércio interno e externo) das Rochas Ornamentais. Termina-se com a apresentação das características médias das pedras naturais portuguesas com especial ênfase para a sua coloração, composição mineralógica, composição química e características físicas e mecânicas.

O capítulo três, de carácter essencialmente teórico, compreende uma abordagem aos trabalhos efetuados na área da condutividade térmica por diversos autores, dando especial destaque aos estudos realizados em minerais e rochas, pelo que se apresentam valores deste parâmetro para elementos químicos, minerais e rochas.

Por sua vez, o capítulo quatro apresenta os conceitos e fundamentos teóricos que suportam todo o trabalho prático realizado no intuito de obter os diferentes parâmetros analisados, nomeadamente a massa volúmica, a porosidade, a absorção de água, a composição química, a condutividade térmica, a transferência de calor em meio aquoso, o calor específico, a dilatação térmica e a análise termográfica. São também apresentados valores correntemente utilizados pela construção civil dos principais materiais de construção, para algumas destas propriedades, sobretudo as de carácter térmico.

O capítulo cinco aborda o enquadramento geológico e geográfico das pedras naturais em estudo, referindo-se a descrição macroscópica bem como as características da exploração e principais aplicações.

Em seguida, no capítulo seis, apresentam-se as metodologias e técnicas utilizadas para o estudo, sendo feita a descrição de todos os ensaios efetuados.

No capítulo sete, apresenta-se um caso de estudo, dando-se a conhecer os tipos de piso radiante existentes no mercado. Descreve-se também a construção de um protótipo de piso radiante no qual foram realizadas medições para averiguar o comportamento térmico das pedras naturais em estudo. Fez-se, ainda, um estudo económico da aplicação de cada uma delas, para vinte e quatro horas de utilização, quando aplicadas num apartamento T4 de determinada área.

No capítulo oito, sintetizam-se os resultados obtidos, fazendo-se a análise e discussão dos mesmos para cada ensaio com o objetivo de caracterizar termicamente cada uma das pedras naturais em estudo, averiguando também, qual ou quais os parâmetros que mais influenciam a condutividade térmica.

No capítulo nove, faz-se a análise estatística das variáveis físicas, térmicas e químicas das pedras em estudo. Actualmente, a estatística é uma ferramenta fundamental sendo particularmente importante pela utilização de técnicas multivariadas que se mostram robustas para as situações em que exista uma boa estrutura de correlações, tal como sucede no caso de estudo que aqui se apresenta. Sendo assim foi utilizada a análise em componentes principais. Por fim, no capítulo dez apresentam-se as conclusões finais do trabalho.

CAPÍTULO 2

O SECTOR DAS PEDRAS NATURAIS

2. O SECTOR DAS PEDRAS NATURAIS

A pedra natural é utilizada, desde tempos muito remotos, na construção de monumentos espalhados um pouco por todo o mundo e que sobreviveram a catástrofes e às próprias civilizações.

Em Portugal temos pontes, calçadas e edifícios romanos, castelos dos primeiros tempos da nacionalidade, os mosteiros de Alcobaça, da Batalha e dos Jerónimos, o grandioso convento de Mafra, palácios e outras obras monumentais de diversas épocas, que se encontram intrinsecamente ligados à nossa História constituindo marcos vivos dos tempos decorridos e exibem, na sua robustez ou na sua sumptuosidade, o rigor das técnicas de trabalho utilizadas pelos nossos antepassados (<http://www.rop.ineti.pt/rop/?&lg=pt>,2013).

Pode dizer-se, então, que o material de construção pedra natural apresenta características de longevidade importantes e por isso continua a ser utilizada nos nossos tempos com bastante frequência. Embora o aproveitamento deste material nobre tenha uma longa história, a industrialização do sector apenas se faz a partir do século XIX e, no fundo, corresponde a uma resposta ao incremento da procura no comércio internacional e nacional (Moura,1991).

A designação de Rocha Ornamental foi adotada em Portugal a partir de meados da década de 70, do século passado, englobando o que na linguagem tradicional e comercial se designa, unicamente por mármore (todas as rochas calcárias, metamórficas e sedimentares) e por granitos (todas as rochas ígneas cristalinas bem como as rochas básicas e ultrabásicas), ficando as ardósias (rochas xistosas) colocadas à parte, uma vez que não se reconhecia a sua nobreza decorativa. Esta visão viria a ser alterada profundamente. Ao nível dos organismos de normalização europeus e internacionais (CEN – Comissão Europeia de Normalização e ISO – International Standard Organisation) adotou-se o termo Pedras Naturais para os mármore, granitos e ardósias (Spínola, 1998).

No entanto, e segundo Carvalho (2007), esta designação foi sujeita a um debate algo exaustivo por denominações que passaram por Pedras Naturais, Rochas Ornamentais ou Pedras Dimensionais. Embora, efectivamente, nada mais seja que uma questão de terminologia, é um assunto que merece alguma atenção, pois tem alguma relevância no que respeita ao modo como o sector é encarado pelos interlocutores internos e externos.

A designação Pedras Dimensionais (*dimension stone*), comum nos países anglo-saxónicos foi, talvez, a primeira designação a ser atribuída a este sector, tendo sido utilizado por *Bowles*, em 1933, a fim de o distinguir do sector das rochas industriais. Esta designação foi posteriormente desenvolvida por *Currier*, em 1960, e *Barton*, em 1968, estando relacionada com uma função

estrutural na construção de edifícios, hoje em dia substituída por outros métodos de construção, nomeadamente pelo betão, ficando a função das pedras naturais na maioria das aplicações meramente decorativa (Carvalho, 2007).

No entanto, e como anteriormente referido, em Portugal ainda se utiliza o termo rocha ornamental, uma vez que é a designação corrente e aceite nos meios académico, comercial e extrativo.

Define-se rocha ornamental, enquanto produto industrial, como sendo o material rochoso que, após um processo de transformação, mais ou menos extenso, se encontra apto a ser utilizado para fins de construção, elemento de decoração, arte funerária, escultura ou outros, conservando integralmente a sua composição. A sua transformação permite a respetiva valorização em termos de textura e durabilidade. O seu maior interesse comercial encontra-se normalmente associado ao valor estético, facto pelo qual se denominam de rochas ornamentais (Spínola, 1998).

O Sector da Indústria Extractiva envolve atividades de extração de minerais metálicos e não metálicos, águas minerais e combustíveis fósseis. As rochas ornamentais são inseridas no grupo dos minerais não metálicos, ou seja, no grupo que integra a extração de rochas ornamentais e industriais. O subsector das rochas ornamentais inclui empresas que se dedicam à extração e/ou transformação dos três grandes grupos, os mármore e rochas afins, os granitos e rochas afins e as ardósias, para fins de aplicação em obra e com intuito ornamental (Tabela 1).

Tabela 1 – Tipos de Rochas Ornamentais (INETI, 2001).

Mármore e Rochas Afins	Calcário Cristalino (mármore)
	Calcário Microcristalino
	Calcário Sedimentar
	Brecha Calcária
Granitos e Rochas Afins	Granito
	Sienito Nefelínico
	Pórfiro Ácido
Ardósias	Serpentinito
	Ardósia
	Xisto

O subsector das rochas industriais também possui empresas que se dedicam à extração e transformação de calcários e granitos, mas a sua produção é absorvida essencialmente pelo sector da construção, sector químico, sidero-metalúrgico e agro-alimentar (INETI, 2001).

Uma vez que o âmbito deste trabalho integra apenas as pedras naturais/rochas ornamentais vamos dar relevância apenas a este subsector que incorpora empresas que podem ser inseridas em três grupos, de acordo com a sua atividade industrial:

- as que apenas se dedicam à extração de blocos;
- as que possuindo extração também fazem a transformação ou valorização deste recurso;
- e as que apenas se dedicam à transformação.

2.1. DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DA PEDRA NATURAL EM PORTUGAL

Como anteriormente referido, a pedra natural apresenta-se como um material de construção de excelência devido às suas características estéticas, físicas, mecânicas e de durabilidade. Estas características associadas à grande diversidade existente no País, não só em termos litológicos mas também em termos cromáticos, confere-lhes grande qualidade e beleza, sendo reconhecidas a nível mundial. A designação comercial encontra-se associada ao local de extração e à cor predominante, sendo a sua exploração feita um pouco por todo o País. Este facto pode ser visualizado nas Figuras 1, 2 e 3, que mostram os principais locais de extração em Portugal dos três grandes grupos de rochas ornamentais.

Como se pode constatar, os centros de produção encontram-se distribuídos pelos vários distritos ao longo do País, estando relacionados com a própria geologia de Portugal.

De acordo com o Guia Técnico publicado pelo INETI em 2011 e com Carvalho *et al.* (2012), a exploração destes três grandes grupos de rochas é feita nas seguintes regiões:

- os granitos ornamentais extraem-se principalmente no Norte e Centro do País em locais como Pedras Salgadas (Vila Real), Monção (Viana do Castelo), Braga, e Santa Eulália – Monforte – Alpalhão, (Distrito de Portalegre). Também se extraem com menor produção na zona de Arraiolos, em Évora. Rochas afins como o sienito nefelínico é extraído na zona de Monchique, no distrito de Faro;

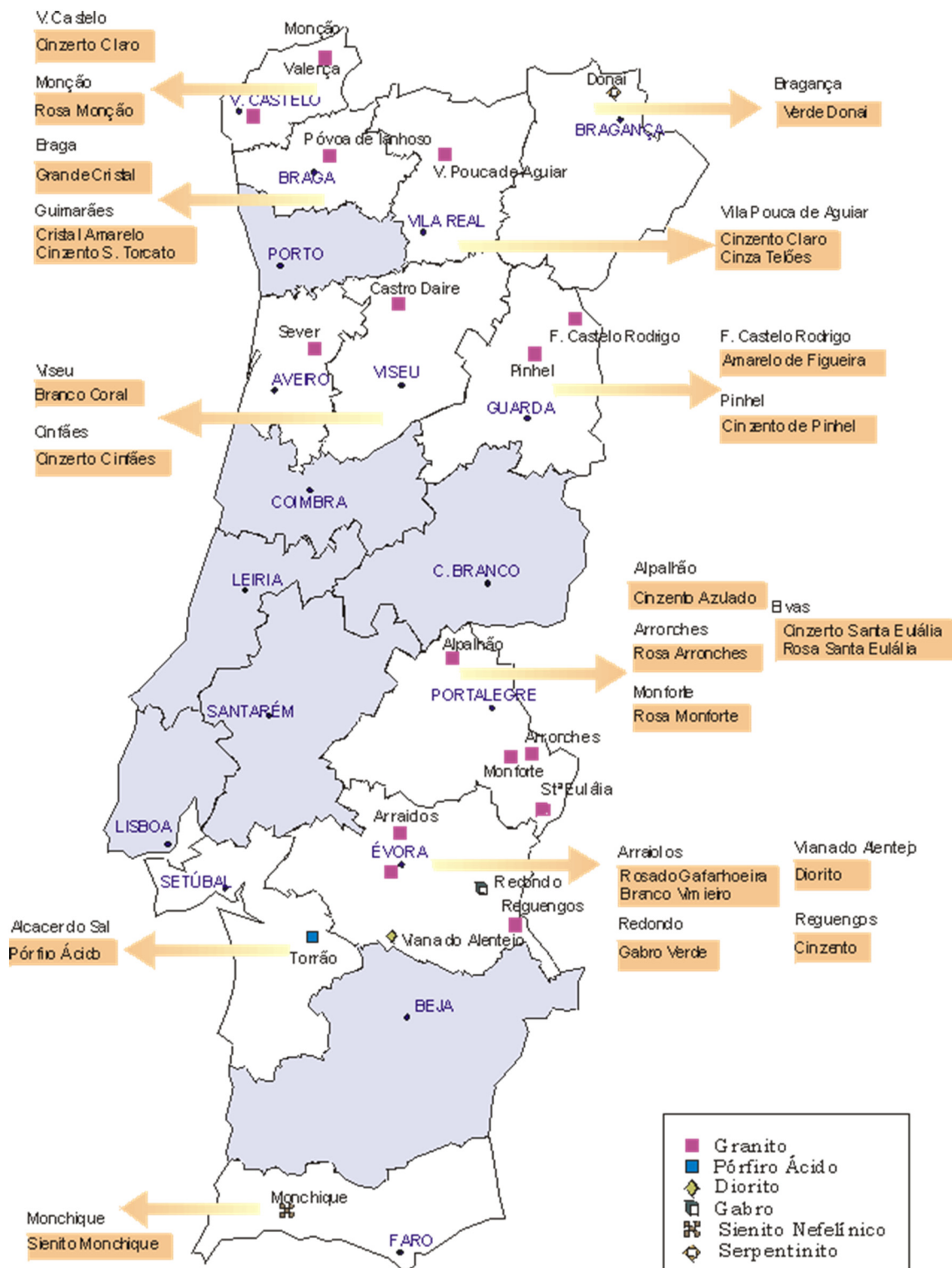


Figura 1 - Centros produtores de granitos e rochas similares (IGM, 1997).

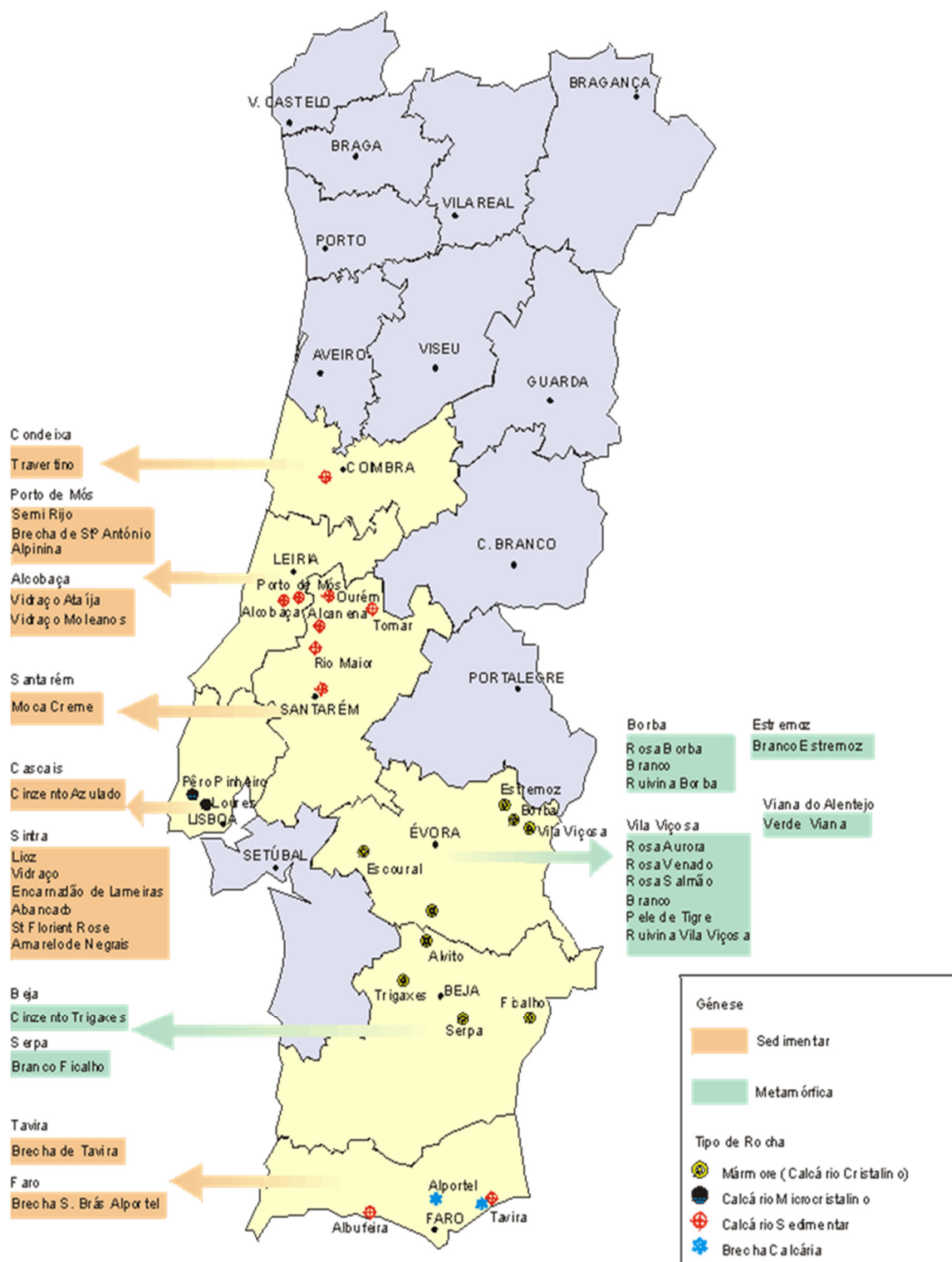


Figura 2 - Centros produtores de mármore e rochas similares (IGM, 1997).

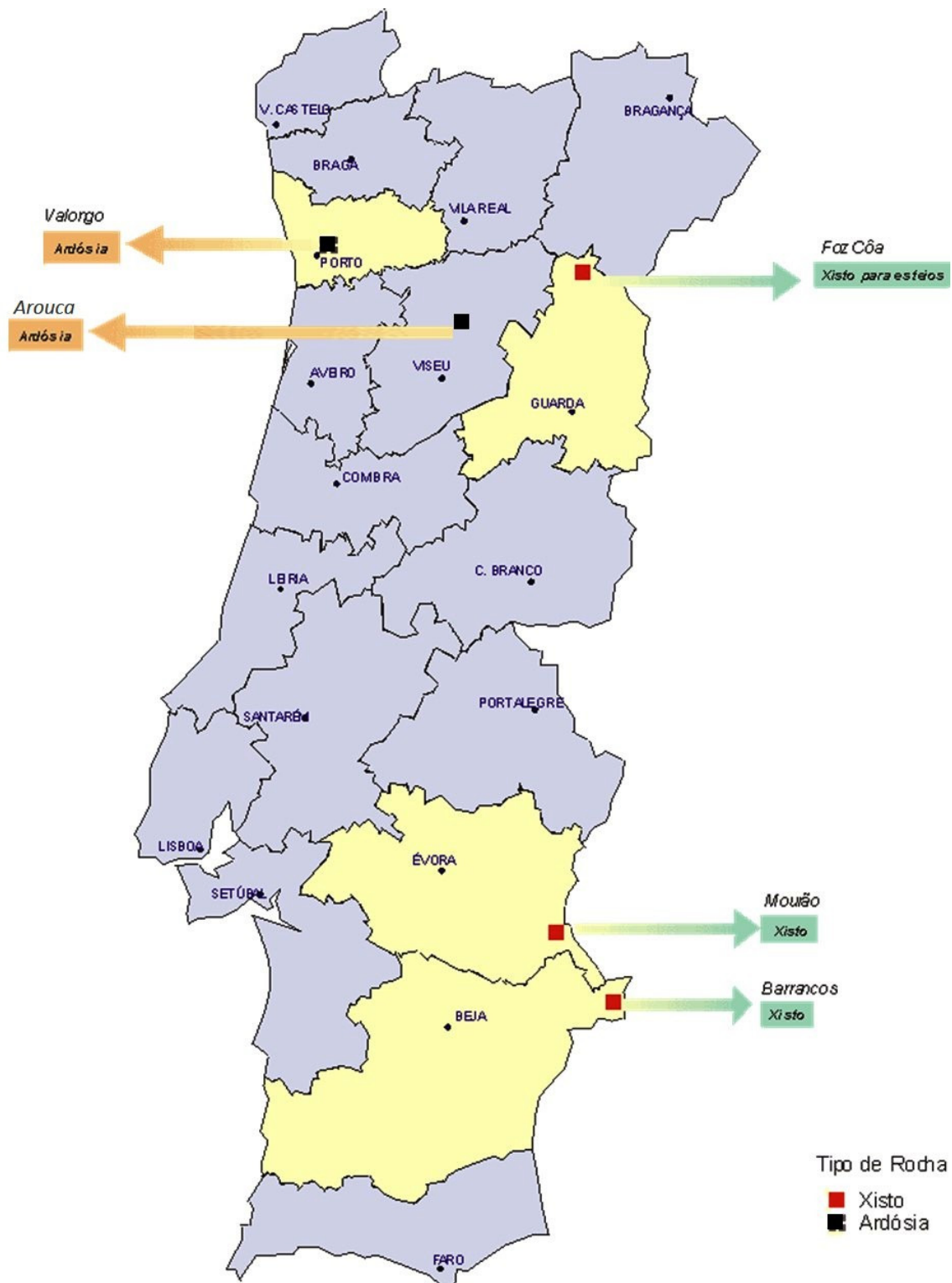


Figura 3 - Centros produtores de ardósias e xistos (adaptado de IGM, 1997).

- os mármore e rochas afins encontram-se sobretudo na zona Centro e Sul do país, sendo o calcário cristalino a rocha que assume maior importância. Existem algumas ocorrências no norte, mas de baixo interesse económico, sendo a faixa de maior interesse a de Estremoz, Borba e Vila Viçosa (Estremoz, Borba, Vigária, Lagoa e Pardais) com 150 pedreiras activas em 2009. Extraem-se também em menor quantidade em Viana do Alentejo, Trigaches, Serpa e Ficalho. Os calcários sedimentares extraem-se no centro do País, nos distritos de Leiria (zona de Alcobaça), Codaçal, Cabeça Veada e Salgueiras (Porto de Mós) e ainda em alguns concelhos de Santarém como por exemplo em Fátima, com mais de 50 pedreiras activas. Também se extraem na região de Lisboa e Sintra, nas zonas de Loures e de Pêro Pinheiro. As brechas encontram-se sobretudo nos distritos de Faro e Setúbal;
- a extração das ardósias, encontra-se sobretudo na zona de Valongo (Porto), Arouca e Vila Nova de Foz Côa, no norte de Portugal; nos Distritos de Évora e de Beja extraem-se as rochas xistentas.

Uma vez que o País apresenta uma grande diversidade de tipos litológicos de boa qualidade, este sector assume um papel preponderante na economia do País, sobretudo na componente exportadora, tendo impactes positivos e importantes nas economias nacionais e regionais, não só pelo valor acrescentado mas também pelas mais valias de criação de postos de trabalho e de desenvolvimento regional (Sequeira & Andrade, 1992).

2.2. ANÁLISE DO SUBSECTOR DAS ROCHAS ORNAMENTAIS

O subsector das rochas ornamentais tem sido, ao longo dos anos, de grande importância na economia nacional. A recolha e o tratamento dos dados estatísticos são da responsabilidade da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG). Este organismo disponibiliza *online*, análises efetuadas em períodos curtos (1 a 2 anos) da evolução do comércio externo e interno, e em períodos mais alargados (3 a 6 anos) dos elementos relativos à produção nacional.

A última publicação já refere dados relativos ao ano de 2012. Neste ano, o número de pedreiras ativas foi de 340, tendo decrescido relativamente aos anos anteriores (período de 2008 a 2012), o que reflete um pouco a conjuntura das economias Europeia e Mundial.

A produção de rochas ornamentais apresenta, nos últimos vinte anos, algumas oscilações que se encontram relacionadas, provavelmente, com a crise que se instalou no sector da construção civil e no País, a consequente diminuição de procura interna dos produtos de pedra natural, e a procura de novos mercados internacionais. Para analisar a evolução da produção nacional de

rochas ornamentais e do valor que a mesma representa para o país analisaram-se documentos estatísticos, publicados pela DGEG (2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2008a, 2011, 2012, 2013), pela DGGM (2007, 2011, 2011a), LNEG (2011) bem como várias publicações de diversos autores tais como Martins (1992, 1994), Romão (1998, 1999) e Sobreiro (1998), e Sobreiro & Vieira (2002). Os Gráficos 1 e 2 apresentam, relativamente a este sector, a evolução da Produção (10^3 ton) assim como a evolução do valor resultante (10^3 Euros).

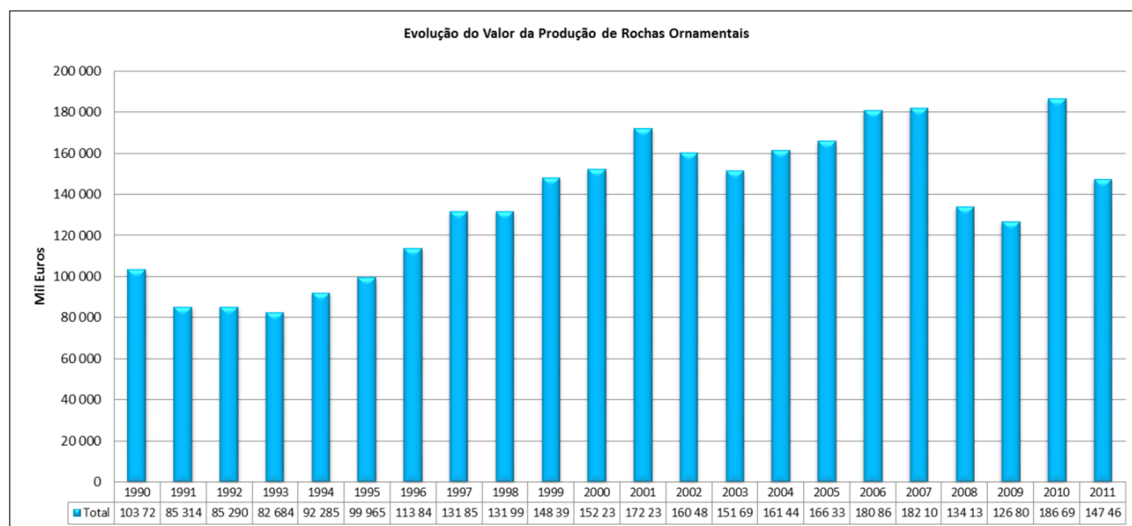


Gráfico 1 - Evolução da produção de rochas ornamentais (dados obtidos da DGEG, DGGM, LNEG, 2013).

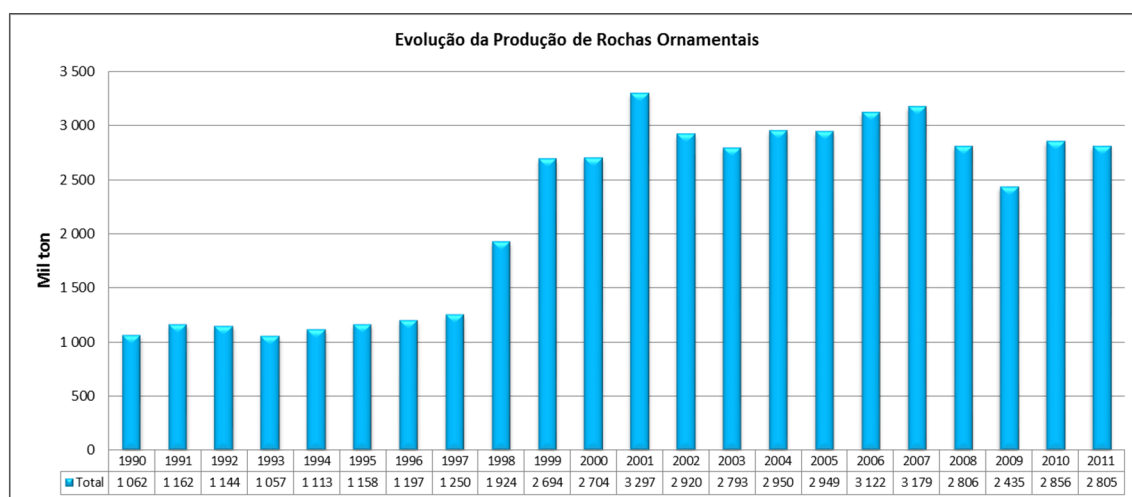


Gráfico 2 - Evolução da produção de rochas ornamentais (dados obtidos da DGEG, DGGM, LNEG, 2013).

A análise dos gráficos anteriores permite constatar que nos primeiros anos, mais propriamente na década de noventa, a evolução positiva da produção de rochas ornamentais exploradas em Portugal, deve-se à procura de novas rochas com grande aceitação no mercado português e estrangeiro. O crescimento das produções na década de noventa está associado à grande aceitação das rochas calcárias das Serras d’Aire e Candeeiros (Nunes, 2010).

Para este facto contribuiu, concerteza, o aumento da competitividade e uma maior agressividade das empresas quanto ao comércio externo associado ao reconhecimento interno dos produtos. Nesta altura, já estávamos, em pleno, na CEE com o sector da construção civil em expansão, e com o apoio de fundos comunitários, o que poderá explicar o aumento da produção de rochas ornamentais.

No período de 1999 a 2003, apesar do subsector das rochas ornamentais e industriais continuar em supremacia no sector da indústria extractiva, verifica-se uma ligeira quebra de produção, o que reflecte o abrandamento verificado nas indústrias consumidoras (construção civil e obras públicas). Apesar de tudo, as rochas ornamentais continuam a ser o subsector com maior exportação, contribuindo com cerca de 65% do total, sendo a exportação dos mármore e rochas carbonatadas de cerca de 40% (DGEG, 2013).

A Produção de Rochas Ornamentais por substâncias, no período de 2003 a 2011, está sintetizada na Tabela 2.

Tabela 2 - Produção de rochas ornamentais por substância de 2003 a 2011 (adaptado de DGEG, 2013).

Ano	Substâncias Produzidas											
	Mármore e Similares		Granitos e Similares		Pedra Calcetamento		Pedra Rústica		Ardósia e Xisto		Total	
	10 ³ Ton	10 ³ Ton	10 ³ Ton	10 ³ €	10 ³ Ton	10 ³ €	10 ³ Ton	10 ³ €	10 ³ Ton	10 ³ €	10 ³ Ton	10 ³ €
2003	280.857	40.513	424.274	30.375	539.969	28.854	1.509.651	47.454	37.795	4.495	2.792.545	151.692
2004	258.020	36.222	490.551	36.351	645.863	31.951	1.519.623	51.988	36.134	4.395	2.950.191	161.446
2005	242.752	39.848	508.877	38.015	658.514	32.618	1.505.554	50.580	33.036	5.274	2.948.732	166.336
2006	241.494	37.947	595.180	45.549	768.260	37.784	1.474.772	51.519	42.651	8.065	3.122.358	180.864
2007	240.200	37.743	629.941	47.840	798.990	38.162	1.469.190	50.776	40.519	7.597	3.178.840	182.108
2008	710.653	59.747	1.001.276	35.724	805.493	24.832	267.457	6.965	21.434	6.871	2.806.313	134.139
2009	621.336	57.980	926.100	35.757	637.543	20.069	229.959	7.190	19.700	5.809	2.434.637	126.805
2010	987.683	87.567	1.046.939	49.600	695.085	38.014	113.052	7.706	13.598	5.808	2.856.358	186.695
2011	892.520	83.704	97.379	36.514	828.711	19.703	88.353	1.619	24.537	5.930	2.804.501	147.468

No ano de 2004, a exportação de rochas ornamentais estabiliza, verificando-se, no entanto, um crescimento da exportação de ardósias e rochas calcárias serradas (DGEG, 2005).

A produção total de rochas ornamentais foi mais ou menos constante de 2003 a 2011, mantendo-se em 2011 nas 2 804 500 toneladas, representando cerca de 147 500 milhões de euros. Apesar da conjuntura do sector da construção civil e obras públicas não ser favorável, a produção de rochas ornamentais continua a apresentar algum crescimento, embora com variações relativamente aos valores verificados nos últimos anos. Ao analisar estas variações pode-se inferir o peso do grupo dos mármore e calcários. A produção de mármore e calcários manteve uma variação crescente ao longo dos anos, com maior influência nos dois últimos anos, contrariamente aos produtos acabados, onde se verifica um grande decréscimo, sobretudo a

partir do ano de 2008, ano em que se propagam os efeitos da crise iniciada em 2006. Em 2009 há uma diminuição da produção que resulta da crise que hoje se vive e da fraca estrutura comercial das empresas portuguesas junto do mercado externo (DGEG, 2011).

Apesar desta conjuntura desfavorável, o sector das rochas ornamentais e industriais continua a ter um papel preponderante na economia nacional, sendo o principal sector da indústria extractiva e representando cerca de 41% do valor global em 2010. Em 2011, verifica-se que o valor de produção diminui relativamente a 2010, precisamente pelo decréscimo dos valores dos produtos relacionados com o período económico que a Europa atravessa.

2.3. COMÉRCIO EXTERNO

O comércio externo de um País fica definido pela relação entre a Importação e Exportação, pelo que passamos a avaliar a forma como se processa este comércio em Portugal. Designam-se de “saídas” o somatório das expedições para a União Europeia com as exportações para países terceiros, ou seja, que não pertencem ao espaço comunitário, e da mesma forma as “entradas” referem-se ao somatório das chegadas com origem em países da União Europeia com as importações de países terceiros, ou seja, fora desse espaço (DGGM, 2011a).

Na Tabela 3 e Tabela 4, apresentam-se os indicadores do comércio internacional das rochas ornamentais, entradas e saídas, tendo como base os últimos dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Estatística (INE), relativamente ao período de Janeiro a Junho de 2011 e tendo como referência os valores do período homólogo de 2010 (DGEG, 2011).

Tabela 3 - Entradas de rocha ornamental (DGEG, 2011).

Rochas Ornamentais	2010		2011		Variação 11/10 (%)	
	Toneladas	10 ³ euros	Toneladas	10 ³ euros	Volume	Valor
Mármore e calcários	19.334	10.023	12.962	7.718	-33	-23
Granitos e similares	35.934	12.334	35.916	12.873	0	4,4
Pedra calcetamento	43	167	426	263	89,9	57,5
Ardósia e xistos	1.948	1.021	2.152	1140	10,5	11,7
Total	57.259	23.546	51.456	21.994	-10,1	6,6

Quanto às entradas, e relativamente ao ano de 2010, houve um decréscimo de 10,1% do volume de rochas ornamentais o que representa cerca de -6,6% do valor das mesmas relativamente a 2010, ou seja cerca de 1,6 milhões de Euros. Este facto fica a dever-se ao aumento da entrada

sobretudo de granitos e rochas similares, de pedra para calcetamento e de ardósias e xistos, verificando-se um decréscimo da importação de mármore e calcários.

Tabela 4 - Saídas de rocha ornamental (DGEG, 2011).

Rochas Ornamentais	2010		2011		Variação 11/10 (%)	
	Toneladas	10 ³ euros	Toneladas	10 ³ euros	Volume	Valor
Mármore e calcários	376817	93.207	361.566	93.535	-4	0,4
Granitos e similares	122360	39.886	131.420	36.808	7,4	-7,7
Pedra calcetamento	169.094	15.388	172.265	18.044	1,9	17,3
Ardósia e xistos	9.268	3.681	7.499	5.049	-19,1	37,2
Total	677.539	152.162	672.750	153.436	-0,7	0,8

As rochas ornamentais, entre 2007 a 2010 apresentaram um ligeiro aumento das exportações, o qual se deveu, essencialmente, à saída de granitos e rochas similares (DGEG, 2011).

Relativamente às saídas verificadas em 2010/2011, e em termos globais, o sector das rochas ornamentais apresenta uma variação negativa no volume de cerca de 0,7%, mas um aumento de 0,8% de valor total, ou seja, de cerca de 1,3 milhões de euros. Este balanço encontra-se condicionado pela diminuição do preço dos granitos e similares, e pelo aumento do valor de produtos como a pedra para calcetamento e, com especial destaque, para a ardósia e xistos.

As empresas deste sector estão cada vez mais direccionadas para o mercado externo, uma vez que o mercado interno não consegue absorver a produção nacional. A influência de alguns Países como a China e o Brasil, entre outros, que entram no circuito com preços muito competitivos leva a que a indústria portuguesa se reorganize de modo a fazer face a esta nova realidade.

O sector da Indústria Extrativa, apesar de tudo, registou, no ano de 2011, em termos de entradas, não incluindo o petróleo, um valor total de cerca de 468 milhões de Euros, acusando um aumento de cerca de 36% relativamente ao ano anterior, provocado pelo aumento da importação de carvão betuminoso, o que representa cerca de 66% do valor total das entradas. Nos minerais industriais, verifica-se a continuação da diminuição das importações. Nas rochas ornamentais, que representam cerca de 37% do valor global das saídas, verificou-se uma estagnação em relação ao ano anterior, com os mármore e calcários a apresentarem um valor de cerca de 179 milhões de euros. As saídas de granitos ornamentais, continuam a apresentar um valor importante (DGEG, 2011).

Em termos globais a tendência dos últimos anos é para uma diminuição das Entradas de rocha ornamental, e para um aumento das Saídas (Figura 4).

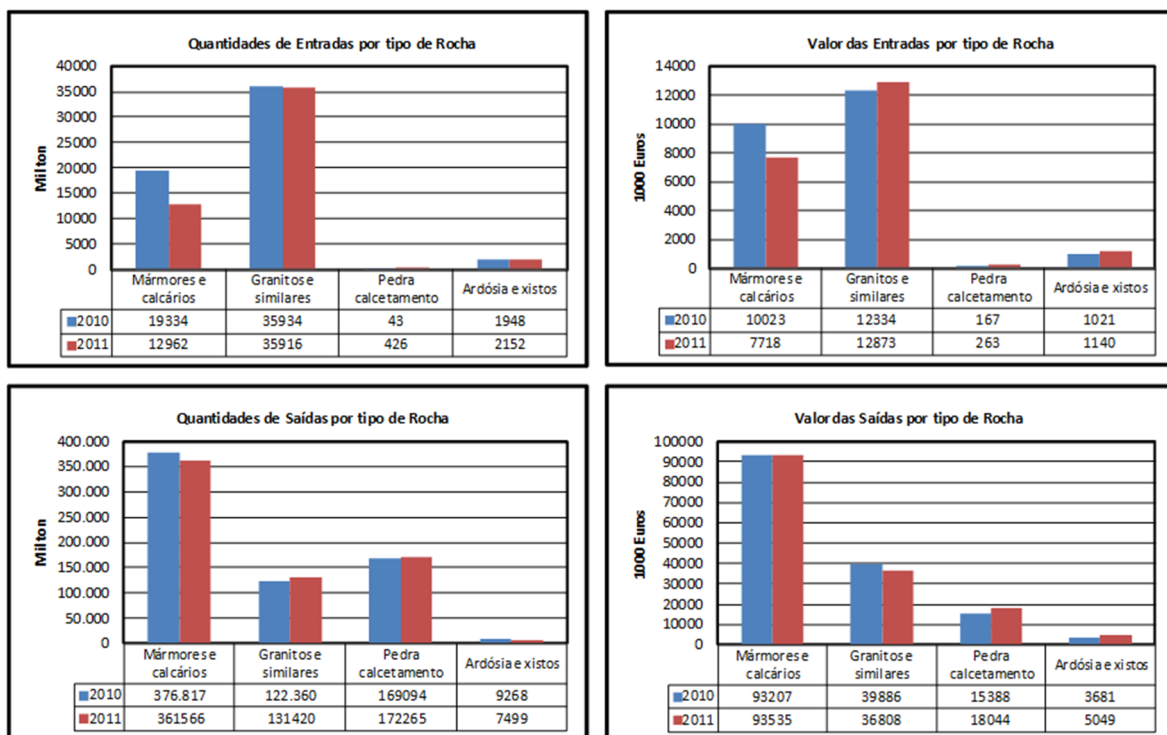


Figura 4 - Estrutura das entradas e saídas por grupo de rocha ornamental (em ton e euros), (DGEG, 2012).

Os principais países a partir dos quais importamos rochas ornamentais são os Países da União Europeia, principalmente a Espanha, e de outros países fora do espaço europeu, designadamente da China, da Turquia e da Arábia Saudita (Gráfico 3 e Gráfico 4).

Os principais países para os quais exportamos rochas ornamentais são os Países da União Europeia, principalmente Espanha, França e Alemanha e Itália e, ainda, outros países como a China, Angola, Marrocos e a Arábia Saudita (Gráfico 5 e Gráfico 6).

É indiscutível, devido ao seu peso económico, a importância deste subsector na Indústria Extrativa, e na economia nacional, sendo por isso muito importante que as empresas continuem a adotar medidas que visem a competitividade especialmente junto dos mercados externos. Estes desafios passam também por uma promoção adequada das nossas pedras naturais.

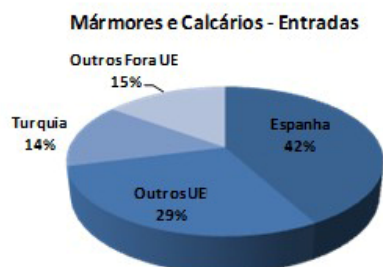


Gráfico 3 - Percentagens das entradas de, mármore e calcários, a partir de países da UE e outros, (dados obtidos a partir da DGEG, 2008a, 2011,2012).

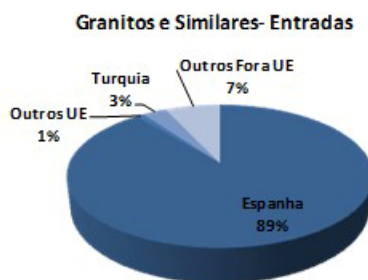


Gráfico 4 - Percentagens das entradas, de granitos e rochas similares, a partir de países da UE e outros, (dados obtidos a partir da DGEG, 2008a, 2011,2012).

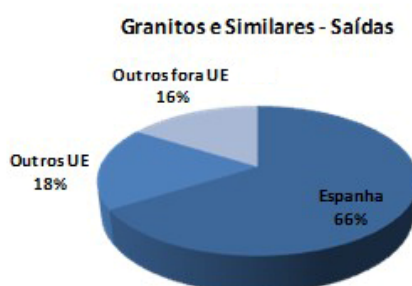


Gráfico 5 - Percentagens das saídas, de granitos e similares, para países da UE e outros, (dados obtidos a partir da DGEG, 2008a, 2011,2012).

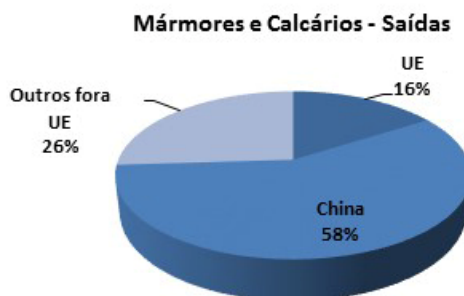


Gráfico 6 - Percentagens das saídas de mármore e calcários, a partir de países da UE e outros, (dados obtidos a partir da DGEG, 2008a, 2011,2012).

2.4. CARACTERIZAÇÃO DAS PEDRAS NATURAIS PORTUGUESAS

2.4.1. MÁRMORES E ROCHAS SIMILARES PORTUGUESAS

As rochas metamórficas resultam de rochas pré-existentes que, por ação de processos geológicos, se alteram e que, função do tipo e grau de metamorfismo, originam rochas com diferentes texturas, estruturas e composição mineralógica. O metamorfismo dos calcários e dos dolomitos

dá origem a rochas metamórficas carbonatadas cristalizadas, por vezes acompanhadas por sílica ou silicatos de cálcio e magnésio.

Em termos comerciais designam-se por mármore e rochas similares todas as rochas carbonatadas ou não, que possam ser polidas e trabalhadas para aplicação como rocha ornamental (Moura, 1991).

Assim, dentro desta designação comercial de mármore, temos os mármore propriamente ditos, os calcários cristalinos, assim como os calcários microcristalinos, os sedimentares e ainda as denominadas brechas calcárias. Os mármore mais puros são constituídos essencialmente por calcite ou dolomite. A presença de alguns minerais confere a coloração aos mármore, por exemplo, a clorite confere a cor verde e a hematite cor rosada. Sendo assim, quanto mais puro for o calcário que dá origem ao mármore mais branco este será. De acordo com Moura (1991), as diferentes tonalidades dos mármore são atribuídas a impregnações da massa carbonatada por óxidos e hidróxidos de ferro e manganês, silicatos diversos e matéria carbonosa, surgindo tonalidades acinzentadas, acastanhadas, creme ou esverdeadas ou ainda mármore venados.

De acordo com a tonalidade característica, os mármore portugueses são classificados em (Moura *et al.*, 2007):

- mármore de tonalidade esbranquiçada (por exemplo o mármore Branco, Branco venado de Lagoa, Branco Ficalho, Branco Vimioso, entre outras variedades);
- mármore de tonalidade creme (Cor de Mel, Creme Rosado e Creme Venado entre outros);
- mármore de tonalidade rosa, (Branco Rosado, Rosa Aurora e Rosa Venado de cinzento entre outros);
- mármore de tonalidade esverdeada (Verde Viana de várias regiões, o verde Escoural, o verde de Serpa, entre outros);
- mármore acinzentados e cinzento-azulados, (Cinzento Claro de Trigaches, Azul Lagoa e o Ruivina Escuro entre outros).

Dentro do grupo dos mármore ornamentais incluem-se, como já referido, os calcários, rochas sedimentares com mais de 50% de carbonato de cálcio e que resultaram, quer da acumulação de fragmentos resultantes de conchas, esqueletos, carapaças, etc., quer por processos de precipitação química. Temos assim variedades que vão desde os calcários puros às brechas calcárias. Estes calcários também podem ser agrupados em termos comerciais, pela tonalidade predominante em (Moura *et al.*, 2007):

- calcários esbranquiçados, bege claros e beges acastanhados tais como o Semi Rijo do Codaçal, o Moleanos Rijo, o Moca Creme, o Lioz e o Alpinina, entre outras variedades;
- calcários amarelados e acastanhados como o Amarelo de Negrais, a Brecha de Santo António, entre outros;
- calcários rosados a avermelhados ou arroxeados como o Alpinina Rosa Atlântida, o Lioz de Montemor, a Brecha Avermelhada, o Encarnadão de Lameiras, entre outros;
- e ainda em calcários acinzentados e cinzento-azulados, a Brecha Acinzentada, o Azul Moleanos, o Vidraço de Ataija, o Azul Valverde, entre outros.

A caracterização média dos mármore portugueses apresentada no Livro Mármore e Calcários Ornamentais Portugueses, em 2007, baseou-se em amostras obtidas a partir das principais regiões produtoras de Portugal. Foram estudadas trinta e seis amostras na faixa de Estremoz - Borba - Vila Viçosa, sete amostras em Viana do Alentejo e 6 amostras em Escoural.

2.4.1.1. COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA MÉDIA

Mineralogicamente, e separando os calcários cristalinos e comuns dos mármore propriamente ditos, os calcários ornamentais portugueses são calcíticos (>90% calcite), com exceção de algumas brechas que possuem mais dolomite, como é o caso da Brecha de Stº António, com 72% de dolomite. Os outros minerais presentes mais comuns são vestígios de quartzo e de minerais argilosos, embora numa ou noutra variedade possam aparecer em quantidades sempre inferiores a 4%. A composição mineralógica média dos mármore portugueses encontra-se sintetizada na Tabela 5.

Os calcários ornamentais portugueses apresentam como principal constituinte o carbonato de cálcio sendo apenas excedido pela dolomite numa das amostras estudadas, confirmando-se a sua pureza, o que faz com que sejam reconhecidos internacionalmente (Moura *et al.*, 2007).

Tabela 5 - Composição mineralógica média dos mármore das principais regiões de Portugal (Moura *et al.*, 2007).

Área de Estremoz – Borba – Vila Viçosa		
Mineral	%	Notas
Calcite	90 – 100	27 amostras continham 99 a 100% de calcite
Dolomite	0 – 10	Presente em 6 amostras
Quartzo	0 – 2	Ocorre em 34 amostras
Moscovite e/ou sericite	<1	Ocorrem em 14 amostras
Biotite	vestígios	Ocorre em 2 amostras
Feldspato	vestígios	Ocorre em 2 amostras
Turmalina	vestígios	Ocorre em apenas uma das amostras
Zircão, apatite, esfena, clorite, matéria carbonosa, óxidos de ferro hidratados e minerais opacos	<1	Ocorrem em algumas das amostras
Área de Viana do Alentejo e Escoural		
Mineral	%	Notas
Calcite	80 – 100	Apenas uma das amostras continha menos de 95% de calcite
Dolomite	0 – 18	Apenas uma das amostras continha mais de 2% de dolomite
Quartzo	0 – 2	Bastante comum
Piroxena	<1	Ubíqua
Mica, clorite, anfíbola (tremolite – actinolite), esfena, epídoto, vesuvianite, feldspatos e minerais opacos.	vestígios	Ocorrem em algumas das amostras
Área de Beja (Ficalho, Serpa e Trigaches)		
Mineral	%	Notas
Calcite	94 – 100	Apenas uma das amostras continha menos de 95% de calcite
Dolomite	vestígios	Apenas uma das amostras continha mais de 2% de dolomite
Quartzo	vestígios	Presente apenas nos mármore de tons verdes
Piroxena	vestígios	Presente apenas numa das amostras
Mica, clorite, anfíbola (tremolite – actinolite), esfena, epídoto, vesuvianite, feldspatos e minerais opacos.	0 – 3	Ocorrem em algumas das amostras

2.4.1.2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA MÉDIA

A composição química média dos mármore e calcários ornamentais portugueses encontra-se na Tabela 6.

São rochas essencialmente carbonatadas, com cerca de 50% de CaO em quase todas as amostras. A perda ao rubro encontra-se entre os 28% e os 46%, pelo que os restantes elementos aparecem com valores médios inferiores a 1%.

Tabela 6 - Composição química média dos mármore e calcários portugueses (adaptado de Moura *et al.*, 2007).

		SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MnO (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	TiO ₂ (%)	Perda rubro
Estremoz-Borba-Vila Viçosa	Médio	1,66	0,64	0,18	0,05	53,77	0,64	0,20	0,24	0,04	42,77
	Máximo	4,67	1,69	1,15	0,05	55,55	2,76	1,80	0,82	0,05	43,60
	Mínimo	0,10	0,10	0,04	0,00	51,65	0,04	0,03	0,04	0,00	41,32
Viana Alentejo Escoural	Médio	4,94	1,16	0,30	0,07	51,91	0,96	0,13	0,39	0,07	39,76
	Máximo	19,44	3,06	0,76	0,13	54,79	3,53	0,40	1,70	0,27	43,39
	Mínimo	0,71	0,20	0,06	0,05	43,99	0,08	0,04	0,06	0,00	28,84
Área de Beja	Médio	3,36	0,64	0,25	0,03	52,79	0,75	0,20	0,26	0,03	41,42
	Máximo	9,97	1,86	0,76	0,05	54,79	0,95	0,57	0,89	0,05	43,88
	Mínimo	0,08	0,18	0,03	0,00	47,92	0,62	0,04	0,03	0,00	35,04
Calcários Microcristalinos	Médio	0,44	0,31	0,08	0,01	54,95	0,52	0,06	0,04	0,01	43,44
	Máximo	1,59	0,48	0,37	0,02	55,86	1,29	1,18	0,07	0,02	44,07
	Min	0,09	0,00	0,02	0,01	53,02	0,12	0,02	0,02	0,00	42,86
Calcários Comuns	Médio	0,47	0,42	0,15	0,02	53,34	1,56	0,11	0,06	0,01	43,66
	Máximo	2,77	1,55	0,60	0,02	55,91	15,60	0,59	0,18	0,02	46,05
	Mínimo	0,03	0,00	0,03	0,00	37,35	0,00	0,02	0,00	0,00	41,87

2.4.1.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS MÉDIAS

A caracterização física e mecânica das rochas é muito importante, uma vez que o seu valor comercial está associado às suas características técnicas e, portanto, à sua aptidão para determinada aplicação em obra. Por este facto, para além da importância da descrição petrográfica, química e mineralógica de uma rocha, é importante definir a sua aptidão para as várias solicitações em obra. Sendo assim, devem realizar-se ensaios para a determinação de propriedades como a resistência mecânica à compressão e flexão, a determinação da massa volúmica e da porosidade, da absorção de água, do desgaste por abrasão, da resistência à gelividade, da energia de rotura por impacto, da resistência às ancoragens, do coeficiente de dilatação linear térmica entre outras propriedades de índole ambiental e térmico, que nos permitem avaliar a qualidade de uma rocha tendo em vista o fim a que se destinam. As características físico-mecânicas dos mármore e calcários ornamentais, obtidos para as mesmas regiões produtoras já anteriormente referidas são apresentados na Tabela 7. Pelos resultados obtidos, e da análise da Tabela 7, pode-se inferir que tanto os mármore como os calcários ornamentais portugueses apresentam boas características físicas e mecânicas, tendo uma panóplia de aplicações quer em interiores quer em exteriores com exceção de algumas variedades em que será necessário algum cuidado em aplicações onde seja importante a resistência ao gelo/degelo.

Tabela 7 - Caracterização física e mecânica dos mármore e calcários ornamentais portugueses (adaptado Moura *et al.*, 2007).

	Compressão (kg/cm ²)	Compressão após gelevidade (kg/cm ²)	Flexão (kg/cm ²)	Densidade Aparente (kg/m ³)	Absorção Água (% peso)	Porosidade Aberta (% vol.)	Coef. Dilat. Térmica (x10 ⁻⁶ /°C)	Desgaste (Amsler) (mm)	Choque (cm)
Mármore Estremoz (n=4)									
Médio	939	861	172	2714	0,1	0,2	10,8	2,7	50 - 55
Max	970	950	197	2718	0,1	0,2	13,7	3,4	65
Min	873	767	154	2711	0,07	0,18	7,3	2	45
Mármore Borba (n=7)									
Médio	781	850	131	2716	0,1	0,2	11,2	1,8	50 - 55
Max	930	962	181	2726	0,1	0,25	16,4	2,2	60
Min	602	685	105	2709	0,05	0,14	7,2	1,4	50
Mármore Vila Viçosa (n=25)									
Médio	884	897	162	2712	0,1	0,2	11,4	2,7	55
Max	1107	1057	225	2717	0,1	0,3	16,3	3,8	70
Min	653	728	100	2703	0,03	0,1	5,4	1,7	45
Mármore Viana do Alentejo (n=7)									
Médio	849	742	96	2742	0,1	0,3	11,8	1,8	55 - 60
Max	1055	927	163	2771	0,2	0,5	13,9	2,5	65
Min	673	672	54	2726	0,05	0,2	7,4	1,1	45
Mármore Trigaches (n=3)									
Médio	633	577	83	2712	0,1	10,2	11,4	1,9	55 - 60
Max	840	793	92	2712	0,1	0,2	12,6	2,2	60
Min	403	309	72	2712	0,05	0,1	9,9	1,6	55
Mármore Ficalho e Serpa (n=3)									
Médio	972	745	134	2723	0,1	0,3	12	2,6	45 - 50
Max	1093	826	159	2744	0,1	0,3	13,8	4,3	55
Min	822	697	120	2709	0,1	0,2	10,5	1,6	60
Calcário Comuns Coimbra (n=3)									
Médio	466	376	67	2330	4,5	10,5	4,3	5,3	30
Max	753	486	85	2510	9,6	20	5,8	7,9	45
Min	225	243	50	2107	0,7	4,1	2,9	2,8	15
Calcário Comuns Maciço Calcário Estremenho (n=21)									
Médio	1114	1079	111	2564	1,7	4,3	4,1	3,5	35
Max	1689	1648	201	2697	5,5	12,6	7,1	9,3	45 - 50
Min	493	457	52	2305	0,2	0,5	3	1,2	20 - 25
Calcário Comuns Orla Algarvia (n=5)									
Médio	1192	1259	134	2688	0,4	1,2	6	1,8	40 - 45
Max	1353	1290	152	2713	0,8	2,1	6,6	2,2	50
Min	920	1225	120	2668	0,2	0,4	5,5	1,2	35
Calcário Microcristalinos Região a Norte de Lisboa (n=11)									
Médio	1129	1116	137	2695	0,2	0,4	4,6	2,5	45
Max	1442	1380	205	2708	0,4	1,2	5,9	3,4	55
Min	897	997	105	2674	0,1	0,2	3,3	1,8	35 - 40

2.4.2. OS GRANITOS E ROCHAS SIMILARES PORTUGUESAS

Os granitos são rochas ígneas, resultantes da consolidação de magmas em profundidade, designando-se portanto de rochas plutónicas. São rochas duras que assumem tonalidades,

texturas e granularidade variadas. Do ponto de vista comercial, os granitos são rochas compactas, granulares ou porfíricas (de grão fino a grosseiro), passíveis de serem polidas e transformadas por ferramentas diamantadas de corte. Por esta razão, dentro do grupo dos granitos incluem-se as rochas similares, tais como algumas rochas metamórficas e vulcânicas idênticas na sua composição química e mineralógica ou que apenas possuem sílica. Esta classificação abarca por isso rochas tão diferentes como os granitos, sienitos, gabros e gneisses, entre outros.

O valor ornamental dos granitos e rochas similares passa pelo seu valor estético associado principalmente à sua cor e textura. A tonalidade está associada à presença de determinados minerais que, em maiores ou menores proporções, lhes conferem tonalidades mais claras ou mais escuras em função da quantidade de feldspatos e minerais ferromagnesianos (minerais félsicos e máficos) presentes. As rochas ácidas são rochas mais claras e as rochas intermédias a básicas apresentam cores mais escuras, devido à presença de minerais ferromagnesianos, entre outros. A meteorização ou a presença da água, nestas rochas, originam tonalidades amareladas, acastanhadas ou avermelhadas. A produção de granitos e rochas similares em Portugal é muito variada, sendo predominantes os granitos cinzentos e cinzento-azulados e menos predominantes os de tonalidades mais escuras (Moura, 2006).

No entanto de acordo com Moura *et al.* (2000), os granitos e rochas similares podem ser agrupadas pela sua tonalidade, em rochas esbranquiçadas a cinzento claras, sendo os mais conhecidos o Branco Almeida, o Branco Porto, o Branco Coral, o Cinzento Claro de Pedras Salgadas, o Cinzento do Eirado entre outros; rochas cinzentas e cinzento escuras como por exemplo o Cristal Azul, o Cinzento Telões, o Cinzento de Alpendurada, o Cinzento Antas, o Cinzento de Santa Eulália, o Cinzento Monchique, o Cinzento Favaco; rochas branco amareladas e amarelo acastanhadas como o Amarelo de Luzelos, o Amarelo de Vila Real, o Amarelo de Figueira entre outros; rochas rosadas e rosado avermelhadas, onde se incluem o Cristal Rosa, o Rosa Arronches, o Pórfiro Ácido, entre outros, e as rochas esverdeadas, onde se inserem rochas como o Verde Donai e o Verde do Redondo.

2.4.2.1. COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA MÉDIA

Do ponto de vista mineralógico os granitos e rochas similares são rochas essencialmente constituídas por feldspatos alcalinos, plagioclases e quartzo. Como minerais acessórios possuem a biotite e a moscovite, entre outros em menores quantidades tais como esfena, rútilo, zircão, apatite, turmalina e minerais opacos (Moura *et al.*, 2000).

O mesmo autor sintetiza os principais elementos da composição mineralógica dos granitos e rochas similares portuguesas, tendo sido estudadas 32 amostras da Zona Centro-Ibérica, 9 amostras da Zona de Ossa Morena e ainda 6 amostras de Rochas Intermédias e Básicas (Tabela 8).

Tabela 8 - Composição mineralógica média de rochas ígneas ornamentais portuguesas. (adaptado de Moura *et al.*, 2000).

Zona Centro Ibérica								
	Feldspato Potássico	Plagioclase	Quartzo	Moscovite	Biotite	Outros		
Média (%)	33,3	27,1	27,5	4,3	6,8	1,2		
Intervalo variação (%)	15-55	7-45	12-48	0-15	3-16	0,1-3		
Zona Ossa Morena								
Média (%)	31	29,9	29	-	7,1	2,2		
Intervalo variação (%)	15-50	20-48	20-38	0-2	2-10	1-5		
Rochas Intermédias e Básicas								
	Plagioclase	Horneblenda	Piroxena	Olivina	Feldspatos	Quartzo	Biotite	Outros
Média (%)	53,8	12,3	-	-	2,3	4,8	9	1,8
Intervalo variação (%)	40 - 63	0 - 30	-	-	0 - 12	0 - 41	0 - 14	0,5 - 3

2.4.2.2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA MÉDIA

Quanto à composição química, obtida pelo doseamento dos elementos maiores e pela água adsorvida e estrutural nas rochas graníticas de Portugal, Moura *et al.* (2000) apresentam os resultados médios obtidos das análises químicas efetuadas em 41 amostras da Zona Centro Ibérica, 9 amostras da Zona de Ossa Morena e 6 amostras de Rochas Intermédias e Básicas. Também se incluem análises a uma amostra de sienito nefelínico, de Pórfiro Ácido e de Serpentinito que fazem parte das rochas similares ou afins (Tabela 9).

Das análises podemos concluir que há uma coerência química para os granitos das diferentes zonas. O sienito nefelínico apresenta menos sílica, mas mais alumina, sódio e potássio; o pórfiro apresenta composição química semelhante às restantes rochas ácidas e as rochas intermédias e básicas analisadas possuem, como é usual, mais minerais ferromagnesianos e menos sílica e alumina.

Tabela 9 - Composição química média dos granitos e rochas similares (adaptado de Moura *et al.*, 2000).

		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Zona Centro-Ibérica	Médio	70,68	14,45	2,63	0,07	1,29	0,49	3,61	5,09	0,25	0,23	0,78	0,13
	Mínimo	62,97	12,31	1,57	< 0,1	0,6	0,08	2,96	3,87	0,05	0,03	0,22	0,04
	Máximo	75,13	16,36	5	< 0,2	2,94	1,72	4,28	6,22	0,85	0,4	1,41	0,28
Zona Ossa –Morena	Médio	70,34	14,63	2,78	0,09	1,97	0,57	4,22	4,19	0,21	0,08	0,5	0,11
	Mínimo	65,98	11,5	2,19	0,03	1,3	0,16	3,16	2,37	0,12	0,03	0,24	0,04
	Máximo	75,07	15,88	5,36	0,2	3,51	1,22	5,09	5,14	0,35	0,13	0,87	0,18
Sienito Nefelínico		54,44	21,64	3,56	0,07	1,78	0,47	8,52	6,78	0,18	0,07	1,34	0,31
Pórfiro Ácido		73,3	12,67	2,98	0,02	0,9	0,41	4,08	3,78	0,1	0,06	0,99	0,29
Rochas Intermédias e Básicas	Médio	57,49	16,88	7,32	0,1	6,74	4,44	3,64	1,53	0,87	0,1	0,72	0,17
	Mínimo	47,64	13,94	3,27	0,04	2,96	1,07	2,15	0,17	0,21	0,02	0,54	0,14
	Máximo	68,94	21,31	10,13	0,14	11,31	8,55	4,55	2,37	2,82	0,21	0,94	0,14
Serpentinito		40,63	3,52	7,55	0,02	0,1	35,68	0,11	0,07	0,19	0,07	11,07	0,73

2.4.2.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS MÉDIAS

As características físico-mecânicas dos granitos e rochas afins, das principais zonas de produção portuguesas, encontram-se sintetizadas na Tabela 10, sendo que foram ensaiadas 48 amostras da Zona Centro Ibérica, 9 amostras da Zona de Ossa Morena e 6 amostras de Rochas Intermédias e Básicas. Também se inclui uma amostra de Pórfiro Ácido, de Sienito e de Serpentinito.

Pela análise da Tabela 10 pode constatar-se que os granitos ornamentais portugueses apresentam boas características físicas e mecânicas, podendo ser aplicados quer em interiores, quer em exteriores.

Tabela 10 - Características físicas e mecânicas dos granitos e rochas similares (adaptado de Moura *et al.*, 2000).

	Zona Centro - Ibérica			Zona de Ossa Morena			Rochas Intermédias e Básicas			Sienito	Pórfiro	Serpentinito
	Médio	Max	Min	Médio	Max	Min	Médio	Max	Min	Médio	Médio	Médio
Compressão (kg/cm ²)	1359	2534	590	1612	2140	1072	1382	1660	1138	1432	1055	2795
Compressão / Gelividade (kg/cm ²)	1279	2408	571	1551	2216	899	1475	1822	964	1532	856	3092
Flexão (kg/cm ²)	154	235	49	192	357	120	242	390	172	373	178	417
Densidade Aparente (kg/m ³)	2636	2711	2516	2641	2685	2622	2827	2985	2663	2635	2553	2669
Absorção Água (% peso)	0,32	1,42	0,1	0,2	0,34	0,14	0,15	0,28	0,02	0,12	0,25	0,07
Porosidade Aberta (% vol.)	0,84	1,82	0,26	0,54	0,88	0,36	0,42	0,77	0,06	0,31	0,65	0,19
Coef. Dilat. Térmica (x10 ⁻⁶ /°C)	7,8	10,3	6,4	8,3	13,3	5,7	6,8	7,9	6	7,8	13,8	4,2
Resistência Desgaste (Amsler) - (mm)	0,3	0,8	0,1	0,3	0,4	0,2	0,4	0,5	0,1	0,3	0,5	0,7
Resistência Choque (cm)	63	90	45	63	75	55	68	75	60	60	55	70

2.4.3. AS ARDÓSIAS PORTUGUESAS

Inseridas no grupo das Ardósias ornamentais temos as lousas e as rochas xistosas que são resultantes de deformações tectónicas indutoras de metamorfismo de baixa intensidade e apresentam, em geral, uma característica importante, a xistosidade ou foliação. Sob o ponto de vista ornamental, estas rochas tem a particularidade de possuírem granularidade fina com tonalidades acinzentada a cinzento escuro, amareladas e acastanhadas ou avermelhadas, sendo passíveis de serem transformadas segundo planos paralelos à sua foliação. Desta forma, nas aplicações mais tradicionais não é necessário a utilização de ferramentas de corte, o que torna o processo mais económico. O nosso País apresenta algumas variedades como a Ardósia de Valongo, principal centro produtor, a Ardósia do Marão (cinzenta escura), a Ardósia de Canelas (cinzenta – azulada) e os xistos. Dentro destas rochas xistosas incluem-se o Xisto de Barrancos (de tonalidades esverdeada, amarelada ou avermelhada), o Xisto de Mourão (acinzentada a cinzento azulada) e ainda um quartzofilito conhecido como a Ardósia de Foz Côa (cinzento escura) (adaptado de Pinto *et al.*, 2006).

2.4.3.1. COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA MÉDIA

Quanto à mineralogia destas variedades, estudadas pelo LNEG, cujos resultados se encontram publicados no Catálogo de Rochas Ornamentais Portuguesas (DGGM,1983), (<http://www.rop.ineti.pt/rop/?&lg=pt>), são rochas constituídas essencialmente por minerais argilosos (micas, sericite e clorite) e minerais granulares como quartzo e feldspato. Podem ainda conter óxidos e sulfuretos de ferro, carbonatos entre outros minerais, que não devem ultrapassar determinados limites (presença vestigial ou como acessórios) de forma a não se tornarem penalizantes. Das rochas catalogadas, a mineralogia predominante é a que consta na Tabela 11.

Tabela 11 - Composição mineralógica das ardósias e xistos ornamentais portugueses.
(adaptado de (<http://www.rop.ineti.pt>))

Minerais Essenciais						
	Valongo	Canelas	Marão	Barrancos	Mourão	Foz Côa
Mica (%)	66	55 moscovite + sericite	69 moscovite + sericite	80 moscovite + biotite	60 – 65 biotite + sericite e/ou moscovite	58 biotite + sericite e/ou moscovite
Clorítide + Clorite (%)	20 – 25	12 + 15	24 Clorite	12 clorite	15 clorite	-
Quartzo+Feldspato	10 – 15	15	-	6 (quartzo)	-	19+16
Feldspato Potássico	-	-	-	-	14	-
Minerais acessórios						
Pirite	Vestígios	Vestígios	-	-	-	-
Minerais opacos	Vestígios	Vestígios	-	-	-	-
Intercrescimentos Clorite/sericite	-	3	-	-	-	-
Turmalina	-	-	-	-	-	-
Quartzo	-	-	5	-	6	-
Turmalina, feldspato e minerais opacos	-	-	2	2 feldspato K e outros opacos	0 – 5 Minerais opacos e turmalina	Turmalina, apatite, zircão, carbonatos, pirite e outros opacos - vest.
Clorite	-	-	-	-	-	5
Plagioclase	-	-	-	-	-	2

2.4.3.2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA MÉDIA

Quanto à composição química, e de acordo com o que se encontra publicado em <http://www.rop.ineti.pt/rop/?&lg=pt>, para estas rochas, temos a seguinte composição química (Tabela 12).

Tabela 12 - Composição química das ardósias e xistos portugueses.
(adaptado de <http://www.rop.ineti.pt/rop/?&lg=pt>, 2013)

	Valongo	Canelas	Marão	Barrancos	Mourão	Foz Côa
SiO ₂ (%)	50,97	50,63	47,61	58,75	57,57	59,61
Al ₂ O ₃ (%)	24,86	25,92	23,78	22,13	19,96	18,68
Fe ₂ O ₃ (%)	9,88	9,72	13,78	6,29	7,23	6,69
MnO (%)	-	vestígios	vestígios	0,05	0,13	0,06
MgO (%)	1,92	2,31	2,87	1,4	1,37	2,24
CaO (%)	0,63	0,53	0,24	0,17	0,25	0,55
Na ₂ O (%)	1,43	1,42	0,46	1,52	1,42	2,23
K ₂ O (%)	3,29	3,3	4,43	3,76	5,57	5,32
TiO ₂ (%)	0,62	0,74	0,63	0,83	0,16	0,54
P ₂ O ₅ (%)	-	-	-	0,13	0,12	-
SO ₃ (%)	0,29	-	-	-	-	-
H ₂ O ⁺ (%)	-	-	-	3,3	3,57	-
H ₂ O ⁻ (%)	-	-	-	0,55	0,37	-
CO ₂ (%)	0,52	0,5	vestígios	-	-	0,46
P.R. (%)	5,45	5,25	6,26	-	-	3,25

De um modo geral, podemos afirmar que estas são rochas essencialmente constituídas por sílica (cerca de 50 a 59%), alumina (16 a 29%) e minerais de ferro, entre outros.

2.4.3.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS MÉDIAS

A caracterização físico-mecânica média das ardósias e xistos portugueses que se encontram no catálogo de rochas ornamentais do LNEG, apresenta-se na Tabela 13. Na Tabela 14 apresentam-se os valores médios dos intervalos de variação das principais características físico mecânicas deste tipo de rochas, publicados no último Congresso da Pedra Natural em Évora, 2012 (Carvalho *et al.*, 2012).

Pelas características apresentadas pode dizer-se que as ardósias e xistos ornamentais portugueses apresentam qualidade para todas as aplicações tradicionais, contudo quando aplicadas em pavimentos é aconselhável ter em atenção o índice de tráfego previsto. As rochas xistentas são mais aconselháveis nas aplicações de interior e outros trabalhos como cantarias e trabalhos decorativos.

Tabela 13 - Características físicas e mecânicas médias das ardósias e xistos portugueses.
(adaptado de <http://www.rop.ineti.pt/rop/?&lg=pt,2013>)

	Valongo Médio	Canelas Médio	Marão Médio	Barrancos Médio	Mourão Médio	Foz Côa Médio
Res. Mec. Compressão (kg/cm ²)	1910	1590	430	440	400	1310
Compressão / Gelividade (kg/cm ²)	1710	1410	450	430	340	1170
Res. Flexão (kg/cm ²)	580	340	561	355	333	622
Densidade Aparente (kg/m ³)	2820	2820	2800	2730	2730	2760
Absorção Água (% peso)	0,4	0,6	0,5	1	1,2	0,2
Porosidade Aberta (% vol.)	1,2	1,8	1,3	2,8	3,4	0,4
Coef. Dilat. Térmica (x10 ⁻⁶ /°C)	7,6	8,6	8,8	7,2	7,8	8,4
Resistência Desgaste (mm)	6,3	5	6,7	9,8	7,6	0,3
Resistência Choque (cm)	110	110	110	110	90	55

Tabela 14 - Intervalo de variação das características físicas e mecânicas das ardósias e xistos portugueses.
(adaptado de Carvalho *et al.*, 2012)

	Valores médios – intervalo de variação
Res. Mec. Compressão (MPa)	52-141
Res. Flexão sob carga centrada (MPa)	49-193
Densidade Aparente (kg/m ³)	2710-2790
Absorção Água (% peso)	0,0-0,2
Porosidade Aberta (% vol.)	0,2-0,5
Coef. Dilat. Térmica (x10 ⁻⁶ /°C)	4,1-14,0
Resistência Desgaste Capon - (mm)	15,5-26,5
Resistência Choque (energia Rotura) (Joules)	5-11

CAPÍTULO 3

ESTADO DA ARTE

3. ESTADO DA ARTE

Já referimos a importância fundamental, aquando da selecção das pedras naturais, do seu comportamento térmico. Sendo assim é importante o conhecimento da condutividade térmica, propriedade fundamental, e de outras variáveis térmicas como o calor específico e a difusividade térmica, cujos fundamentos assentam na termodinâmica, mais propriamente nos processos de transferência de calor, neste caso de sólidos.

O estudo das propriedades térmicas das rochas é antigo, e coincide com os primeiros estudos mineralógicos realizados. Entretanto, só a partir do século XX, ganhou notoriedade e importância, com estudos e pesquisas patrocinados em especial pela indústria do petróleo (Figueiredo, 2006).

A área da geofísica, ainda no referido século, desenvolveu-se bastante, destacando-se as informações obtidas principalmente sobre as formações sedimentares, possíveis reservatórios de petróleo. A partir da década de 70, os cientistas desenvolveram trabalhos nas áreas da geologia, geoquímica, geofísica e geotermia. Surgem, ainda, estudos sobre a incorporação de materiais de mudança de fase (PCMS – Phase Change Materials Storage) nas pedras naturais, os quais permitem o armazenamento de calor latente e a redução das variações de temperatura no interior dos edifícios (Romero-Sanchez *et al.*, 2010).

Na siderurgia e na indústria cerâmica, no processo de fabrico de refratários para revestimento de fornos e outros, a condutividade térmica é uma das principais variáveis envolvidas no projeto e otimização de revestimentos refratários, sendo necessária quer na determinação das taxas de aquecimento e arrefecimento admissíveis quer na determinação do perfil de temperaturas durante as operações de produção.

Akiyosh *et al.* (2001) analisaram, por meio de um modelo empírico, a correlação existente entre a condutividade térmica, a temperatura e a massa específica volumétrica de materiais refratários, obtendo uma equação geral que representa uma valiosa ferramenta na estimativa da condutividade térmica de tijolos e betões refratários síliciosos e sílico-aluminosos. Também AKiyoshi *et al.* (2001a) estudaram a influência simultânea do teor de alumina, da porosidade total e da temperatura na condutividade térmica de refratários sílico-aluminosos e aluminosos.

A condutividade térmica dos minerais fez parte dos primeiros estudos realizados, e que posteriormente ajudaram a compreender o estudo desta propriedade nas rochas. Um mineral é um composto químico natural, de composição e estrutura cristalina bem definida. Uma rocha é geralmente composta por um agregado de minerais ou material vítreo em diversas proporções, podendo por isso ser ou não cristalina (Dana & Hurlbut, 1996).

A tabela periódica divide os elementos químicos existentes na crosta terrestre em quatro grupos, designadamente metais, semimetais, gases nobres e hidrogénio, uma vez que possuem características diferentes. Também a condutividade térmica dos minerais varia dentro destes grupos, uma vez que são compostos por elementos químicos.

No que diz respeito à condutividade térmica e de acordo com Figueiredo (2006), o grupo dos metais é efetivamente o mais condutor, destacando-se a prata (Ag, 429 W/mK), o cobre (Cu, 401 W/mK), o ouro (Au, 317 W/mK) e o Alumínio (Al, 237 W/mK). Já no grupo dos semimetais, com valores de condutividade térmica mais baixos que o grupo anterior, podem ainda destacar-se alguns elementos, nomeadamente o silício (Si, 148 W/mK), o germânio (Ge, 59,9 W/mK) e o arsénio (As, 50 W/mK).

O grupo dos não metais, gases nobres e o próprio hidrogénio mostram valores muito baixos de condutividade. Os dois elementos com maior condutividade são a prata e o radão, com 429 W/mK e 0,00364 W/mK, respetivamente, mostrando uma diferença de comportamento entre ambos de aproximadamente 120.000 vezes (Figueiredo, 2006).

Se olharmos para as pedras naturais em estudo e atendendo aos principais elementos químicos que formam os seus minerais (composição química), são de considerar sobretudo elementos que aparecem frequentemente nos minerais principais das rochas em estudo neste trabalho e de uma forma geral nas rochas ornamentais (Tabela 15).

Tabela 15 - Condutividade térmica dos elementos químicos mais frequentes das rochas ornamentais.
(adaptado de Figueiredo, 2006)

Elemento	Alumínio	Cálcio	Magnésio	Sílica	Sódio	Potássio	Ferro	Titânio	Manganês
Condutividade (W/m K)	237	200	156	148	141	102,5	80,2	21,9	7,82

Sentido Decrescente



Uma vez que estes elementos se unem para formar compostos minerais, a condutividade térmica dos mesmos será menor, devido à influência das ligações cristalinas entre os vários elementos.

Tabela 16 - Valores da condutividade térmica (W/m °C) de minerais segundo vários autores.

Minerais	Horai (1971)	Dreyer (1974)	Melnikov <i>et al.</i> (1975)	Cermak & Rybach (1982a, 1982b)	Diment & Pratt (1988)
Olivina Forsterite	5,03±0,18	-	6	5,06	4,65±0,33
Olivina Faialite	3,16	-	3	3,16	3,85±0,07
Granada Almandina	3,31	3,6	3,3	3,31	3,56
Granada Grossulária	5,48±0,21	-	-	-	5,32
Zircão	5,54	3,9-4,8	-	-	-
Titanite	2,34	-	-	-	-
Cianite	14,16	-	14,2	14,2	7,15±0,14 a 12,45±0,58
Andaluzite	7,58	-	-	-	6,56±0,42
Silimanite	9,1	-	-	-	10,73±0,52
Epídoto	2,83±0,21	-	-	2,82	2,50 – 3,10
Enstatite	4,47±0,30	-	-	4,34	-
Augite	4,66±0,31	-	5,1-4,1	5,02	4,23±0,05
Hornblenda	2,81±0,27	2,81±0,41	2,3-3,0	2,85	2,91±0,09
Moscovite	2,28±0,07	-	1,7	2,32	3,89 (//) 0,62±0,11 (⊥)
Biotite	2,02±0,32	-	-	1,17	3,14 (//) 0,52±0,01 (⊥)
Ortoclase	2,31	-	3,2	2,31	2,68-2,34
Microclina	2,49±0,08	-	-	-	2,04
Albite	2,14±0,19	2,0±0,1	2,05-2,4	2,31	2,34
Anortite	-	2,1	1,88-1,95	1,68	2,72
Quartzo	7,69	6,5-11,3	8,0-13,0	7,69	6,15 (⊥)-10,17 (//)
Magnetite	5,1	9,7	4,7-5,28	5,1	4,61±0,42
Ilmenite	2,38±0,18	-	-	-	1,49±0,02
Hematite	11,28	12,1-14,7	11,2-13,9	12,1-14,7	12,42±1,74
Espinélio	9,48	13,8	-	-	12,14±1,23
Rútilo	-	9,3-12,9	-	-	7,95±0,84 (⊥)-3,19±0,63 //
Calcite	3,59	4,2-5,0	3,25-3,9	3,57	3,16 (⊥)-3,63 (//)
Aragonite	2,24	-	-	2,23	2,37±0,22
Dolomite	5,51	4,9	3,9-5,5	5,5	4,78±0,54
Apatite	1,38±0,01	-	1,4	1,38	1,27±0,02

O estudo da condutividade térmica dos minerais é mais simples, uma vez que possuem uma composição química única e uma estrutura cristalina bem definida, pelo que foram realizadas por diversos autores, inúmeras compilações com valores da condutividade térmica dos minerais (Tabela 16). Segundo (Clauser, 2011) destacam-se os trabalhos de Birch (1942), Clarck (1966), Horai & Simmons (1969), Dreyer (1974), Roy *et al.* (1981), Cemák & Rybach (1982), Carmichael (1984), Popov *et al.* (2003), Diment & Pratt (1988), Sommerton (1992), Clauser & Huenges (1995) e Clauser (2006). Em 1989, Kobranova sugere valores médios para cada classe de minerais (Figura 5).

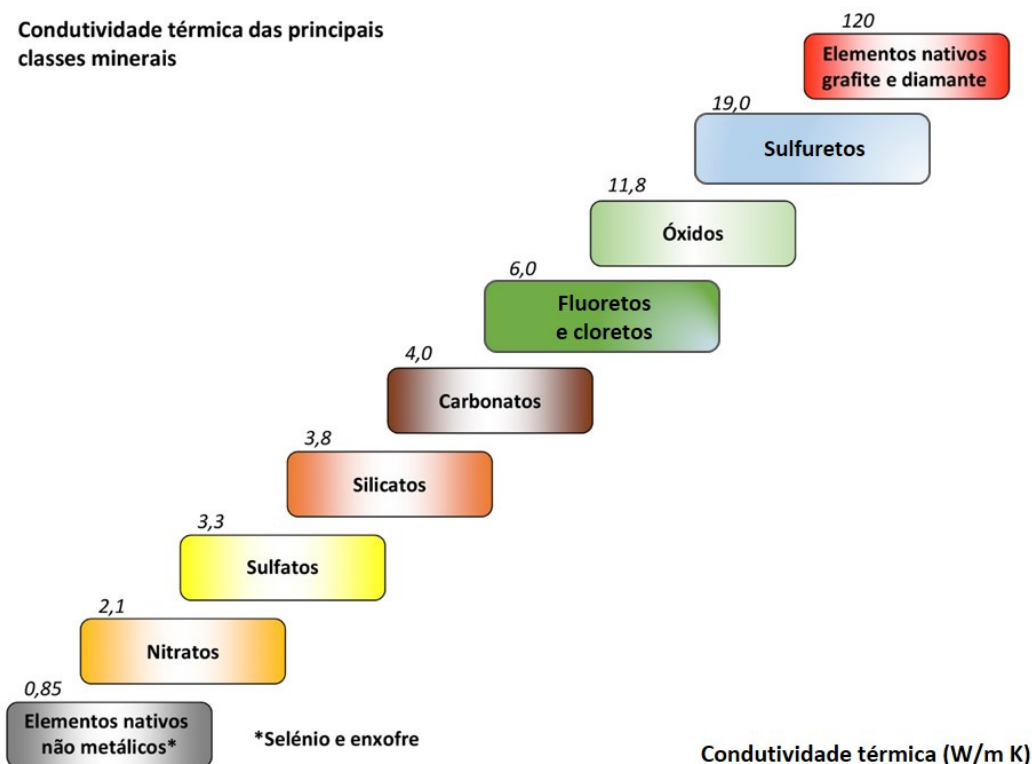


Figura 5 - Condutividade térmica das principais classes minerais segundo Kobranova (Figueiredo, 2006).

No estudo dos minerais é mais fácil o controlo das propriedades físicas, químicas e cristalográficas, sendo no entanto o principal problema, a pureza e o reduzido tamanho das amostras (Figueiredo, 2006).

Segundo Clauser, 2011 a condutividade térmica das rochas, é referida em vários trabalhos, de acordo com o tipo de rocha e a sua origem, (Birch, 1942), (Clarck, 1966), (Dessai *et al.*, 1974), (Kappelmeyer & Hanel, 1975), (Roy *et al.*, 1981), (Cemak & Rybach, 1982) e (Robertson, 1988).

Os valores de condutividade térmica apresentam, no entanto, uma grande variabilidade para cada rocha em particular, consequência das diferentes metodologias de análise e do facto de exibirem heterogeneidades relacionadas com as diferentes composições mineralógicas, porosidade, etc..

Segundo Clauser & Huenges (1995), a condutividade térmica para muitas rochas é, numa boa aproximação, isotrópica, particularmente em rochas vulcânicas e plutônicas. Nestes casos, o fluxo de calor será predominantemente vertical, pelo que será suficiente considerar esta componente. No entanto, para muitas das rochas sedimentares e metamórficas, a anisotropia da condutividade térmica é muito grande, pelo que se deve considerar, também o fluxo térmico lateral. A condutividade das rochas é, portanto, menos precisa, uma vez que varia com a composição mineralógica, porosidade, saturação e anisotropia para cada tipo de rocha. Como estas variações existem de forma única para cada rocha, estes autores caracterizaram a condutividade térmica segundo modelos estatísticos e de acordo com a gênese dos principais grupos de rochas (sedimentares, ígneas e metamórficas). Sendo assim, Clauser & Huenges (1995), organizam os dados de uma série de trabalhos anteriormente realizados, dando ênfase aos de Birch & Clark (1940), Sass (1965), Clark (1966), Horai & Simmons (1969), Horai (1971), Dreyer (1974), Robertson (1988) e Dimment & Pratt (1988), e verificam que para cada tipo de rocha vai existir mais do que um fator a influenciar os valores da condutividade térmica.

Para tal, os mesmos autores desenvolveram para cada grupo de rochas, e de acordo com a respetiva gênese (sedimentares, vulcânicas, plutônicas e metamórficas), uma análise estatística da variação da condutividade térmica com os vários parâmetros, investigando qual ou quais os fatores que influenciavam a condutividade térmica em cada grupo.

Os fatores dominantes seriam, nas rochas sedimentares, a porosidade e a origem dos sedimentos, nas rochas vulcânicas a porosidade, nas rochas plutônicas a fase mineral dominante e as rochas metamórficas seriam muito influenciadas pela fase mineral predominante (Clauser & Huenges, 1995).

Estes autores também averiguaram a influência da temperatura e da pressão, sendo que, de forma geral, o aumento da temperatura diminui a condutividade, mas para temperaturas até aos 100°C essa variação é desprezável. Quanto ao efeito da pressão, concluíram ser menos evidente a sua influência, mas verificaram que no intervalo de 0 a 500 MPa existe apenas um ligeiro aumento do valor da condutividade térmica.

De todas as correlações, encontradas a mais evidente foi a da porosidade, onde valores mais baixos estão associados a elevada condutividade térmica. Esta avaliação foi feita com o preenchimento dos poros presentes na rocha por fluídos e verificou-se o aumento da condutividade com a respetiva saturação por líquidos mais densos.

Clauser & Huenges (1995) analisaram a influência da fase dominante dos minerais e da anisotropia na condutividade térmica, em duas rochas metamórficas particulares, um anfíbolito e

um gneisse. Para além da influência da diferença da composição mineral, aqueles autores constataram ainda a importância da anisotropia, pelo que concentraram a investigação em medições nos sentidos perpendicular e paralelo à foliação tendo verificado, pela análise estatística dos dados, que no anfibolito não se registam grandes variações, o mesmo não acontecendo com o gneisse em que a condutividade térmica é maior quando obtida em direções paralelas à foliação.

Os trabalhos de investigação conduzidos por Wienand *et al.* (1989), Guéguen & Palciauskas (1992), Clauser & Huenges (1995) e Schon (1996) mostram claramente o efeito da anisotropia, em especial de rochas metamórficas, sobre a condutividade térmica. No geral, os resultados da condutividade térmica tendem a ser mais elevados quando determinados paralelamente à foliação e menores quando são obtidos segundo direções perpendiculares (Figueiredo, 2006).

Schön (1996) analisou parâmetros como a génese, composição mineralógica, fracturação, porosidade e temperatura, entre outros, e sugere o intervalo dos valores de condutividade térmica para alguns dos principais litótipos, tentando correlacionar estes valores com os parâmetros acima referidos.

Aquele autor concluiu, então, que para as rochas ígneas e metamórficas a condutividade é predominantemente influenciada pela composição mineralógica, propriedades térmicas dos minerais e estrutura interna, em rochas sãs, referindo que quanto maior for a percentagem de quartzo maior será a condutividade. Sugere, também, que o aumento da plagioclase diminui a condutividade térmica.

Ainda segundo o mesmo autor, as outras variáveis, de estudo mais complexo, devem ser analisadas para cada caso. Pressupõe, no entanto, que o aumento da condutividade varia na razão direta da pressão e na razão indireta da fracturação existente.

A Figura 6 apresenta os intervalos de variação da condutividade térmica para os principais tipos de rochas de acordo com (Figueiredo, 2006).

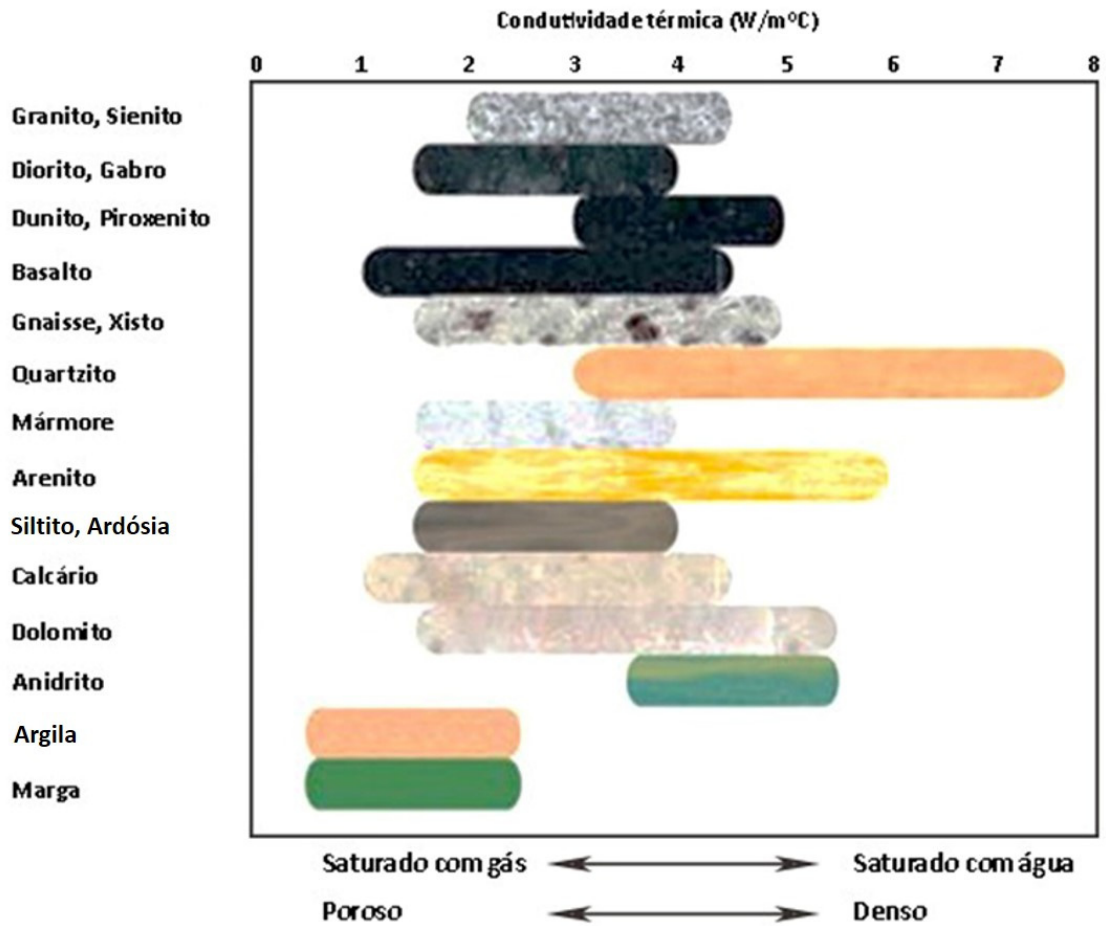


Figura 6 - Intervalos de variação da condutividade térmica para os principais tipos de rochas (Figueiredo, 2006).

Maragoni & Raposo (1988) estudaram o grupo das rochas vulcânicas, para tentar aferir a relação entre a composição química, as características físicas e a petrografia. Os resultados sugeriram que a relação entre a condutividade térmica e os parâmetros químicos foi pouco acentuada, sendo no entanto mais evidente a correlação com a quantidade de material vítreo existente.

Assim, as rochas com maior quantidade de material vítreo apresentam maior condutividade, logo as rochas ácidas apresentam valores mais elevados do que as intermédias e básicas (Figueiredo, 2006).

Maqsood *et al.* (2003, 2004a, 2004b), avaliaram a previsão da condutividade térmica em rochas graníticas, a partir dos dados de porosidade e densidade em condições normais de pressão e temperatura (1 atm, 27°C). Concluíram que para rochas com baixa porosidade (< 1%), como é o caso de grande parte das rochas graníticas (sã), os modelos são pouco eficientes mostrando uma má correlação. No caso da densidade, a correlação entre os dados medidos e estimados, mostrou-se consideravelmente boa havendo uma correlação positiva.

Mais de 800 testemunhos de sondagens de rochas sedimentares (secas e saturadas), de diferentes depósitos de petróleo e gás russos foram estudados por intermédio de uma tecnologia de *scanner* (Popov *et al.*, 2003). Os referidos estudos indicaram correlações entre a condutividade térmica e a velocidade acústica, a porosidade, a densidade, e a resistividade elétrica, para diferentes tipos de rochas. Evidenciam que em rochas sedimentares é vantajosa a medição da condutividade térmica na direção paralela dos estratos, uma vez que é mais facilmente correlacionável com as características petrofísicas da rocha. Concluem que o estudo da condutividade térmica em amostras secas e saturadas, combinado com modelos teóricos estatísticos da correlação entre as variáveis acima referidas, origina uma boa aproximação da matriz da condutividade térmica, bem como do rácio das fraturas existentes e da porosidade. Afirmam ainda que a tecnologia de scanner será importante para uma rápida previsão em “logs” geofísicos da permeabilidade, da porosidade e da condutividade elétrica através da medição da condutividade térmica. Segundo os mesmos autores os fatores mais importantes que influenciam a condutividade térmica nas rochas sedimentares, são o fluído que se encontra nos poros e a estrutura dos mesmos.

Vosteen & Schellschmidt (2003) estudaram em rochas do leste alpino, a grande profundidade, a influência da pressão e da temperatura na condutividade térmica, capacidade térmica e difusividade térmica. Estes autores, a partir de trabalhos anteriores, concluem que a temperatura é o fator dominante sobretudo acima dos 300 °C, a partir da qual a condutividade é diferente para as rochas cristalinas e para as rochas sedimentares, influenciada pela génese e mineralogia.

Singh *et al* (2004) investigaram a previsão da condutividade térmica das rochas através de características como a velocidade das ondas P, a porosidade, o tamanho do grão, a massa volúmica e a resistência à compressão simples. Utilizam resultados de trabalhos anteriores e simulam as correlações existentes por meio de vários modelos estatísticos, tendo chegado à conclusão de que todos os modelos estatísticos apresentados permitem estimar, com base nas variáveis indicadas, os valores de condutividade térmica, dando ênfase aos resultados obtidos por Ozkahraman & Isik (2003). Este autor previu a condutividade térmica a partir da velocidade das ondas P, da porosidade, da densidade e da resistência à compressão e concluiu que o fator primordial que influencia a condutividade térmica é a velocidade das ondas P. Quanto maior for a velocidade das ondas P maior será a condutividade térmica das rochas. Quanto às outras variáveis, o mesmo autor indica que a porosidade controla a condutividade devido à sua dependência do tamanho do grão. Assim, quanto menor for o tamanho do grão da rocha, para a mesma porosidade, a condutividade aumenta. Para valores mais elevados de porosidade, a

condutividade térmica será menor, também as rochas com maior resistência à compressão uniaxial apresentam maior condutividade.

Em 2008, Yasar *et al.*, estudam várias rochas da região da Turquia, entre as quais o calcário, a dolomite, o calcário dolomítico, o mármore, o travertino, o grés, o siltito e lava vulcânica. Aqueles autores constataram que a condutividade varia na razão direta da velocidade das ondas P, da densidade, da resistência mecânica à compressão simples e diminui com o aumento da porosidade. Propõem equações que correlacionam cada uma destas variáveis com a condutividade térmica (Equações 1, 2, 3 e 4).

Assim, quando relacionam:

- a condutividade térmica (K) com a densidade (ρ) chegam a uma correlação positiva mas baixa ($r=0,72$; $r^2=0,52$), de acordo com a Equação 1.

$$\rho = 287,97 * \ln(K) + 2589,5 \text{ [Equação 1]}$$

- a resistência à compressão uniaxial (RC) e a condutividade térmica (K) é positiva e mais forte ($r=0,93$; $r^2=0,87$) e dada pela Equação 2.

$$RC = 31331(K) + 24741 \text{ [Equação 2]}$$

- a correlação da condutividade térmica e da porosidade indica uma relação linear negativa ($r=0,96$; $r^2=0,93$) descrita pela Equação 3.

$$P = 36578 \times e^{-0,4836*(K)} \text{ [Equação 3]}$$

- Quando a velocidade das ondas P é comparada com a condutividade térmica a tendência é positiva com um valor ($r=0,92$; $r^2=0,84$) e este coeficiente de determinação resulta da correlação descrita pela Equação 4.

$$P - w = 1,178 \times (K) + 2,6891 \text{ [Equação 4]}$$

Como conclusão, evidenciam que a partir da medição das ondas P, da resistência à compressão e da densidade e porosidade em laboratório é possível de modo expedito e rápido através destas correlações chegar à condutividade térmica.

Trabalhos como os de Incropera & Dewitt (1990), Hasan (1999) e Çanaki *et al.* (2007), revelam que o tipo de rocha, a porosidade, a velocidade das ondas P e o teor em água têm o principal efeito na condutividade das rochas e betão.

Segundo Yasar *et al.* (2008) a condutividade térmica da rocha depende não só da composição mineral e da textura, mas também do grau de cristalização, que afeta a porosidade. As rochas com uma estrutura cristalina mostram uma maior condução de calor do que rochas não cristalinas com a mesma composição (Harmathy, 1970).

Lima *et al.* (2010) estudaram a condutividade térmica em gneisses brasileiros e, em termos gerais, verificaram a existência de valores mais baixos de condutividade térmica para as rochas que apresentam menor massa volúmica. Verificaram também, que os gneisses ricos em biotite favorecem a dilatação térmica, dado que a biotite é um mineral que resiste menos à fadiga térmica. Também a maior ou menor presença de micas, microfissuras e a intensidade de alteração nos feldspatos influenciam a condutividade. As rochas mais porosas e fissuradas correspondem menores valores quer da velocidade de ultrassons quer da condutividade.

De acordo com todos esses autores, é fácil verificar que, para as rochas, a condutividade térmica é mais difícil de definir. De facto, e de acordo com Clauser (2011), o tipo de rocha é um descritor pobre para as propriedades físicas e raramente caracteriza o fator dominante de todas as variáveis envolvidas. No que diz respeito à condutividade térmica, a sua variação é consequência da composição mineral, da porosidade, do tipo de fluido nos poros, do estado de saturação e da anisotropia, sendo variável para cada tipo de rocha.

Clauser (2006, 2009) elabora um estudo caracterizando a condutividade térmica para estas variáveis, de acordo com quatro principais classes diagenéticas (rochas sedimentares, vulcânicas, plutónicas e metamórficas).

Clauser (2011) sumariza as suas conclusões de 2006 e 2009, referindo que para as rochas sedimentares a condutividade é fortemente influenciada pela porosidade e tipo de sedimentos; para as rochas vulcânicas a porosidade também é o fator predominante. No caso das rochas plutónicas e metamórficas, geralmente menos porosas, afirma que o mais importante é a fase mineral predominante. Assim, para as rochas plutónicas a quantidade de feldspatos presente é a característica mais importante, ou seja, em rochas nas quais a presença de feldspato é superior a 60%, a condutividade é menor do que em rochas com valores inferiores.

Para as rochas metamórficas, a quantidade de quartzo presente controla a condutividade térmica, por exemplo, em quartzitos a quantidade de quartzo é superior e está associada a valores superiores de condutividade térmica. O mesmo autor conclui também que em rochas com valores de porosidade >1% (grande porosidade) a variação da condutividade térmica está influenciada pelo tipo de poros presentes, pelo grau de saturação e ainda pelo fluido que satura os mesmos.

A anisotropia das rochas metamórficas e sedimentares deve-se às suas condições de formação. A anisotropia existe, segundo uma escala microscópica onde muitos dos minerais apresentam anisotropia, e segundo uma escala laboratorial onde a condutividade térmica de muitas rochas é também anisotrópica. No entanto, mesmo que os minerais presentes nas rochas sejam anisotrópicos, a sua orientação pode originar uma condutividade térmica isotrópica. Numa escala ainda maior, se as rochas forem expostas a processos de foliação, orogénicos ou outros processos tectónicos, a condutividade térmica da formação rochosa resultante poderá ser anisotrópica. Como resultado, e em termos gerais, a medição da condutividade térmica na direção paralela às camadas ou foliação, é maior do que na direção perpendicular.

Apresentam-se na Tabela 17 alguns valores médios da condutividade térmica de várias rochas.

Tabela 17 - Valores médios de condutividade térmica (W/m °C) de várias rochas (Côté *et al.*, 2005).

Rochas	ρ (g/cm ³)	K (W/m °C)
Anortosito	2,73	1,80
Basalto	2,90	1,70
Diabase, Pórfiro	2,98	2,30
Dolomite	2,90	3,80
Gabro	2,92	2,20
Gneisse	2,75	2,60
Granito	2,75	2,50
Calcário	2,70	2,50
Mármore	2,80	3,20
Quartzito	2,65	5,00
Arenito	2,80	3,00
Xisto	2,65	1,50
Ardósia	2,65	2,00
Sienito	2,80	2,00
Solos e matéria orgânica		
Carvão	1,35	0,26
Turfa	1,50	0,25
Silte e Argila	2,75	-

CAPÍTULO 4

CONCEITOS E FUNDAMENTOS TEÓRICOS

4. CONCEITOS E FUNDAMENTOS TEÓRICOS

4.1. TERMODINÂMICA

Embora exista há vários séculos, a termodinâmica desenvolveu-se com a necessidade de aumentar a eficiência das máquinas a vapor, de compreender os fenômenos mecânicos e químicos e com a evolução do estudo da calorimetria. De acordo com Çengel & Boles (2006) a termodinâmica só surge como uma ciência após a construção dos primeiros motores a vapor, em Inglaterra por Thomas Savery, em 1698, e por Thomas Newcomen, em 1712.

A Termodinâmica apresenta-se como um ramo da física que estuda as causas e os efeitos das mudanças de temperatura, pressão, volume e outras grandezas termodinâmicas em sistemas físicos a uma escala microscópica. Estuda, portanto, as trocas de energia, sob a forma de trabalho e calor, de um sistema físico (meio ou corpo) para a sua vizinhança, até se atingir o equilíbrio. Nos sistemas em equilíbrio não existem variações de temperatura, logo também não há transferência de calor, isto quer dizer que o corpo e a sua vizinhança se encontram á mesma temperatura.

Um sistema não pode criar ou consumir energia, pelo que após receber uma dada quantidade apenas a pode armazenar ou transferir, convertida sob a forma de trabalho ou calor. Este princípio é conhecido como a Primeira Lei da Termodinâmica ou Princípio da Conservação da Energia.

A Segunda Lei da Termodinâmica refere que a transferência de calor sob a forma de energia térmica apenas é possível quando existe uma diferença de temperatura entre o meio ou sistema, sendo que esta transferência ocorre sempre da zona onde a temperatura é superior para outra de temperatura inferior, até atingir o equilíbrio de temperatura (Sousa, 2010).

Ainda segundo aquele autor, a transferência de energia térmica resulta, ou da transferência de electrões, ou do aumento da vibração inter-atômica/molecular, mas segundo dois regimes distintos: regime estacionário e regime transiente. Em regime estacionário, a transferência de calor é constante e ocorre segundo a mesma direção ao longo do tempo, embora o termo mais preciso seja “quase – estacionário” devido à existência de pequenas flutuações transientes normalmente desprezadas. Já em regime transiente, a transferência de calor e a temperatura variam significativamente ao longo do tempo.

4.2. TEMPERATURA E CALOR

É normal associarmos a ideia de temperatura à sensação de calor ou frio que temos quando tocamos num objeto. Esta indicação qualitativa da temperatura é obviamente bastante subjetiva, uma vez que dois objetos constituídos por materiais diferentes, a uma mesma temperatura, causam-nos sensações distintas, não sendo por isso fácil a sua quantificação. A diferença da sensação criada, reside no facto da quantidade de energia (calor) que é trocada entre cada objeto e a mesma pessoa ser diferente. A nível microscópico, a temperatura de um corpo ou objeto é diretamente proporcional à energia cinética média das suas partículas.

Macroscopicamente, mede-se facilmente a temperatura utilizando um termómetro ou outros aparelhos de medição, possibilitando assim o conhecimento exato desta grandeza física. A unidade normalmente utilizada para medir a temperatura é o grau *Celsius* ou o grau *Kelvin*.

O fluxo de calor é, portanto, a energia transferida, sempre da região de maior temperatura para outra de menor temperatura, até se atingir o equilíbrio. É normalmente expresso pela letra “*Q*”, sendo um conceito fundamental da termodinâmica. Representa a grandeza que quantifica a energia transferida entre sistemas (em calorias) devido a uma diferença de temperatura, e a unidade de energia utilizada no Sistema Internacional é o Joule. A equivalência entre caloria e Joule é de 1 *cal* para 4.186 *J*, obtida pelo físico inglês *James Joule*.

Nesta definição fica então implícito que um corpo não contém calor, sendo este identificado quando cruza a fronteira de um sistema, tratando-se de um fenómeno transitório, aliás como já foi referido anteriormente. Esta transferência de energia pode ser feita por intermédio de diferentes mecanismos.

4.3. MECANISMOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

São três os principais mecanismos de transferência de calor, a condução, a convecção e a radiação. Neste trabalho estudaremos a condução e a radiação através dos ensaios de condutividade térmica e de termografia, respetivamente. A transferência de calor exige, aliás como já foi referido, uma diferença de temperatura entre dois meios ou corpos, ocorrendo a transferência do meio/corpo com maior temperatura para o de temperatura mais baixa de acordo com as leis da termodinâmica. Quando assim sucede diz-se que existe transferência de energia térmica (fração da energia interna de qualquer corpo) sob a forma de calor (Figura 7).

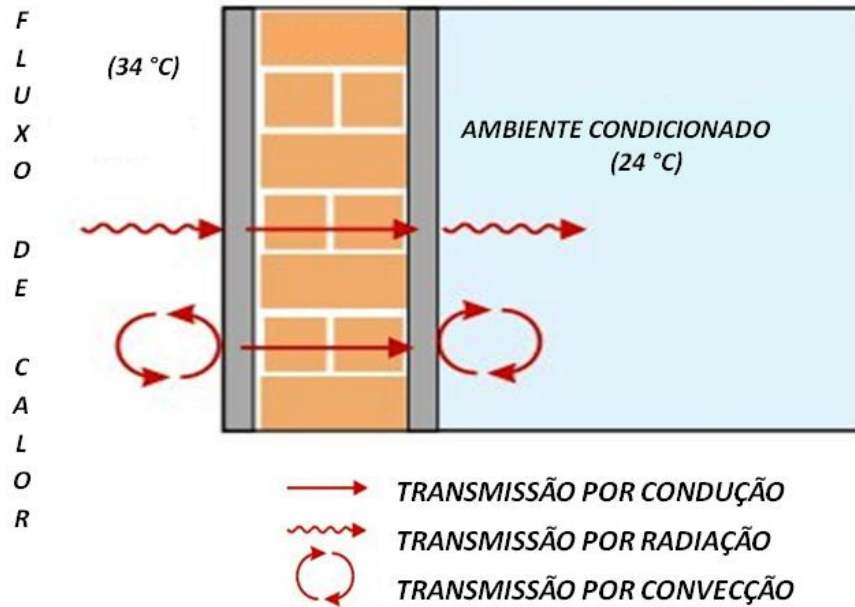


Figura 7 - Representação esquemática dos fenômenos de transferência de calor através de uma parede.
 (<http://www.michelena.com.br/imagens/transmissao.jpg>, 2010)

4.3.1. TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONDUÇÃO

O fenômeno de condução de calor ocorre quando a energia térmica é transferida através de um meio sólido ou fluído em meio estacionário (Sousa, 2010). Este fenômeno ocorre nos líquidos e nos gases devido à colisão entre moléculas durante o seu movimento aleatório, sempre no sentido das que possuem mais energia, ou seja, que se encontram em locais de maior temperatura, para as que possuem menos energia ou que se encontram em zonas mais frias. Nos sólidos a condução é devida à combinação entre as vibrações das moléculas e o transporte de energia pelos elétrons livres (Çengel & Boles, 2006).

O fluxo de calor transferido por condução segundo a direção “x” através de uma parede, “ Q_x ” é quantificado através da Lei de *Fourier* pela Equação 5 (adaptado de Çengel & Boles, 2006).

$$Q_x = \frac{K}{L} \times A \times \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (\text{W}) \quad [\text{Equação 5}]$$

Onde:

Q_x - fluxo de calor por condução (W)

K – coeficiente de condutividade térmica (W/m°C)

L - espessura da parede (m)

ΔT - gradiente de temperatura (°C)

A - área (m²)

Sendo assim, o fluxo de calor transferido por condução é proporcional à condutividade térmica do material, propriedade que mede a capacidade do mesmo em conduzir o calor.

Para aumentar o conforto térmico de um edifício devem colocar-se materiais isolantes em janelas e em telhados, nomeadamente materiais de poliuretano e lã de vidro ou lã mineral, materiais de baixa condutividade térmica (Figura 8).

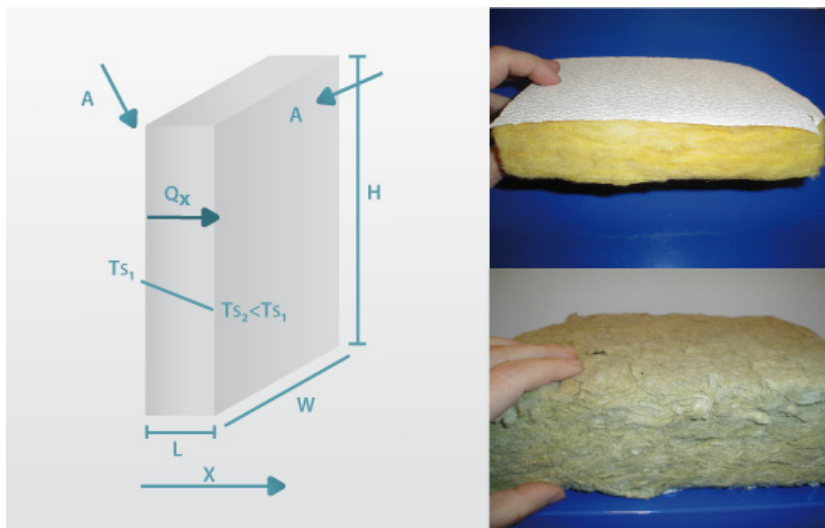


Figura 8 - Transferência de calor através de uma parede.

(http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=248&Itemid=422, 2013)

Segundo Çengel & Boles (2006), nos sólidos a transferência de calor deve-se a dois efeitos: o efeito do movimento vibratório da estrutura cristalina (rede) induzido pela vibração das moléculas de uma maneira periódica em torno de uma posição relativamente fixa, e a energia transportada por meio de fluxo livre de elétrons no sólido. A condutividade térmica de um sólido é obtida pela adição das componentes de rede mais a componente eletrónica. A condutividade térmica dos metais puros é devida primariamente à componente eletrónica, enquanto a condutividade térmica dos materiais não metálicos se deve principalmente à componente da rede. A componente de rede da condutividade térmica depende muito da forma como as moléculas estão dispostas.

4.3.2. TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONVECÇÃO

A convecção é o modo de transferência de calor entre uma superfície sólida e o líquido ou gás em movimento adjacente à superfície, envolvendo portanto fenômenos combinados de condução e movimento de um fluido. Neste caso, a transferência de calor é diretamente proporcional, ao movimento do fluido.

Há dois tipos de convecção, a convecção forçada (escoamento forçado do fluido por um tubo ou sobre uma superfície, por intermédio de um ventilador, uma bomba ou pelo próprio vento) e convecção livre ou natural (quando a circulação do fluido se faz por diferença de densidade face a um gradiente de temperatura do fluido).

Se colocarmos uma parede (Figura 9 e Figura 10) em contacto com um fluido, por exemplo o ar, o fluxo de calor por unidade de tempo para o arrefecimento é, segundo a Lei de Newton de arrefecimento, expresso pela Equação 6 (adaptado de Çengel & Boles, 2006).

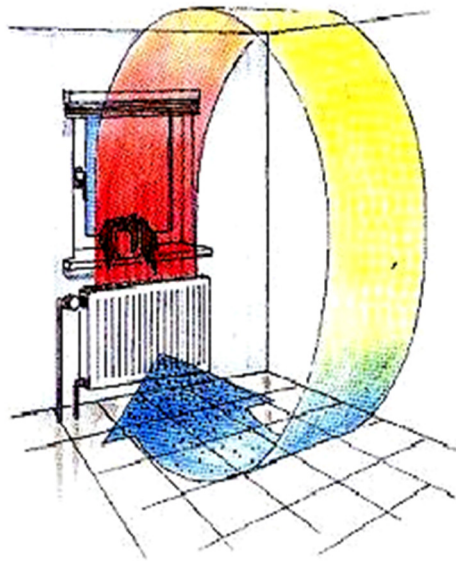


Figura 9 - Fluxo de calor por convecção forçada ao longo de uma parede.
(http://www.sobiologia.com.br/conteudos/oitava_serie/Calor6.jpg, 2013)

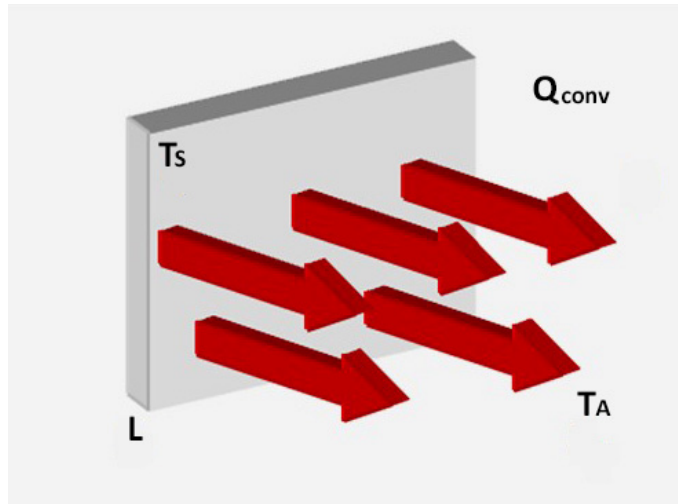


Figura 10 - Fenómeno de convecção de um fluido (ar) através de uma parede (DEFI/ISEP, 2008).

$$Q_{\text{conv}} = h \times A \times \Delta T \text{ (W) [Equação 6]}$$

Onde:

Q_{conv} – fluxo de calor por convecção (W)

h – coeficiente de transferência de calor por convecção ($\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$)

A – área (m^2)

ΔT – gradiente de temperatura (°C)

O coeficiente de transferência de calor por convecção (h), expresso em $\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$, não é uma propriedade física como a condutividade térmica, sendo experimentalmente determinado e depende de algumas propriedades físicas do fluido, do seu movimento e da geometria da superfície por onde o fluido passa.

4.3.3. TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RADIAÇÃO

“A radiação é um fenômeno volumétrico, e todos os sólidos, líquidos e gases emitem, absorvem ou transmitem radiação em diversos graus. Para sólidos opacos à radiação térmica, como os metais, madeira e rochas, a radiação é geralmente considerada um fenômeno de superfície, uma vez que a radiação emitida pelas regiões interiores desses materiais nunca consegue atingir a superfície, e a radiação incidente de tais corpos é absorvida numa camada de alguns micrómetros a partir da superfície”, (Çengel & Boles, 2006).

A radiação representa a energia emitida pela matéria sob a forma de ondas eletromagnéticas, de acordo com Maxwell, ou de fótons, segundo Planck. Dos três processos descritos é o único que não necessita de um meio intermediário para a transferência de calor, sendo também o mais rápido dos três fenômenos, uma vez que se dá à velocidade da luz.

No âmbito deste trabalho, interessam-nos os fenômenos de radiação térmica que os corpos experimentam quando absorvem energia e a emitem sob a forma de calor. Todos os corpos emitem e absorvem permanentemente radiações eletromagnéticas, resultantes de agitações internas da matéria.

As radiações eletromagnéticas são uma forma de energia que se propaga através do espaço, como uma perturbação vibratória, na direção perpendicular a essa perturbação. As ondas eletromagnéticas são definidas em termos de frequência de oscilação e movem-se com velocidade constante. A distância entre dois picos consecutivos da onda define-se como comprimento de onda (λ) e é numericamente igual à divisão da velocidade pela frequência (Barreira, 2004a).

A emissão da radiação térmica ocorre então em diferentes comprimentos de onda, existindo um intervalo do espectro eletromagnético no qual ela se deteta sob a forma de calor, desde a faixa visível até ao fim do infravermelho. Aliás, é nesta zona do Infravermelho que a Termografia efetua as suas medições.

4.4. RADIAÇÃO NO INFRAVERMELHO

Os comprimentos de onda utilizados para a medição da radiação térmica compõem o chamado espectro eletromagnético, onde se encontra o infravermelho.

Dentro do espectro eletromagnético, a radiação infravermelha está localizada entre a região visível e a região de radiação de micro-ondas. Essas regiões são divididas arbitrariamente, dependendo dos métodos utilizados para a produção e detecção da radiação (Santos, 2006).

Os nossos olhos só conseguem visualizar uma pequena faixa do espectro eletromagnético, sendo todas as outras faixas invisíveis ao olho humano, incluindo o infravermelho. Esta faixa do espectro eletromagnético foi descoberta em 1800, por Sir William Herschel, que ao procurar um material que fosse um bom filtro óptico, ou seja, que reduzisse o brilho do sol aquando da sua observação, utilizando vidros de diferentes cores, verificou que existiam alguns filtros que passavam muito pouco calor durante a observação, enquanto outros passavam tanto calor que em poucos segundos danificavam completamente a amostra de vidro (FLIR, 2011).

Sir William Herschel percebe então, com novas experiências, que o aquecimento continuava a aumentar para além da região do vermelho, numa região negra a que chamou espectro de “calor negro” e “espectro termométrico”. Esta era uma zona próxima do infravermelho mas em que a luz do sol não era visível. Esta faixa era, no entanto, a que indicava maior temperatura, tendo-se designado por “infravermelho” (Figura 11), o que significa abaixo do vermelho na escala de frequências (FLIR, 2007).

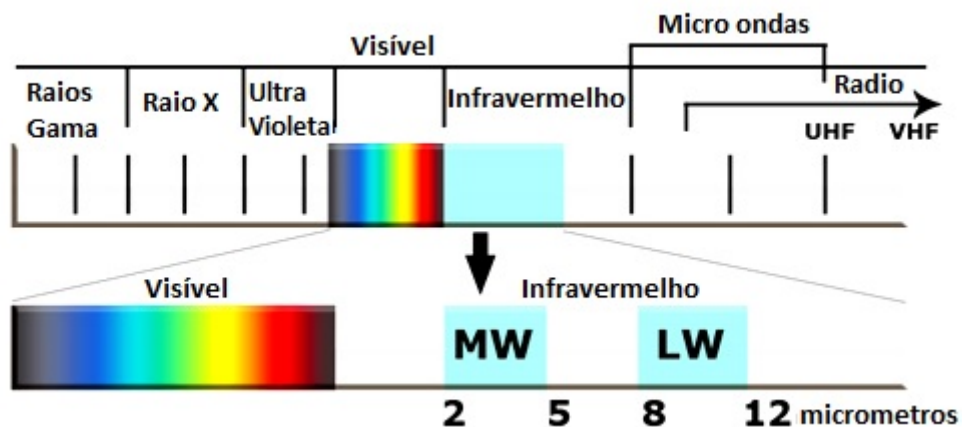


Figura 11 - Espectro electromagnético e divisão da faixa do Infravermelho.
(<http://www.infratherm.net.br/termografia>, 2013)

De acordo com os sistemas da “*Flir Systems*” para medição térmica, a região do infravermelho é dividida em 4 bandas, o infravermelho próximo que coincide com o limite visual (0,75 – 3 μm), o infravermelho médio (3 – 6 μm), o infravermelho distante (6 - 15 μm) e o infravermelho extremo, limite mais afastado da zona visível, que se confunde com as micro-ondas no campo milimétrico (15 – 100 μm), (FLIR, 2007).

4.4.1. LEIS DA RADIAÇÃO

4.4.1.1. LEI DE PLANCK E LEI DE WIEN

Gustav Kirchoff, propôs em 1860, o termo Corpo Negro para um corpo capaz de absorver toda a radiação incidente independente do seu comprimento de onda e da direcção de incidência. A Lei de Planck descreve matematicamente as propriedades de um corpo negro. Evidencia, ainda, que o comprimento de onda em que ocorre a radiação máxima de energia, é função da temperatura absoluta do objeto analisado (Figura 12).

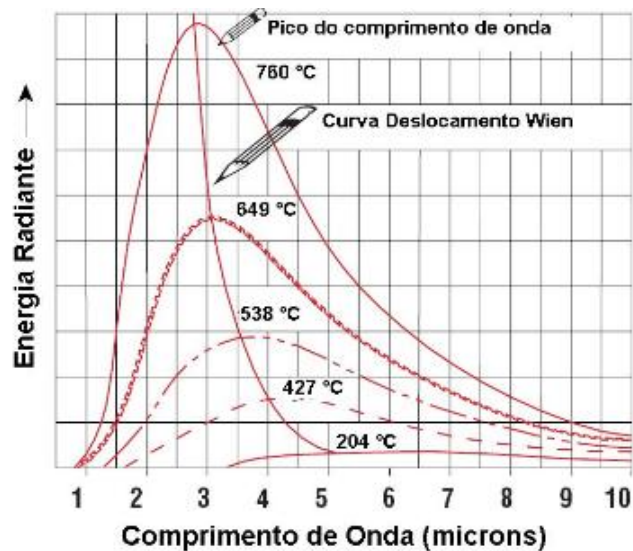


Figura 12 - Relação da distribuição espectral da radiação térmica com a temperatura.
 (<http://s3.amazonaws.com/magoo/ABAAAAIccAD-1.jpg>)

Quanto maior a temperatura maior é a radiação emitida. As curvas acima representam a radiação por comprimento de onda e unidade de área, e verifica-se que quanto maior a temperatura mais intensa é a radiação emitida. O ponto máximo de cada curva vai-se deslocando em função do comprimento de onda e Wien (1893) descreve este deslocamento através da Equação 7 (FLIR, 2007):

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{2898}{T} (\mu\text{mK}) \text{ [Equação 7]}$$

Onde:

$\lambda_{\text{máx}}$ - comprimento de onda máximo (μm)

T - temperatura (K)

4.4.1.2. LEI DE STEFAN – BOLTZMANN

Todos os corpos emitem calor e, em 1906, Josef Stefan e Ludwig Boltzmann chegaram, através de medidas experimentais, à conclusão de que o total de calor irradiado por um corpo, por metro quadrado de superfície, é proporcional à quarta potência da sua temperatura absoluta (Lei de Stefan-Boltzmann, 1906) expressa pela Equação 8 (adaptado de Çengel & Boles, 2006).

$$Q_{\text{máx emit}} = \delta \times A \times T^4 \text{ (W) [Equação 8]}$$

Onde:

$Q_{\text{máx emit}}$ – radiação máxima emitida (W)

δ – constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$)

A – área (m^2)

T - temperatura (K)

A radiação emitida ou quantidade de calor emitido por um corpo negro é máxima (corpo que emite toda a radiação absorvida), enquanto que um corpo real emite menor quantidade de calor que um corpo negro, à mesma temperatura, sendo expressa pela Equação 9 (adaptada de Çengel & Boles, 2006).

$$Q_{\text{emit}} = \epsilon \times \delta \times A \times T^4 \text{ (W) [Equação 9]}$$

Onde:

Q_{emit} - quantidade de calor emitido (W)

ϵ – emissividade da superfície

δ - constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$)

A – área (m^2)

T – temperatura (K)

A radiação emitida depende da emissividade (ϵ) da superfície. A emissividade é a capacidade de um corpo emitir radiação sob a forma de energia de acordo com a sua superfície.

4.4.1.3. CORPO NEGRO, REAL E TRANSPARENTE

A designação de corpo negro, corpo real ou opaco, e corpo transparente surge de acordo com a capacidade de emitir radiação térmica após uma dada quantidade de energia incidente. Um corpo negro representa um objeto que absorve toda a radiação que incide sobre si em qualquer comprimento de onda, e é capaz de emitir essa radiação (lei de Kirshoff). O corpo real refere-se a uma superfície material em que parte da energia incidente é absorvida e outra parte é refletida, o que depende da sua emissividade (Afonso, 2010).

A maior parte dos materiais de construção apresentam-se como corpos opacos. Para os materiais opacos, o coeficiente de reflexão pode ser uma propriedade importante quer estes sejam

utilizados nas superfícies exterior ou interior, vindo a ter influência quer nos ganhos térmicos, quer na iluminação natural (Mendonça, 2005a).

No que se refere aos corpos transparentes, designadamente o vidro, toda a radiação incidente é transmitida, pelo que os vidros têm uma grande influência na utilização como sistemas solares passivos.

4.5. EMISSIVIDADE, ABSORÇÃO, REFLEXÃO E TRANSMISSÃO DE CALOR

4.5.1. EMISSIVIDADE

A emissividade representa a capacidade do corpo emitir radiação, ou seja energia. O corpo negro emite maior radiação que todos os outros corpos reais, devido à sua emissividade (ϵ). A emissividade encontra-se entre o zero e a unidade, sendo a medida de aproximação de qualquer superfície ao corpo negro (de emissividade igual 1). A Tabela 18 apresenta valores de emissividade para diferentes materiais.

Tabela 18 - Valores de emissividade para diferentes materiais (adaptado de Mendonça, 2005b).

Materiais	Emissividade
Aço	0,07
Água	0,98
Areia	0,90
Betão normal	0,92-0,97
Calcário	0,96
Madeiras pouco densas	0,90-0,95
Cerâmica barro vermelho	0,93-0,95
Granito, Gneisse, Pórfiro	0,96
Placas de madeira prensada	0,87
Poliestireno expandido extrudido	0,60
PVC	0,91-0,94
Vidro celular	0,92

Quando a energia atinge a superfície de um material, esta pode ser absorvida, refletida ou transmitida através do mesmo. A soma dos coeficientes numéricos destas três formas de energia são conhecidas como Equação 10 (adaptado de Mendonça, 2005b)

$$\alpha' + \tau + \rho' = 1 \quad [\text{Equação 10}]$$

Onde :

α' - coeficiente de absorção

τ - coeficiente de transmissão

ρ' - coeficiente de reflexão

O coeficiente de absorção assume o valor unitário nos corpos negros. Estamos na presença de um corpo transparente como por exemplo o vidro, se o coeficiente de transmissão é superior a zero. A maior parte dos materiais de construção são opacos apresentando coeficientes de transmissão e de absorção com valores superiores ou iguais a zero, sendo o coeficiente de transmissão nulo.

4.5.2. ABSORÇÃO

O coeficiente de absorção (α') mede a quantidade de radiação absorvida por uma superfície relativamente à energia incidente. Quando um corpo absorve energia esta vai alterar a sua temperatura. O seu valor encontra-se compreendido entre zero e um, e um corpo negro terá então um valor de $\alpha' = 1$. Tanto a emissividade como a absorção, dependem da temperatura e do comprimento de onda da radiação. De acordo com a Lei de Kirschoff para a radiação, a emissividade e a absorção de uma superfície são iguais para a mesma temperatura e comprimento de onda (adaptado de Çengel & Boles, 2006).

Na prática, a absorção média de uma superfície é igual à sua emissividade média. A quantidade de calor absorvido é obtida pela Equação 11 de acordo com a Lei de Kirshoff (adaptado de Çengel & Boles, 2006).

$$Q_{\text{abs}} = \alpha' \times Q_{\text{incidente}} \quad [\text{Equação 11}]$$

Onde:

Q_{abs} – quantidade de calor absorvido (W)

α' – coeficiente de absorção

$Q_{\text{incidente}}$ – quantidade de calor incidente (W)

4.5.3. REFLEXÃO

Define-se a reflexão como a capacidade de um corpo refletir energia. A reflexão ocorre em superfícies opacas. Se a quantidade de radiação absorvida for maior que a quantidade emitida, a superfície está a ganhar energia por radiação. Para um corpo real apenas uma parcela da radiação incidente é absorvida (α'), sendo a restante refletida (ρ'). A quantidade de calor refletido é obtido pela Equação 12 (adaptado de Çengel & Boles, 2006).

$$Q_{\text{ref}} = (1 - \alpha') \times Q_{\text{incidente}} \quad [\text{Equação 12}]$$

Onde:

Q_{ref} - quantidade de calor refletido (W)

α' - coeficiente de absorção

$Q_{incidente}$ - quantidade de calor incidente (W)

4.5.4. TRANSMISSÃO

Num corpo transparente como o vidro parte da energia incidente é também transmitida (τ) sendo que para o mesmo comprimento de onda o seu somatório é sempre igual à unidade, e representa a radiação total segundo a lei da conservação da energia (Equação 13= Equação 10).

$$\alpha' + \rho' + \tau = 1 \text{ [Equação 13]}$$

Onde:

α' - coeficiente de absorção, dado por: $\alpha' = \frac{\text{radiação absorvida}}{\text{radiação incidente}}$

ρ' - coeficiente de reflexão, dado por: $\rho' = \frac{\text{radiação reflectida}}{\text{radiação incidente}}$

τ - o coeficiente de transmissão, dado por: $\tau = \frac{\text{radiação transmitida}}{\text{radiação incidente}}$

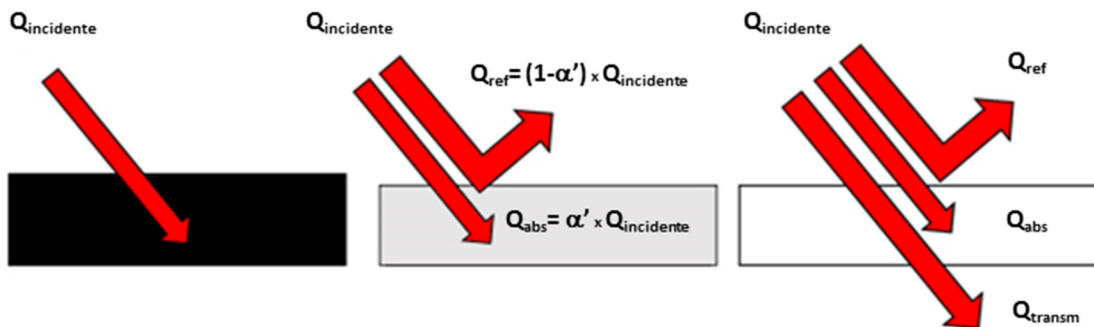


Figura 13 - Representação dos fenômenos de absorção, reflexão e transmissão num corpo negro, opaco e transparente (adaptado de Mendonça, 2005b).

O desempenho térmico das pedras naturais em estudo não se restringe ao mecanismo de transferência de calor, devendo considerar-se vários fatores, ou variáveis, tais como o coeficiente de condutividade térmica, o calor específico, a difusividade térmica, a capacidade térmica, o tempo de arrefecimento térmico e aquecimento, a dilatação térmica e outras propriedades físicas, que de alguma forma contribuem para o respetivo desempenho térmico.

4.6. PROPRIEDADES QUE INTERFEREM NO DESEMPENHO TÉRMICO DOS MATERIAIS

4.6.1. MASSA VOLÚMICA

A massa volúmica absoluta, ou real, representa o peso por unidade de volume total. A massa volúmica aparente representa o peso por unidade de volume de vazios aparente, ou seja, o volume limitado pela superfície externa do provete, contabilizando-se apenas os poros que estão em contacto com o exterior. A relação entre estas duas massas define a compacidade da rocha.

A massa volúmica aparente é o parâmetro que se utiliza para caracterizar os materiais de construção considerando-se muito importante uma vez que influencia não só o peso dos elementos a colocar em obra, mas também a sua capacidade de isolamento e armazenamento de calor. A Tabela 19 apresenta valores de massa volúmica aparente de alguns materiais de construção.

Tabela 19 – Valores de massa volúmica aparente de alguns materiais de construção (adaptado Mendonça, 2005b).

Materiais	Massa Volúmica aparente (kg/m³)
Aço	7780
Água	120
Areia seca	1500
Betão normal	2200-2400
Calcário – mármore	2600
Calcário – outros	1480-2590
Madeiras pouco densas	300-750
Cerâmica barro vermelho	1800-2000
Granito, Gneisse, Pórfiro	2300-2900
Placas de madeira prensada	350-750
Poliestireno expandido extrudido	25-40
Vidro celular	110-140
Xisto, ardósia	2000-2800
Lã de rocha	20-180
Lã de vidro	8-80

4.6.2. POROSIDADE

A porosidade representa a quantidade de poros ou vazios existentes num dado volume. Designa-se de porosidade aberta ou aparente, a relação entre o volume de vazios e o volume de poros abertos ao exterior. Normalmente a massa volúmica e a porosidade variam na razão inversa e estão correlacionadas com a absorção de água.

4.6.3. ABSORÇÃO DE ÁGUA

Representa a quantidade de água que uma rocha absorve num dado intervalo de tempo. Indica uma relação percentual entre o peso da amostra e a água nela contida. Em geral, identifica-se esta propriedade com a porosidade, embora só os poros que estão em contacto com o exterior e os que estão interligados com estes, possam ser preenchidos pela água. É uma propriedade muito importante pois pode ser um fator de aceleração do envelhecimento dos materiais de construção. A absorção de água aumenta o peso dos elementos de construção colocados em obra e varia na razão direta da porosidade.

4.6.4. DILATAÇÃO TÉRMICA

Todos os materiais contraem com o frio e dilatam sob a ação do calor. Em termos físicos a dilatação ocorre, por aumento de temperatura, devido à agitação das moléculas que constituem os diversos materiais, o que leva ao aumento da distância entre as forças intermoleculares e, conseqüentemente, a uma alteração das suas dimensões. Nas rochas esta dilatação é medida pela variação de comprimento de um provete. Assim, quando a temperatura de um corpo se altera, as suas dimensões também são alteradas. Para um dado intervalo de temperatura, o comprimento “ ℓ ” de um sólido, a uma temperatura “ T ”, pode relacionar-se com o seu comprimento inicial “ ℓ_p ” a uma temperatura “ t_0 ” pela Equação 14 (Pinto *et al.*, 2006):

$$\alpha = \frac{\Delta \ell_s}{\ell_p \times \Delta T} \text{ (}^\circ\text{C}^{-1}\text{)} \text{ [Equação 14]}$$

Onde:

α - coeficiente de dilatação térmica linear ($^\circ\text{C}^{-1}$)

ℓ_p - comprimento inicial do provete (mm)

$\Delta \ell_s$ - variação do comprimento do provete (mm)

ΔT - gradiente de temperatura ($^\circ\text{C}$)

A dilatação das pedras naturais têm importância sobretudo para prever as juntas e folgas necessárias para aplicação em obra sobretudo quando vão estar sujeitas a variações de temperatura. A sua importância reflete-se, portanto, em todas as aplicações exteriores quando em climas quentes, ou em aplicações interiores junto a fontes de calor como lareiras, fornos, aplicações em pisos radiantes, entre outros.

4.6.5. COEFICIENTE DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA

O coeficiente de condutividade térmica (K) é muito importante na seleção de materiais para a construção civil e outras aplicações. Em muitas das aplicações são precisos materiais que isolem os ambientes, ou seja, materiais de baixa condutividade térmica, mas noutras aplicações são necessários materiais de elevada condutividade térmica.

O coeficiente de condutividade térmica representa a quantidade de calor transmitida por condução, por hora, através de um dado material com 1 m² de superfície e com 1 m de espessura, quando a diferença de temperatura entre as duas faces opostas é de 1 grau *Celsius* ou de 1 grau *Kelvin*. Exprime-se, no Sistema Internacional (SI), em watt por metro e por grau *kelvin* (W/m K) ou em watt por metro e por grau *Celsius* (W/m °C), (Silva, 2007).

A um menor coeficiente de condutividade corresponde uma maior capacidade de isolamento do material. A capacidade de isolamento é tanto maior quanto mais porosos forem os materiais, uma vez que a condutibilidade do ar é menor que a da matriz do material, a não ser que estejam preenchidos por fluidos. Se olharmos para o que se passa numa parede plana de espessura constante, de um dado material, a condutividade (Equação 15) exprime a capacidade do material conduzir o calor (Figura 14) num determinado intervalo de tempo.

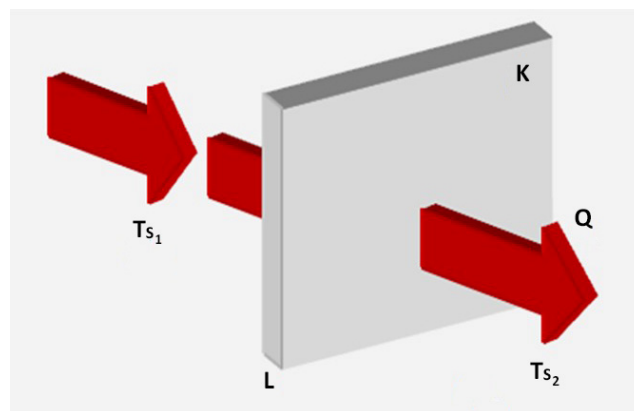


Figura 14 - Fluxo de calor numa parede de condutividade K (DEFI/ISEP, 2008).

$$K = \frac{Q \times L}{A \times \Delta T} \quad (\text{W/m}^\circ\text{C}) \quad [\text{Equação 15}]$$

Onde:

K - coeficiente de condutividade térmica (W)

L - espessura (m²)

ΔT - gradiente de temperatura (°C)

Q - fluxo de calor (W)

A - área (m²)

As Tabelas 20, 21 e 22 apresentam valores de condutividade térmica para diferentes materiais de construção, indicados por vários autores.

Convém, no entanto, fazer referência de que estes valores apresentados na Informação Técnica de Edifícios 50 (ITE 50), baseada no RCCTE (Regulamento das Características do Comportamento Térmico de Edifícios), referem-se a valores de cálculo, pelo que se encontram empolados face a um coeficiente de segurança que é introduzido. Também é necessário ressaltar que os valores da condutividade das pedras naturais, para além de serem mais elevados pelas razões já referidas, são apresentados juntamente com os valores das juntas de assentamento.

Tabela 20 - Valores de condutividade térmica para materiais de construção. (Pedras e Gessos)

Materiais	Massa Volúmica (kg/m³)	Santos & Matias (2009) (W/m°C)	Mendonça (2005b) (W/m°C)	Silva (2010) (W/m°C)
Pedras (incluindo juntas assentamento)				
<i>Rochas plutónicas e metamórficas</i>				
Gneisse	2400-2700	3,50	3,00	2,70
Granito	2500-2700	2,80	3,00	2,60
Xisto, ardósia (paredes fluxo // estratos)	2000-2800	2,20	2,20	2,40
<i>Rochas vulcânicas</i>				
Basalto	2700-3000	1,60	1,60	-
Andesito, traquito	2000-2700	1,10	1,10	-
Rochas porosas	≤1600	0,55	1,10	-
Pedra pomes	≤400	0,12	-	-
<i>Rochas calcárias</i>				
Mármore	2600-2800	3,50	2,90	2,20-2,80
Pedras calcárias muito duras	2200-2590	2,30	1,40	-
Pedras calcárias duras	2000-2190	1,70	1,40	-
Pedras calcárias densas	1800-1990	1,40	1,40	-
Pedras calcárias macias	1600-1790	1,10	1,40	-
Pedras calcárias muito macias	≤1590	0,85	1,40	-
<i>Grés</i>				
Grés quartzoso	2600-2800	2,80	2,60	-
Grés silicioso	2200-2590	2,30	-	-
Grés calcário	2000-2700	1,90	1,90	-
Sílex	2600-2800	2,60	2,60	-
Pedras artificiais	1750	2,80	-	-
Material cerâmico	≤1000-2400	0,34-1,04	1,15	-
Betão normal	2000-2600	1,65-2,00	1,75	-
Reboco	-	0,11-0,20	-	-
Gessos				
Estuque projectado	≤600-1500	0,18-0,56	0,50	-
Estuque tradicional	≤1000-1300	0,40-0,57	0,35	-

Tabela 21 - Valores de condutividade térmica para materiais de construção. (Isolantes)

Materiais	Massa Volúmica (kg/m³)	Santos & Matias (2009) (W/m°C)	Mendonça (2005b) (W/m°C)	Silva (2010) W/m°C)
Isolantes				
Lã de rocha	20-180	0,042-0,045	-	-
Lã de vidro	8-100	0,040-0,045	-	-
Vidro celular	110-140	0,050	-	-
Aglomerado de cortiça expandida	90-140	0,045	-	-
Poliestireno expandido moldado	<11->20	0,037-0,055	-	-
Poliestireno expandido extrudido	25-40	0,037	-	-
Espuma de polietileno expandido extrudido	20-50	0,050	-	-
Argila expandida	<400	0,160	-	-
Materiais granulares leves ou fibras soltas	20-100	0,060	-	-

Tabela 22 - Valores de condutividade térmica materiais de construção. (Madeiras e Derivados, Metais)

Materiais	Massa Volúmica (kg/m³)	Santos & Matias (2009) (W/m°C)	Mendonça (2005b) (W/m°C)	Silva (2010) W/m°C)
Madeiras e Derivados				
Madeiras maciças	200-870	0,13-0,29	-	-
Aglomerado de partículas de madeira	300-900	0,10-0,18	-	-
Aglomerado de fibras de madeira	250-800	0,07-0,18	0,11-0,15	-
Contraplacado de madeira	250-550	0,10-0,15	-	-
Metais				
Aço	7800	50	-	-
Alumínio	2700	230	-	-
Ferro	7870	72	-	-
Latão	8400	120	-	-
Borrachas, poliamidas	910-1400	0,17-0,50	-	-
Poliésteres, polietilenos, acrílicos	-	-	-	-
PVC	-	-	-	-
Revestimentos				
Aglomerado de cortiça	>400	0,065	-	-
Carpete, alcatifa	200	0,06	-	-
Cerâmica vidrada	2300	1,30	-	-

4.6.6. RESISTÊNCIA TÉRMICA

A resistência térmica mede a capacidade dos materiais não se deixarem atravessar pelo calor, o que pode dar uma ideia da sua capacidade de isolamento e de conforto térmico que oferecem. A resistência térmica (R) define portanto as propriedades de isolamento de um elemento construtivo, sendo dada pela Equação 16 (adaptado de Silva, 2007).

$$R = \frac{L}{K} \quad (\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}) \quad [\text{Equação 16}]$$

Onde:

R – resistência térmica ($m^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$)

L – espessura (m)

K – coeficiente de condutividade térmica ($\text{W/m }^\circ\text{C}$)

Assim, rochas de menor condutividade apresentam maior resistência térmica, o que desde logo lhe confere maior capacidade de isolamento ao calor.

Este facto trará algumas vantagens na sua aplicação como material de construção em consequência da redução do consumo de energia.

4.6.7. COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA

Traduz a suscetibilidade à perda ou ganho de calor, consoante a estação do ano, exprimindo a quantidade de calor que atravessa uma parede (ou espessura de material) em regime permanente, por unidade de tempo (hora), por unidade de superfície (m^2) e por unidade de temperatura entre os diferentes ambientes em ambos os lados da parede expresso pela Equação 17 (adaptado de Silva, 2007).

$$U = \frac{1}{R} = \frac{K}{L} \text{ (W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C)} \text{ [Equação 17]}$$

Onde:

U – coeficiente de transmissão térmica ($\text{W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$)

R – resistência térmica ($m^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$)

L – espessura (m)

K – coeficiente de condutividade térmica ($\text{W/m }^\circ\text{C}$)

Este valor é importante uma vez que, materiais que isolem bem as construções conduzem a ganhos energéticos. Assim, quanto maior for o valor do coeficiente de transmissão térmica, menor é a resistência térmica e maior é a condutividade do material, logo menor é a capacidade de isolamento.

4.6.8. CALOR ESPECÍFICO

O calor específico (C) é a grandeza física que caracteriza uma substância e define a variação térmica de um dado material, ao receber determinada quantidade de calor. É a energia necessária para aumentar numa unidade de temperatura, uma unidade de massa do material. Também é designado de capacidade térmica mássica. Normalmente, é medido em J/kg K ou Kcal/Kg °C. É constante para cada substância em cada estado físico. É expresso pela Equação 18 (Silva, 2007).

$$C = \frac{Q}{m \Delta T} = \frac{Q}{m (T_f - T_i)} \text{ (J/kg } ^\circ\text{C)} \quad \text{[Equação 18]}$$

Onde:

C – calor específico (J/kg °C)

Q – fluxo de calor (J)

m – massa (kg)

ΔT – gradiente de temperatura (°C)

T_f – temperatura final (°C)

T_i – temperatura inicial (°C)

Os materiais de construção apresentam valores de calor específico variáveis, entre 300 e 1500 J/Kg °C. A exceção é o valor da madeira, o qual se situa no intervalo entre os 1500 e os 2510 J/kg °C.

A água tem, no entanto, um valor bastante mais elevado, da ordem dos 4.178 J/kg °C, pelo que o teor de humidade nos materiais de construção vai influenciar a sua capacidade calorífica.

Os valores de calor específico característicos de alguns dos tipos litológicos de rochas encontram-se na Tabela 23.

Tabela 23 - Valores de calor específico de rochas (J/Kg °C).

	Johansson <i>et al.</i> (2001)	Mendonça (2005b)	Silva (2010)	Aalborg Industries (2013)
Granito	800-816	650	790	837
Sienito	831	-	-	-
Diorito	810	-	-	-
Gabro	720	-	840	-
Pórfiro	825	-	-	-
Basalto	858	-	-	-
Dolerito	700	-	-	-
Gneisse	820-895	-	-	-
Xisto, Ardósia	707	-	-	-
Quartzito	700	-	-	-
Calcário	-	810	840	-
Mármore	-	830	-	879
Pedras calcárias	-	920	-	-

Apresentam-se na Tabela 24 os valores de calor específico de alguns materiais de construção, segundo Mendonça (2005b).

Tabela 24 - Valores de calor específico de alguns materiais de construção.
(adaptado de Sastre 2000 *in* Mendonça, 2005b)

Materiais	Calor específico (J/Kg °C)
Isolantes	
Lã de rocha, lã de vidro	670-800
Vidro	750
Cortiça, aglomerado	170
Polietileno	2500
Poliestireno expandido	1550
Grés	745
Cerâmica	920-1000
Betão normal	840-1040
Água	1460
Madeiras	1500-2510
Aglomerado de madeira	1300
Areia seca	800
Metais	-
Aço	450-512
Alumínio	830-950
PVC	1045

4.6.9. CAPACIDADE TÉRMICA

A capacidade térmica (C_t) é a grandeza física que determina a variação térmica de um corpo ao receber determinada quantidade de calor. Corresponde à quantidade necessária de calor para elevar a temperatura do corpo numa unidade de temperatura. Os materiais de construção, assim como todos os outros, possuem a capacidade de armazenar calor, quando a temperatura se eleva, designando-se esta capacidade de armazenar calor, de capacidade térmica ou massa térmica. Os materiais mais leves apresentam menor capacidade térmica. O peso do material tem influência, mas o calor específico também (Silva, 2007).

A capacidade térmica (C_t) é obtida a partir da Equação 19 (Silva, 2007).

$$C_t = m \times C = m \times \frac{Q}{m \Delta T} = \frac{Q}{\Delta T} \text{ (J/ } ^\circ\text{C)} \text{ [Equação 19]}$$

Onde:

C_t – capacidade térmica (J/ °C)

m – massa (kg)

C – calor específico (J/kg °C)

Q – fluxo de calor (J)

ΔT – gradiente de temperatura (°C)

A capacidade térmica pode ser função do calor específico, da densidade e da espessura (Silva, 2007). Neste caso, a quantidade de calor (Q_t) que um material absorve por metro quadrado e por grau de aumento de temperatura obtém-se pela Equação 20 (adaptado de Silva, 2007).

$$Q_t = C \times \rho \times L \quad (\text{J/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}) \quad [\text{Equação 20}]$$

Onde:

Q_t – Capacidade térmica ($\text{J/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

C – calor específico ($\text{J/Kg } ^\circ\text{C}$)

ρ – massa volúmica (kg/m^3)

L – espessura (m)

A capacidade térmica de um material varia na razão direta do seu calor específico, densidade e massa volúmica.

4.6.10. CAPACIDADE TÉRMICA VOLUMÉTRICA

A capacidade térmica volumétrica representa a medida quantitativa do calor necessário para elevar uma unidade de volume de um dado material numa unidade de temperatura (Equação 21). É expressa em $\text{J/m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$. Para um material sujeito a um dado fluxo de calor, quanto menor for o seu valor C_p maior será a sua variação de temperatura (Silva, 2010).

$$C_p = C \times \rho \quad (\text{J/m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}) \quad [\text{Equação 21}]$$

Onde:

C_p – capacidade térmica volumétrica ($\text{J/m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$)

C – calor específico ($\text{J/kg } ^\circ\text{C}$)

ρ – densidade ou massa volúmica (kg/m^3)

Uma capacidade térmica elevada não garante por si só uma melhor regulação térmica na construção. Para compensar as flutuações térmicas existentes, é importante que o material possua uma capacidade térmica elevada e um coeficiente de condutividade térmica reduzido. Assim, a parede não só deve armazenar o calor, como também deve ser capaz de o restituir no momento mais oportuno. Para apoiar esta afirmação, introduz-se a noção de tempo de arrefecimento (Silva, 2007).

4.6.11. DIFUSIVIDADE TÉRMICA

Um dado material, em função do valor de calor específico (C), da densidade ou massa volúmica (ρ), e da condutividade térmica (K), consegue aquecer mais ou menos rapidamente. A difusividade térmica (D), (Equação 22) caracteriza esta propriedade (adaptado de Silva, 2007 e Silva, 2010).

$$D = \frac{K}{\rho \times C} = \frac{K}{C_p} \text{ (m}^2\text{/s) [Equação 22]}$$

Onde:

D – Difusividade (m²/s)

K – coeficiente de condutividade térmica (W/m °C)

ρ – densidade ou massa volúmica (kg/m³)

C – calor específico (J/kg °C)

C_p – capacidade térmica volumétrica (J/m³ °C)

4.6.12. TEMPO DE ARREFECIMENTO

O tempo de arrefecimento (Equação 23) depende da relação entre a capacidade térmica e a capacidade de armazenamento. Quanto maior for este valor maior é o tempo que o material demora a arrefecer (adaptado de Silva, 2007).

$$A_{\text{rref}} = \frac{Q_t \times L}{K \times 3600} \text{ (h) [Equação 23]}$$

Onde:

A_{rref} – arrefecimento (h)

Q_t – capacidade térmica (quantidade de calor absorvido) (J/m² °C)

L – espessura (m)

K – coeficiente de condutividade térmica (W/m °C)

As flutuações externas de temperatura também se farão sentir, mais tarde, no interior. O material isolante apresenta um tempo de arrefecimento insignificante comparativamente com os outros materiais, tendo assim uma contribuição para a regulação térmica bastante reduzida (Silva, 2007).

4.7. TERMOGRAFIA OU TECNOLOGIA POR INFRAVERMELHOS

A tecnologia por infravermelhos, e respetivos equipamentos (câmaras termográficas), foi desenvolvida com maior empenho a partir de meados de 1965. Os primeiros modelos destes equipamentos, fabricados pelas grandes marcas eram extremamente pesados, a câmara pesava cerca de 25 kg, o osciloscópio 20 kg e o tripé 15 kg. Atualmente, as câmaras disponíveis no mercado pesam cerca de 0,55 kg, o que torna possível a execução de ensaios de forma rápida e expedita. Esta tecnologia utiliza a banda do infravermelho, e sendo assim, rege-se pelas leis da termodinâmica, tais como a lei de Planck's, a lei de Wien e a lei de Stefan-Boltzmann, já anteriormente referidas. Os nossos olhos são capazes de ver uma pequena parte do espectro electromagnético, ou seja, a radiação visível, não sendo capazes de ver o infravermelho, mas sim senti-lo sob a forma da sensação de calor. São várias as fontes de radiação sob a forma de calor tais como o sol, os aquecedores eléctricos, o carvão, a lâmpada, os animais de sangue quente como por exemplo o ser humano, entre outros (FLIR, 2007).

A termografia é a técnica que permite realizar o mapeamento de um objecto ou corpo em termos de distribuição da temperatura obtendo-se imagens designadas de "termogramas" a partir da radiação infravermelha naturalmente emitida por um corpo, de intensidade proporcional á sua temperatura (calor), através de um equipamento concebido para esse efeito. Assim, torna-se possível a localização de regiões quentes ou frias, a partir da interpretação dos termogramas que fornecem as imagens do "calor", em faixas de temperatura que podem ir desde 40 a 1500 °C. Estas imagens a cores, ou em escala de cinzentos, permitem realizar medidas sobre pontos ou áreas da própria imagem. Uma vez que se trata de uma imagem térmica apresenta-se com várias gradações de cor, de acordo com a temperatura do corpo, e permite obter sobre a própria imagem esses valores (onde as cores frias significam temperaturas mais baixas e cores quentes significam temperaturas elevadas).

Esta técnica, não destrutiva, utiliza sistemas (câmaras termográficas) que transformam a energia emitida pelo infravermelho (A), fazendo-a passar pela ótica (B) e enviando a mensagem para o sensor de infravermelhos e sensor electrónico (C e D) processando em seguida a imagem térmica (E) que, de acordo com os modelos, pode ser vista num visor LCD ou através de software especializado (Figura 15).

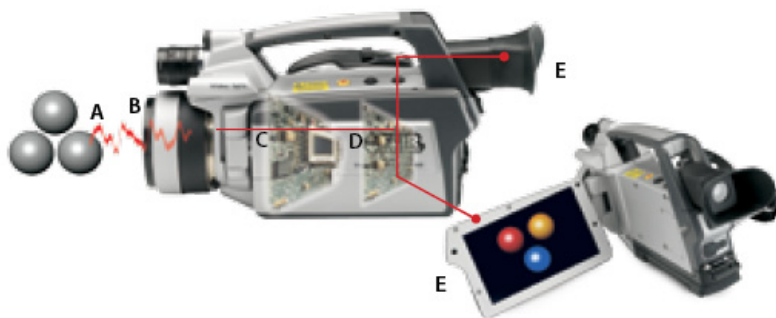


Figura 15 - Esquema do processamento de uma imagem termográfica (FLIR Systems Inc., 2012).

As imagens termográficas são uma valiosa ferramenta de trabalho em várias aplicações industriais e de engenharia. Na Figura 16 pode-se ver a diferença entre uma imagem captada por uma câmara normal (visível a olho nu) e uma câmara termográfica.

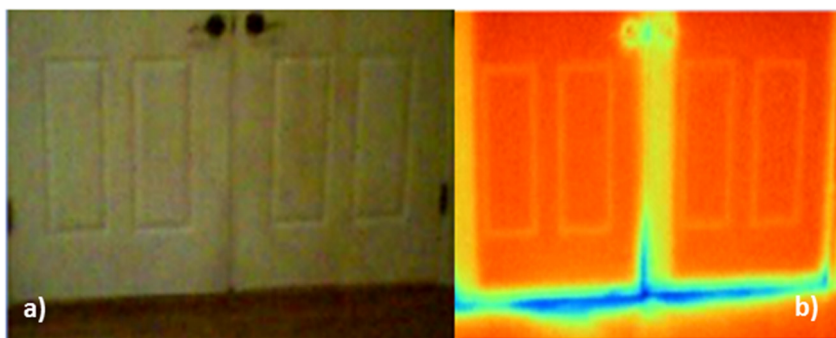


Figura 16 - a) Imagem obtida com câmara fotográfica; b) A mesma imagem obtida com câmara termográfica onde é visível a perda de calor pela porta (<http://www.slideshare.net/engenheiro/termografia-edificios>, 2013).

4.7.1. CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS TERMOGRÁFICOS

Existem vários equipamentos ou sistemas que medem a temperatura dos objectos. Os sistemas pontuais conhecidos por termómetros de infravermelhos são equipamentos que medem a temperatura num ponto, sendo os modelos portáteis mais atuais (Figura 17).



Figura 17 - Termómetro de infravermelhos (<http://www.fluke.com/fluke/ptpt/Products/category.htm?Category=INFTHE&Parent=THETOP>, 2013).

Os sistemas lineares, como os *scanners* de linhas permitem obter perfis de temperatura e, quando combinados com movimento, conseguem obter mapas térmicos. Existem, ainda, os sistemas superficiais, as câmaras termográficas, que nos permitem a obtenção de imagens térmicas e a distribuição da temperatura superficial em tempo real.

As câmaras termográficas sofreram nos últimos tempos grandes avanços, tendo como principais vantagens o facto de serem leves e portáteis, duráveis e com elevada precisão. Os vários fabricantes tais como a FLIR, a FLUKE, a TESTO, a SKF, entre outros, têm vindo a diversificar a gama destes equipamentos de acordo com a sua utilização.

As câmaras termográficas atuais são portáteis podendo, no entanto, ser adaptadas a estruturas fixas. Não possuem sistemas de varrimento, logo o movimento faz-se com a deslocação da câmara como um todo (Figura 18).



Figura 18 - Câmaras termográficas utilizadas na inspeção de edifícios (FLIR Systems Inc., 2012).

Estas câmaras são selecionadas em função das suas características, tais como a resolução da câmara e qualidade da imagem, a sensibilidade térmica, a precisão da leitura e outras funções da câmara que inclui o software disponível em cada modelo.

4.7.1.1. RESOLUÇÃO DA CÂMARA E QUALIDADE DE IMAGEM

Quanto maior for a resolução de uma câmara termográfica maior a definição, obtendo-se imagens de maior qualidade. As câmaras mais baratas apresentam uma resolução da ordem dos 60 x 60 *pixel* enquanto que nos modelos mais actuais já existem resoluções de 640 x 480 *pixel*, o que fará toda a diferença, pois ajuda a medir, ver e perceber a imagem térmica com maior rigor (Figura 19).

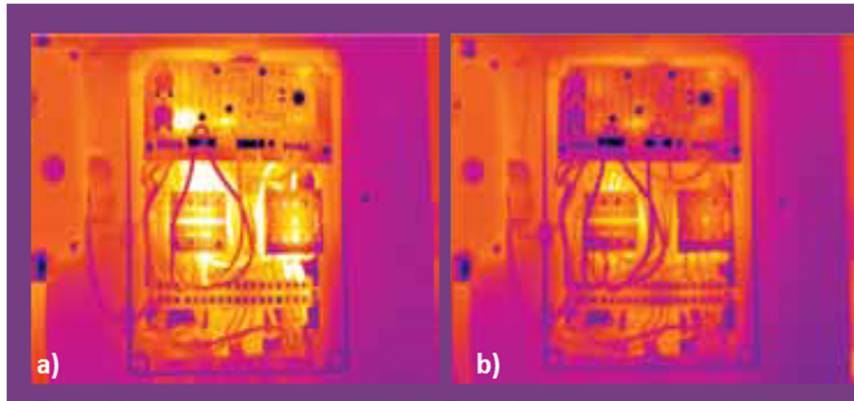


Figura 19 – Imagem térmica de diferente resolução: a) 640x480 pixels; b)320x240 pixels (FLIR Systems Inc., 2011).

4.7.1.2. SENSIBILIDADE TÉRMICA

A sensibilidade térmica representa a menor diferença de temperatura que a câmara é capaz de ler e registrar. Vem normalmente especificada como a Diferença de Temperatura Equivalente ao ruído (*Noise Equivalent Differential Temperature - NEDT* ou *Noise Equivalent Temperature Difference - NETD* ou, ainda, *Noise Equivalent Temperature - NET*), (Aldeias, 2003).

A sensibilidade térmica vem expressa em grau *Celsius* ou em grau *Kelvin*. As câmaras atuais mais desenvolvidas apresentam uma sensibilidade térmica de 0,03 °C.

4.7.1.3. PRECISÃO DA LEITURA

Representa o erro com que a câmara lê as diferentes temperaturas. A precisão da leitura das temperaturas do próprio equipamento pode ser extremamente importante em determinadas aplicações, pois pode representar, em termos práticos, encontrar ou não antecipadamente um problema existente, por exemplo, na indústria e resolver o mesmo atempadamente. Nos modelos mais desenvolvidos esta precisão é de $\pm 1\%$ / $\pm 1^\circ\text{C}$.

4.7.1.4. FUNÇÕES DA CÂMARA

Ao seleccionar uma câmara termográfica devemos ter em atenção as suas funções, tais como: a capacidade de inserirmos ou de ajustar automaticamente a emissividade dos objectos; a existência de luz na câmara para a obtenção de imagens em locais sem luz; a possibilidade de combinar imagens (Figura 20); a possibilidade de escolher alguns parâmetros de temperatura para visualizar apenas determinadas porções da imagem total; possuir apontador a laser; a facilidade de utilização e ergonomia; o formato da imagem (que deve ser compatível com os

programas informáticos existentes); a existência da possibilidade da colocação de comentários de texto nas imagens; a existência de GPS; a compatibilidade com a utilização de outros equipamentos externos e o tipo de conectividade, wireless (Figura 21) ou outros.



Figura 20 - Combinação de imagens que permite a pormenorização (FLIR Systems Inc., 2011).



Figura 21 - Comunicação por wireless (FLIR Systems Inc., 2012).

SOFTWARE

O *software* é extremamente importante pelas várias opções de visualização da imagem captada e do que é possível fazer após a realização do ensaio.

4.7.2. APLICAÇÕES DA TERMOGRAFIA

A termografia não é uma tecnologia nova. No início a técnica foi utilizada para fins militares, os aviões e helicópteros eram dotados de dispositivos de infravermelhos que identificavam equipamentos ou carros militares (Dinis, 2009).

A recente evolução tecnológica direcionou-a para outras áreas tornando-a uma ferramenta imprescindível de elevado êxito inclusive na astronomia e exploração espacial, na medicina (deteção de tumores, verificação da circulação sanguínea, entre outros) e veterinária (Figura 22 e Figura 23), em edifícios e na construção civil (deteção de perdas de energia pelas janelas ou

outros elementos, problemas de isolamento, humidades, etc.), na indústria automóvel, na eletricidade e eletrónica (monitorização e deteção precoce de alterações na temperatura de um determinado componente como, por exemplo, a existência de sobrecargas energéticas ou vida útil comprometida), na indústria de processo, em dispositivos mecânicos (Figura 24 e Figura 25, no estudo de materiais e investigação em várias áreas como, por exemplo, na biologia, etc.. É uma técnica expedita, precisa e que permite antecipar a existência de anomalias, permitindo uma redução de custos na maior parte das aplicações.

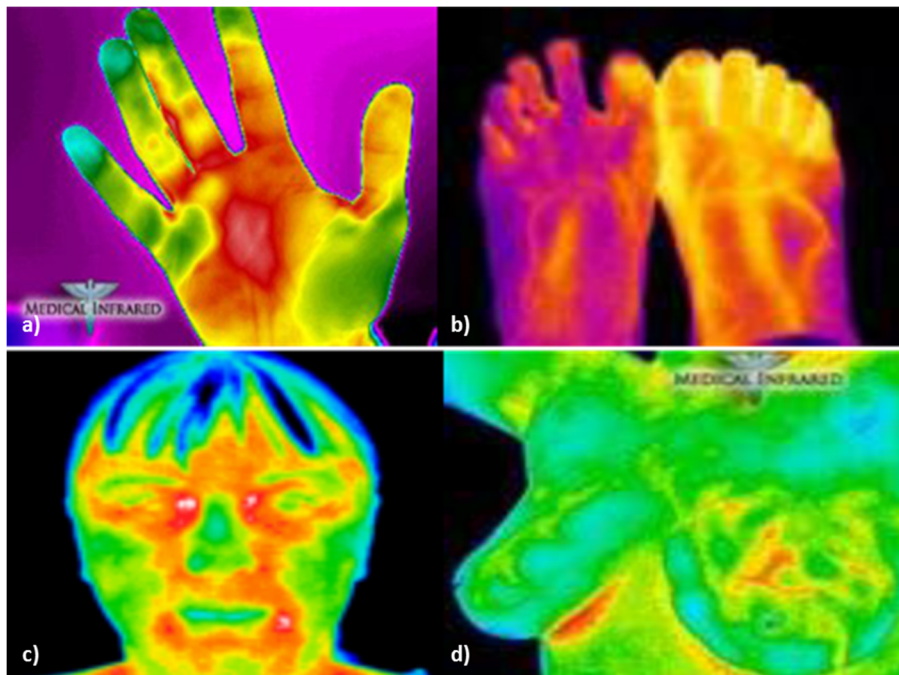


Figura 22 – Utilização na medicina: a) Artrite reumatóide; b) Pé diabético; c) Infeção dentária; d) Cancro de mama. (Medical Infrared *in* Sousa,2010).

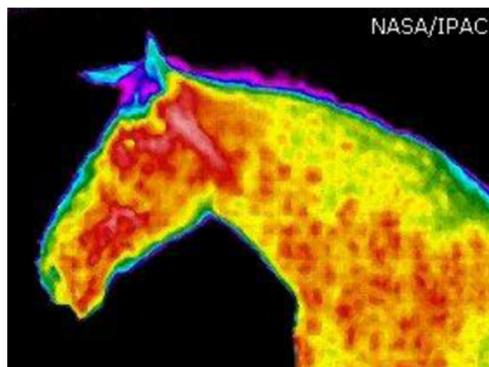


Figura 23 - Utilização da termografia na medicina veterinária (Ipac *in* Sousa, 2010).



Figura 24 - Aplicações em diferentes indústrias e fins militares (Sousa, 2010).

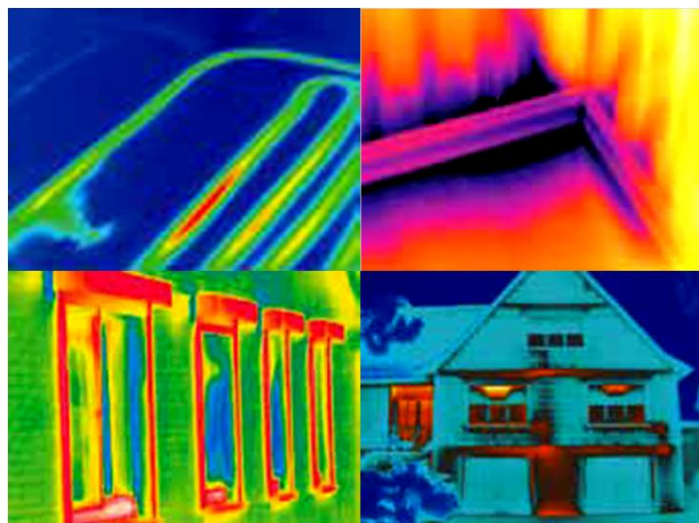


Figura 25 – Aplicações em edifícios (FLIR Systems Inc., 2009).

CAPÍTULO 5

ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO DAS PEDRAS EM ESTUDO

5. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO DAS PEDRAS EM ESTUDO

Todos conhecemos e admiramos os monumentos existentes um pouco por todo o mundo, muitos deles, sobreviventes às catástrofes naturais e conflitos das próprias civilizações. A rocha pode, então, ser considerada como um material no qual se gravou a História da Humanidade, desde os tempos mais remotos até à atualidade. Embora o aproveitamento de materiais tão nobres tenha uma longa história, apenas recentemente foi considerada como uma atividade industrial, desenvolvendo-se muito rapidamente a partir da década de 80, embora remontem à antiguidade, como já referido, atividades do tipo artesanal na produção de alvenarias e cantarias (Spínola, 1998).

A designação de pedra natural adotada agrupa os vários tipos litológicos em três grandes grupos (Granitos e Rochas Afins ou similares, Mármore e Rochas Afins ou similares e Ardósias) e segue, como princípio, não a génese e petrografia mas, de certo modo, tenta agrupar as rochas de acordo com a sua composição química, textura e pela facilidade de serem trabalhadas e, portanto, utilizadas como rocha ornamental. Assim, dentro do grupo dos granitos verifica-se a inclusão de rochas de estrutura compacta, granulares e muitas das vezes com composição química idêntica nem que seja apenas pelo conteúdo em sílica. Nos mármore segue-se a mesma regra agrupando rochas carbonatadas ou não, que possam ser utilizadas como rocha ornamental. Juntam-se aos mármore rochas de origem metamórfica como os serpentinitos, os gneisses e também calcários duros não metamórficos. Em termos geológicos, esta classificação gera realmente alguma confusão uma vez que é muito genérica, classificando como granitos e mármore rochas que na verdade o não são em termos geológicos e químicos. Para não criar confusão adoptamos a seguinte classificação: rochas ígneas e afins para o grupo genérico dos granitos, que incluem fundamentalmente os granitos e outras rochas como os gabros e os sienitos; rochas metamórficas e afins, que incluem em especial os mármore mas também os xistos metamórficos e outras rochas metamórficas como os gneisses e os serpentinitos e, por último, a designação de rochas sedimentares que inclui os calcários, que embora possuam a mesma composição química dos mármore, não sofreram qualquer tipo de metamorfismo e, que por essa razão, ficam de fora do grupo anterior, os dolomitos e as brechas. Uma vez que o nosso País apresenta uma grande variedade de pedras naturais espalhadas de norte a sul, as rochas em estudo foram escolhidas por serem as mais utilizadas pelas várias indústrias do sector, nomeadamente na construção civil e por empresas de piso radiante ou de termoacumuladores, encontrando-se localizadas nos principais centros produtores de rochas ornamentais. A designação comercial destas pedras naturais está normalmente associada à cor predominante e ao local de extração. A escolha das pedras naturais para este estudo centrou-se em rochas que

apresentam texturas e composições químicas distintas e de vasta aplicação em Portugal. Foram ainda escolhidas duas rochas sul-africanas mas com grande procura no nosso país. Foram então escolhidas dentro das rochas ígneas e afins as pedras naturais com as seguintes designações comerciais: Amarelo Vila Real/Amarelo Real, Cinzento Claro de Pedras Salgadas/Pedras Salgadas, Cristal Azul/Cristal Branco/Cristal Cinza, Rosa Monção/Cristal Rosa/ Rosa do Minho, Cinzento Favaco/Favaco, Cinzento Monchique/“ST.LOUIS”, Negro Impala e o Negro Zimbabwe. Das rochas metamórficas, a Ardósia de Valongo, o Verde Donai/Serpente Verde e Branco Rosado e dentro das rochas sedimentares, o Moleanos Macio. O mapa da Figura 26 apresenta a localização das zonas de extração das pedras em estudo.

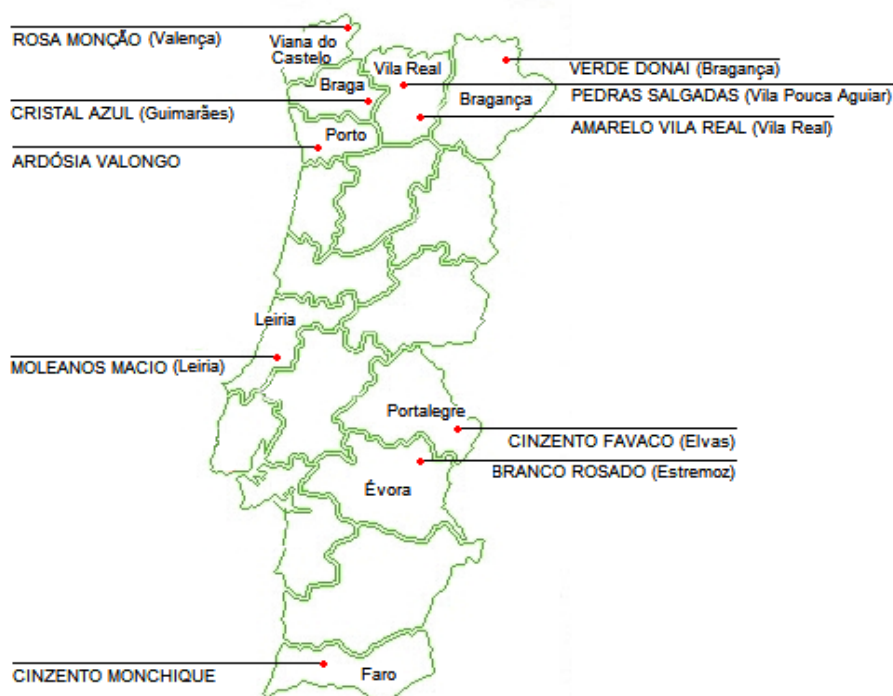


Figura 26 – Localização das extrações das pedras portuguesas em estudo.

É de referir que as vistas aéreas dos locais de extração de cada uma das pedras naturais foram consultadas, no Google Earth, durante o período de Novembro/Dezembro de 2013, e correspondem à última imagem disponível para cada área, que varia, de 2009 a 2012.

5.1. ROCHAS ÍGNEAS E AFINS

Tal como já foi referido o grupo das rochas ígneas e afins ou similares, inclui fundamentalmente os granitos e outras rochas como os gabros e os sienitos, as quais passaremos a descrever em seguida.

5.1.1. AMARELO VILA REAL/AMARELO REAL

5.1.1.1. LOCALIZAÇÃO

A amostra em estudo provêm de uma das várias explorações deste tipo de granito localizadas nos altos da Serra da Falperra, na proximidade da aldeia de Pinhão Cel, a cerca de 14 km a Nordeste de Vila Real.

5.1.1.2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

O granito Amarelo de Vila Real pertence ao alinhamento Monção - Vila Real - Moncorvo (norte de Portugal) coincidente com uma das antiformas da terceira fase de deformação Hercínica (Ferreira, *et al.*, 1987). Trata-se de um granitóide Tardi a pós-tectónico relativamente à 3ª fase de deformação Hercínica, D3. Estes granitos de duas micas como exibem uma certa zonalidade com diferentes fácies que passam facilmente de umas a outras e que diferem principalmente na percentagem de micas. Em geral, apresentam grão médio a grosseiro por vezes com leve tendência porfiróide.

A amostra em estudo pertence à fácies correspondente aos granitos de grão médio a grosseiro com esparsos megacristais, de duas micas, referenciados na Carta Geológica de Portugal à escala 1: 200 000, Folha 2 (Figura 27), como “ γ'_4 ”, do tipo Bruçó, Abadim, Adória, Alturas do Barroso e São Bento (Pereira *et al.*, 2006).

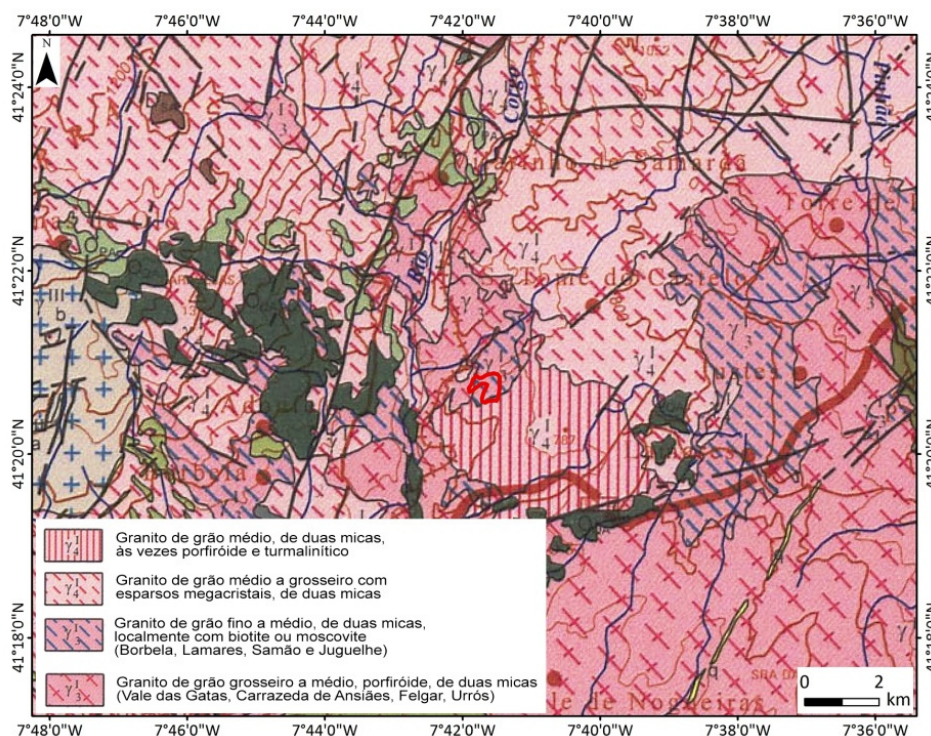


Figura 27 - Extrato da carta geológica de Portugal, Folha 2, Escala 1:200 000, com a localização da fácies em estudo, (Pereira *et al.*, 2006).

5.1.1.3. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

O Granito Amarelo Vila Real apresenta cor amarelo-esbranquiçada a amarelo-acastanhado, de grão médio a grosseiro e leve tendência porfiróide de duas micas com ligeira alteração e foliação incipiente (Moura *et al.*, 2000).

5.1.1.4. EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES

A tonalidade desta rocha deve-se em parte à sua alteração, pelo que aparece sobretudo junto a fraturas ou nas camadas superficiais dos maciços. A exploração faz-se por isso nas camadas mais superficiais em flanco de encosta, com pequeno desenvolvimento em profundidade. Nestas pedreiras obtêm-se por isso blocos de dimensões médias a pequenas, e muitas vezes de forma irregular, o que para rocha ornamental constitui uma baixa rentabilidade. Por vezes a sua exploração também é feito a partir de “bolas” de granito que afloram à superfície e que permitem a obtenção de blocos de maiores dimensões. As reservas existentes nesta mancha são grandes (Figura 28), existindo várias explorações que produzem granitos amarelados de tonalidades diversas, sendo testemunho disso a grande quantidade de empresas produtoras deste tipo de pedra natural.

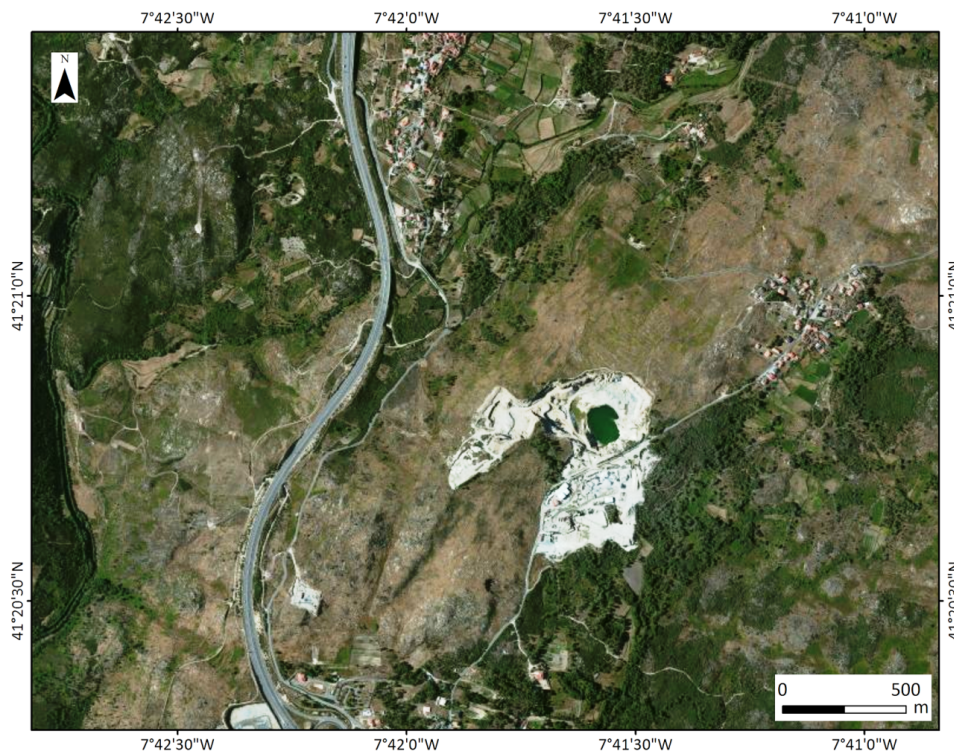


Figura 28 - Vista aérea de um dos locais de extração próximo de Vila Real (Google Earth, 2013).

A dimensão dos blocos obtidos condiciona a sua aplicação, sendo mais utilizado em alvenarias e paredes rústicas sobretudo aplicadas na recuperação de centros históricos e casas rústicas de forma a manter a traça original. Também se aplicam sob a forma de placas, em zonas interiores

ou exteriores abrigadas, ainda que algumas das variedades mais "duras" possam ser utilizadas, sem restrições, em exteriores (<http://www.rop.ineti.pt/rop/?&lg=pt>, 2013).

5.1.2. CINZENTO CLARO DE PEDRAS SALGADAS/PEDRAS SALGADAS

5.1.2.1. LOCALIZAÇÃO

O granito de Pedras Salgadas constitui uma mancha alongada de granito calco-alcálico, que se estende desde Vidago até sul de Vila Pouca de Aguiar (Trás-os-Montes).

5.1.2.2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

Este granito pertence aos granitóides tardios relativamente à fraturação frágil da última fase de deformação Hercínica, "D4" de orientação NNE-SSW, pelo que são designados por *tardi* a pós-tectónicos relativamente à terceira fase de deformação.

Trata-se de um maciço alongado espacialmente associado à falha de Régua-Verín. O maciço encontra-se zonado distinguindo-se duas fácies diferentes, um granito porfiróide de grão grosseiro a médio essencialmente biotítico, o granito de Vila Pouca de Aguiar, designado por " γ_{III}^b " na Carta Geológica de Portugal, Folha 2, à escala de 1:200 000, e um granito porfiróide ou de tendência porfiróide de grão médio, biotítico, granito de Pedras Salgadas, designado por " γ_{III}^c " (Figura 29), e que se encontra situado na parte interna do plutonito (Pereira *et al.*, 2006).

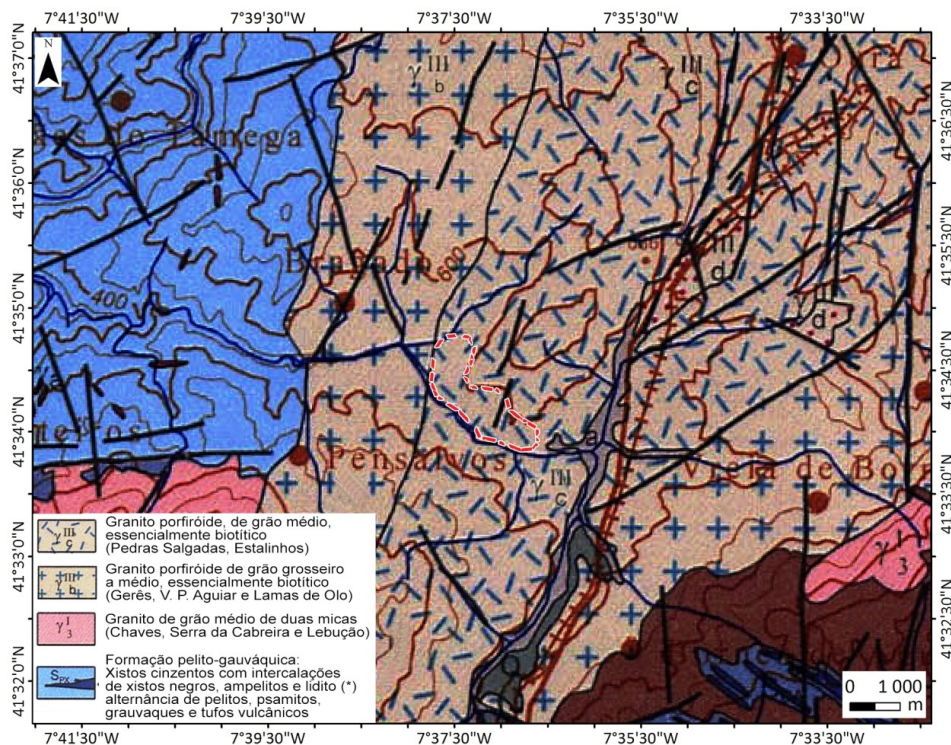


Figura 29 - Extrato da carta geológica de Portugal, Folha 2, Escala 1:200 000, (Pereira *et al.*, 2006).

5.1.2.3. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

O granito Cinzento Claro de Pedras Salgadas em estudo embora predominantemente biotítico, apresenta duas micas, megacristais de feldspato dispersos e granulado médio (Moura *et al.*, 2000).

5.1.2.4. EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES

Este granito apesar de apresentar ampla aplicação em Portugal tem baixo valor comercial relativamente a outras rochas de cores mais quentes. A sua extração é feita em pedreiras com grandes reservas, pelo que se obtêm blocos de média a grande dimensão. Uma vez localizadas no Norte do País desenvolvem-se em flanco de encosta para aproveitar a topografia existente. Em termos estéticos e de qualidade, o corte obtido segundo o “correr da pedra” (orientação preferencial dos grãos) é o de maior interesse comercial. Quando a fracturação existente não permite a obtenção de blocos de média a grande dimensão, para uma melhor rentabilização, fabricam-se cubos e guias de passeio, perpianho e outros elementos de alvenaria. Os agregados também podem constituir uma alternativa à utilização destes materiais. Esta rocha é também aplicada em fachadas, pavimentos, escadarias, etc., tanto em aplicações interiores como exteriores. A Figura 30 apresenta uma vista aérea do maciço de Pedras Salgadas (<http://www.rop.ineti.pt/rop/?&lg=pt>, 2013).



Figura 30 - Vista aérea do maciço em exploração na zona de Pedras Salgadas (Google Earth, 2013).

5.1.3. CRISTAL AZUL/CRISTAL BRANCO/CRISTAL CINZA

5.1.3.1. LOCALIZAÇÃO

Este granito encontra-se nos arredores de Braga e Guimarães, tendo sido o litótipo definido nas “bolas” aflorantes na freguesia de Costa, lugar de Santa Catarina da Penha. Esta mancha granitóide faz parte de um extenso maciço orientado, Noroeste – Sudeste, que atravessa o Minho.

5.1.3.2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

O granito Cristal Azul acompanha o alinhamento de granitóides que se desenvolve paralelamente ao cisalhamento Vigo – Régua, conhecido desde Ponte de Lima até Ucanha (Moimenta da Beira). Este granito tardi-tectónico relativamente à terceira fase de deformação Hercínica (Ferreira *et al.*, 1987) é designado, na Carta Geológica de Portugal, Folha 9-B, à escala 1: 50 000 (Montenegro de Andrade *et al.*, 1986) como “ $\gamma\pi g$ ” (Figura 31).

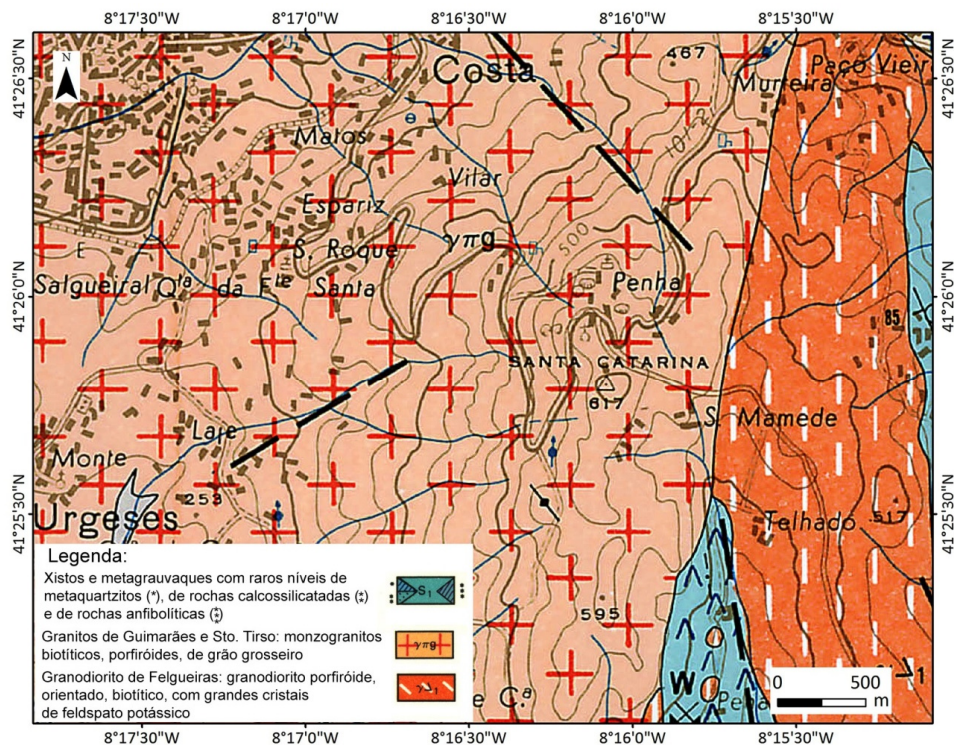


Figura 31 - Extrato da carta geológica, Folha 9-B, (Guimarães), Escala 1:50 000, (Montenegro de Andrade *et al.*, 1986).

5.1.3.3. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

Granito biotítico porfiróide de granulado grosseiro e cor cinzenta-azulada, caracterizado pelo desenvolvimento e abundância dos megacristais de feldspato, em geral com contornos mal definidos (Moura *et al.*, 2000).

5.1.3.4. EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES

Este granito é explorado em flanco de encosta, e devido à pouca fracturação existente conseguem obter-se blocos de médias a grandes dimensões. De tom esbranquiçado apresenta por vezes menor valor comercial, no entanto a pedreira apresenta boas reservas. O corte deve ser feito segundo o “correr da pedra” e pode ser aplicado em todas as aplicações de interiores e exteriores. Podemos ver o local de extração na Figura 32.

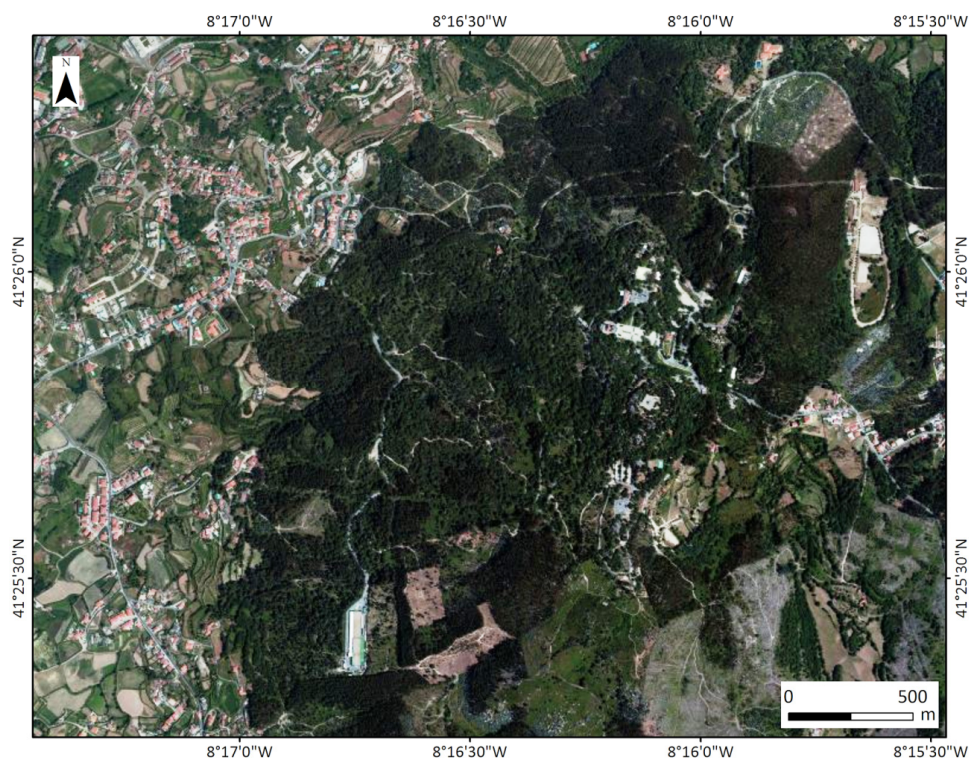


Figura 32 - Vista aérea do local de extração, situado em Guimarães, lugar de Costa (Google Earth, 2013).

5.1.4. ROSA MONÇÃO/CRISTAL ROSA/ROSA DO MINHO

5.1.4.1. LOCALIZAÇÃO

O granito Rosa Monção explora-se num batólito que aflora na região de Monção, norte de Portugal, prolongando-se para a margem direita do rio Minho, já em Espanha, numa vasta mancha designada por granito de Porriño.

5.1.4.2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

Este granito enquadra-se nos batólitos *tardi* a pós tectónicos (Ferreira *et al.*, 1987) relativamente à terceira fase de deformação Hercínica, designado por “ γ^{III} ” na Carta Geológica de Portugal, Folha 1, à escala 1:200 000 (Pereira *et al.*, 1992), e de elevada homogeneidade textural e mineralógica (Figura 33).

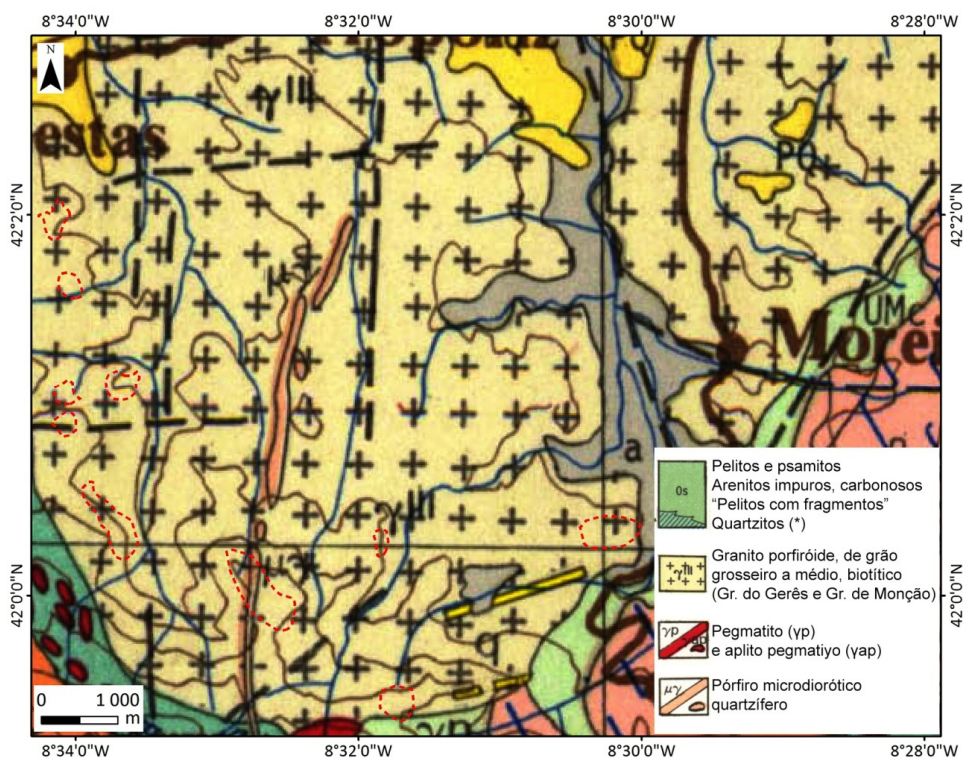


Figura 33 - Extrato da carta geológica de Portugal, Folha 1, Escala de 1:200 000. (Pereira *et al.*, 1992)

5.1.4.3. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

Granito de granulado grosseiro, predominantemente biotítico, de tonalidade rosa conferida pelos megacristais de feldspato potássico. Também apresentam plagioclase cálcica e ocasionalmente hornblenda (<http://www.rop.ineti.pt/rop/?&lg=pt>, 2013).

5.1.4.4. EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES

A exploração deste granito faz-se nalguns casos em flanco de encosta e noutros casos através da exploração de grandes bolas que afloram à superfície. Em algumas zonas, como por exemplo em Tiais, a fracturação quase não existe pelo que se conseguem obter blocos de boas dimensões. Todavia, o interesse ornamental deste tipo de granitóides admite condições de explorabilidade menos favoráveis. Habitualmente, os blocos extraídos são de tamanho médio a grande, homogêneos de cor e de textura, pelo que se tornam concorrenciais a nível internacional. O melhor corte desta rocha do ponto de vista ornamental, obtém-se por corte paralelo à foliação da rocha (Moura *et al.*, 2000). Esta rocha é muito usada quer em aplicações de interior quer em aplicações de exterior, sobretudo com acabamento polido pois realça a sua beleza. Na Figura 34 apresenta-se uma vista aérea das pedreiras em exploração no Maciço de Monção.

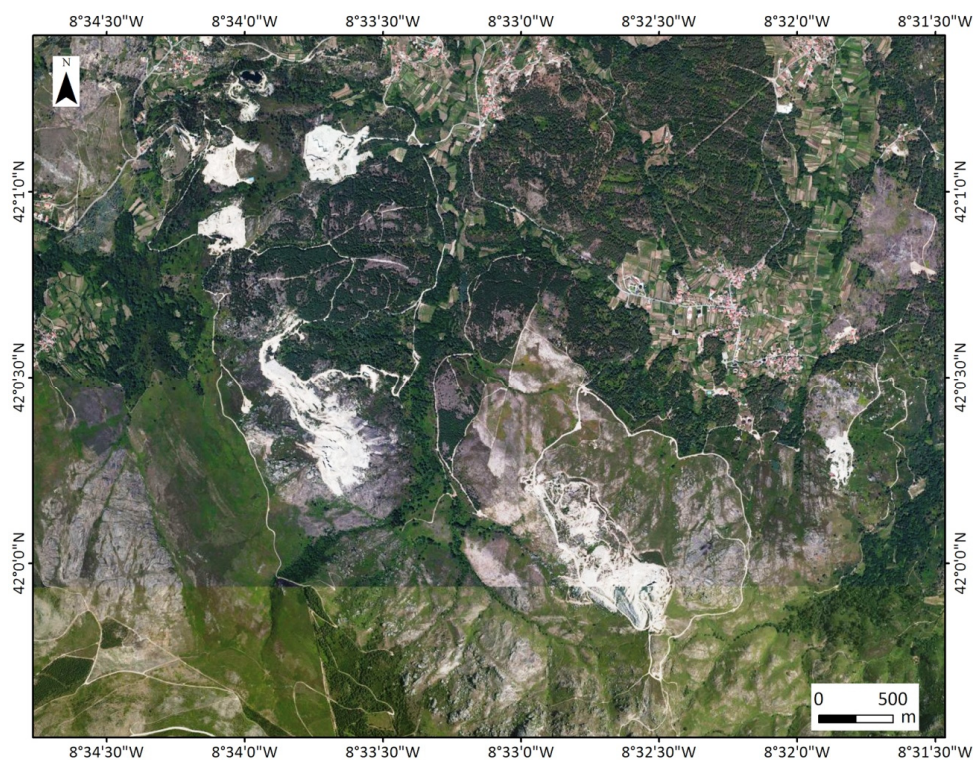


Figura 34 - Vista aérea de pedreiras existentes no Maciço de Monção (Google Earth, 2013).

5.1.5. CINZENTO FAVACO/FAVACO

5.1.5.1. LOCALIZAÇÃO

O Cinzento Favaco explora-se no maciço de Santa Eulália, no Distrito de Portalegre, nas proximidades da povoação de São Vicente e Ventosa, lugar da Herdade do Pinheiro (<http://www.rop.ineti.pt/rop/?&lg=pt>, 2013).

5.1.5.2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

O Cinzento Favaco é um diorito quartzífero, pertencente ao anel periférico do maciço intrusivo de Santa Eulália cortando claramente as estruturas Hercínicas de orientação geral NW-SE (Lopes *et al.*, 1997).

Este anel periférico incompleto é constituído por rochas gabróicas e dioríticas que são as rochas mais antigas do complexo intrusivo de Santa Eulália. Na Carta Geológica de Portugal, Folha 33 - C, à escala de 1:50 000 este tipo litológico encontra-se designado por “ γ ” e “ Δ ” representando respetivamente gabros e dioritos intimamente relacionados e difíceis de distinguir no terreno (Figura 35) (Gonçalves *et al.*, 1972).

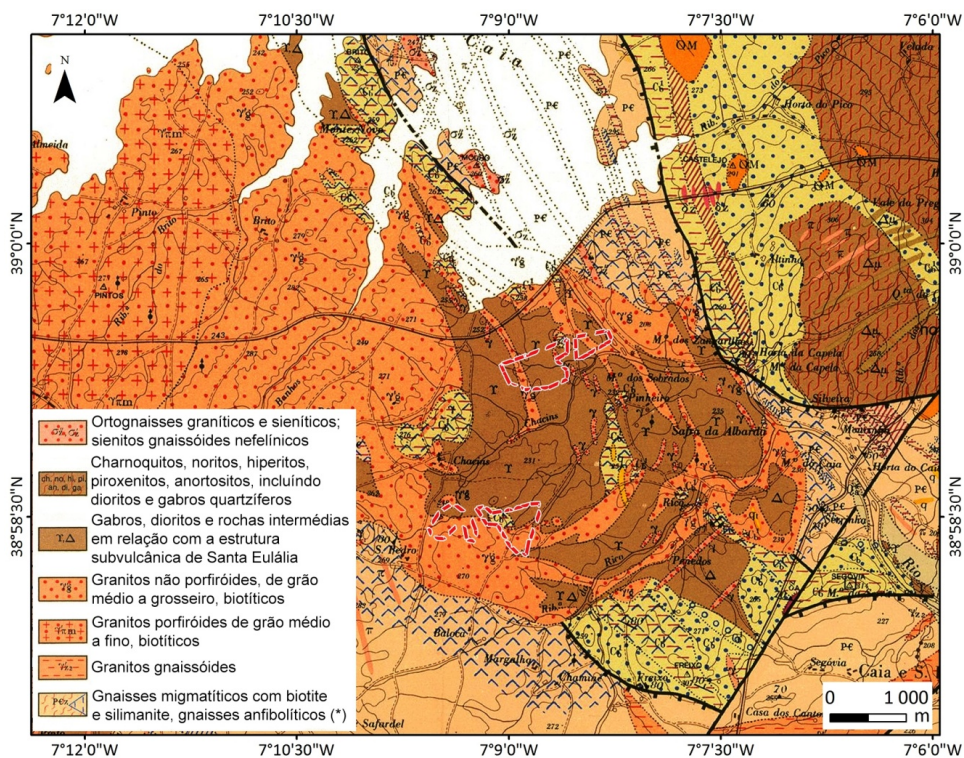


Figura 35 - Extrato da carta geológica de Portugal, Folha 33-C (Campo Maior), Escala 1:50 000 (Gonçalves *et al.*, 1972).

5.1.5.3. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

Rocha ígnea de tonalidade cinzenta escura, com granulado médio a fino, hornoblândica e biotítica (Moura *et al.*, 2000).

5.1.5.4. EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES

Esta rocha de tonalidade escura como todas as que apresentam este tipo de tonalidade são sobretudo procuradas para a arte funerária. Em termos de exploração, esta rocha provem de pedreiras em flanco de encosta, medianamente fraturadas sobretudo à superfície pelo que se obtêm blocos médios ou grandes. A rocha apresenta um aspecto bastante homogéneo, mas por vezes aparecem fenocristais de quartzo dispersos que retiram algum valor comercial à rocha.

Sem plano de corte preferencial no que diz respeito ao aspecto ornamental (<http://www.rop.ineti.pt/rop/?&lg=pt,2013>). Para além da referida arte funerária esta rocha aplica-se quer em interiores, quer em fachadas exteriores, pavimentos e escadarias, entre outros. Na Figura 36 podemos visualizar uma vista aérea da zona de exploração obtida do *Google Earth*.

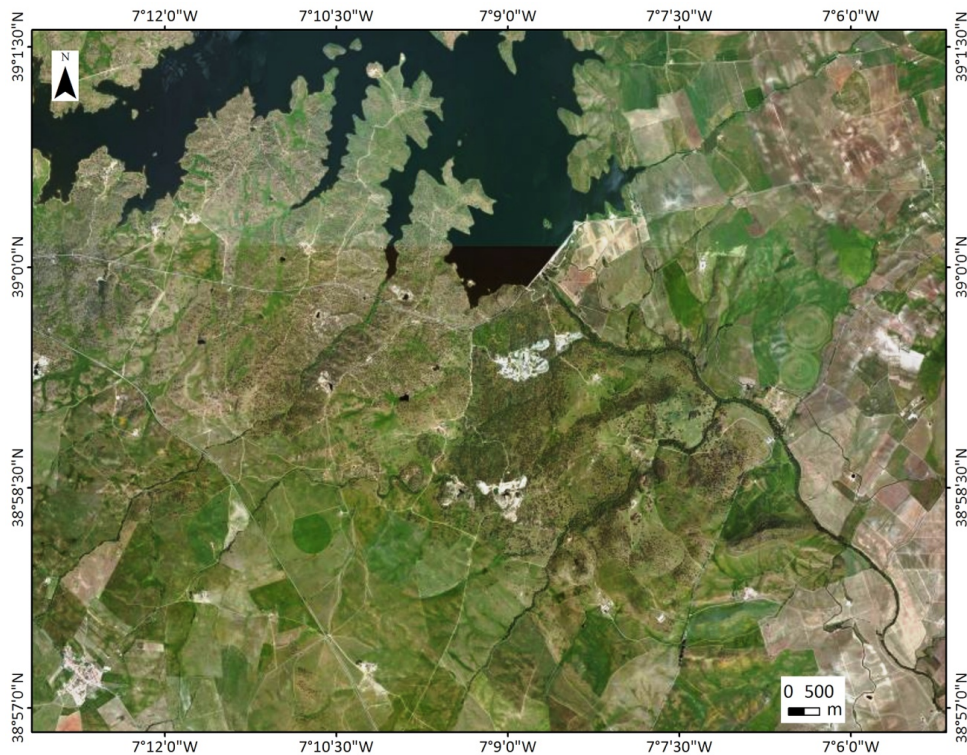


Figura 36 - Vista aérea de pedreiras existentes no maciço em Campo Maior, Portalegre, (Google Earth, 2013).

5.1.6. CINZENTO MONCHIQUE/"ST. LOUIS"

5.1.6.1. LOCALIZAÇÃO

O Cinzento Monchique é uma rocha sienítica que ocorre no Distrito de Faro, na Serra de Monchique, Algarve Ocidental, estendendo-se entre as localidades de Marmeleite e Alferce.

5.1.6.2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

As pedreiras encontram-se implantadas no maciço eruptivo alcalino de grandes dimensões, com forma grosseiramente elíptica, onde ocorrem várias fácies de sienito nefelínico e rochas gabróicas. A instalação deste maciço deu-se durante a orogenia Alpina (Gonzalez-Clavijo & Valadares, 2003).

Na Carta Geológica de Portugal à escala 1:200 000, Folha 7 (Figura 37), o Maciço de Monchique é designado por “ σ_2 ” – Maciço Sub-vulcânico de Monchique (Oliveira *et al.*, 1984).

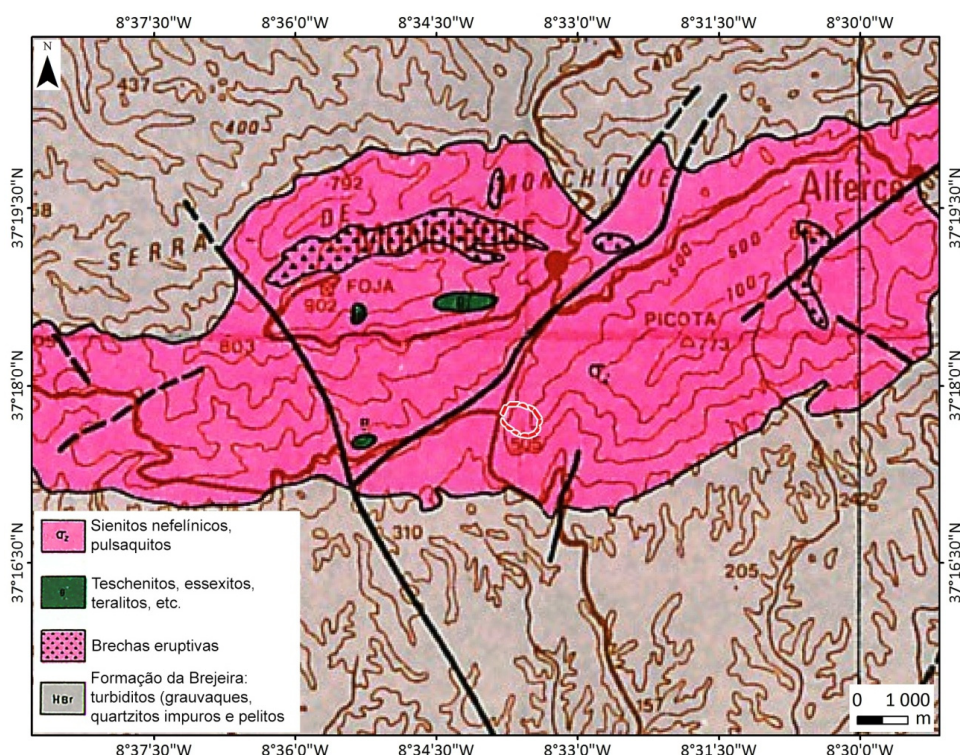


Figura 37 - Extrato da carta geológica de Portugal, Folha 7, Escala de 1:200 000 (Oliveira *et al.*, 1984).

5.1.6.3. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

Sienito nefelínico de granulado médio a grosseiro, com coloração geral acinzentada, da qual se destacam grãos de nefelina castanho-avermelhados (Moura *et al.*, 2000).

5.1.6.4. EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES

Monchique faz parte de um grande maciço eruptivo, pelo que a pedra apresenta grandes reservas, com fracturação espaçada e moderada. A exploração faz-se em flanco de encosta e

obtêm-se blocos de grandes dimensões. Não existe plano de corte preferencial no que se refere ao aspeto ornamental (<http://www.rop.ineti.pt/rop/?&lg=pt>, 2013).

Este sienito apresenta como principais aplicações as alvenarias e os revestimentos interiores e exteriores, podendo também ser aplicada em pavimentos. A Figura 38 apresenta uma vista aérea do local de extração na Serra de Monchique.

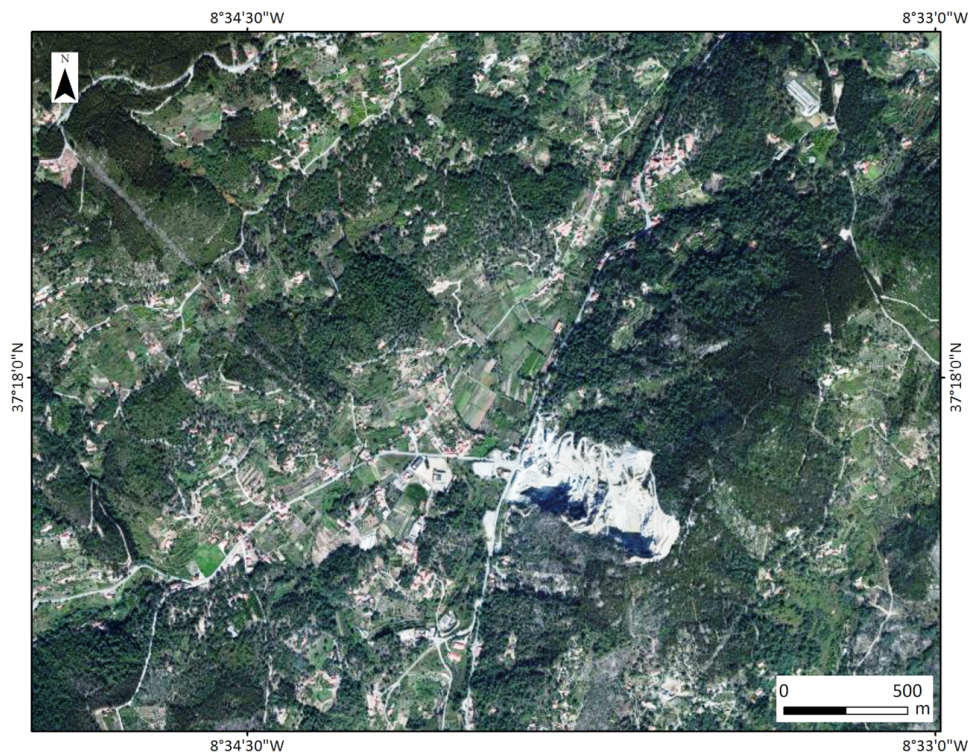


Figura 38 - Vista aérea do local de exploração, sito na Serra de Monchique (Google Earth, 2013).

5.1.7. NEGRO IMPALA

5.1.7.1. LOCALIZAÇÃO

O Negro Impala é uma rocha extraída no complexo de Bushveld, na região de Rustenburg, no noroeste da África do Sul. Neste complexo inserem-se inúmeras pedreiras de rocha ornamental de cor escura, essencialmente gabróicas, sendo o Negro Impala extraído em determinadas zonas de cada uma das pedreiras (Eriksson & Altermann, 1995).

5.1.7.2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

Estas rochas magmáticas de cor escura são predominantemente gabros e anorositos pertencentes à “Rustenburg Layered Suite” (Figura 39), conjunto de rochas magmáticas bandadas, básicas que cobrem uma superfície de cerca de 65 000 Km² (Kinnaird, 2005).

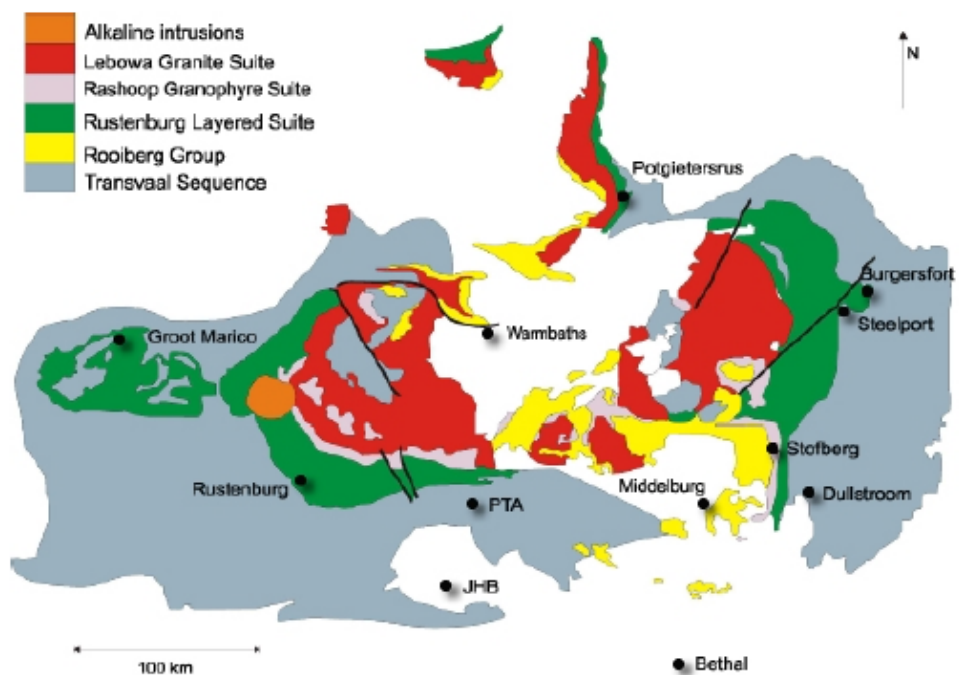


Figura 39 - Mapa geológico simplificado da província de Bushveld, que inclui o conjunto de rochas magmáticas bandadas de onde se extrai o Negro Impala (Kinnaird, 2005).

Estas rochas são exploradas próximo de Johannesburg, aparecendo designadas por “ δ ”, rochas básicas (Figura 40), na Carta Geológica Internacional de África, Folha 5, à escala 1:5 000 000 (UNESCO, 1586).

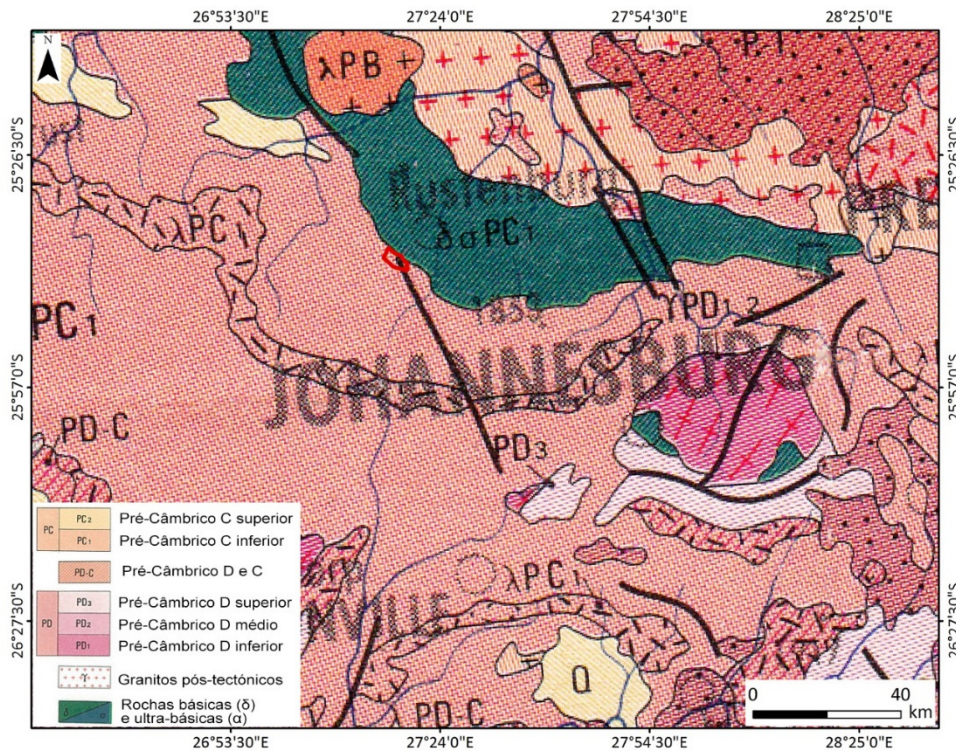


Figura 40 - Extrato da carta geológica internacional de África, Folha 5, Escala 1:5 000 000 (UNESCO, 1986).

5.1.7.3. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

Rocha ígnea de cor cinzenta escura a negra, de grão médio a grosseiro, com agregados de cristais alongados e de textura holocristalina, hipidiomórfica granular. É constituída por plagioclase, ortopiroxenas e augite e apresenta como minerais acessórios feldspato potássico, hornblenda entre outros (INCOVECA, 2014b).

5.1.7.4. EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES

A exploração desta rocha faz-se, como já anteriormente referido, numa série de pedreiras que se localizam ao longo da maior intrusão ígnea conhecida no Mundo. Situam-se no complexo de Bushveld, existindo extracções desde o Norte de Marikana até ao norte de Rustenburg, na província noroeste do Sul de África. A tecnologia utilizada, fio diamantado, permite a obtenção de blocos de grandes dimensões e de boa qualidade. Destas pedreiras extraem-se rochas negras de diferentes tonalidades e que tomam diferentes nomes comerciais nomeadamente, o Negro Impala, o Negro Impala Médio e o Negro Impala Light ou Negro África (Finstone, 2013).

A variação da tonalidade depende da coloração da plagioclase, que varia desde tons cinzentos azulados a acastanhados no Negro Impala até quase branco no Negro África. A qualidade e

nobreza desta rocha permite a sua aplicação quer em exteriores e interiores. A Figura 41 apresenta a vista aérea de uma pedreira da zona de Rustenburg.

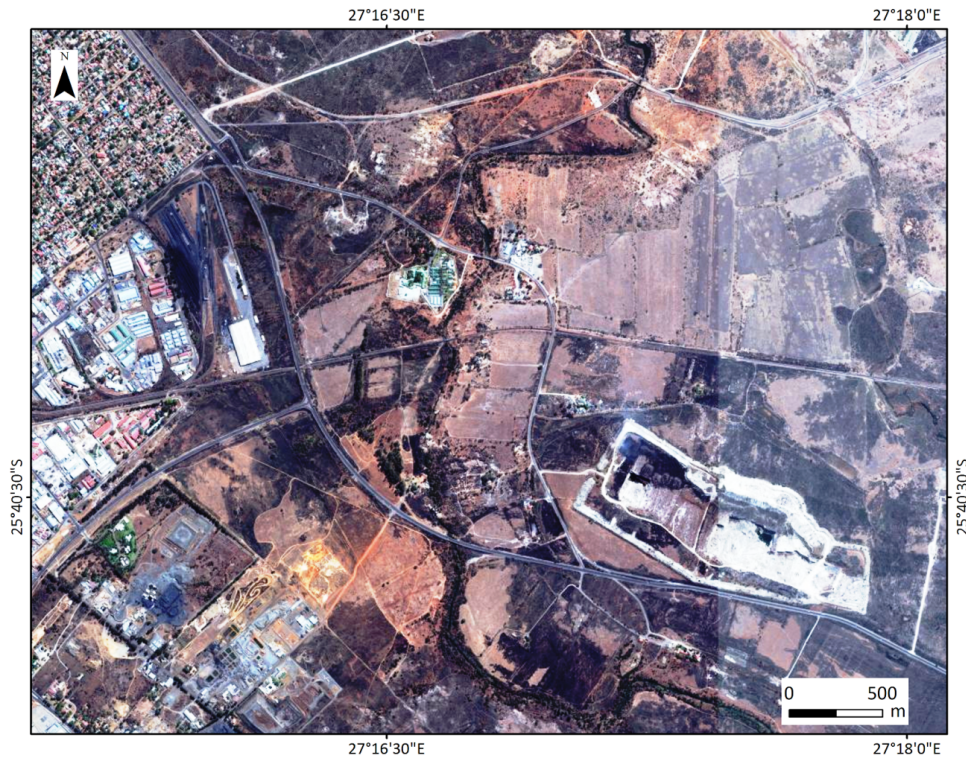


Figura 41 - Vista aérea de uma pedreira de extração de Negro Impala na zona de Rustenburg (Google Earth, 2013).

5.1.8. NEGRO ZIMBABWE

5.1.8.1. LOCALIZAÇÃO

Quase setenta por cento do Zimbabwe é coberto por formações graníticas e gneisses de variadas tonalidades de grão fino a grosseiro. No entanto, é na parte nordeste do país que se encontram cerca de vinte companhias que fazem a sua exploração. O negro Zimbabwe é extraído na região de Mashonoland, próximo de Harare e junto á fronteira com Moçambique. A designação do granito negro conhecido internacionalmente como Negro Absoluto Zimbabwe ou Negro Zimbabwe projetou o próprio país desde o início dos anos setenta. Internacionalmente, esta rocha é designada como um granito sendo um termo correto para o mercado chinês e Americano (norma ASTM C119), no entanto, nos mercados europeus deve ser designada como Gabro de acordo com a norma EN 12440, a qual determina o nome de base científica para as pedras naturais.

5.1.8.2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

A região de Mutoko é muito deficientemente conhecida em termos geológicos, não sendo uma região relevante do ponto de vista da produção mineira até ao estabelecimento da atividade extrativa das rochas máficas.

As explorações a céu aberto concentram-se nos inúmeros afloramentos de rochas básicas e ultrabásicas encontradas no seio das formações gneissicas, num enquadramento geológico típico dos chamados cinturões de rochas verdes, “greenstone belt”, que se podem observar na Figura 42, estando designadas na Carta Geológica Internacional de África, Folha 6, à escala 1:5 000 000 (UNESCO, 1990), como rochas básicas. Estas explorações encontram-se dispersas por extensas áreas, seguindo as cristas de rochas verdes.

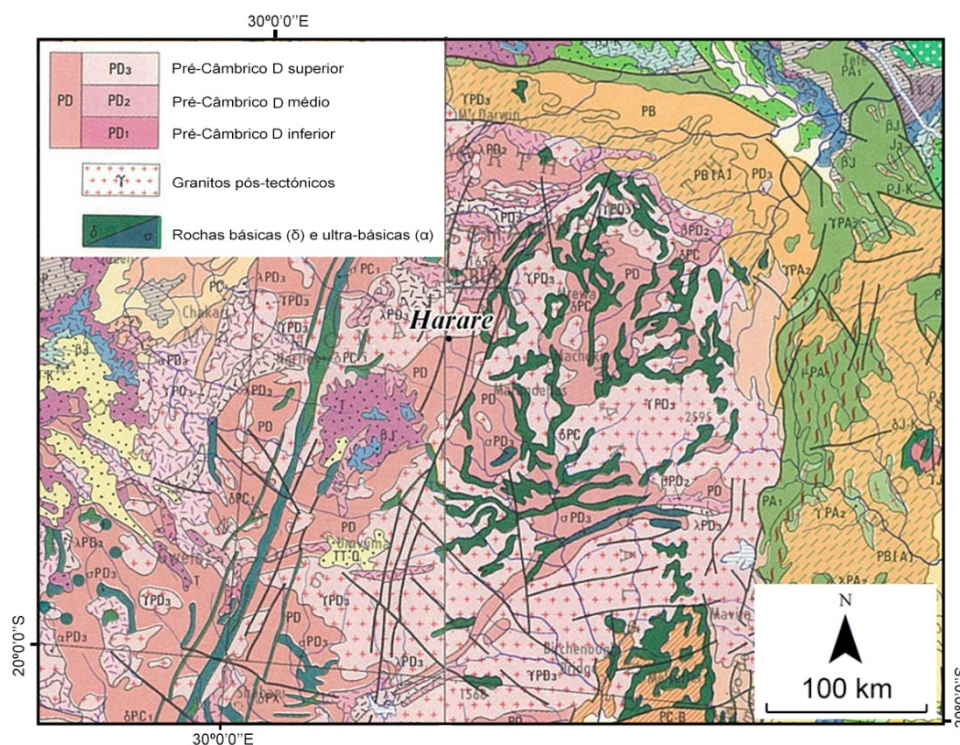


Figura 42 - Extrato da carta geológica internacional de África, Folha 6, Escala 1:5 000 000 (UNESCO, 1990).

5.1.8.3. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

O Negro Zimbabwe é uma rocha plutónica de cor negra, grão fino a médio, constituída por piroxenas, plagioclases, anfíbolos e minerais ferromagnesianos como a biotite (Shalin *et al.*, 2002). A sua textura é hipidiomórfica granular e apresenta deformação cataclástica (INCOVECA, 2014a).

5.1.8.4. EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES

A exploração desta rocha faz-se numa série de pedreiras que se localizam a nordeste do país , próximo da capital, Harare, em Mashonoland. A Figura 43 apresenta uma vista aérea da região onde se incluem extrações de Negro Zimbabwe. A tecnologia utilizada, fio diamantado, permite a obtenção de blocos de grandes dimensões e de boa qualidade (Figura 44). A qualidade e nobreza desta rocha permite a sua aplicação em exteriores e interiores.

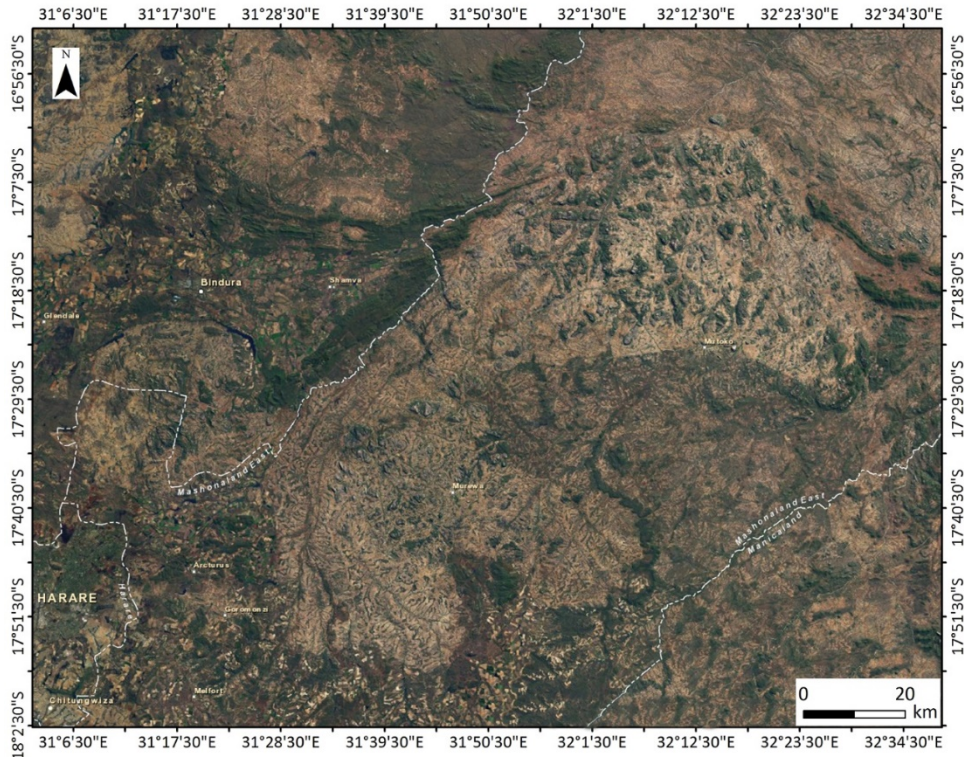


Figura 43 - Vista aérea de zona de extração de Negro Zimbabwe em Mashonoland (Google Earth, 2013).



Figura 44 - Aspecto de uma pedreira de Negro Zimbabwe.
(<http://www.stonetetrading.com/images/photos/zimbabweblack%20quarry.jpg>, 2013)

5.2. ROCHAS METAMÓRFICAS E AFINS

5.2.1. ARDÓSIA DE VALONGO

5.2.1.1. LOCALIZAÇÃO

A Ardósia de Valongo é um xisto negro extraído no Distrito do Porto, Concelho de Valongo, Freguesia de Campo.

5.2.1.2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

As pedreiras de ardósia desta região estão instaladas numa faixa xistenta do flanco oriental do anticlinal de Valongo (Douro Litoral) e pertencem ao Landeiliano superior (Ordovícico) (DGGM, 1983).

Na Carta Geológica de Portugal, Folha 9-D, Penafiel, à escala 1:50 000 (Figura 45) , a Formação de Valongo é designada por “Ocd” – do Landeiliano - Lanvirniano (xistos de Valongo) (Medeiros *et al.*, 1980).

Em Valongo a espessura da Formação ultrapassa os 350 metros e vai diminuindo para Norte, tendo espessura inferior a 100 metros no antiforma de Viana do Castelo (Pereira *et al.*, 1992).

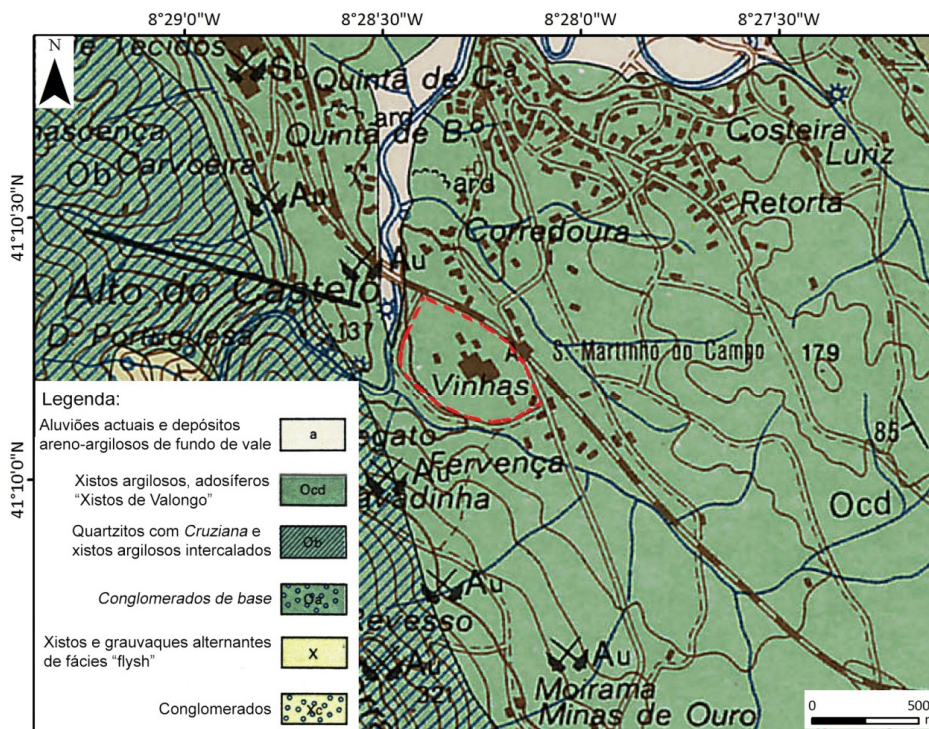


Figura 45 - Extrato da carta geológica de Portugal, Folha 9-D, (Campo – Valongo), com local de extração, Escala 1:50 000 (Medeiros *et al.*,1980).

5.2.1.3. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

Xisto ardosífero de cor cinzento-azulada a cinzenta escura, homogéneo, compacto, finamente granular, exibindo clivagem xistenta nítida (<http://www.rop.ineti.pt/rop/?&lg=pt>, 2013).

5.2.1.4. EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES

As pedreiras encontram-se localizadas na zona de Valongo onde a formação se apresenta com maior espessura. A exploração desta rocha fez-se em poços que iam alargando em profundidade, também designadas de câmaras subterrâneas, ultrapassando os 125 metros. As câmaras de forma tronco-piramidal eram iniciadas à superfície por meio de um poço retangular de secção aproximada de vinte a vinte e cinco metros quadrados, até se atingir rocha de qualidade (<http://www.rop.ineti.pt/rop/?&lg=pt>, 2013).

Hoje em dia a extração é realizada a céu aberto, também com recurso a roçadoras, e em degraus ou bancadas de altura máxima de 2 metros. Os blocos que se obtém estão de certo modo condicionados pelo braço da roçadora, no entanto obtêm-se blocos de dimensões média e grande, sendo realizadas e comercializadas placas clivadas, amaciadas, polidas, serradas ou aplainadas. Esta rocha tem várias aplicações como rocha ornamental, sendo aplicada em

revestimentos e pavimentos com os acabamentos superficiais referidos. É usual a sua aplicação em telhados sob a forma de telhas e em mesas de bilhares, lousas escolares e lápis de ardósia. Portugal é um dos principais produtores desta rocha. A Figura 46 apresenta uma vista aérea do local de extração desta rocha.

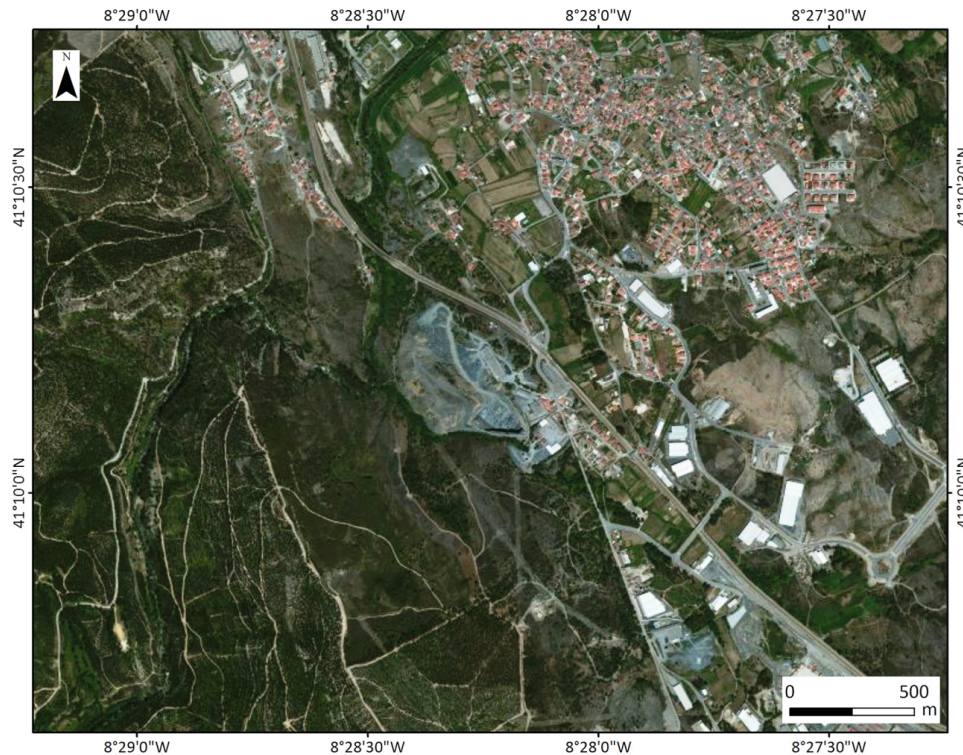


Figura 46 - Vista aérea da exploração a céu aberto, situada em Campo – Valongo (Google Earth, 2013).

5.2.2. VERDE DONAI/SERPENTE VERDE

5.2.2.1. LOCALIZAÇÃO

O Verde Donai é extraído no Distrito e Concelho de Bragança, freguesia de Donai, lugar de Lagomar.

5.2.2.2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

As pedreiras desta rocha estão instaladas na mancha de serpentinitos, alongada na direcção NW-SE, pertencente ao Complexo Ofiolítico de Bragança-Vinhais, onde as rochas ultrabásicas estão xistificadas. Na Carta Geológica de Portugal, Folha 2, à escala 1:200 000 (Figura 47), as rochas ultrabásicas que incluem este serpentinito são designadas por “ $\psi 0$ ” (Pereira *et al.*, 2006).

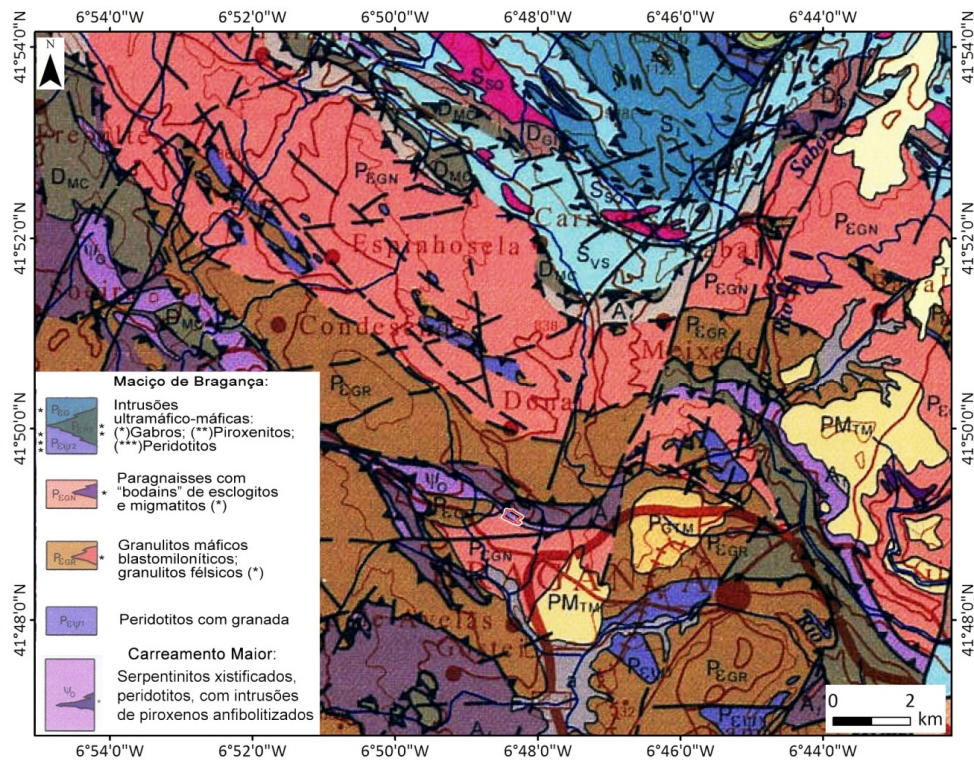


Figura 47 - Extrato da carta geológica de Portugal, Folha 2, Escala 1:200 000 (Pereira *et al.*, 2006).

5.2.2.3. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

Rocha de tonalidade verde escura com lentículas cinzento - escuras metalizadas (Moura *et al.*, 2000).

5.2.2.4. EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES

Esta rocha de tonalidade esverdeada é muito requisitada sobretudo quando polida pelo valor estético. A exploração é superficial e em flanco de encosta com diaclasamento denso e irregular o que limita as dimensões dos blocos, obtendo-se pequenos blocos de forma irregular. Neste caso, como noutros anteriores também é indiferente o plano de corte (<http://www.rop.ineti.pt/rop/?&lg=pt>, 2013).

Aplica-se quer em pavimentos e revestimentos, interiores e exteriores. A Figura 48 apresenta uma vista aérea de explorações em Donai.

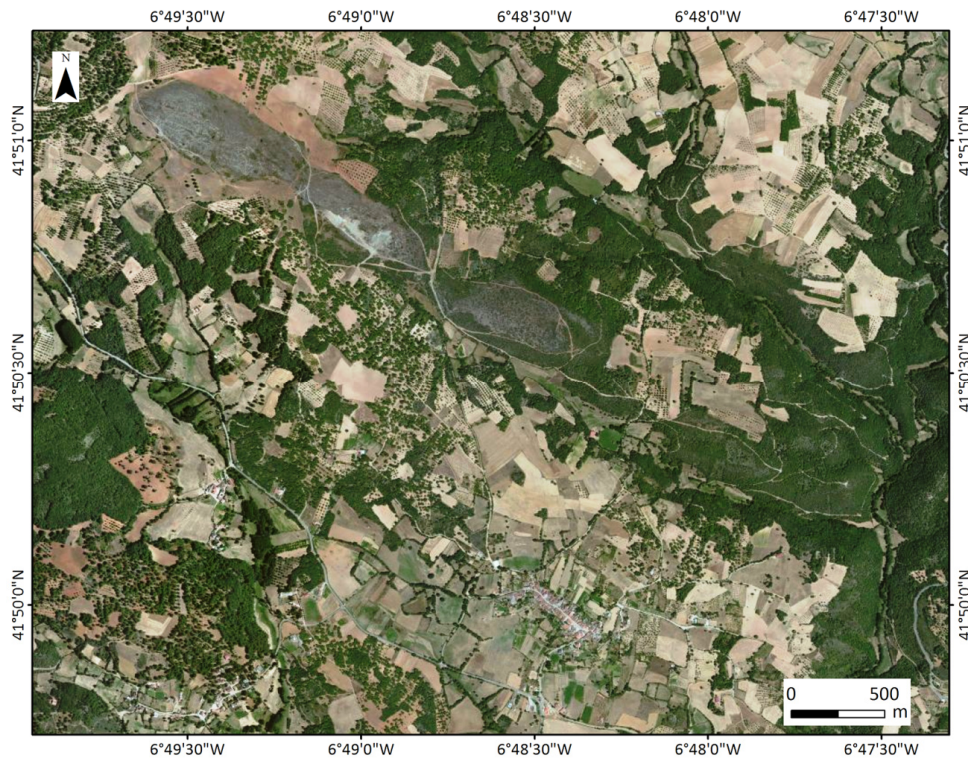


Figura 48 - Vista aérea de explorações em Donai (Google Earth, 2013).

5.2.3. BRANCO ROSADO

5.2.3.1. LOCALIZAÇÃO

O mármore Branco Rosado é extraído no Distrito de Évora, Concelho de Estremoz, freguesia de Santa Maria e lugar de Cerca de Santo António.

5.2.3.2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

A formação a que pertence este mármore situa-se no flanco SW do anticlinório de Estremoz-Borba- Vila Viçosa (Alto Alentejo). Na Carta Geológica do Anticlinal de Estremoz à escala 1:25 000 (Figura 49), este mármore pertence à “unidade 1 - mármore brancos, cremes e rosados” pertencente ao Complexo Vulcano Sedimentar Carbonatado com a idade provável do Ordovícico (Carvalho, 2008).

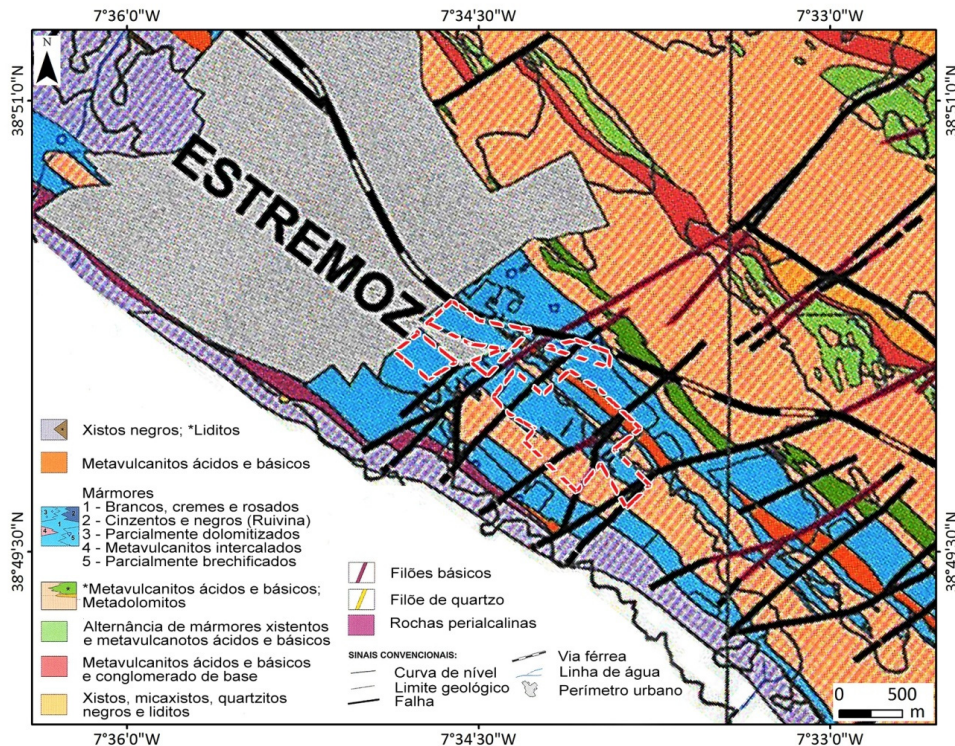


Figura 49 – Extrato da carta geológica do anticlinal de Estremoz, Escala 1:25 000 (Carvalho, 2008).

5.2.3.3. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

Mármore de cor branca com tons róseos, de grão médio e estrutura fina e sacaróide (Moura *et al.*, 2007).

5.2.3.4. EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES

A exploração do Mármore Branco Rosado é realizada no flanco SW do Anticlinal de Estremoz. As pedreiras desta região são na sua maioria de exploração a céu aberto embora hoje em dia já existam explorações subterrâneas. No caso particular deste mármore temos uma exploração em corta (fossa ou poço), em bancadas que vão dos 5 aos 10 metros de altura. A exploração recorre ao fio diamantado, facilitando o corte dos blocos, que deve ser realizado de acordo com o correr da pedra, mais favorável para o aspeto ornamental. Obtêm-se blocos de dimensões comerciais, (aproximadamente 2,0m x 1,5m x 1,2m).

Existem, na área, reservas importantes deste tipo de mármore. As aplicações mais correntes para esta rocha é sobretudo em interiores sob a forma de revestimentos e pavimentos. A Figura 50 apresenta a vista aérea da Zona de Estremoz e algumas explorações (Lopes & Martins, 2008).

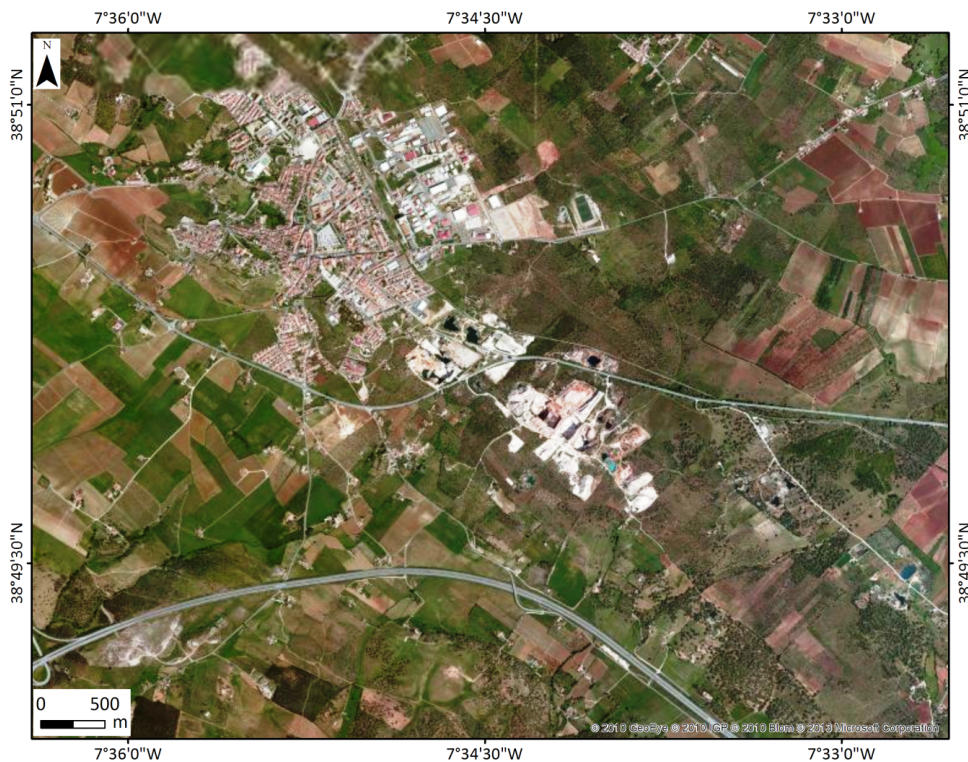


Figura 50 - Vista aérea da zona de Estremoz e zonas de exploração (Google Earth, 2013).

5.3. ROCHAS SEDIMENTARES

5.3.1. MOLEANOS MACIO

5.3.1.1. LOCALIZAÇÃO

O calcário Moleanos é extraído no Distrito de Leiria e Concelho de Alcobaça, na localidade de Prazeres de Aljubarrota.

5.3.1.2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

A Formação Moleanos apresenta grande desenvolvimento e continuidade ao longo do flanco Oeste da Serra de Candeeiros (Orla Mesocenozóica Ocidental) (Moura *et al.*, 2007). Existem nesta formação inúmeras pedreiras de calcário, pertencentes ao Jurássico médio (Caloviano, Batoniano e Bajociano).

Na Carta Geológica de Portugal, 26-B, Alcobaça, à escala 1:50 000 (Figura 51), os calcários do Jurássico Médio são designados por “ J_{abc}^2 ” (França *et al.*, 1963).

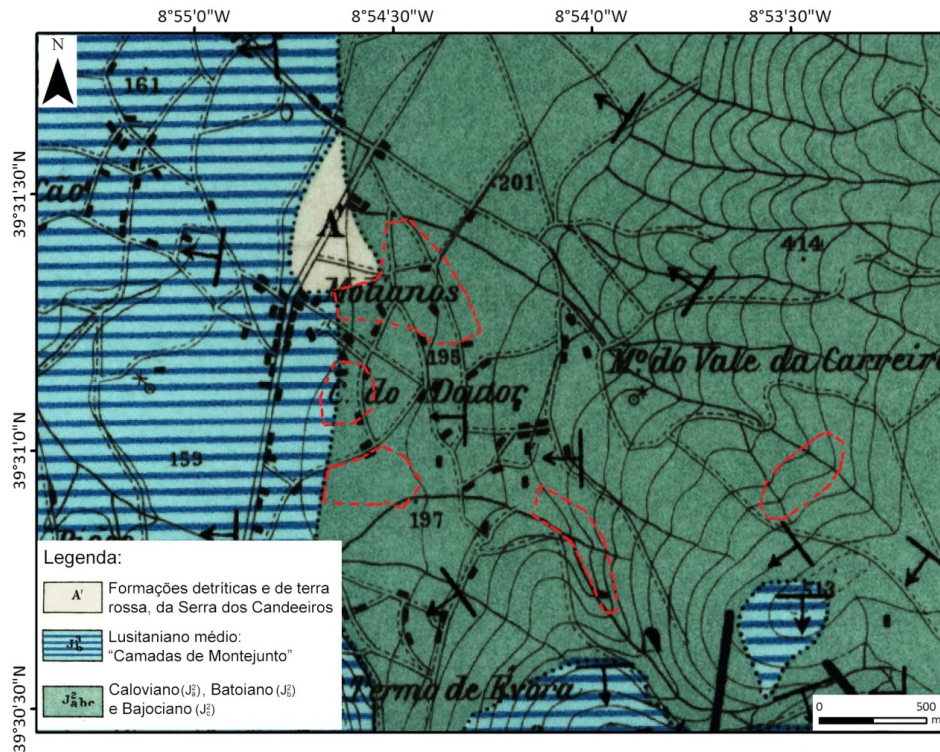


Figura 51 - Extrato da carta geológica de Portugal, Folha 26-B, Alcobaça, Escala 1:50 000 (França *et al.*, 1963).

5.3.1.3. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA

Calcário cinzento - esbranquiçado a creme claro, de tendência oolítica, calciclástico e bioclástico, com algumas pontuações escuras dispersas (Moura *et al.*, 2007).

5.3.1.4. EXPLORAÇÃO E APLICAÇÕES

As pedreiras desta área desenvolvem-se em profundidade sob a forma de poço e a técnica utilizada envolve o recurso a fio diamantado e roçadora.

Na mesma pedreira e mesma bancada podemos retirar mais do que uma variedade deste calcário. O Moleanos Macio encontra-se intercalado na zona superior de uma série de camadas observadas nas pedreiras da área, distinguindo-se por serem camadas de tonalidade ligeiramente mais clara e brandas (<http://www.rop.ineti.pt/rop/?&lg=pt>, 2013).

Extraem-se blocos de grandes dimensões que em média rondam os 2,8 m x 1,8 m x 1,5 m, e o corte mais favorável é segundo o "correr" da pedra. A utilização deste calcário deve ser em interiores, exteriores e cantarias. Na Figura 52 apresenta-se uma vista aérea de várias explorações na zona de Moleanos.

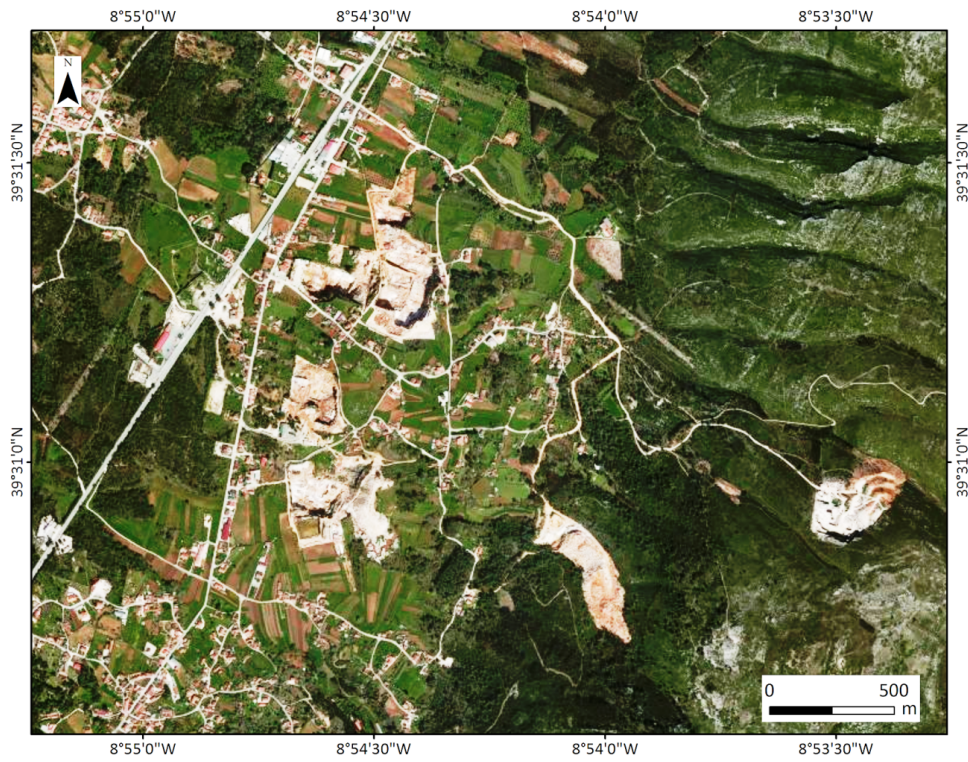


Figura 52 - Vista aérea da zona de Moleanos com várias explorações (Google Earth, 2013).

CAPÍTULO 6

METODOLOGIAS E TÉCNICAS DE ENSAIO

6. METODOLOGIAS E TÉCNICAS DE ENSAIO

As pedras naturais são um recurso natural não renovável devendo portanto ser utilizadas de acordo com a sua maior aptidão quando colocadas em obra. Sendo assim, é imperativo que se realizem ensaios de identificação e caracterização das pedras ornamentais para avaliar a sua qualidade em termos de aplicação como material de construção civil. Outros ensaios, de desempenho em obra, permitem a avaliação do comportamento da pedra após a sua aplicação. Os ensaios de durabilidade permitem prever durante quanto tempo a pedra natural manterá as suas características de modo a desempenhar a função para a qual foi escolhida sem entrar em colapso. Estes ensaios são pois uma importante ferramenta para a escolha da pedra natural em função da aplicação em obra.

Neste capítulo, e após a descrição das pedras naturais em estudo, dão-se a conhecer as metodologias e técnicas de ensaio adotadas. Foram determinadas em primeiro lugar as propriedades físicas que, de acordo com os trabalhos anteriormente referidos no capítulo do estado da arte, são importantes para a caracterização da pedra natural, particularmente as que se apresentam como as mais influentes no seu comportamento térmico, como a massa volúmica, a porosidade, a absorção de água, e a análise química. Em seguida, determinaram-se as características das rochas para avaliar o seu comportamento térmico tais como a dilatação linear térmica, a condutividade térmica por via seca e saturada e ainda simultaneamente, a condutividade, a capacidade térmica volumétrica e a difusividade através de um método dinâmico que utiliza a transferência de calor por energia pulsada. Avaliou-se, também, a difusividade térmica da rocha em meio aquoso e o calor específico de cada uma das pedras em estudo. Adicionalmente foram realizados ensaios de termografia.

Finalmente, construiu-se um protótipo de piso radiante e fizeram-se ensaios de medição de temperatura interior e superficial das mesmas pedras em estudo, com o intuito de avaliar o comportamento térmico de cada variedade estudada neste tipo de aplicação, tecnologia atualmente muito em voga, quer na recuperação de casas quer na aplicação em novos edifícios.

6.1. DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

Para a determinação das propriedades físicas foram recolhidas amostras de cada uma das pedras naturais em estudo e, posteriormente, foram cortados 30 provetes cúbicos com 50 mm de aresta. Em seguida, foram lavados e secos em estufa até à obtenção de peso seco constante. A constância de peso de um provete é atingida quando entre duas pesagens sucessivas, efetuadas num intervalo de 24(\pm 2) horas, o peso não se altera mais do que 0,1% da massa inicial. Antes de

cada pesagem os provetes foram arrefecidos até à temperatura ambiente tendo sido colocados no exsiccador.

Em seguida, foram devidamente referenciados com as iniciais das respetivas designações comerciais normalizadas e numerados de 1 a 30 (Tabela 25). A referida metodologia foi adotada para todas as pedras naturais com exceção do Cinzento Monchique (Sienito Nefelínico) uma vez que não foi possível obter provetes das dimensões requeridas para os ensaios de massa volúmica aparente, porosidade aberta e absorção de água.

As propriedades físicas são extremamente importantes não só para prever o peso dos elementos a colocar em fachadas de edifícios mas também para perceber o respetivo comportamento em ambientes mais agressivos, como por exemplo com elevada humidade. A determinação das propriedades físicas foi realizada no Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção, do Instituto Superior de Engenharia do Porto. Ainda no âmbito deste trabalho, pretendeu-se correlacionar os resultados das propriedades físicas com as propriedades térmicas das pedras em estudo.

Tabela 25 - Identificação dos provetes de ensaio.

Pedra Natural	Identificação
Amarelo Vila Real	AVR1 a AVR30
Cinzento Claro de Pedras Salgadas	CPS1 a CPS30
Cristal Azul	CAZ1 a CAZ30
Rosa Monção	RM1 a RM30
Cinzento Favaco	CFAV1 a CFAV30
Cinzento Monchique	SNEF
Negro Impala	NIMP1 a NIMP30
Negro Zimbabwe	NZBW1 a NZBW30
Ardósia de Valongo	ARDV1 a ARDV30
Verde Donai	VD1 a VD30
Branco Rosado	MBR1 a MBR30
Moleanos Macio	MOLM1 a MOLM30

6.1.1. DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA APARENTE E POROSIDADE ABERTA

Distingue-se a massa volúmica absoluta (peso por unidade de volume), da massa volúmica aparente (peso por unidade de volume de vazios aparente) dado que, nesta última, o volume encontra-se limitado pela superfície externa do provete contabilizando-se apenas os vazios que estão em contacto com o exterior. A compacidade da rocha fica então definida pela relação entre a massa volúmica real e a aparente.

A porosidade aberta ou aparente é obtida, sob a forma percentual, pelo quociente entre o volume de poros abertos e o volume aparente do mesmo. A massa volúmica e a porosidade

variam na razão inversa e encontram-se correlacionadas com a absorção de água como poderemos ver através dos resultados obtidos e através de valores tabelados em vários catálogos de rochas ornamentais (CEVALOR, INETI). Até ao aparecimento das normas Europeias estas três propriedades eram determinadas pelo mesmo ensaio. Atualmente, e uma vez que a norma NP EN 1936 (2006) preconiza o método de vácuo para a determinação da massa volúmica e da porosidade, utiliza-se para a obtenção da absorção de água a norma NP EN 13755 (2008).

Uma rocha que apresente maior massa volúmica corresponderá, salvo casos específicos, a uma rocha com menor porosidade e menor absorção de água, de acordo com os valores tabelados e ensaiados.

A determinação da Massa Volúmica Aparente e da Porosidade Aberta foi realizada em conformidade com a norma NP EN 1936 – 2006, tendo sido utilizado o método de Vácuo. Os ensaios iniciaram-se após a obtenção do peso seco contante (m_d) em estufa ventilada a $70(\pm 5)^\circ\text{C}$, de Marca *Munchener Medizin Mechanik GmbH*, tendo sido arrefecidos num exsiccador até à temperatura ambiente. Uma vez obtido este peso, os provetes foram colocados sob vácuo, num picnómetro com capacidade de 10 litros e sistema de vácuo da Marca *MATEST* de reprodutibilidade superior a 0,4 %, munido de um manómetro com divisões de 0,2 bar, durante $2(\pm 0,2)$ horas para eliminar o ar contido nos poros abertos ao exterior. Os provetes foram colocados sobre suportes não oxidáveis e não absorventes. A pressão criada foi de $2(\pm 0,7)$ KPa, ou seja, a $15(\pm 5)$ mm de mercúrio. Após este período fez-se a introdução de água destilada a uma temperatura de $20(\pm 5)^\circ\text{C}$ de modo a imergir totalmente os provetes durante quinze minutos, mantendo-se a pressão ao longo desta operação (Figura 53). Restabeleceu-se a pressão normal dentro do picnómetro, e os provetes ficaram imersos durante pelo menos 24 horas, sendo em seguida pesados com recurso a uma balança hidrostática de precisão, de marca *KERN*, com resolução e precisão de $\pm 0,01\text{g}$, para a obtenção dos pesos imersos (m_h), (Figura 54).

Em seguida, determinaram-se os pesos saturados (m_s). A massa volúmica aparente (ρ_b) de cada provete é expressa em kg/m^3 e determina-se através da Equação 24 (NP EN 1936, 2006).

$$\rho_b = \frac{m_d}{m_s - m_h} * \rho_{rh} \quad [\text{Equação 24}]$$

Onde:

ρ_b – massa volúmica aparente (kg/m^3)

m_d – massa do provete seco (g)

m_h – massa do provete imerso (g)

m_s – massa do provete saturado (g)

ρ_{rh} – massa volúmica da água (kg/m^3) -para efeitos de cálculo a norma EN 1936 estipula o valor de 998 Kg/m^3

A porosidade aberta (P_0) de cada provete é expressa na norma NP EN 1936 (2006), sob a forma percentual (%) pela Equação 25 .

$$P_0 = \frac{m_s - m_d}{m_s - m_h} * 100 \quad [\text{Equação 25}]$$

Onde:

P_0 – porosidade aberta (%)

m_s – massa do provete saturado (g)

m_d – massa do provete seco (g)

m_h – massa do provete imerso em água (g)

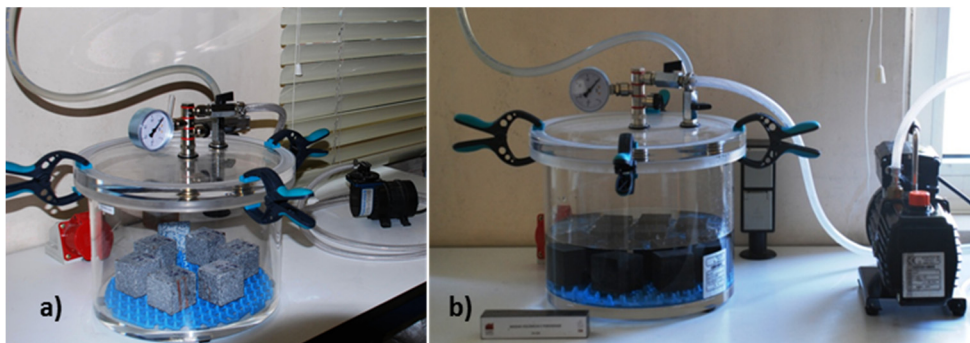


Figura 53 – Equipamento para determinação da massa volúmica aparente e porosidade aberta
a) Fase de vácuo; b) Fase de Imersão.

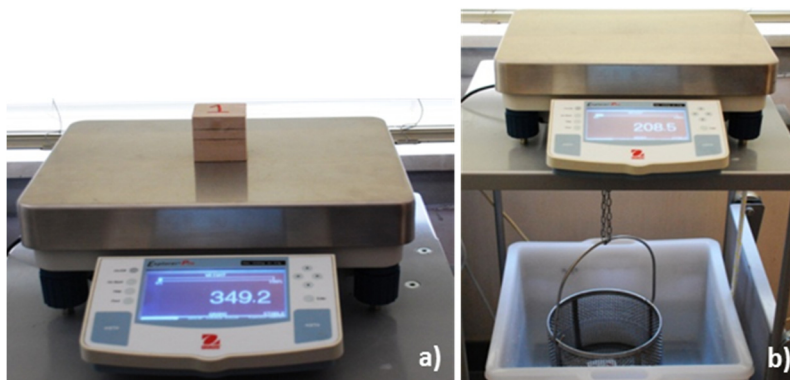


Figura 54 – Balança com sistema de pesagem hidrostática
a) Pesagem do provete saturado; b) Pesagem hidrostática, peso imerso.

6.1.2. DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA

A absorção de água indica uma relação percentual entre o peso da amostra e a água nela contida. Em geral identifica-se esta propriedade com a porosidade, embora só os poros que estão em contacto com o exterior e os que estão interligados com estes, possam ser preenchidos pela água. Quanto menor for a absorção de água de uma rocha, menor será a possibilidade de esta se alterar quer pelo efeito da água, quer pelo efeito dos agentes atmosféricos ou químicos. A absorção de água foi determinada de acordo com a norma NP EN 13755 (2008), que adota uma metodologia muito semelhante à utilizada para a obtenção da massa volúmica e da porosidade. Também neste ensaio, e após a obtenção do peso seco constante, os provetes foram conservados e arrefecidos num exsiccador. Os pesos individuais dos provetes foram anotados (m_d) com uma precisão de $\pm 0,01$ g e, em seguida, os provetes foram introduzidos num tanque coberto, Banho Maria, de Marca *Controls*, com termómetro digital que permite obter temperaturas entre os zero e os noventa e nove graus *Celsius*. Os provetes foram colocados devidamente afastados (pelo menos 15 mm) e sobre suportes não oxidáveis e não absorventes, para que todas as faces estivessem livres e em contacto com a água (Figura 55). A água foi então adicionada em três fases distintas: numa primeira fase adicionou-se água até metade da altura dos provetes (tempo t_0); na segunda fase, cerca de uma hora após o início do ensaio, $t_0+60(\pm 5)$ minutos, adicionou-se água até se atingir $\frac{3}{4}$ da altura dos provetes; na terceira fase, duas horas após o início do ensaio, $t_0+ 20(\pm 5)$ minutos, adicionou-se água até que o nível da água ficasse $25(\pm 5)$ mm acima da face superior dos provetes. Aguardou-se o tempo necessário para que os provetes atingissem a massa constante (normalmente 72 horas são suficientes para a maioria das pedras naturais portuguesas). Durante este período foram realizadas pesagens a cada 24 horas para verificar se os provetes apresentavam valores de massa saturada constantes (os valores consideram-se constantes quando entre duas pesagens consecutivas, em intervalos de 24 horas, a diferença entre elas não é maior a 0.1% da primeira das duas pesagens). Para as várias pesagens do ensaio, os provetes devem ser retirados da água, sendo em seguida rapidamente secos com um pano para retirar o excesso de água. O resultado da última pesagem é o peso saturado (m_s). A balança utilizada foi a mesma do ensaio anteriormente descrito. A absorção de água à pressão atmosférica (A_b), expressa em percentagem, é então obtida de acordo com a norma NP EN 13755 (2008) através da Equação 26. Os valores da absorção de água devem ser expressos em percentagem e arredondados às décimas.

$$A_b = \frac{m_s - m_d}{m_d} * 100 \text{ [Equação 26]}$$

Onde:

A_b – absorção de água (%)

m_s – massa do provete saturado totalmente imerso (g)

m_d – massa do provete seco (g)

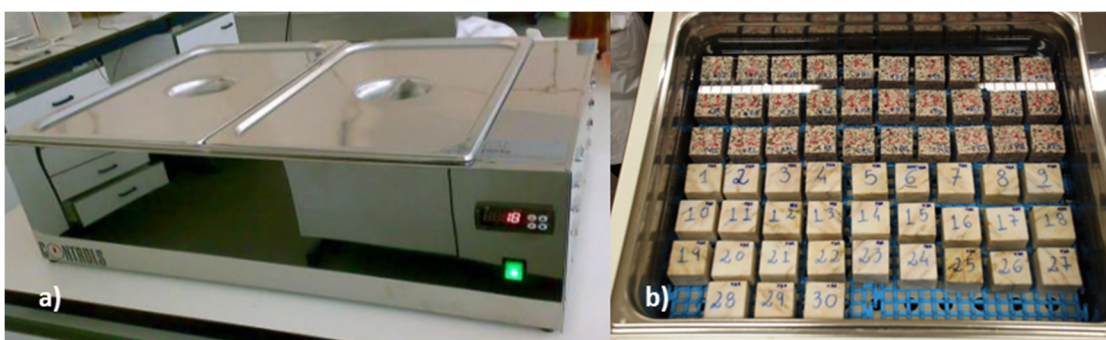


Figura 55 - Equipamento para determinação da absorção de água (Banho Maria).
a) Tanque de ensaio; b) Provetes em ensaio.

6.1.3. COMPOSIÇÃO QUÍMICA

A análise química de uma rocha permite evidenciar a existência de elementos ou compostos químicos que irão influenciar o comportamento da rocha e alterar algumas das características, de que é exemplo a respetiva durabilidade, entre outras. A composição química das pedras naturais resume-se habitualmente à determinação do teor de alguns elementos químicos, que se escolhem de acordo com o tipo de rocha, expresso em percentagem. Os elementos químicos eleitos são normalmente o *Fe*, *Mn*, *Ti*, *Ca*, *Al*, *Si* e *Mg*, através de métodos de análise química convencional e ainda o potássio (*K*) que se determina através de um espectrómetro de chama.

É habitual exprimir os resultados sob a forma de óxidos para elementos superiores a 1% e, entre 0,1 a 1%, em ppm para os elementos traço ou vestigiais.

6.1.3.1. ANÁLISE QUÍMICA CONVENCIONAL

A análise química por métodos convencionais, foi determinada na Universidade de Aveiro, por intermédio de uma técnica não destrutiva, a Fluorescência por Raios X (FRX), que permite uma análise quantitativa e qualitativa da amostra em causa, com um programa analítico padrão para a determinação dos 10 elementos maiores e menores mais comuns em rochas, além de um conjunto de 23 elementos traço (Tavares, 2010). Após a identificação dos elementos presentes numa amostra, esta técnica determina as proporções desses mesmos elementos. As amostras

foram preparadas a partir de pó moído a 63 microns e preparadas em pastilhas fundidas para a determinação dos elementos maiores com o Programa Maiores, e pastilhas prensadas para os elementos minoritários, com o programa Pro-Trace. O equipamento usado foi o modelo AXIOS da Panalytical (Figura 56). Foram realizadas amostras de cada uma das pedras em estudo.



Figura 56 - Equipamento de ensaio AXIOS (<http://www.panalytical.com>, 2014).

6.1.3.2. ANÁLISE QUÍMICA QUANTITATIVA POR ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X EQUIPAMENTO PORTÁTIL

Para aferir a composição química das pedras em estudo, foi ainda utilizada, uma técnica expedita com recurso a um analisador de fluorescência de Raios X (FRX) da marca *Thermo Scientific*, modelo *NITON XL3t (900)*, representado na (Figura 57).



Figura 57 - Analisador por fluorescência de Raios X (XRF) NITON XL3t 900 (NITON, 2011).

A Espectrometria por Fluorescência de Raios X, é uma ferramenta dinâmica e extremamente proficiente para a determinação quantitativa e qualitativa da presença de elementos químicos em diversos tipos de amostras, de interesse biológico, industrial, geológico e ambiental. Esta técnica, uma vez não destrutiva e por possibilitar a análise de vários elementos simultaneamente, de modo rápido e a baixo custo, tem um elevado potencial de aplicação em diversas áreas (Queirós, 2011).

A análise por fluorescência de Raios X é um processo quantitativo fundamentado na medida das intensidades dos Raios X característicos, emitidos pelos elementos que constituem a amostra, quando excitada por partículas ou ondas eletromagnéticas como se pode observar na Figura 58. Os Raios X emitidos excitam os elementos que constituem a amostra, elementos esses que por sua vez irradiarão linhas espectrais de energias características do elemento e, cujas intensidades, estão relacionadas com a concentração do elemento na amostra (Queirós, 2011).

Em epítome, a análise por fluorescência de Raios X consiste de três fases:

- I. Excitação dos elementos que constituem a amostra;
- II. Dispersão dos espectros de linha emitidos pela amostra;
- III. Detecção dos espectros de linha emitidos.

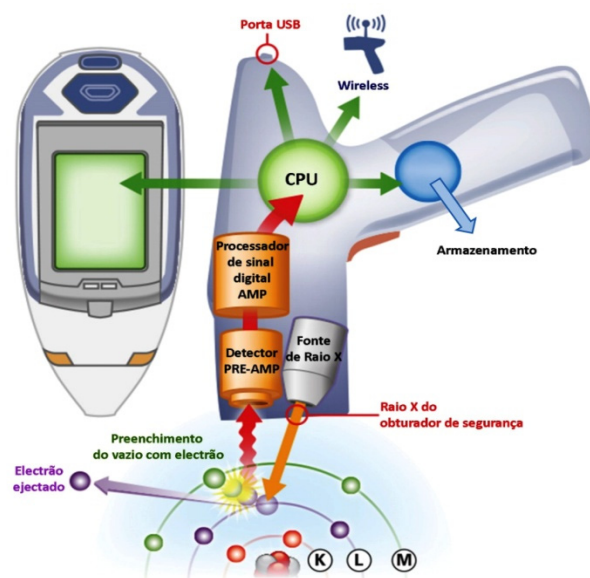


Figura 58 – Princípio de funcionamento do equipamento de análise química quantitativa de fluorescência de Raios X. (adaptado de Queirós, 2011).

Este equipamento, de elevado desempenho, permite a análise qualitativa e quantitativa de mais de 35 elementos químicos presentes numa rocha (Figura 59), incluindo oito metais pesados: o

arsênico (As), o cádmio (Cd), o bário (Ba), o crômio (Cr), o chumbo (Pb), o mercúrio (Hg), o selênio (Se) e a prata (Ag).

A tabela periódica dos elementos químicos é apresentada com as seguintes características:

- Legenda de Categorias:**
 - Metals alcalinos (laranja)
 - Metals alcalino-terrosos (amarelo)
 - Metals de transição (vermelho)
 - Lantanídeos (laranja claro)
 - Actinídeos (laranja escuro)
 - Metals representativos (verde claro)
 - Semi-metals (verde médio)
 - Não-metals (verde escuro)
 - Halogênios (azul claro)
 - Gases nobres (azul escuro)
- Estados de Matéria:**
 - C: Sólido
 - Hg: Líquido
 - H: Gasoso
 - Rf: Desconhecido
- Elementos Detectáveis (destacados em vermelho):**
 - 13: Alumínio (Al)
 - 14: Silício (Si)
 - 15: Fósforo (P)
 - 16: Enxofre (S)
 - 17: Cloro (Cl)
 - 18: Argônio (Ar)
 - 24: Crômio (Cr)
 - 26: Ferro (Fe)
 - 27: Cobalto (Co)
 - 28: Níquel (Ni)
 - 29: Cobre (Cu)
 - 30: Zinco (Zn)
 - 31: Gálio (Ga)
 - 32: Germânio (Ge)
 - 33: Arsênio (As)
 - 34: Selênio (Se)
 - 35: Bromo (Br)
 - 36: Criptônio (Kr)
 - 47: Prata (Ag)
 - 48: Cádmio (Cd)
 - 49: Índio (In)
 - 50: Estanho (Sn)
 - 51: Antimônio (Sb)
 - 52: Telúrio (Te)
 - 53: Iodo (I)
 - 54: Xenônio (Xe)
 - 62: Níquel (Ni)
 - 63: Cobre (Cu)
 - 64: Zinco (Zn)
 - 65: Gálio (Ga)
 - 66: Germânio (Ge)
 - 67: Arsênio (As)
 - 68: Selênio (Se)
 - 69: Bromo (Br)
 - 70: Criptônio (Kr)
 - 71: Rubídio (Rb)
 - 72: Estrôncio (Sr)
 - 73: Ítalo (Y)
 - 74: Zircônio (Zr)
 - 75: Níobio (Nb)
 - 76: Molibdênio (Mo)
 - 77: Tecnécio (Tc)
 - 78: Rênio (Re)
 - 79: Ósmio (Os)
 - 80: Irídio (Ir)
 - 81: Platina (Pt)
 - 82: Ouro (Au)
 - 83: Mercúrio (Hg)
 - 84: Talho (Tl)
 - 85: Chumbo (Pb)
 - 86: Bismuto (Bi)
 - 87: Polônio (Po)
 - 88: Astatina (At)
 - 89: Rádio (Ra)
 - 90: Actínio (Ac)
 - 91: Protactínio (Pa)
 - 92: Urânio (U)
 - 93: Neptúnio (Np)
 - 94: Plutônio (Pu)
 - 95: Amérvio (Am)
 - 96: Cúrio (Cm)
 - 97: Berquélio (Bk)
 - 98: Califórnia (Cf)
 - 99: Einstênio (Es)
 - 100: Férmio (Fm)
 - 101: Mendelévio (Md)
 - 102: Nobélio (No)
 - 103: Laurêncio (Lr)
- Colunas de Elementos:**
 - 1A: H, Li, Na, K, Rb, Cs, Fr
 - 2A: Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra
 - 3B-10B: Metais de transição (Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Kr)
 - 11: Ag, Au, Hg
 - 12: Zn, Cd, Hg
 - 13-18: Metais representativos e gases nobres (B, C, N, O, F, Ne; Al, Si, P, S, Cl, Ar; Ga, Ge, As, Se, Br, Kr; In, Sn, Sb, Te, I, Xe; Tl, Pb, Bi, Po, At, Rn; Fr, Ra, Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr)
- Informações por Elemento:** Número Atômico (Z), Símbolo, Nome, Massa Atômica.

Figura 59 - Tabela periódica com os elementos químicos detectáveis pelo equipamento de fluorescência de Raios X, NITON XL3 (900), assinalados a vermelho.
(adaptado de <http://www.slideshare.net/EstudeMais/quimica-tabela-periodica-dos-elementos,2014>)

Os limites de detecção dos elementos analisados dependem da energia dos Raios X fluorescentes recebida pelo analisador (consequência do número atômico do elemento), do tipo e energia da fonte de excitação, do tipo de matriz, de interferências interespectrais, da capacidade de resolução do equipamento e da duração dos ensaios (Queirós, 2011).

Outros fatores podem condicionar a qualidade dos resultados das análises realizadas, como o teor em água da amostra, a temperatura ambiente, o incorreto posicionamento do analisador, uma imensa variedade nas propriedades físicas (dimensão, uniformidade, etc.) das partículas ou a presença simultânea de elementos químicos com concentrações muito distintas (Queirós, 2011).

Ainda segundo o mesmo autor, a FRX está fundamentada na emissão atômica e no efeito fotoelétrico, ou seja, quando um átomo é submetido a um processo de irradiação por uma fonte de Raios X, um elétron pode ser expulso das camadas eletrônicas (K/L/M) mais internas (efeito fotoelétrico) gerando assim uma “vaga”. Em frações de segundo, para a estabilização do átomo, elétrons das camadas eletrônicas mais externas movem-se rapidamente para ocupar esses locais gerados, libertando uma diferença de energia existente entre 2 níveis eletrônicos envolvidos.

É, portanto, um processo expedito e que permite realizar análises por métodos não destrutivos “*in situ*” (Figura 60) ou em laboratório, sendo necessária a moagem da amostra no caso da

execução em laboratório. Uma vez que o ensaio foi realizado no LGMC do ISEP, iniciou-se o ensaio com a preparação das amostras. Para esse efeito procedeu-se a uma moagem a pó fino (63μ) de um provete de cada pedra a ensaiar (realizado pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia – LNEG) que, em seguida, foi devidamente esquartelada para que a quantidade necessária fosse representativa. Colocou-se o pó no “copo de amostra” (Figura 61) devidamente acondicionado, e introduziram-se as amostras numa câmara suporte (Figura 62) para a realização do ensaio em laboratório. Através de uma entrada RS232, Bluetooth ou USB, fez-se a ligação a um computador e software (NDT – transferência de dados *NITON*), a qual possibilitou a elaboração de relatórios de registo dos vários elementos detetados na amostra, em %. Foram realizadas dezasseis leituras em cada uma das amostras das pedras em estudo e, uma vez obtidos os respetivos relatórios, os dados foram tratados e determinaram-se os valores médios de cada elemento encontrado, sendo depois convertidos nos respetivos compostos, através de uma folha de cálculo *Excel*.



Figura 60 - Ensaio in situ com analisador FRX. (<http://www.burgex.com/services/ore-sampling/>, 2014)

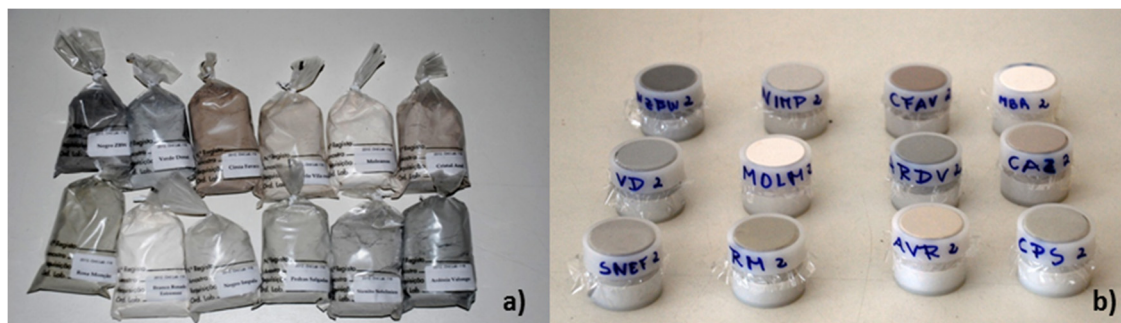


Figura 61 - a) Amostras moídas no LNEG . b) Copos de amostra para ensaio de fluorescência de Raios X em laboratório.

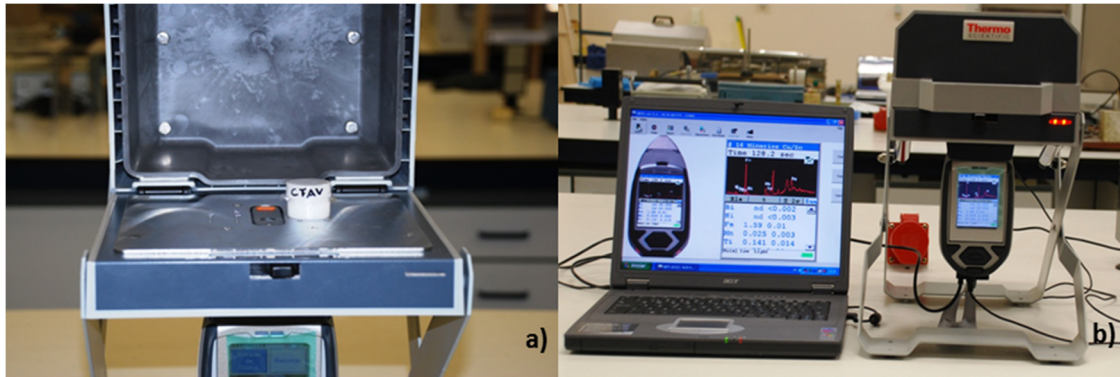


Figura 62 - a) Câmara onde é introduzida a cápsula para ensaio. b) Ensaio em laboratório com display digital do analisador de metais Niton XL 3t 900.

6.2. DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS E OUTRAS CORRELACIONADAS

6.2.1. DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR

A dilatação térmica linear é uma propriedade reológica, mas relacionada com as propriedades térmicas dos materiais. Todos os materiais contraem com o frio e dilatam sob a ação do calor. Em termos físicos a dilatação ocorre, por aumento de temperatura, devido à agitação das moléculas que constituem os diversos materiais, o que leva ao aumento da distância entre as forças intermoleculares e, conseqüentemente, a uma alteração das suas dimensões (Pinto *et al.*, 2006). Nas rochas esta dilatação é medida pela variação de comprimento de um provete.

A dilatação das pedras naturais têm importância sobretudo para prever as juntas e folgas necessárias para aplicação em obra sobretudo quando vão estar sujeitas a variações de temperatura. A sua importância reflete-se portanto em todas as aplicações exteriores quando em climas quentes, ou em aplicações interiores junto a fontes de calor como lareiras, fornos, aplicações em pisos radiantes, entre outras.

A determinação do coeficiente de dilatação térmica foi realizada com o objetivo de analisar a sua relação com as propriedades térmicas, físicas e químicas das pedras naturais em estudo.

Esta propriedade foi determinada pelo método mecânico de acordo com a norma NP EN 14581 (2007) que assume a existência de linearidade entre as temperaturas de 20 e 80 graus *Celsius*. Foram ensaiados 10 provetes paralelepípedicos, de 250 mm × 50 mm × 20 mm de dimensão, para cada pedra natural. Colocaram-se os rebites de aço inox (Figura 63) nos provetes de ensaio, tendo sido colados por meio do agente adesivo *Sikadur - 31*, com resina epóxi da marca Sika, estável dentro da gama de temperaturas do ensaio. Os rebites foram colados a uma distância um do outro de cerca de 200 mm e orientados de acordo com a direção de medição. Depois de

devidamente preparados (presa de cerca de 24 horas) foram secos até massa constante, e arrefecidos para se dar início ao ensaio.

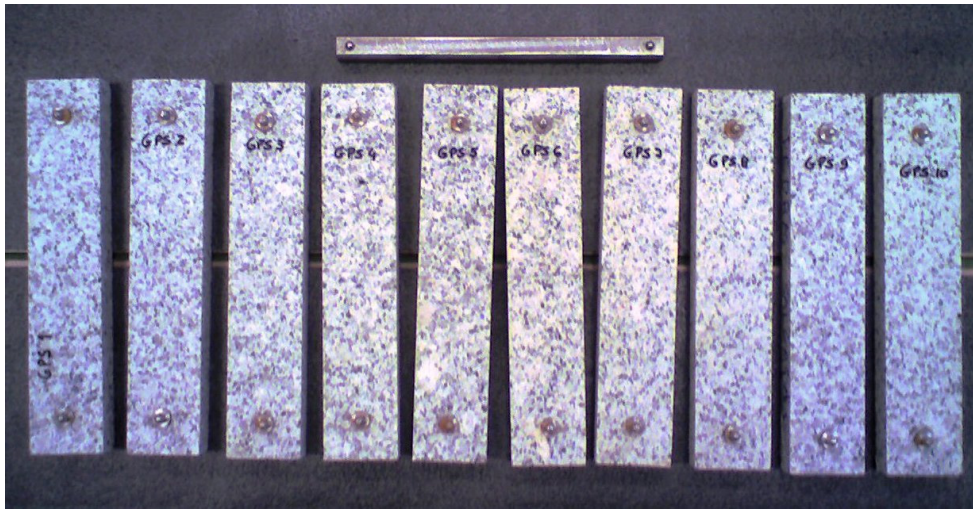


Figura 63 - Provetes do granito cinzento Pedras Salgadas para ensaio com rebites e respetivo material de referência.

Em seguida foram introduzidos na estufa, a par do material de referência, para se iniciarem os ciclos de aquecimento e arrefecimento (Figura 64). A estufa de Marca *Munchener Medizin Mechanik GmbH*, permitia elevar a temperatura por patamares desde os $20(\pm 0,2)^{\circ}\text{C}$ até aos $80(\pm 0,2)^{\circ}\text{C}$, a uma taxa de $0,5^{\circ}\text{C}$ por minuto mantendo a temperatura durante duas horas com uma exatidão de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, tal como preconizado na norma. Iniciou-se o ensaio pelo patamar de 20°C , deixando a temperatura estabilizar pelo menos durante duas horas. Retiraram-se os provetes um a um da estufa, e muito rapidamente foram efetuadas as medições com um paquímetro digital, de marca *Controls*, de resolução $0,01\text{ mm}$ e precisão de $\pm 0,03\text{ mm}$. Em seguida, realizaram-se quatro medições do comprimento entre os rebites de cada provete (Figura 65) com o dispositivo mecânico de ensaio (ℓ_{s20}). Este dispositivo, um defletómetro munido de um comparador de marca *Mitutoyo*, modelo ID-C112X de resolução $0,001/0,01\text{ mm}$ (Figura 65) permitiu a realização de todas as medições efetuadas durante o ensaio nos diferentes patamares de temperatura.

Estas medições foram realizadas a 20°C e a 80°C , (ℓ_{p20} e ℓ_{p80}) sendo respetivamente o comprimento inicial e final do provete a $20(\pm 5)^{\circ}\text{C}$ e a $80(\pm 5)^{\circ}\text{C}$, em mm. Em seguida fez-se a temperatura descer para os 20°C , para após nova medição a esta temperatura, iniciar novo ciclo de aquecimento.

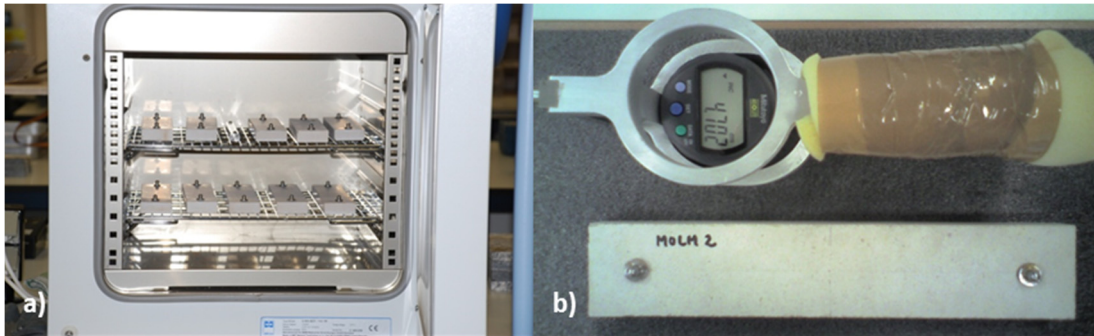


Figura 64 - a) Estufa com os provetes de ensaio; b) Defletómetro.

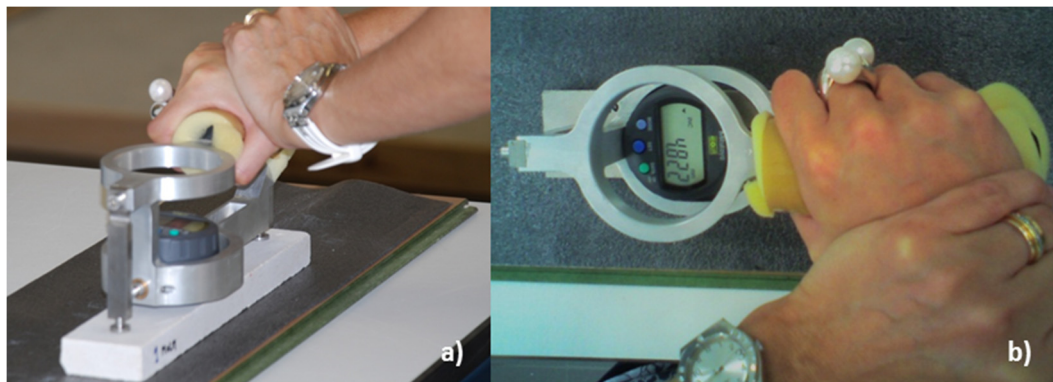


Figura 65 - Execução das medições com o defletómetro.

No sentido de obter um maior rigor foram realizados dois ciclos consecutivos para a obtenção do coeficiente de dilatação térmica linear e para controlo das alterações no comprimento dos provetes induzidas pelo calor. Foram determinados os valores individuais para cada provete em cada ciclo tendo sido adotado o maior valor de dilatação térmica ocorrida. A par destas medições foi utilizado um provete de referência, uma barra de aço inox de coeficiente de dilatação conhecido, para determinar a existência de algum erro que eventualmente pudesse ocorrer o que não se verificou.

O coeficiente de dilatação térmica de cada provete, α , exprime-se como a variação unitária de comprimento para uma variação de temperatura de 1°C, em cada ciclo de aquecimento e arrefecimento, e de acordo com a norma NP EN 14581 (2007), calcula-se através da Equação 27.

$$\alpha = \frac{\Delta l_s}{l_p \times \Delta T} \text{ [Equação 27]}$$

Onde:

$\alpha = [(\Delta\ell_s)/(\ell_p \times \Delta T)]$ - Coeficiente de dilatação térmica linear na direção "i" ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)

ℓ_p - comprimento inicial do provete (mm), medido com paquímetro a $20(\pm 5)^{\circ}\text{C}$

$\Delta\ell_s = (\ell_{s_{80}} - \ell_{s_{20}})$ - variação do comprimento do provete (mm)

ΔT - gradiente de temperatura de ensaio de $(60 \pm 1)^{\circ}\text{C}$.

O parâmetro ϵ_{si} , correspondente à relação entre $\Delta\ell_s$ e $\ell_{p_{20}}$, corresponde à dilatação térmica linear unitária do provete na direção "i", em 10^{-6} mm/mm e ΔT o intervalo de temperatura em $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

6.2.2. CONDUTIVIDADE TÉRMICA

A condutividade térmica é muito importante na seleção de materiais para a construção civil e outras aplicações. Em muitas das aplicações são precisos materiais que isolem os ambientes, ou seja, materiais de baixa condutividade térmica. Noutras aplicações pretende-se exatamente o contrário, isto é, materiais com elevada condutividade térmica.

A medição da condutividade térmica das doze pedras em estudo foi realizada por três métodos diferentes, designadamente por via seca, por saturação e ainda por um método expedito e inovador, utilizando-se para o efeito um equipamento *ISOMET*.

6.2.2.1. TRANSMISSÃO DE CALOR POR VIA SECA (CONDUTIVIDADE SECA)

Este ensaio foi realizado no Laboratório de Geomecânica inserido no Centro de Estudos em Recursos naturais e Ambiente (CERENA), do Instituto Superior Técnico de Lisboa, pelo método das placas quentes e simula através da Lei de *Fourier* a transmissão de calor em regime permanente. A condutividade é medida pela quantidade de calor que atravessa uma placa de rocha, com dimensões padrão e num dado intervalo de tempo. Para a sua determinação no ensaio de calor seco, foi utilizado um provete, de secção quadrada, de 250 mm de lado e cerca de 20 mm de espessura, de cada pedra natural em estudo. Todos os provetes tinham a superfície com acabamento serrado. O equipamento utilizado consistiu numa resistência elétrica que transmitiu a energia calorífica ao provete durante o ensaio (potência de 1000W). Os dados de ensaio foram obtidos por meio de termopares elétricos colados, no centro de cada uma das faces do provete a ensaiar, com resina *epóxi*, permitindo o registo das temperaturas da face interna (face de incidência direta – P1) e da face externa (P2), de 30 em 30 segundos e com a precisão de $0,1^{\circ}\text{C}$. A

aquisição de dados realizou-se por meio de um *Datataker*. Colocada a placa a ensaiar numa base de apoio, na posição vertical e a uma distância de 20 cm da fonte emissora de calor (Figura 66), iniciou-se o ensaio ligando a resistência elétrica, o qual decorreu durante pelo menos uma hora. O ensaio iniciou-se no momento de ligação da fonte eléctrica, que se manteve durante 80 minutos para todas as pedras em estudo. O tratamento dos dados foi realizado com base na variação das temperaturas da face interna e externa, o que permitiu determinar o final do ensaio ou seja o momento em que se atinge o equilíbrio ou regime permanente, após o que se realizaram os cálculos para obtenção da condutividade.

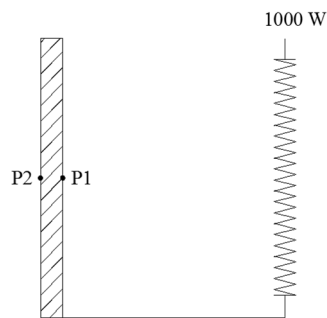


Figura 66 - Representação esquemática do ensaio para determinação da condutividade (calor seco).
(adaptado de Silva *et al.*, 2008)

Conhecida a taxa de transferência de calor e utilizando a Lei de *Fourier*, os resultados foram obtidos a partir da fórmula do fluxo de calor (adaptado de Silva *et al.*, 2008), Equação 28 e expressos em (w/m °C):

$$Q = K \times \frac{\Delta T}{L} \text{ [Equação 28]}$$

Onde:

Q - fluxo de calor (W/m²)

K - condutividade térmica (W/m °C)

ΔT - gradiente de temperatura, entre as faces do provete (°C)

L - espessura do provete (m)

6.2.2.2. TRANSMISSÃO DE CALOR POR VIA HÚMIDA (CONDUTIVIDADE SATURADA)

Uma vez que a água é um meio em que a condução se faz mais facilmente, realizou-se a determinação da condutividade (transmissão de calor) por via húmida ou saturada. Para tal foi concebido um equipamento, “panela”, em chapa de aço com 5 mm de espessura (Figura 67).

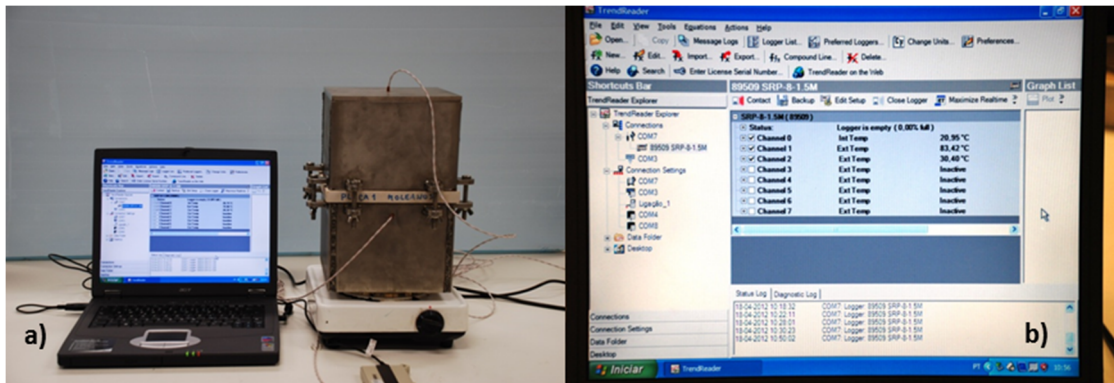


Figura 67 - a) Equipamento de ensaio por via húmida; b) Layout do software utilizado.

O equipamento era constituído por duas caixas de secção interior de 20 x 20 (cm²) e altura de 145 mm que serviram para alojar a placa de ensaio e também funcionaram como reservatórios de água. No início de cada ensaio foi introduzida uma massa de água de 3000 g na caixa inferior e de 1800 g na superior. A caixa inferior possui ainda, uma câmara de vapor de água (espaço vazio com cerca de 65 mm de altura) e, para garantir que a pressão do vapor de água se mantinha à pressão atmosférica normal, foi realizado num dos lados desta caixa, um orifício de 2,5 mm de diâmetro, 15 mm abaixo do seu bordo superior. A amostra de rocha foi colocada entre as duas caixas ficando a sua superfície imediatamente acima da câmara de vapor de água e funcionando como a tampa da parte inferior da panela.

A vedação entre a placa de rocha e as caixas metálicas foi assegurada por vedantes e isolantes térmicos indicados para o efeito que foram colados nos bordos das caixas.

Os dados foram adquiridos por meio de dois termopares, um deles inserido na câmara de vapor de água e um outro que media a temperatura da água na caixa superior. Estes termopares foram inseridos em pequenos orifícios realizados a 15 mm da superfície da rocha em ambos os lados da caixa e associados a um *Datataker Smart Reader* permitiram a obtenção do registo das temperaturas durante o ensaio, de 32 em 32 segundos, com uma precisão de $\pm 0,1^\circ\text{C}$.

A fonte elétrica, um pequeno disco elétrico, fogão, transmitiu energia calorífica constante durante todo o ensaio à caixa inferior. A aquisição de dados e o respetivo ensaio iniciou-se assim que se

ligou a fonte de calor e prolongou-se durante pelo menos 2 horas. O critério do tempo de aquisição de dados ficou a dever-se à grande variedade de rochas utilizadas e à necessidade de perceber o tempo de ensaio de cada uma em particular. Neste caso, a transferência de calor é efetuada pelo vapor de água que aquece a água acima da placa de ensaio de acordo com a condutividade de cada um dos materiais estudados. (adaptado de Silva *et al.*, 2008).

O tratamento dos dados foi realizado para as temperaturas interiores e exteriores de cada amostra. A transferência de calor estabiliza no momento em que se atinge o regime permanente, momento que coincide com o final do ensaio. A curva da temperatura interior conduziu a um ajustamento do tipo polinomial com o objetivo de se obter o ponto de inflexão da função que corresponde ao momento de entrada em regime permanente.

Os resultados da condutividade são obtidos aplicando novamente a Lei de Fourier e a equação do fluxo ou transferência de calor (Equação 28).

6.2.3. MEDIÇÃO SIMULTÂNEA DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA, DIFUSIVIDADE E CAPACIDADE TÉRMICA

A condutividade térmica representa a capacidade da rocha conduzir o calor, ou seja de se deixar atravessar pelo mesmo (W/mK). O seu maior valor está associado à maior capacidade em conduzir o calor.

A difusividade térmica (m^2/s) reflete a maior ou menor capacidade da rocha em absorver e libertar o calor em relação à sua capacidade de armazenamento. Os maiores valores estão associados a uma resposta mais rápida às alterações térmicas impostas e, pelo contrário, um material que tem uma menor difusividade responde mais lentamente a essas alterações, pelo que leva mais tempo a atingir um dado equilíbrio térmico.

Esta propriedade é muito importante sempre que as rochas estão submetidas a ciclos de aquecimento e arrefecimento e está relacionada com a condutividade do material e o seu calor específico e capacidade térmica.

A quantidade de calor que a rocha pode acumular é dada pela capacidade térmica e, quanto mais elevado esta for, maior a capacidade da rocha em armazenar calor.

Para o efeito foram realizadas várias medições no Laboratório de Física da Universidade de Évora com um Analizador de Transferência de Calor, Modelo *ISOMET* 2014 (Figura 68). Este equipamento permitiu a medição simultânea das três propriedades térmicas (condutividade, difusividade e capacidade térmica volumétrica). O método de medição é dinâmico, o que reduziu o tempo de ensaio tornando-se mais expedito relativamente aos métodos anteriores.

Para as medições utilizaram-se sondas de contacto que foram colocadas em 5 posições nos provetes de ensaio, de modo a abranger toda a área da superfície do provete (Figura 69), para cada uma das rochas estudadas e, em seguida, foi obtido o valor médio dos parâmetros em análise. Foram realizadas 5 medições em provetes de 250 mm x 250 mm de lado e cerca de 20 mm de espessura, em cada uma das pedras naturais em estudo.

As sondas utilizadas apresentavam uma gama de valores de medição da condutividade entre 0,6 e 2,0 W/mK e 2,0 a 6,0 W/mK, e possuíam cerca de 60 mm de diâmetro.

Os resultados das medições efetuadas foram armazenadas no equipamento e foram posteriormente transferidas para um computador por intermédio de uma interface RS 232.



Figura 68 - Imagem do equipamento ISOMET 2014.



Figura 69 - Posição da sonda para as 5 medições efetuadas em cada provete.

A técnica de medição deste equipamento é dinâmica, ou seja, as medições são realizadas em regime transiente, enquanto que nos métodos anteriormente empregues, a condutividade era obtida em regime permanente. Apesar desta técnica ser mais expedita e económica, pois reduz o tempo de medição e permite o conhecimento simultâneo da condutividade e da difusividade térmica, o erro de medição é de cerca de 10%.

Na aplicação destas técnicas dinâmicas é importante conhecer a variação temporal da temperatura e nas técnicas em regime permanente é necessário o conhecimento do fluxo de calor e do gradiente de temperatura.

Sendo assim, este equipamento mede a resposta da rocha ao fluxo de calor gerado por um impulso elétrico, através de um dispositivo elétrico (resistência ou resistor) existente no interior da sonda, que uma vez aquecida e em contacto com a superfície da rocha a analisar, gera o impulso térmico. As medições são realizadas num dado intervalo de tempo.

O fabricante deste equipamento refere alguns fatores que podem influenciar o erro das medições destas propriedades termofísicas, tais como a qualidade do contacto entre a sonda e o provete (problema resolvido uma vez que os provetes tinham uma face polida, o que permitiu um perfeito acoplamento e evitou a utilização de pastas térmicas), as dimensões da amostra, as quais devem possuir pelo menos 60 mm de diâmetro e cerca de 10 mm de espessura. Os provetes utilizados neste estudo ultrapassam estas medidas. Aponta, ainda, outros fatores, tais como flutuações na temperatura e perturbações do sensor e ainda a anisotropia e a humidade dos provetes ensaiados (os provetes em ensaio foram previamente secos).

As temperaturas de medição variaram entre os 20°C e os 35°C e foram reguladas pelo equipamento em função do tipo de rocha em análise.

Os registos de ensaio apresentam, para além dos resultados da condutividade térmica " K_{isomet} ", em (w/mK), os valores da capacidade térmica volumétrica " C_p ", em (J/m³K), e da difusividade térmica " D ", em (m²/s), assim como para cada ensaio efetuado a referência do provete, o número da sonda de contacto, a data de ensaio, o tempo de início e término do ensaio e a temperatura de início e máxima alcançada.

6.2.4. ENSAIO DE DISSIPAÇÃO (TRANSFERÊNCIA) DE CALOR EM MEIO AQUOSO

A determinação da transferência de calor em meio aquoso baseou-se no procedimento da determinação da difusividade preconizado pela Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas (RTH 207-80). Este ensaio foi realizado com o intuito de avaliar a quantidade de calor transferido

por cada uma das rochas para a água após terem sido aquecidas em estufa. Pretendeu-se também averiguar, no tempo de ensaio, como era feita essa transferência, ou seja, qual a rocha que possuía a capacidade de armazenar mais calor por mais tempo. Os ensaios foram realizados em provetes de 250 mm × 250 mm × 20 mm que foram previamente lavados e secos em estufa até massa constante. Em seguida, foram aquecidos a 200°C, mantendo-se esta temperatura por vinte e quatro horas. Ao serem retirados da estufa mediu-se a temperatura da rocha com uma sonda de contacto, tendo sido em seguida introduzidas no banho-maria (Figura 70).

O banho-maria foi previamente preenchido com 17 litros de água à temperatura de 23°C. Por intermédio de um termómetro termopar com microprocessador e impressão, de marca *HANNA*, modelo HI 98804, o registo das temperaturas foi realizado por uma sonda de contacto do tipo K com precisão de $\pm 0,1^\circ\text{C}$. As leituras da temperatura da água e da temperatura da rocha foram realizadas inicialmente de 2 em 2 minutos até terem decorrido 20 minutos de ensaio, sendo em seguida feitas de hora a hora. O ensaio terminou assim que a diferença entre a temperatura da rocha e a da água era de $\pm 2^\circ\text{C}$, o que na generalidade representou cerca de 7 horas de ensaio.

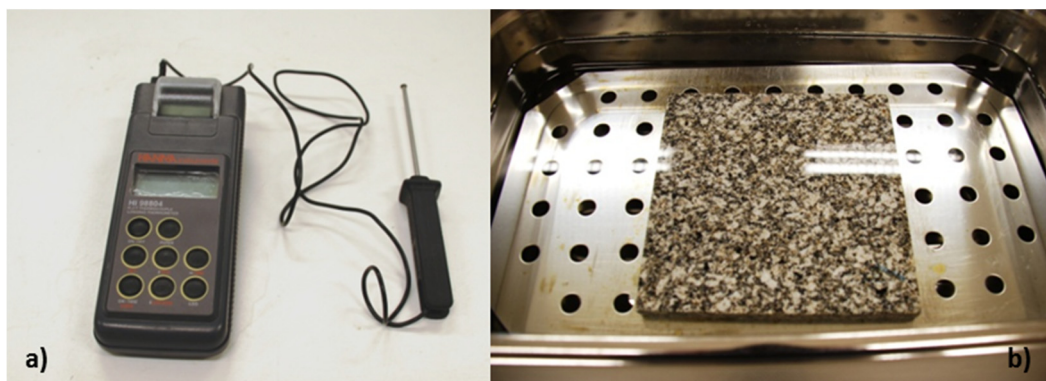


Figura 70 - a) Termómetro digital e sonda PT de contacto; b) Provede em ensaio.

6.2.5. DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO

Para a determinação do calor específico das pedras naturais em estudo, baseamo-nos no procedimento existente no Laboratório de Física Departamento de Física do Instituto Superior de Engenharia do Porto (DEFI/ISEP, 2011). Para o efeito, e de acordo com o procedimento, para o cálculo do poder calorífico de sólidos foi necessário, uma estufa, um ebulidor, um calorímetro, uma fonte de calor (fogão elétrico), três termómetros com capacidade de registo de temperaturas até 100 °C, e um outro com capacidade de registo até 50°C em 1/10, uma proveta de 100 ml e um esguicho (Figura 71).



Figura 71 - Equipamentos de ensaio: 1- Estufa; 2 – Ebulidor e fonte de calor; 3 – Calorímetro.

Na estufa foram inseridos um termómetro digital e ainda um agitador para homogeneizar a temperatura. Ensaíram-se 10 provetes paralelepípedicos de 50 mm x 15 mm x 15 mm, de cada uma das pedras naturais em estudo (Figura 72), cortados a partir dos cubos anteriormente ensaiados, de modo a determinar o calor específico.

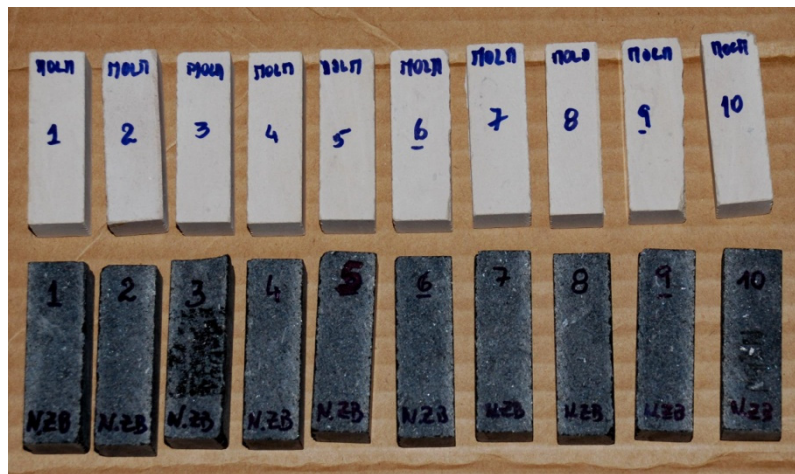


Figura 72 - Provetes de calcário e ardósia para determinação do poder calorífico.

Para cada grupo de ensaios foi determinada a constante do calorímetro (E) através da introdução de uma massa de água (m_1) de 150 ml e ao fim de 10 minutos efetuou-se a leitura da temperatura da água (ϑ_1), adicionando-se em seguida mais 200 ml (m_2) de água à temperatura de 70°C (ϑ_2). Assim que o equilíbrio térmico se estabeleceu, registou-se uma vez mais a temperatura (ϑ_3). Após o registo das temperaturas retirou-se a água e secou-se bem o calorímetro. A constante do calorímetro foi determinada através da Equação 29 (DEFI/ISEP,2011).

$$E = \frac{m_2 (\varnothing_2 - \varnothing_3) - m_1 (\varnothing_3 - \varnothing_1)}{(\varnothing_3 - \varnothing_1)} \quad [\text{Equação 29}]$$

Onde:

E - constante do calorímetro

m_1 - massa de água inicial (g)

m_2 - massa de água final (g)

\varnothing_1 - temperatura da massa de água ao fim de 10 minutos (°C)

\varnothing_2 - temperatura da massa de água introduzida no momento 2 (°C)

\varnothing_3 - temperatura final da mistura de massa de água, em (°C)

Os provetes previamente referenciados foram pesados (massa m), após o que foram colocados na estufa a 98°C pelo menos durante 1 hora e 30 minutos (tempo considerado para que o provete atingisse a estabilidade em termos de temperatura). Introduziram-se 100 ml de água (m'_1) no calorímetro, a água foi agitada e obteve-se a leitura da temperatura inicial de ensaio (\varnothing_0). Após a estabilização da temperatura na estufa, fez-se o seu registo que representa a temperatura inicial do provete (\varnothing_i). Em seguida introduziu-se o mais rapidamente possível o provete na água do calorímetro, pela abertura central e agitando constantemente a água, registou-se a temperatura de estabilização (\varnothing_f). Considerou-se que o calor específico da água é de 4,19 J/g °C. O calor específico (C) foi obtido através da Equação 30 (DEFI/ISEP, 2011).

$$C = \frac{(m'_1 + E) (\varnothing_f - \varnothing_0) c'}{m (\varnothing_i - \varnothing_f)} \quad [\text{Equação 30}]$$

Onde:

C -- calor específico (J/kg°C)

m'_1 - massa de água introduzida no início do ensaio no calorímetro (ml)

m - massa do provete (Kg)

E - constante do calorífero

\varnothing_0 - Temperatura inicial do calorífero (°C)

\varnothing_i - temperatura inicial do corpo (temperatura de estabilização da estufa), (°C)

\varnothing_f - temperatura final do equilíbrio térmico (°C)

c' - calor específico da água (J/Kg °C)

6.3. TERMOGRAFIA

6.3.1. ENSAIO DE DISSIPACÃO DE CALOR COM RECURSO À TERMOGRAFIA

A aplicação da termografia neste estudo pretendeu avaliar de que forma as pedras naturais em estudo, após sofrerem o mesmo aquecimento e em ambiente fechado, emitem ou transferem o calor absorvido por radiação, pela análise das imagens termográficas obtidas.

O equipamento utilizado, uma câmara termográfica *FLYR A 320* (Figura 73) foi escolhido porque apresenta um sistema que permite a visualização e medição em modo contínuo. No ensaio desenvolvido neste estudo era imprescindível o controlo contínuo da temperatura sem entrar em contacto com o provete de rocha. Esta câmara permitiu filmar em tempo real e de forma contínua a dissipação do calor na superfície das pedras naturais em estudo.



Figura 73 - Câmara FLYR , Série A, modelo 320 (FLIR, 2009 b).

A câmara *FLYR A320* é caracterizada por uma elevada resolução da câmara/qualidade da imagem (640 x 480 pixel), uma sensibilidade térmica $<0,07$, a 5°C , e uma precisão de leituras de cerca de 2%. Atua na banda de temperaturas de -20°C a 120°C . Para além destas características é composta por óticas, mecanismos de varredura e de perceção de calor, mecanismos de arrefecimento dos detetores e mecanismos de processamento de imagem. Apresenta, ainda, uma saída *Ethernet/GigabitEthernet* que oferece uma conexão *Plug & Play*. O *software ThermaCAM Researcher* que possui, foi desenvolvido para ambientes científicos, ou seja, quando são necessárias análises térmicas rigorosas e detalhadas, e oferece funções valiosas de medição e análise tais como a obtenção de isotérmicas, medições de pontos, perfis de linhas, histogramas de áreas, capacidade de subtração de imagens, etc., para uma rápida análise de temperaturas. Este equipamento atua na banda dos infravermelhos que vai dos 7,5 aos 13 μm o que reduz os efeitos do meio ambiente na leitura. Permite obter imagens a partir de cerca de 76 800 elementos (640 x 480 pixel), que por sua vez são reunidos pelo detetor embutido na máquina e codificados em cores que são decifradas pelo *software* que acompanha a máquina. As imagens são em formato

MPEG-4 compatível com uma vasta gama de programas de tratamento de imagem. A Figura 74 mostra alguns dos *displays* possíveis com o *software* incluído na mesma (FLIR, 2007).

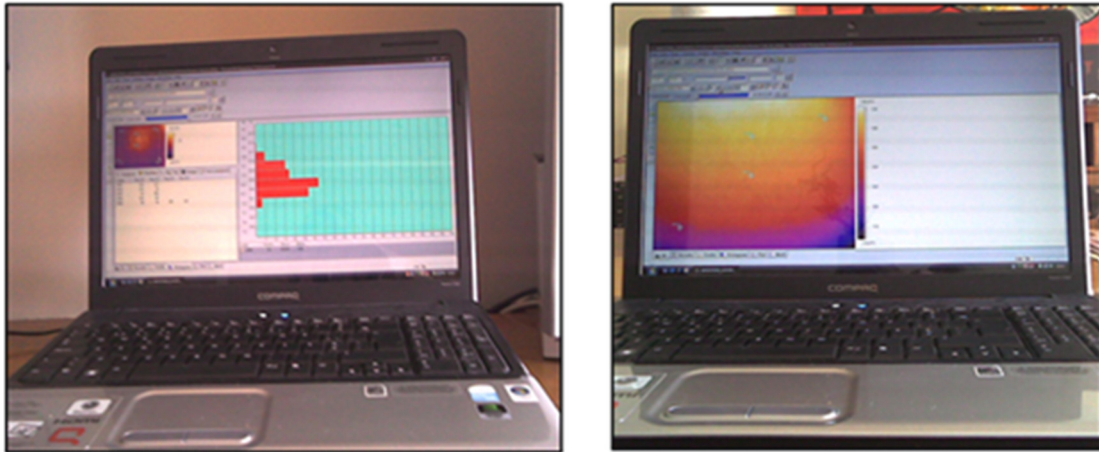


Figura 74 - Display do software.

Durante um ensaio termográfico e após a escolha correta da câmara em função da aplicação desejada, devemos ter em conta alguns fatores de modo a que a leitura seja o mais real possível. Sendo assim, deve saber-se qual a emissividade do objeto a observar, característica que mede a capacidade de um objeto emitir radiação no infravermelho, tal como anteriormente referido, e está relacionada com a natureza química e com a textura da superfície a inspecionar (por ex.: um material metálico polido tem baixa emissividade mas em contrapartida materiais com superfícies rugosas e opacas apresentam elevada emissividade). Outros fatores que influenciam esta técnica são a temperatura refletida, a distância, o ângulo de medição e o meio ambiente em que o ensaio é realizado, pois se este for realizado em ambiente aberto devemos ponderar outros fatores como a humidade relativa, o vento e a radiação solar.

No presente estudo estes fatores foram devidamente controlados, uma vez que os ensaios foram realizados em ambiente fechado (laboratorial) perfeitamente controlado, para além de que o próprio equipamento escolhido também possibilitava a atenuação deste efeito. No entanto foram objeto de estudo fatores como a emissividade das pedras a ensaiar, a distância e o ângulo de medição pois poderiam influenciar os resultados. Tendo como objetivo a redução destas limitações técnicas, todos os ensaios foram efetuados na direção perpendicular à área do provete a medir (Figura 75).

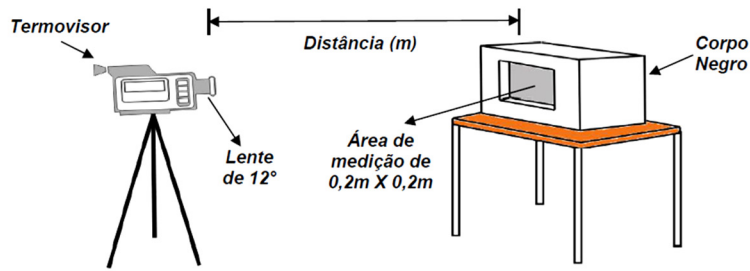


Figura 75 - Esquema do ensaio de termografia (Santos, 2006).

Submeteram-se ao ensaio as mesmas 12 amostras já utilizadas na determinação da condutividade térmica para uma melhor visualização da influência das outras propriedades e comparação dos resultados obtidos. As amostras foram previamente secas até temperatura constante. Em seguida foram aquecidas em estufa até 200°C durante 24 horas, findas as quais se iniciou a filmagem contínua durante mais 24 horas em ambiente fechado. Foi preparada uma segunda estufa para receber a amostra, a uma temperatura ambiente, devidamente calafetada através de uma placa de acrílico de modo a permitir a homogeneização da temperatura no interior da mesma.

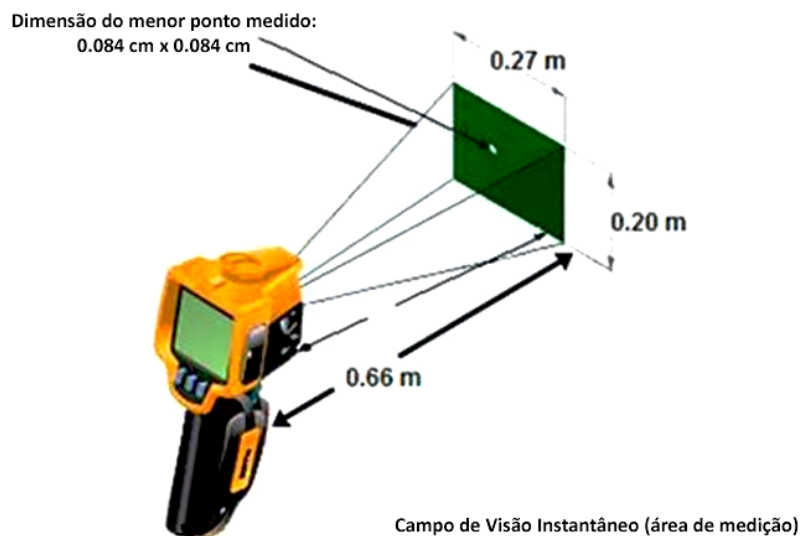


Figura 76 - Distância de filmagem durante o ensaio.

(adaptado de http://download.fluke.com/OnlineTools/FOV_calc.htm, 2013)

A amostra foi colocada virada para a câmara e com todas as faces acessíveis ao aquecimento. A distância da câmara ao objeto manteve-se igual em todos os ensaios, de modo a evitar a influência do meio nos resultados obtidos. Considerou-se a distância de 66 cm que assegurava a melhor resolução de imagem (Figura 76).

À medida que o ensaio evoluiu, pôde observar-se o comportamento da amostra sob a dissipação da temperatura acumulada após aquecimento a 200°C. Ajustaram-se os valores da emissividade

para cada uma das pedras naturais em estudo de modo a obter termogramas de melhor qualidade seguindo-se as indicações do manual do fabricante.

Foi possível marcar no alvo de leitura, pontos ou áreas, e registar em ficheiro os dados armazenados para posterior tratamento. As imagens foram obtidas de 20 em 20 minutos e os termogramas gerados foram analisados tendo em conta os conceitos de temperatura, transferência de calor e o sistema de imagem térmica infravermelha do próprio equipamento.

A Figura 77 mostra a sequência de operações necessárias à execução do ensaio. A placa de acrílico serve para evitar a rápida perda de calor das amostras.



Figura 77 - Procedimento do ensaio. 1 e 2- Colocação do provete aquecido na estufa-caixa na posição de leitura; 3- Colocação da placa de acrílico; 4 - Rocha dentro da estufa-caixa; 5 e 6 - Posicionamento do cavalete e da câmara à distância de filmagem.

Este ensaio tem como objetivo comparar o mapeamento térmico das amostras com as outras características estudadas que influenciam o seu comportamento térmico mas também verificar de que forma as amostras perdem o calor acumulado por aquecimento ao longo do período estudado.

CAPÍTULO 7

CASO DE ESTUDO – PISO RADIANTE

7. CASO DE ESTUDO – PISO RADIANTE

7.1. INTRODUÇÃO

Como anteriormente referido, hoje tenta-se por todos os meios aumentar o conforto térmico das construções e pessoas à custa da introdução de novos equipamentos com vista a uma construção sustentável. Os arquitetos e engenheiros aplicam-se na introdução de soluções construtivas tendo em vista a eficiência energética, que vão desde a orientação solar dos espaços até à aplicação de novas tecnologias. Deste modo, é cada vez mais frequente a utilização de piso radiante, sobretudo quando se fazem recuperações de edifícios antigos, onde a eficiência energética é muito baixa. Sendo assim achamos que seria interessante a realização de um protótipo deste tipo de piso, com a aplicação das pedras naturais em estudo, e deste modo, tentar compreender qual ou quais obtêm mais ganhos energéticos, por poderem acumular mais energia em menos tempo (horas de vazio), e também perceber como é que as mesmas libertam a energia acumulada. Atualmente, existem no mercado inúmeras soluções e empresas que se dedicam à aplicação deste tipo de pisos e que se encontram também interessadas em perceber qual ou quais os materiais a utilizar, tendo em vista as diferentes regiões do País de acordo com o seu clima e, particularmente no Inverno, quando as variações térmicas são de grande amplitude.

As exigências humanas de conforto térmico estão relacionadas com o funcionamento do organismo, cujo mecanismo, complexo, grosso modo, pode ser comparado a uma máquina térmica que produz calor segundo a sua atividade. O Homem precisa de libertar ou receber calor em quantidade suficiente para que a sua temperatura se mantenha a 37 °C (Frota & Schiffer, 2001).

Os sistemas de aquecimento utilizam as leis de transferência de calor por convecção (ar condicionado) e por radiação (piso radiante). Em termos de conforto térmico e uma vez que o corpo humano se encontra habituado a receber a radiação solar, o piso radiante será mais confortável face a outros tipos de aquecimento. No piso radiante, o pavimento aquece e irradia o calor, proporcionando a sua distribuição de forma uniforme, oferecendo assim um excelente conforto térmico. Neste caso o aquecimento é feito a partir de baixo, direcionando o calor para as zonas onde é mais necessário, como os pés e corpo, enquanto no aquecimento por convecção faz-se a partir do teto.

Considerando a temperatura de conforto entre os 21°C e os 23°C num ambiente fechado e controlando esta temperatura no piso radiante, é possível assegurar às pessoas uma temperatura confortável (Figura 78).



Figura 78 - Comparação entre os vários sistemas de aquecimento convencionais e o piso radiante.
 (<http://www.emporioluxo.com.br/imgdesc/1.jpg>, 2013)

Outra das vantagens deste tipo de aquecimento refere-se ao ambiente que é criado, onde o piso é seco e confortável, e não se levantam poeiras. É um sistema fácil de instalar e sem custos de manutenção, sendo uma boa solução para diversos materiais como o mármore e a madeira, entre outros.

7.2. TIPOS DE PISO RADIANTE

O piso radiante apresenta as seguintes variedades: o piso radiante hidráulico, o cabo radiante, a tela radiante, o filme radiante e a tela radiante ultrafina com cobertura de alumínio para laminados (folha radiante de alumínio) que podem ser aplicados de acordo com a melhor solução para cada caso em particular e cujas vantagens e desvantagens se passam a descrever.

7.2.1. PISO RADIANTE HIDRÁULICO

Neste tipo de piso instalam-se tubos sob o pavimento, por onde circula água quente. Para a sua instalação será necessário que a casa esteja em construção e o investimento é cerca de 5 a 7 vezes superior do que nos outros tipos de piso radiante. Também a manutenção neste caso é maior. Para o aquecimento da água serão necessárias caldeiras a óleo, a gás, a energia elétrica ou painéis solares. Este tipo de piso deve ser colocado em grandes áreas e, se possível, em zonas com grande aproveitamento solar (Figura 79), (adaptado de Neves, 2009).

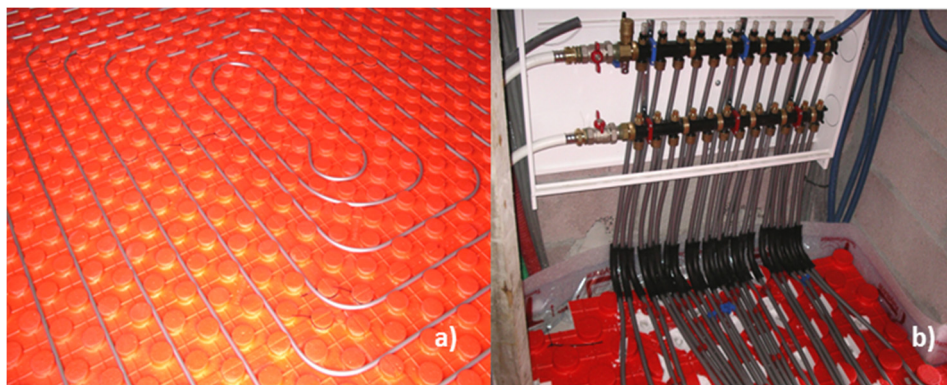


Figura 79 - a) Piso radiante hidráulico; b) Ligações necessárias
(http://biohome.pt/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=91%3Apiso-radiante&catid=42%3Aem-detalle&Itemid=68&lang=es, 2014).

Quando se pretende remodelar uma casa em que as áreas são mais pequenas ou se pretende mudar a estética da casa, devemos instalar o piso radiante de tela, filme ou ainda cabo radiante.

7.2.2. CABO RADIANTE

O cabo radiante elétrico é normalmente aplicado como sistema principal de aquecimento ou ainda combinado com outros sistemas como lareiras ou ar condicionado. É indicado para aplicação em casas construídas de raiz em que não existem limitações de altura do pavimento. Este tipo de piso aquece e arrefece lentamente pelo que deve ser aplicado em regiões mais frias e é mais adequado para pavimentos de madeira, embora esteja preparado para receber todos os tipos de pisos.

O dimensionamento do cabo faz-se para que em cada divisão a potência se situe entre 80 W/m^2 e 150 W/m^2 , dependendo da potência que é possível utilizar na casa (Neves, 2011).

Para obter a eficiência desejada, este cabo é aplicado diretamente no chão, por cima de uma película isoladora e embebido numa argamassa com uma espessura de 3 a 5 cm, que irá funcionar por sua vez como termoacumulador. O cabo radiante é um cabo constituído por um ou dois condutores (Figura 80), sendo mais utilizado este último por facilidade de instalação. Apresentam potências lineares da ordem dos de 15 a 20 W/m . Tem uma malha de revestimento exterior, uma malha metálica de proteção, uma película de isolamento e os condutores de aquecimento. É muito robusto e de longa duração.



Figura 80 - Cabo radiante (<http://www.pisoradiante.com.pt/catalogos/TLBE-mod2.pdf>, 2014).

Na Figura 81 apresenta-se o esquema de aplicação do cabo radiante da base para o topo. Após o piso de cimento aplica-se o isolante, o cabo radiante, uma camada de argamassa, o cimento cola e o material a colocar no local (madeira, cerâmica, pedra natural).

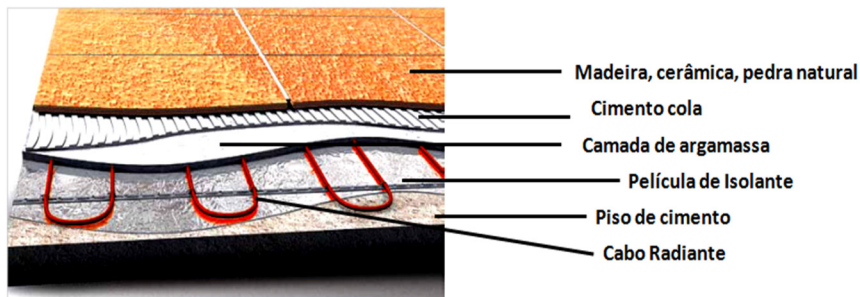


Figura 81 - Esquema de aplicação de cabo radiante.
(adaptado de <http://www.pisoradiante.com.pt/catalogos/TBLE-mod3.pdf>, 2014)

7.2.3. TELA RADIANTE

A tela radiante (Figura 82), permite a remodelação de pavimentos em que não se pode aumentar a respetiva altura, uma vez que uma espessura de 8 a 10 mm de cimento por cima da tela é suficiente para aplicar o pavimento final. Esta tela é constituída por cabos condutores de aquecimento, cabo radiante revestido por isolamento, inseridos numa bainha metálica de ligação sendo ainda isoladas externamente, o que torna o conjunto muito robusto. O cabo encontra-se fixo, colocado numa rede com o espaçamento correto a aplicar, e apresentam-se com larguras de meio metro. A sua instalação é muito rápida pois não existe a necessidade de aferir os espaçamentos entre os cabos, uma vez que vêm definidos na própria tela, bastando estendê-la na área onde irá ser colocada. Apresentam diversas potências e áreas que são escolhidas em função do local de aplicação. Pode ser aplicada com todos os tipos de pavimento, sendo um sistema de aquecimento rápido, uma vez que possui uma camada muito fina de cimento que é colocada antes do pavimento original (Figura 83). O tempo de aquecimento e arrefecimento irá variar de

acordo com a condutividade térmica dos materiais que constituem o pavimento, sendo obtido em cerca de 20 a 45 minutos após estar ligado. Estas telas radiantes são fornecidas pela Tecnisis na versão de 100W/m² ou 150 W/m² e em dimensões desde os 1,3 m² a 23 m². A durabilidade deste sistema é a do pavimento sem necessidade de manutenção e a eficiência energética é conseguida ligando o sistema apenas quando necessário e nunca em alturas em que não se esteja no local.



Figura 82 – Tela radiante.

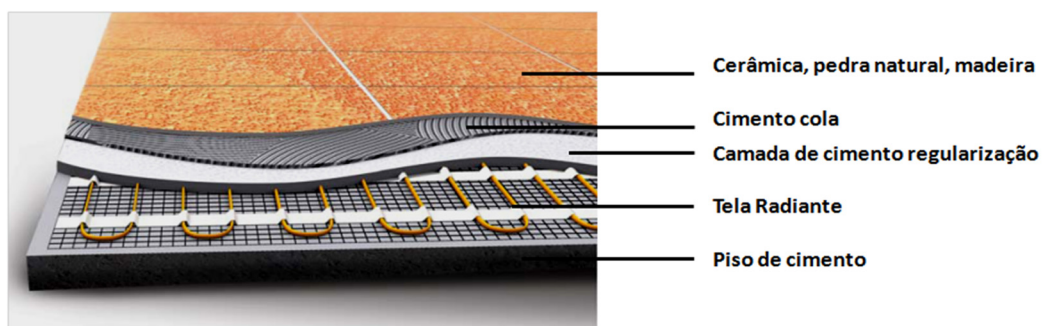


Figura 83 – Esquema da aplicação de tela radiante.

(adaptado de [http://www.pisoradiante.com.pt/catalogos/TELA Termostatos catalogo-mod2.pdf](http://www.pisoradiante.com.pt/catalogos/TELA%20Termostatos%20catalogo-mod2.pdf), 2014)

7.2.4. FILME RADIANTE

O filme radiante é bom para aplicações em que se pretende o mínimo de obras e quando com pavimento flutuante (laminados de madeira), parquet ou carpete. É muito prático para colocar por cima de outro piso pré existente, desde que devidamente isolado, por exemplo, com uma película de cortiça (Figura 84). É composto por uma resistência/filme de aquecimento fornecido em folhas de pequena espessura e apresenta potências inferiores às da Tela Radiante, encontrando-se pronto a aplicar, sendo no entanto mais rápido no seu aquecimento.

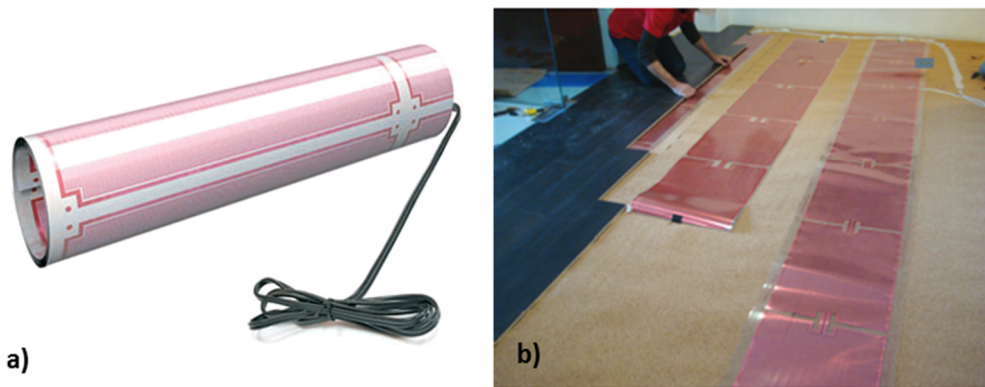


Figura 84 - a) Filme radiante. (http://www.pisoradiante.com.pt/catalogos/Folheto_Filme_HF_FLOOR_UK.pdf, 2014); b) Colocação de filme radiante com pavimento flutuante, por cima de mosaicos de cerâmica pré-existentes (Neves, 2011).

O filme radiante é uma boa solução quando se pretende um aquecimento ainda mais rápido do que com a tela radiante. A sequência de instalação passa pela colocação de película isolante, em seguida o filme radiante e, finalmente, o laminado de madeira, parquet ou alcatifa (Figura 85). Tem a particularidade de, após colocado numa dada zona, se poder retirar e aplicar noutra zona que não acontece com os outros tipos de piso radiante. Este é um sistema de aquecimento rápido (cerca de 10 minutos). É fornecido em folhas de espessura de 0,2 mm, comprimentos de 2 a 5,6 m e larguras de 0,5 metros. As potências fornecidas são de 80 w/m² e 150 W/m².

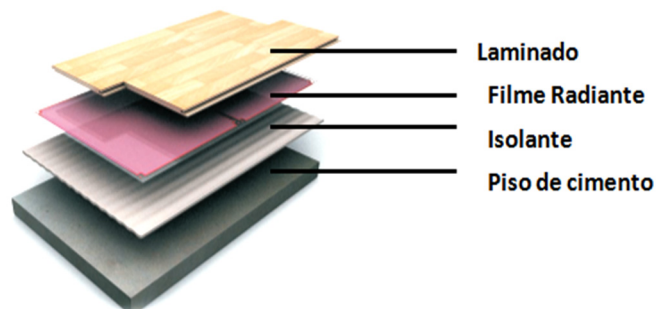


Figura 85 - Esquema de montagem do filme radiante. (adaptado de http://www.pisoradiante.com.pt/catalogos/Folheto_Filme_HF_FLOOR_UK.pdf, 2014)

7.2.5. TELA RADIANTE ULTRAFINA COM COBERTURA DE ALUMÍNIO PARA LAMINADOS (FOLHA RADIANTE DE ALUMÍNIO)

Esta tela extrafina de alumínio é constituída por um cabo radiante de dois condutores fixos numa rede de fibra com cobertura de folha de alumínio, a qual garante a distribuição uniforme da temperatura na superfície da tela. Este tipo de tela é distribuído pelos fabricantes com 0,5 m de largura e 1 m de comprimento com variadas resistências térmicas (Figura 86). É uma solução indicada para zonas húmidas como casas de banho ou cozinhas, em que o filme não deverá ser aplicado. Como todas as outras soluções esta também é de fácil aplicação, uma vez que por cima desta tela de alumínio, e sem qualquer tipo de cola ou argamassa, coloca-se o pavimento flutuante. Também se pode facilmente, após a sua colocação, retirá-lo e aplicá-lo noutra local. Existem no mercado variadas versões disponíveis com potências que vão desde os 75W aos 1500W.

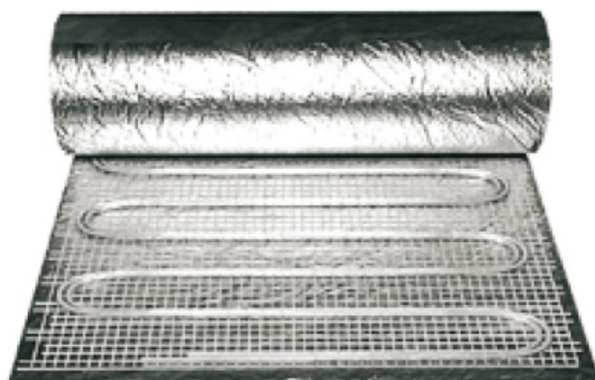


Figura 86 - Tela ultrafina de alumínio.

(<http://www.pisoradiante.com.pt/catalogos/DSC-FMD-150-UH-020211-mod2.pdf>, 2014)

7.3. CONSTRUÇÃO DO PAINEL DE TELA RADIANTE – UMA APLICAÇÃO PRÁTICA

Para uma melhor compreensão da resposta térmica destas pedras em estudo foi construído para o efeito um protótipo de piso radiante e desenvolvido um ensaio de medição com ciclos de aquecimento e arrefecimento. Neste protótipo foi colocada tela radiante de 100 W/m², com cerca de 20 mm de argamassa e, em seguida, foram colados os vários mosaicos das pedras em estudo. Também foram colocados outros materiais como a madeira e cerâmica. O Painel foi construído com 1,3 m de lado e uma altura de 3,5 cm (Figura 87), numa caixa de madeira executada para o efeito. Após a colocação de cimento, simulação de qualquer piso para a aplicação das restantes camadas, colocou-se então uma película isolante refletora para garantir que todo o calor era

irradiado para cima e, em seguida, colocou-se uma camada de cerca de 3 cm de argamassa devidamente regularizada para receber a tela radiante (Figura 87).

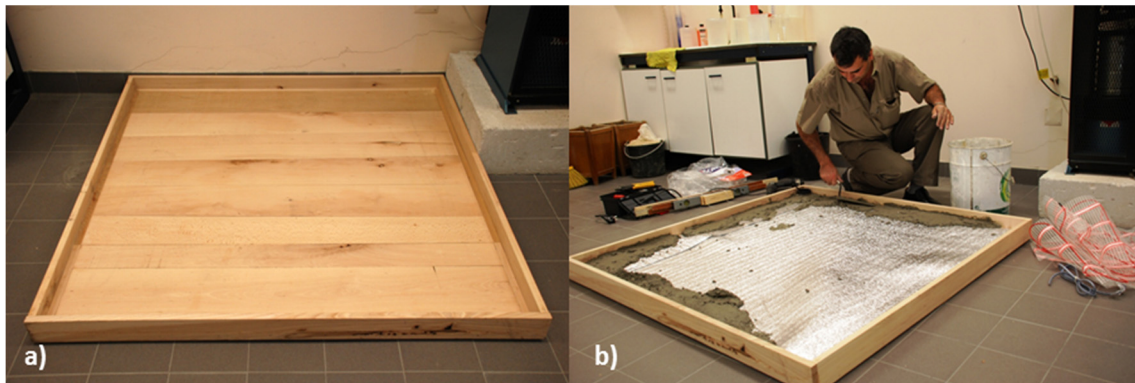


Figura 87 - a) Caixaote de madeira realizado para montar piso radiante; b) Colocação de Isolante reflector para receber a camada de argamassa.

A aplicação da tela é simples, uma vez que se encontram no mercado com potências e larguras bem definidas, peças únicas de largura de 0,5 m e comprimentos variáveis de acordo com a área a abranger. Sendo assim, estendeu-se a tela na área a aplicar, tendo sido cortada na rede plástica de acordo com as dimensões do nosso protótipo, de modo a não cortar o cabo condutor (Figura 88). Estes cabos da tela nunca devem sobrepor-se, facto simples desde que se respeitem as distâncias que vêm definidas na própria tela.



Figura 88 - Colocação da tela radiante: a) Corte da tela; b) Justaposição da tela.

A partir do momento em que toda a área do painel se encontrava abrangida pela tela, foi colocada a camada de argamassa devidamente regularizada (Figura 89), para aplicação do pavimento constituído pelas pedras naturais em estudo, madeira e mosaico de cerâmica.



Figura 89 - a) Colocação da camada de argamassa por cima da tela; b) Aspecto da superfície devidamente regularizada.

Para o controle da temperatura foi utilizado um sensor *I - Warm 720* (Tecnisis), tendo sido embebido na massa de cimento entre duas passagens de cabo radiante. Este sensor foi colocado num tubo para que se pudesse proceder à sua substituição caso necessário (Figura 90).

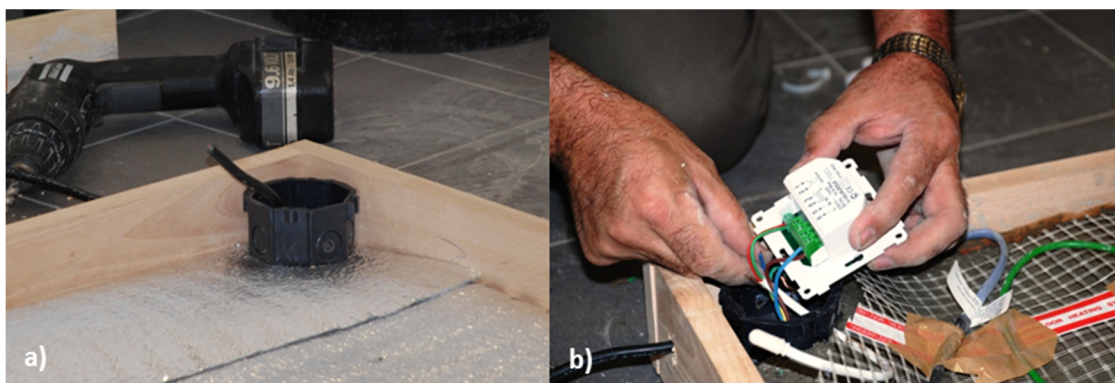


Figura 90 - Controlo da temperatura: a) Pormenor do tubo para colocação do termostato; b) Momento da sua colocação.

A Figura 91 apresenta o termostato utilizado no protótipo de piso radiante.



Figura 91 - Termostato utilizado, *I - Warmer 720* da Tecnisis.
http://www.pisoradiante.com.pt/catalogos/Folheto_Filme_HF_FLOOR_UK.pdf, 2014)

7.4. MEDIÇÃO DAS TEMPERATURAS SUPERFICIAIS E INTERIORES

O teste desenvolvido consistiu na medição das temperaturas superficiais e interiores de cada um dos materiais aplicados no piso radiante, num ciclo de aquecimento e arrefecimento, com o objetivo de observar qual ou quais os materiais que aqueciam e arrefeciam mais rapidamente.

Colocaram-se termopares do tipo K, em cada uma das diferentes pedras naturais e os dados foram adquiridos em contínuo através de um *datataker*. Estes termopares foram introduzidos no centro de cada uma das pedras naturais sendo em seguida devidamente isolados. Procedeu-se ao isolamento de cada um dos materiais, para que não existissem transferências de calor entre eles, por intermédio de placas de *roof mate* e para obtermos um ambiente controlado construiu-se uma casa térmica (Figura 92 e Figura 93).

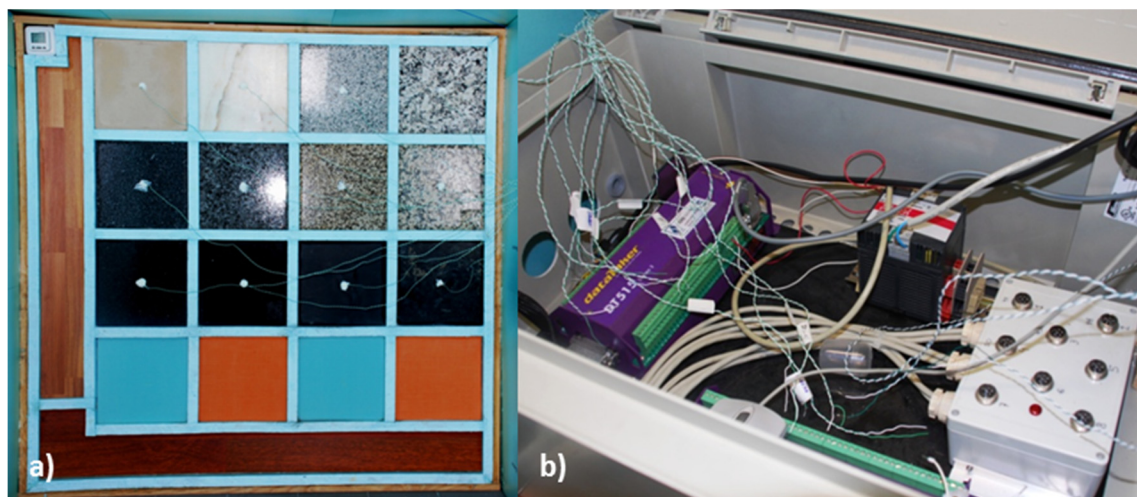


Figura 92 - Pormenor das pedras naturais: a) Com os termopares; b) Datataker.

Foram realizadas medições das temperaturas interiores durante os períodos em que simultaneamente eram obtidas, por meio de um pirómetro ótico, medições superficiais da temperatura, em todos os materiais e ainda nas paredes, chão e teto, a 1 m de distância do piso radiante. As designações utilizadas para as pedras naturais são as mesmas, para os laminados de madeira (M1 e M2), para os mosaicos de cerâmica (C1 e C2) e para as leituras realizadas no teto (TT), no chão (TC), e nas paredes esquerda e direita, respetivamente (TPE e TPD), (Figura 93).



Figura 93 - Aspecto do interior da casa térmica e esquema dos termopares.

As medições das temperaturas interiores foram obtidas, de acordo com o representado na Figura 99, pelos seguintes canais (Tabela 26):

Tabela 26 - Canais utilizados e correspondência para cada pedra natural no piso radiante.

Pedra	MOLM	MBR	CPS	CAZ	CAVAV	SNEF	AVR	RM	NIMP	NZBW	ARDV	VD
Canal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

7.4.1. NO AQUECIMENTO

Foi colocado o termostato para uma temperatura de 31°C. Iniciaram-se as medições de superfície assim que este entrou em funcionamento ao mesmo tempo que eram adquiridos os dados de medição da temperatura interior através do *datataker*. Estas leituras foram tomadas no momento zero (tempo igual a zero) e num segundo e terceiros momentos, de 15 em 15 minutos, após o início do aquecimento. Em seguida, foram realizados registos de meia em meia hora até que passadas 3 horas e 30 minutos o termostato foi desligado, ou seja, assim que o mesmo marcou os 31°C. Iniciou-se, então, o ciclo de arrefecimento.

7.4.2. NO ARREFECIMENTO

Com o termostato desligado foram realizadas medições de meia em meia hora, até perfazer um ciclo de 4 horas. Foi ainda realizada uma medição superficial no dia seguinte. Durante todo o ensaio foram obtidas de modo contínuo medições da temperatura interior das pedras naturais por intermédio de termopares.

No entanto, e para uma melhor visualização e compreensão dos fenómenos de armazenamento de energia e libertação de energia de cada uma das pedras naturais, este ciclo foi prolongado por medições até oito horas após o início do ensaio e, uma última, após 25 horas.

A par deste teste de superfície, foram obtidas de modo contínuo medições da temperatura interior das pedras naturais por intermédio de termopares durante 25 horas (Anexo 11 e 12).

As medições das temperaturas interiores e superficiais encontram-se, para cada um dos ciclos, na Tabela 27 e Tabela 28.

Tabela 27 - Resultados do teste de piso radiante para aquecimento ligado.

SISTEMA AQUECIMENTO LIGADO - TL=16°C																					
Hora	AVR	CPS	CAZ	RM	CFAV	SNEF	NIMP	NZBW	ARDV	VD	MBR	MOLIM	M1	M2	C1	C2	TT	TC	TP1	TP2	
0.00 TI	16,8	16,8	16,8	16,8	16,7	16,7	16,7	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.00 Ts	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	17,0	16,5	16,5	16,5	
TL=17,0°C																					
0.15 TI	17,7	17,6	18,6	18,0	18,3	18,0	17,8	18,1	17,5	17,6	17,8	18,0	-	-	-	-	-	-	-	-	
0.15 Ts	17,5	17,5	18,0	18,0	18,0	18,0	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	18,0	18,0	17,5	19,0	18,5	17,0	16,5	17,0	17,0	
TL=20°C																					
0.30 TI	19,0	18,6	20,3	19,5	19,6	19,3	18,9	19,3	18,6	18,7	18,8	19,3	-	-	-	-	-	-	-	-	
0.30 Ts	19,0	18,5	20,0	19,0	19,5	19,0	18,5	19,0	18,5	18,5	18,5	19,0	19,5	18,5	20,0	19,0	18,0	17,0	18,0	18,0	
TL=23°C																					
1.00 TI	21,4	20,6	23,0	22,3	21,8	21,7	20,9	21,4	20,6	20,8	20,6	21,5	-	-	-	-	-	-	-	-	
1.00 Ts	21,4	20,5	23,0	22,0	21,5	21,5	20,0	21,4	20,5	20,5	20,5	21,5	20,5	19,0	21,5	20,0	18,0	16,5	18,0	18,0	
TL=25°C																					
1.30 TI	23,5	22,4	25,4	24,7	23,8	23,6	22,7	23,3	22,4	22,7	22,3	23,3	-	-	-	-	-	-	-	-	
1.30 Ts	22,5	22,0	24,0	22,0	22,5	23,0	21,5	23,0	21,5	21,5	22,0	22,5	21,5	21,0	22,0	21,5	18,5	17,0	18,5	18,5	
TL=27°C																					
2.00 TI	25,2	24,0	27,3	26,6	25,4	25,2	24,3	24,9	23,8	24,2	23,8	24,9	-	-	-	-	-	-	-	-	
2.00 Ts	24,0	23,0	24,0	25,0	24,0	24,5	23,5	24,0	22,5	23,0	23,5	24,0	22,5	22,0	23,5	23,5	18,5	17,0	18,5	18,5	
TL=29°C																					
2.30 TI	26,6	25,3	28,9	28,1	26,8	26,6	25,6	26,2	25,1	25,6	25,1	26,1	-	-	-	-	-	-	-	-	
2.30 Ts	25,0	25,0	28,0	25,5	26,0	26,0	24,5	25,0	24,5	24,5	25,0	25,5	23,5	24,0	25,0	24,0	19,5	17,0	19,5	19,5	
TL=30°C																					
3.00 TI	27,9	26,6	30,2	29,4	28,0	27,7	26,8	27,4	26,2	26,8	26,2	27,4	-	-	-	-	-	-	-	-	
3.00 Ts	26,5	26,0	28,5	27,0	26,5	26,5	25,5	25,5	25,5	25,0	26,0	26,5	24,5	24,5	25,5	24,5	19,0	17,0	19,5	19,5	
TL=31°C																					
3.30 TI	28,9	27,6	31,3	30,4	29,0	28,7	27,9	28,4	27,1	27,8	27,1	28,4	-	-	-	-	-	-	-	-	
3.30 Ts	28,0	27,0	30,5	28,5	28,5	28,0	26,5	27,5	26,0	26,5	26,5	28,0	25,0	24,5	25,5	25,0	20,0	17,5	20,0	20,0	

Tabela 28 - Resultados do teste de piso radiante para aquecimento desligado.

Hora	SISTEMA AQUECIMENTO DESLIGADO																				
	AVR	CPS	CAZ	RM	CFAV	SNEF	NIMP	NZBW	ARDV	VD	MBR	MOLM	M1	M2	C1	C2	TT	TC	TP1	TP2	
4.00 TI	29,9	28,5	32,4	31,4	30,0	29,3	28,7	29,3	28,0	28,7	28,1	29,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.00 Ts	26,5	26,5	28,5	26,5	26,5	26,5	26,0	26,0	25,5	25,5	26,0	26,5	24,0	22,0	24,5	24,0	20,0	17,5	20,0	20,0	-
4.30 TI	29,9	28,9	31,6	31,4	29,4	29,3	28,9	29,2	28,4	29,0	27,9	29,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.30 Ts	25,5	25,5	25,5	25,0	26,0	25,5	25,0	25,5	25,0	25,0	25,5	26,0	22,5	21,5	23,5	23,0	20,0	17,5	19,5	19,5	-
5.00 TI	28,2	27,9	29,4	29,5	27,7	27,5	27,9	27,9	27,3	27,8	26,8	28,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.00 Ts	25,5	24,5	25,0	24,5	24,5	24,0	24,5	24,5	24,0	24,0	24,5	25,0	21,5	20,5	22,0	22,0	19,5	17,5	19,5	19,5	-
5.30 TI	26,7	26,8	27,7	27,8	26,4	26,2	26,9	26,7	26,2	26,6	25,7	26,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.30 Ts	23,0	24,0	24,5	23,0	24,0	23,0	24,0	23,0	23,0	23,0	24,0	24,0	21,0	20,0	21,0	21,0	19,0	17,0	19,0	19,0	-
6.00 TI	25,6	25,8	26,3	26,3	25,3	25,1	25,8	25,6	25,2	25,5	24,9	25,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.00 Ts	22,5	22,5	23,0	23,0	22,5	22,5	22,0	22,5	21,5	21,5	22,5	22,5	20,0	19,5	20,5	20,5	18,5	17,0	19,0	19,0	-
6.30 TI	24,6	25,0	25,1	25,3	24,4	24,2	25,0	24,7	24,4	24,6	24,1	25,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.30 Ts	21,5	22,0	22,0	21,5	22,0	21,5	21,0	21,5	21,0	21,5	22,0	22,5	20,0	18,5	20,0	19,5	19,0	17,0	19,0	19,0	-
7.00 TI	23,8	24,3	24,2	24,3	23,6	23,4	24,2	24,0	23,6	23,8	23,4	24,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.00 Ts	20,5	21,0	21,0	20,0	21,0	20,5	20,0	20,5	20,0	20,0	21,0	21,0	19,5	18,5	19,0	19,0	18,0	16,5	18,5	18,5	-
7.30 TI	23,1	23,7	23,4	23,5	22,9	22,7	23,5	23,3	23,0	23,1	22,8	23,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.30 Ts	20,5	20,5	20,5	20,0	20,5	20,5	20,0	20,5	20,0	20,0	20,5	20,5	19,5	18,5	19,0	19,0	18,0	16,5	18,5	18,5	-
8.00 TI	22,5	23,1	22,7	22,9	22,3	22,2	22,9	22,7	22,4	22,5	22,3	23,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.00 Ts	20,5	20,5	20,5	20,0	20,5	20,5	20,0	20,5	20,0	20,0	20,5	20,5	18,5	16,5	18,5	18,5	19,5	18,5	19,0	19,0	-
25.00 TI	17,5	18,0	17,4	18,0	17,3	17,3	18,3	18,1	18,0	17,9	17,5	18,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25.00 Ts	17,5	17,5	17,5	17,0	17,0	17,5	17,5	17,5	17,0	17,0	17,5	17,5	17,0	17,0	17,0	16,5	17,0	16,5	17,0	17,0	-

Com os resultados obtidos e para uma melhor visualização e interpretação deste teste, representaram-se graficamente, a evolução das temperaturas superficiais e do gradiente de temperatura (diferença entre a temperatura interior e exterior), em cada uma das pedras em estudo, tendo em conta os ciclos de termostato ligado/desligado (Figura 94).

A aplicação prática do piso radiante teve como objetivos principais:

- Verificar qual/quais as pedras que atingiam mais rapidamente a temperatura superficial de 24°C e qual o tempo necessário para atingir essa temperatura. Esta temperatura é suficiente para neste tipo de aquecimento manter uma temperatura de conforto para o ser humano (22°C). Sabemos que a temperatura diminui cerca de 1°C por cada metro acima do piso radiante, pelo que a temperatura superficial indicada é suficiente para manter a tal temperatura de conforto desejada a cerca de 1,60 metros a 2 metros de altura;
- Verificar qual/quais as pedras que após desligar o termostato arrefeciam mais rapidamente e deste modo saber a/as mais indicadas tendo em vista a diminuição do consumo energético.

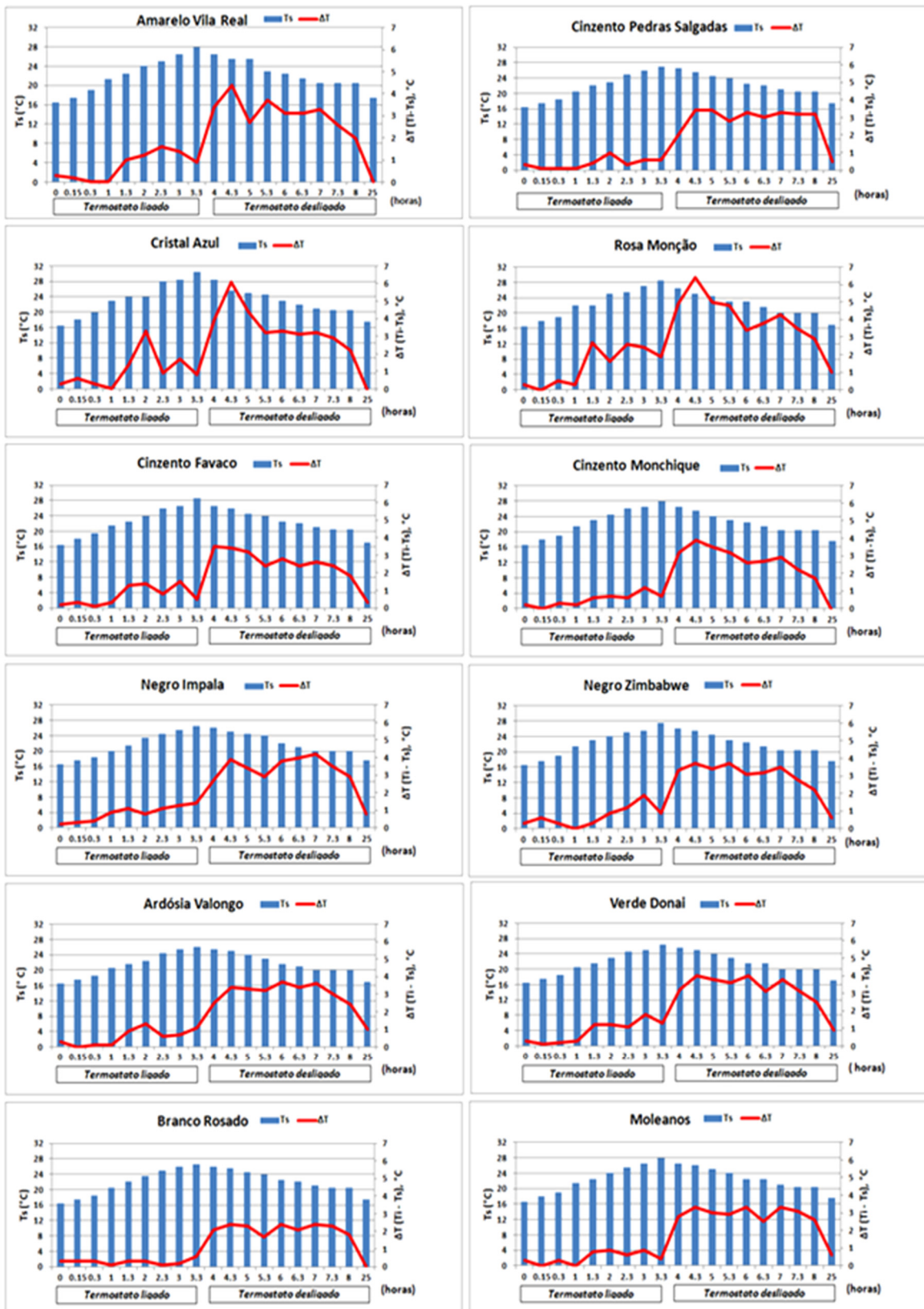


Figura 94 - Variação da temperatura superficial e gradiente de temperatura no ensaio de piso radiante.

Pela análise dos gráficos da Figura 99 podemos verificar que:

- A primeira pedra natural a atingir os 24°C foi o Cristal Azul, ao fim de 1h30 minutos. Esta é a pedra natural que apresenta às 2h30 minutos de ensaio, a maior temperatura superficial de 28°C com diferença de cerca de dois a três graus *Celsius* para as outras pedras naturais;

- Constata-se que ao fim de duas horas, várias pedras naturais atingem a temperatura desejada: o Rosa Monção (25°C), o Cinzento Monchique (24,5°C), o Amarelo Vila Real, o Cinzento Favaco, o Negro Zimbabwe e o Moleanos (24 °C);

- Ao fim de 2h e 30 minutos as restantes pedras, atingem a temperatura desejada, nomeadamente o Cinzento Pedras Salgadas (25°C), o Negro Impala (24,5°C), a Ardósia de Valongo (24,5°C), o Branco Rosado (25°C). Nesta altura a madeira apresentava valores de 23,5 °C e a cerâmica de 24°C;

- Ao fim de 3h e 30 minutos de ensaio, o Cristal azul apresentava 30,5 °C , todas as outras pedras apresentavam valores entre os 26°C e os 28,5°C sendo a Ardósia de Valongo a que apresentava o menor valor (26°C). Para a madeira e a cerâmica os valores da temperatura superficial eram de 24,5°C e de 25°C, respetivamente. Desligou-se, então, nesta fase de ensaio o termostato e inicia-se o ciclo de arrefecimento.

No arrefecimento (termostato desligado) observa-se que:

- É necessária 1 hora para a Madeira e a Cerâmica (com decréscimos de temperatura de 1°C e 1,5°C) atingirem os 24°C.

- É necessária 1h e 30 min para que o Cinzento Monchique, a Ardósia de Valongo e o Verde Donai atinjam novamente os 24°C, com decréscimos de temperatura respetivamente de 4°C, 2°C e 2,5°C.

- Ao fim de 2 horas todas as outras pedras naturais atingem novamente a referida temperatura superficial, com decréscimos de temperatura diferentes. O maior decréscimo ocorre com o Cristal Azul (7,5°C), o Amarelo Vila Real apresenta um decréscimo de 5°C, o Rosa Monção, o Cinzento Favaco e o Negro Zimbabwe de 4,5°C, O Moleanos de 4°C, o Cinzento Pedras Salgadas de 3°C e o Branco Rosado apresenta decréscimo de 2,5°C.

Em suma podemos afirmar que com o termostato ligado, a madeira e a cerâmica necessitam de 2h30 minutos para atingirem a temperatura superficial desejada, enquanto que a maioria das pedras naturais em estudo, (7 das 12 estudadas) necessitam apenas de 2 horas. As restantes necessitam de 2h e 30 minutos tal como a madeira e a cerâmica, sendo o Cinzento Pedras Salgadas, o Negro Impala, a Ardósia de Valongo e o Branco Rosado que apresentam no entanto

temperaturas superiores em cerca de 1°C à desejada, pelo que poderemos inferir que não necessitam das 2h e 30 minutos completas.

A pedra natural que apresentou melhor comportamento foi o Cristal Azul e a pior comportamento a Ardósia de Valongo.

A maior parte das pedras naturais em estudo mantêm a temperatura desejada por cerca de 1h e 30 minutos a 2 horas, enquanto que a madeira e a cerâmica mantêm a temperatura durante 1 hora.

Sendo assim, e considerando a utilização de piso radiante (tela radiante) num apartamento T4, vamos tentar perceber quais os custos associados à sua utilização com cada um dos materiais aplicados, nomeadamente para as diferentes pedras naturais estudadas.

De acordo com Neves (2011) , para climas temperados a potência da tela a utilizar será de 100 W/m², precisamente a que utilizamos no nosso caso de estudo, ou seja, para um apartamento de tipologia T4 com as dimensões apresentadas na Figura 95.

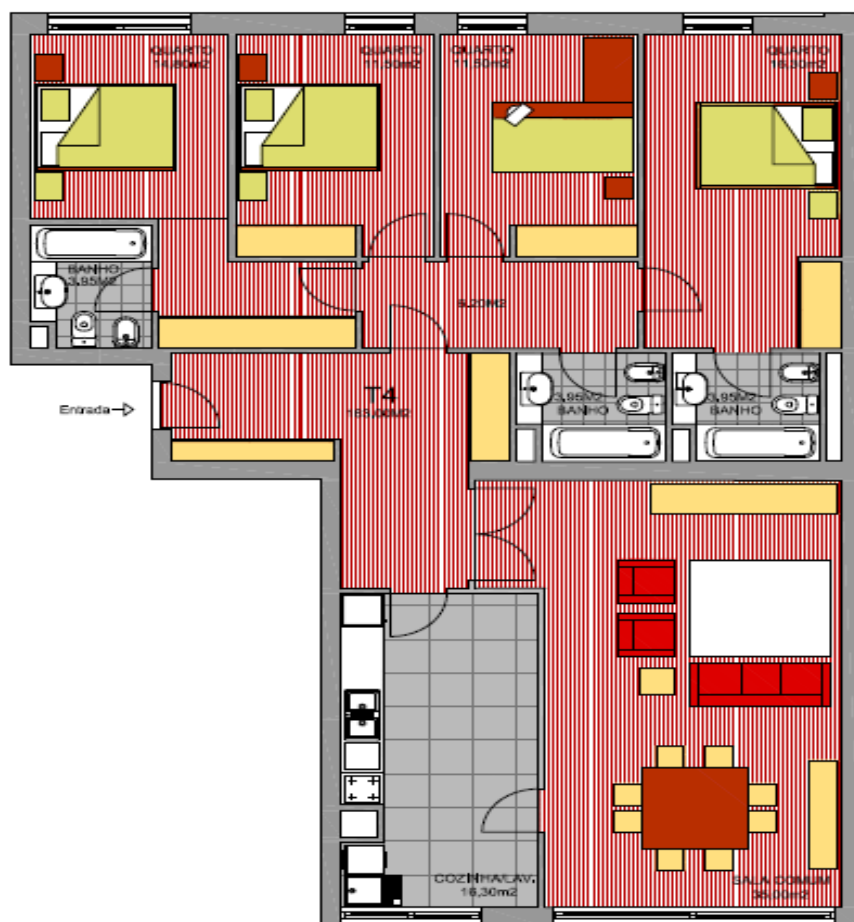


Figura 95 - Planta de apartamento T4, utilizado no cálculo de custos de piso radiante.

Os fabricantes dão a indicação de que a tela radiante não é colocada em toda a área útil das divisões devido à mobília presente (onde não é necessária), sendo assim consideram-se áreas de aquecimento de 40% a 50% para os quartos de banho, entrada e corredores, cerca de 60% para a cozinha e 80% para os quartos e sala. Na Tabela 29 encontram-se os cálculos efetuados para a obtenção das telas a considerar em cada uma das divisões de acordo com a sua área útil de aquecimento e o consumo em KW para cada divisão.

Tabela 29 - Cálculos de tela radiante em função da área considerada para cada divisão.

	Área (m ²)	Área aquecimento (%)	Área útil de aquecimento Tela (m ²)
Hall e Corredores	24	50	12
Sala	35	80	23
Cozinha	16,3	60	11
Quarto 1	11,5	80	9,5
Quarto 2	11,5	80	9,5
Quarto 3	14,8	80	11
Quarto 4	16,3	80	13
Total quartos	54,1	-	43
Quarto Banho 1	3,95	40	1,6
Quarto Banho 2	3,95	40	1,6
Quarto Banho 3	3,95	40	1,6
Total Quartos Banho	11,85	-	4,8

Este estudo considera que o piso radiante se encontra em funcionamento 24 horas por dia, com os respetivos ciclos de aquecimento/arrefecimento. O número de ciclos de horas de aquecimento, para cada pedra em estudo foram realizados de acordo com os resultados do teste de piso radiante (Tabela 30). O valor da energia por KW/h utilizado, para uma potência contratada de 3,45 até 6,9 KVA, é de 0,1497 €/KWh (ERSE, 2014). A fórmula aplicada aos diferentes materiais, foi a seguinte:

Custo (€/dia):

Área útil de aquecimento da tela (m²) x potência tela (kw/m²) x tempo de aquecimento (horas) x custo kw/h

Para obter o custo mensal consideraram-se 30 dias por mês.

Tabela 30 - Cálculo do custo da utilização de cada material estudado.

	Custo €/ Área Útil					Total (€/dia)	Total (€/mês)
	Quartos	Sala	Cozinha	Q. Banho	Hall/Corredor		
AVR	7,72	4,13	1,98	0,86	2,16	17	506
CAZ	6,62	3,54	1,69	0,74	1,85	14	433
CPS	8,58	4,59	2,2	0,96	2,4	19	562
RM	8,83	4,72	2,26	0,99	2,46	19	578
CFAV	7,72	4,13	1,98	0,86	2,16	17	506
SNEF	8,83	4,72	2,26	0,99	2,46	19	578
NIMP	8,58	4,59	2,2	0,96	2,4	19	562
NZBW	8,83	4,72	2,26	0,99	2,46	19	578
ARDV	9,66	5,16	2,47	1,08	2,69	21	632
VD	8,83	4,72	2,26	0,99	2,46	19	578
MBR	8,58	4,59	2,2	0,96	2,4	19	562
MOLM	7,72	4,13	1,98	0,86	2,16	17	506
MAD	11,04	5,90	2,82	1,23	3,08	24	722
CER	11,04	5,90	2,82	1,23	3,08	24	722

Pelos cálculos efetuados e pela análise do Gráfico 7 pode constatar-se que efetivamente o Cristal Azul apresenta o menor custo e a Ardósia de Valongo o maior custo.

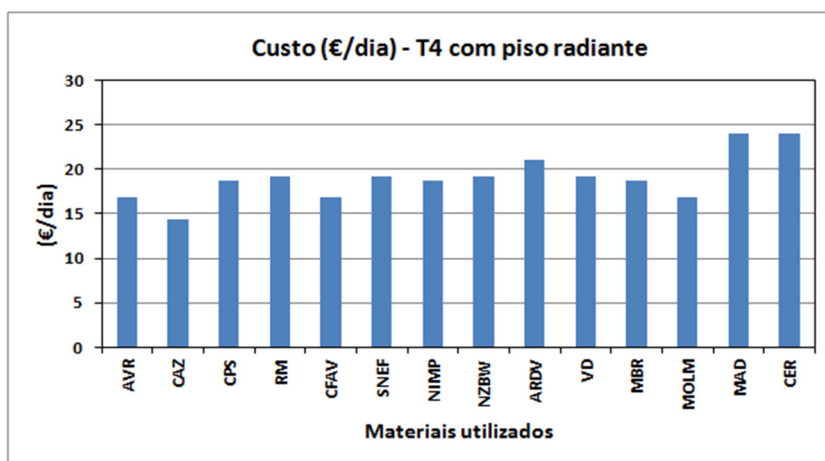


Gráfico 7 - Custo para 24 horas de aquecimento para um T4 para as pedras em estudo, a madeira e a cerâmica.

Quanto às restantes pedras naturais a estética pode sobrepor-se ao custo, uma vez que apresentam valores muito semelhantes. A Cerâmica e a Madeira são os materiais de construção que apresentam um maior custo quando aplicado em piso radiante.

CAPÍTULO 8

ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

8. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Apresentam-se, em seguida, os valores obtidos nos diferentes ensaios realizados e pretendeu-se, sempre que possível, compará-los e avaliar os desvios com os valores indicados na bibliografia para os mesmos tipos de rochas. Os resultados aqui apresentados são o valor médio para cada propriedade estudada. No total foram ensaiados 1518 provetes. O número de provetes ensaiados por propriedade constam na Tabela 31.

Tabela 31 - Número de provetes ensaiados.

Propriedade	Número de provetes
Massa Volúmica Aparente	30 x 11 = 330
Porosidade Aberta	30 x 11 = 330
Absorção de Água	30 x 11 = 330
Análise Química Convencional	1 x 12 = 12
Análise Química XRF	16 x 12 = 192
Dilatação Térmica Linear	10 x 12 = 120
Condutividade Seca	1 x 12 = 12
Condutividade Saturada	1 x 12 = 12
Condutividade ISOMET, Difusividade e Capacidade Térmica	3 x 12 = 36
Dissipação de Calor em Meio Aquoso	1 x 12 = 12
Calor Específico	10 x 12 = 120
Termografia	1 x 12 = 12
Total de provetes ensaiados	1518

Será feita uma comparação com os valores tabelados pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia para algumas das propriedades ensaiadas, nomeadamente para a Massa Volúmica Aparente e Porosidade Aberta, Absorção de Água, Dilatação Térmica Linear e Análise Química.

É de salientar que os valores tabelados para o Amarelo Vila Real, o Cinza Claro de Pedras Salgadas, o Rosa Monção e para o Moleanos Macio estão atualizados de acordo com o PA1 - Projeto Âncora 1 do Cluster da Pedra Natural (COMPETE/QREN/UNIÃO EUROPEIA). Este projeto insere-se no Plano de Acção Estratégica de Eficiência Colectiva do Cluster da Pedra Natural. Para os três primeiros ensaios (Massa Volúmica Aparente, Porosidade Aberta e Absorção de Água), não foi possível a obtenção de amostras na dimensão e forma requerida pelas normas (cubos de 5 cm de aresta) para o Cinzento Monchique, pelo que serão adotados os valores tabelados pelo catálogo de rochas ornamentais do Laboratório Nacional de Energia e Geologia.

8.1. MASSA VOLÚMICA APARENTE

A Tabela 32 apresenta os valores de massa volúmica aparente obtidos de acordo com a NP EN 1936 (2006), pelo método de Vácuo, (Anexo 1), para as pedras em estudo e a comparação com os valores tabelados pelo LNEG.

Tabela 32 - Valores de ensaio de massa volúmica aparente para as pedras naturais estudadas.

Pedra Natural	Valores ensaio	Massa Volúmica Aparente (Kg/m ³)	
		Valores tabelados LNEG	Valores INCOVECA (2014a, 2014b)
AVR	2580	2590	-
CPS	2558	2620	-
CAZ	2660	2680	-
RM	2611	2640	-
CFAV	2672	2850	-
SNEF	-	2550	-
NIMP	2939	-	2930
NZBW	2939	-	3070
ARDV	2811	2820	-
VD	2758	2670	-
MBR	2678	2720	-
MOLM	2408	2480	-

Podemos constatar que todas as pedras em estudo apresentam valores de massa volúmica aparente muito semelhantes aos valores tabelados, encontrando-se entre os 2400 kg/m³ e os 2940 kg/m³. A pedra natural que apresenta menor massa volúmica é o Moleanos (2408 kg/m³) e as que apresentam valores mais elevados são as pedras negras africanas, designadamente o Negro Impala e o Negro Zimbabwe (2939 kg/m³). Dentro das pedras portuguesas, a seguir ao Moleanos Macio, a que apresenta o maior valor de massa volúmica aparente é a Ardósia de Valongo (2811 kg/m³), seguida do Verde Donai (2758 kg/m³). As pedras naturais que apresentam maiores valores de massa volúmica aparente são as mais compactas e as diferenças verificadas poderão ser explicadas por amostragens diferentes, uma vez que, mesmo na mesma pedreira se encontram variedades da mesma rocha.

A massa volúmica é uma propriedade relacionada com a porosidade e com a absorção de água, variando na razão inversa. Deste modo uma pedra com maior massa volúmica deverá possuir menor porosidade e menor absorção de água.

8.2. POROSIDADE ABERTA

A Tabela 33 apresenta os valores obtidos na determinação da porosidade aberta, (porosidade que contabiliza apenas os poros que se encontram em contato com o exterior), de acordo com a norma NP EN 1936 (2006), nas pedras naturais em estudo (Anexo 1), fazendo-se a comparação com os valores tabelados pelo LNEG e INCOVECA para os negros estudados.

Tabela 33 - Valores de ensaio de porosidade aberta para as pedras naturais estudadas.

Pedra Natural	Valores ensaio	Porosidade Aberta (%)	
		Valores tabelados LNEG	Valores INCOVECA (2014a, 2014b)
AVR	1,92	2,4	-
CPS	0,82	0,8	-
CAZ	0,39	0,5	-
RM	0,97	0,8	-
CFAV	0,44	0,6	-
SNEF	-	0,7	-
NIMP	0,22	-	0,3
NZBW	0,46	-	0,4
ARDV	1,14	1,2	-
VD	0,29	0,2	-
MBR	0,32	0,2	-
MOLM	8,68	7,6	-

Os valores obtidos para a Porosidade Aberta encontram-se dentro dos valores esperados. A pedra natural que apresenta maior porosidade é o Moleanos Macio (8,68%), o que seria de esperar uma vez que apresenta a menor massa volúmica. O Verde Donai (0,29%) apresenta o menor valor de porosidade aberta o que segue exatamente o mesmo raciocínio. No entanto, a Ardósia de Valongo apresenta uma porosidade de (1,14%), valor elevado para a massa volúmica que apresenta. Este fato pode estar relacionado com a presença de minerais ferromagnesianos. Das pedras africanas e como seria de esperar, uma vez que possuem massas volúmicas elevadas, apresentam valores baixos de porosidade, embora se possa verificar que o Negro Zimbabwe é mais porosa que o Negro Impala ainda que possuam valores muito semelhantes de massa volúmica aparente. Também se pode inferir que o Granito Amarelo Vila Real é o que apresenta maior porosidade quando comparado com as outras rochas do mesmo grupo como por exemplo o Cristal Azul e o Cinzento Pedras Salgadas, podendo este fato estar relacionado com o seu estado de alteração.

8.3. ABSORÇÃO DE ÁGUA

A Tabela 34 apresenta os valores obtidos na determinação da absorção de água de acordo com a norma NP EN 13755 (2008), nas pedras naturais em estudo (Anexo 2). Verifica-se que os valores obtidos nos ensaios efetuados e os valores tabelados não apresentam desvios consideráveis, encontrando-se dentro dos valores esperados.

Tabela 34 - Valores de ensaio de absorção de água para as pedras naturais estudadas.

Pedra Natural	Absorção Água (%)		
	Valores ensaio	Valores tabelados LNEG	Valores INCOVECA (2014a, 2014b)
AVR	0,68	0,8	-
CPS	0,44	0,3	-
CAZ	0,22	0,2	-
RM	0,33	0,3	-
CAVAV	0,32	0,2	-
SNEF		0,3	-
NIMP	0,16	-	0,1
NZBW	0,11	-	0,1
ARDV	0,51	0,4	-
VD	0,07	0,1	-
MBR	0,16	0,1	-
MOLM	3,88	3,1	-

A pedra natural que apresenta menor absorção de água é o Verde Donai e o Negro Zimbabwe, o que também se encontra dentro do esperado e de acordo com o anteriormente referido relativamente à variação desta propriedade com a massa volúmica. Convém também referir que a Ardósia de Valongo e o Amarelo Vila Real continuam a apresentar valores elevados de absorção de água, o que revela coerência relativamente à relação entre estas três propriedades.

Pode constatar-se ainda que o Moleanos Macio, pedra com menor massa volúmica, é de todas a que apresenta maior absorção de água, aliás como seria de esperar.

Para uma melhor visualização do anteriormente referido para estes três ensaios apresenta-se, em seguida, a Tabela 35 que resume os valores médios obtidos para os três ensaios realizados.

Tabela 35 - Resumo dos valores de ensaio obtidos para as pedras estudadas.

Pedra Natural	Massa Volúmica Aparente	Porosidade Aberta	Absorção de Água
	Kg/m ³	(%)	(%)
AVR	2580	1,92	0,68
CPS	2558	0,82	0,44
CAZ	2660	0,39	0,22
RM	2611	0,97	0,33
CFAV	2672	0,44	0,32
SNEF	2550*	0,7*	0,30*
NIMP	2938	0,22	0,16
NZBW	2939	0,46	0,11
ARDV	2811	1,14	0,51
VD	2758	0,29	0,07
MBR	2678	0,32	0,16
MOLM	2408	8,68	3,88

(*) - O valor do Cinzento Monchique foi obtido a partir da bibliografia.

Podemos constatar claramente que existe uma relação entre a massa volúmica aparente, a porosidade aberta e a absorção de água. Assim, em termos genéricos a uma menor massa volúmica aparente corresponde uma maior porosidade e maior absorção de água. No entanto a correlação mais importante ocorre entre a absorção de água e a porosidade (Gráfico 8), confirmada pelo valor do coeficiente de ajustamento, $R^2 = 0,9934$. Assim, as rochas mais porosas terão maior absorção de água.

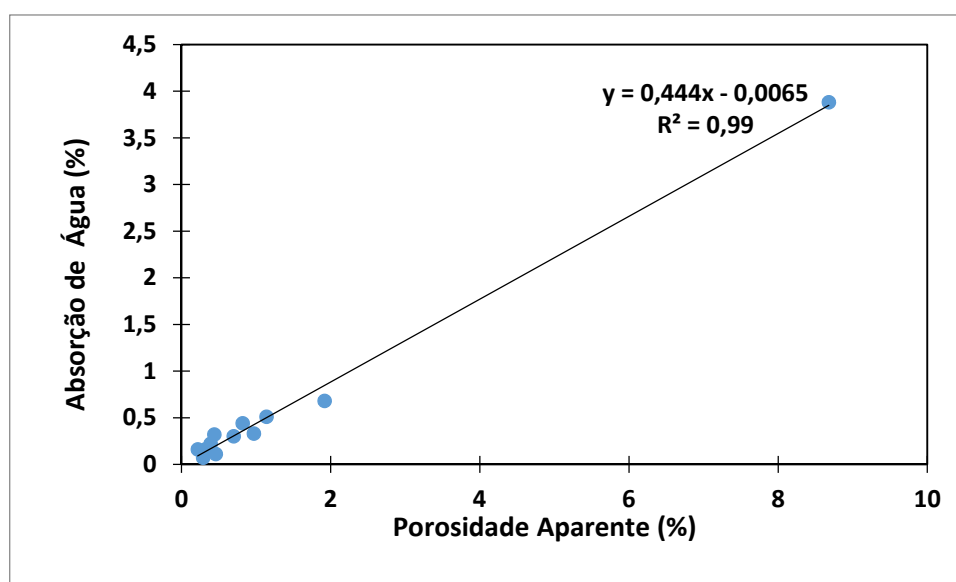


Gráfico 8 - Tendência da variação da absorção de água com a porosidade aparente.

8.4. ANÁLISE MINERALÓGICA

A análise Mineralógica foi obtida a partir do Catálogo de Rochas Ornamentais do Laboratório Nacional de Energia e Geologia, com exceção para a composição das rochas negras africanas, como o Negro Impala e Negro Zimbabwe que foram gentilmente cedidas pela INCOVECA, granitos S.A. (Tabela 36). A composição mineralógica pode ter influência no comportamento físico, mecânico e térmico das pedras naturais.

Tabela 36 - Composição mineralógica das pedras em estudo
(<http://www.rop.ineti.pt/rop/?&lg=pt>, 2013), (NCOVECA,2014a, 2014b)

Minerais (%)	AVR	CPS	CAZ	RM	CFAV	SNEF	NIMP	NZBW	ARDV	VD	MBR	MOLM
Calcite	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94	100
Mica (Moscovite + sericite)	-	-	-	-	-	-	-	-	66	-	-	-
Microclina	32	36	35	34	-	-	-	-	-	-	-	-
Quartzo	27	25	20	26	8	-	-	3,5	4	-	1	-
Plagioclase	26	-	-	-	56	-	60	28	-	-	-	-
Anfíbola	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-
Moscovite	11	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-
Oligoclase	-	32	25	28	-	-	-	-	-	-	-	-
Biotite	3	6	16	9	-	8	-	2	-	-	-	-
Horneblenda	-	-	-	-	19	-	1	1	-	-	-	-
Feldspato K	-	-	-	-	-	46	1	3	5	-	-	-
Nefelina	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-
Aegirina (Augite)	-	-	-	-	-	12	17	-	-	-	-	-
Esfena	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-
Cloritóide + Clorite	-	-	-	-	-	-	-	1,3	25	2	-	-
Serpentina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98	-	-
Dolomite	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
Piroxenas	-	-	-	-	-	-	20	49	-	-	-	-
Outros	1	1	4	3	3	6	1	2,2	0	0	1	0
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

8.5. ANÁLISE QUÍMICA

8.5.1. ANÁLISE QUÍMICA CONVENCIONAL

A análise química efetuada por Fluorescência de Raios X, no laboratório de Raios X, do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro, (Anexo 3) para determinação dos teores dos elementos contidos nas pedras naturais em estudo (Tabela 37).

Tabela 37 - Composição química das pedras naturais em estudo (%), determinada na Universidade de Aveiro.

	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Total (%)	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	TiO ₂ (%)	P ₂ O ₅ (%)	Outros (%)	Total (%)
AVR	73,97	14,96	1,19	0,01	0,09	0,48	2,76	5,17	0,16	0,38	0,83	100	
CPS	72,37	14,37	1,56	0,04	0,17	1,31	3,34	5,91	0,18	0,08	0,67	100	
CAZ	71,87	14,71	2,29	0,02	0,38	1,46	2,51	5,65	0,36	0,23	0,53	100	
RM	73,88	12,68	2,54	0,03	0,23	1,48	3,2	5,03	0,31	0,1	0,52	100	
CAVAV	66,23	16,09	4,25	0,05	1,35	2,58	2,17	5,16	0,83	0,38	0,92	100	
SNEF	55,71	21,67	3,04	0,1	0,51	1,55	7,99	6,73	0,69	0,1	1,92	100	
NIMP	54,41	16,45	7,84	0,15	7,21	12,1	1,49	0,15	0,14	0,01	0,03	100	
NZBW	55,36	8,98	11,8	0,18	9,71	10,3	1,01	1,21	0,93	0,1	0,41	100	
ARDV	62,96	16,24	7,07	0,09	2,81	1	1,3	3,62	0,79	0,17	3,96	100	
VD	42,25	0,54	8,14	0,12	34,94	1,17	nd	nd	0,01	nd	13,57	100	
MBR	0,31	nd	0,09	0,01	0,47	55,94	nd	nd	0,02	0,01	43,73	100	
MOLM	nd	nd	0,04	nd	0,23	57,88	nd	nd	0,01	0,01	42,68	100	

Podemos constatar que os resultados obtidos são os esperados estando de acordo com os valores apresentados na bibliografia (Moura *et al.*, 2000 e 2007) e (<http://www.rop.ineti.pt/rop/?&lg=pt>, 2013).

Podemos verificar a existência de três grupos de acordo com a percentagem em sílica presente, o primeiro grupo onde se inserem as pedras naturais com valores de sílica superiores a 70%, um segundo grupo com valores de sílica entre os 50% e os 70% e, ainda, outro com valores de sílica inferiores a 42%. Claro que no grupo dos mármore a presença da sílica é praticamente nula, uma vez que são rochas essencialmente carbonatadas apresentando mais de 55% de CaO.

8.5.2. ANÁLISE QUÍMICA QUANTIFICADA POR ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X (EQUIPAMENTO PORTÁTIL)

A análise química por FRX realizada sobre as amostras estudadas está representada na Tabela 38, na qual se apresentam também valores existentes na bibliografia, designadamente os valores

tabelados pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia, no catálogo de rochas ornamentais online, realizada por métodos convencionais.

Tabela 38 - Análise química quantitativa por Espectrometria de Fluorescência de Raios X em (%).

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Outros	Total
AVR	68,04	10,20	1,44	0,02	-	0,92	-	3,92	0,12	0,68	14,66	100
LNEG	73,20	14,60	1,44	<0,05	0,17	0,58	3,45	4,89	0,24	0,45	0,91	100
CPS	67,86	8,76	1,22	0,03	-	3,70	-	4,24	0,13	0,11	13,94	100
LNEG	72,70	13,00	2,14	0,06	0,41	1,21	3,75	5,59	0,18	0,11	0,89	100
CAZ	66,42	8,36	1,47	0,03	-	1,50	-	3,42	0,15	0,18	18,47	100
LNEG	71,00	15,00	2,03	<0,05	1,07	1,85	3,61	4,73	0,32	0,15	0,19	100
RM	67,69	9,84	2,33	0,03	-	2,05	-	3,69	0,24	0,25	13,88	100
LNEG	71,40	13,80	3,39	0,06	0,38	1,53	3,67	4,69	0,22	0,14	0,74	100
CFAV	48,91	10,77	8,33	0,14	0,58	8,89	-	0,92	2,17	1,23	18,06	100
LNEG	53,50	16,50	9,13	0,13	4,24	7,63	3,54	1,76	2,82	0,21	0,60	100
SNEF	50,90	14,42	3,01	0,11	-	1,66	-	5,33	0,42	-	24,15	100
LNEG	54,40	21,60	3,56	0,07	0,47	1,78	8,52	6,78	0,18	0,07	2,49	100
NIMP	44,25	13,10	8,07	0,17	-	10,70	-	0,25	0,10	0,10	23,26	100
NZBW	51,76	8,94	11,76	0,19	-	8,68	-	1,17	0,73	0,10	16,67	100
ARDV	43,65	18,29	13,03	0,10	-	2,28	-	2,29	0,79	0,14	19,43	100
LNEG	51,00	24,90	9,88	-	1,92	0,63	1,43	3,29	0,62	-	6,40	100
VD	37,10	0,35	8,26	0,12	12,95	1,49	-	0,10	0,02	-	39,60	100
LNEG	40,60	3,52	-	0,02	35,70	0,10	0,11	0,07	0,19	0,07	19,61	100
MBR	2,82	0,72	0,13	0,02	-	59,40	-	0,23	-	-	36,69	100
LNEG	0,60	0,29	0,11	-	0,89	54,60	0,05	0,08	-	-	43,39	100
MOLM	1,58	-	0,08	0,01	-	59,27	-	-	-	-	39,06	100
LNEG	0,06	0,23	0,04	-	-	55,80	0,07	-	-	-	43,84	100

Pretendeu-se com este estudo, tal como já se referiu, validar alguns métodos e equipamentos menos utilizados neste tipo de análise, designadamente o equipamento portátil *Niton XL3 900* para análise química de rochas, que apesar de expedito se mostrou pouco fiável provavelmente em resultado da deficiente moagem das amostras ensaiadas. Pôde constatar-se que existiram dificuldades, nomeadamente na deteção de alguns elementos como o sódio, magnésio e manganésio, visíveis aquando da comparação dos resultados obtidos com este método e os da análise química convencional.

Este método é também pouco rigoroso na deteção da sílica apresentando desvios relativamente às análises convencionais, os quais se traduzem em valores da ordem dos 5%, para a maior parte das amostras ensaiadas, chegando mesmo aos 8% no caso da Ardósia de Valongo. Sendo assim iremos optar por utilizar os valores da análise química convencional. Podem ser visualizados no Anexo 4 dois exemplos dos quinze relatórios gerados pelos ensaios efetuados em cada pedra estudada.

8.6. DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR

A Tabela 39 apresenta os valores do coeficiente de dilatação térmica obtidos de acordo com a norma NP EN 14581 (2007), para as pedras naturais em estudo, pelo método mecânico ou do dilatómetro, (Anexo 5), e os valores tabelados pelo LNEG que servam apenas como valores de referência uma vez que foram obtidos através de outra norma de ensaio. O valor do coeficiente de dilatação térmica corresponde à máxima dilatação obtida em dois ciclos consecutivos de aquecimento.

Pode constatar-se que os valores se encontram dentro dos valores esperados, embora com alguns desvios, que podem ter ocorrido por se tratar de amostragens diferentes e ou mesmo por diferentes métodos de execução do ensaio. Dentro de uma mesma pedreira ou mesmo ao longo de um maciço, as características de uma mesma pedra natural podem variar por influência do estado de alteração e pelas condições de formação.

No entanto, e em termos gerais, constata-se que os valores encontrados são valores aproximados na maior parte dos casos aos de referência, existindo desvios nalguns casos como para o Cinzento Monchique, para o Branco Rosado e para o Cinzento Pedras Salgadas, sendo de considerar o que foi anteriormente referido relativamente à obtenção dos valores de referência. Uma vez que pretendemos caracterizar estas pedras naturais em termos da máxima dilatação experimentada em dois ciclos consecutivos, podemos verificar que as pedras naturais em estudo apresentam valores deste coeficiente entre os $3,6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ para o Moleanos e os $7,7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ para a Ardósia de Valongo, embora o Amarelo Vila Real apresente o valor de $7,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, muito próximo do obtido para a ardósia. Podemos também verificar que apenas os calcários apresentam valores inferiores a $4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. A homogeneidade destas rochas e a elevada porosidade poderá ser uma explicação para este facto.

Constata-se ainda que existe uma tendência do primeiro para o segundo ciclo, para uma diminuição dos valores do coeficiente de dilatação, o que será de esperar sobretudo em rochas de matriz mais cristalina pela quebra de ligações devido ao aquecimento.

Tabela 39 - Valores do coeficiente de dilatação térmica obtidos e tabelados pelo LNEG.

Pedra	1º Ciclo	2º Ciclo	α ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	LNEG
AVR	7,5	5,9	7,5	7,1
CPS	6,2	4,7	6,2	9,0
CAZ	7,4	5,4	7,4	7,0
RM	6,9	5,4	6,9	8,0
CFAV	5,6	4,4	5,6	6,3
SNEF	6,5	5,2	6,5	13,8
NIMP	5,0	4,0	5,0	-
NZBW	6,4	5,0	6,4	-
ARDV	7,7	5,1	7,7	8,0
VD	6,0	4,7	6,0	4,2
MBR	4,0	2,9	4,0	7,3
MOLM	3,6	3,3	3,6	3,1

A dilatação é um ensaio de extrema importância pois permite-nos ter uma ideia da máxima dilatação que uma pedra sofre quando sujeita a temperaturas elevadas (Pinto *et al.*, 2008).

8.7. TRANSMISSÃO DE CALOR POR VIA SECA (CONDUTIVIDADE SECA)

Os ensaios de Transmissão de Calor por via seca (condutividade seca) foram realizados no Instituto Superior Técnico, da Universidade de Lisboa (Anexo 6).

Conhecidas as massas das placas ensaiadas e as respetivas áreas, foram determinadas as temperaturas nas superfícies internas e externas, num dado período de ensaio, ou seja no início do ensaio que coincide com a entrada em funcionamento da fonte de calor, e o final do ensaio que foi determinado pelo ponto de inflexão da curva da temperatura da face exterior que corresponde à entrada em regime permanente. Determinou-se, em seguida, o fluxo de calor que atravessou cada uma das placas naquele período de tempo e a respetiva condutividade térmica recorrendo à Lei de Fourier. O calor específico aplicado nos cálculos efetuados foi também determinado em laboratório para cada uma das rochas.

Apresentam-se, em seguida, as curvas obtidas para as pedras naturais estudadas, podendo visualizar-se a variação da temperaturas da face interior e exterior e ainda a curva referente ao gradiente térmico experimentado por cada uma das pedras naturais em estudo (Figura 96). O tempo necessário para atingir o equilíbrio foi de: 5 minutos para o Amarelo Vila Real, Cristal Azul, Negro Zimbabwe e Branco Rosado; de 6 minutos para o Cinzento de Pedras Salgadas, Cinzento Favaco, Negro Impala e Verde Donai; de 7 minutos para o Rosa Monção, de 9 minutos para o Cinzento Monchique e de 10 minutos para a Ardósia de Valongo, o que conduziu aos valores de condutividade apresentados na Tabela 40.

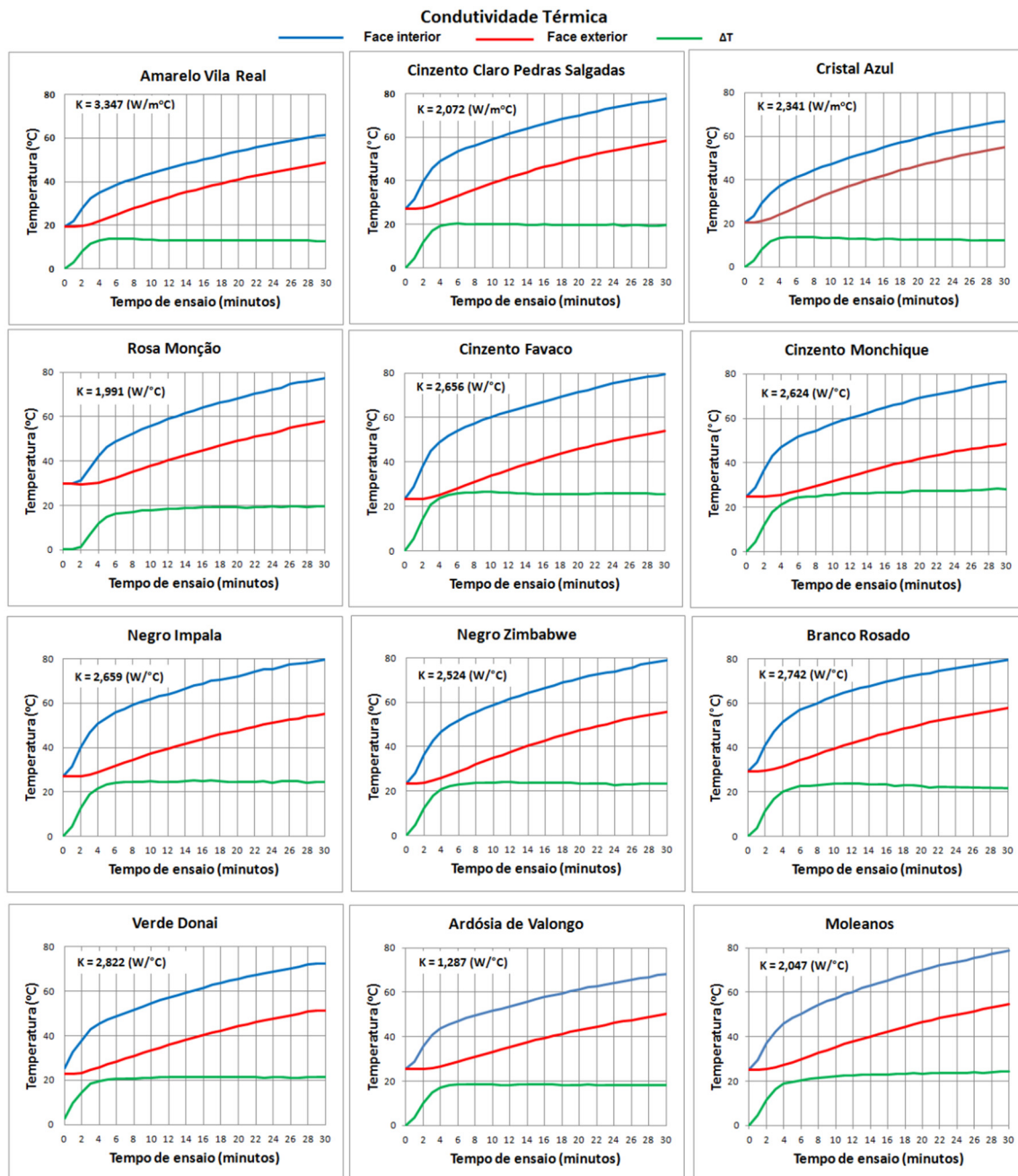


Figura 96 - Variação da temperatura nas faces das pedras em estudo, durante o ensaio de determinação da condutividade seca.

Em síntese, apresentam-se os valores de condutividade obtidos para cada uma das pedras naturais em estudo (Tabela 40).

Tabela 40 - Valores da condutividade térmica (via seca) das pedras naturais estudadas.

Pedra Natural	K (W/m °C)
AVR	3,347
CPS	2,072
CAZ	2,341
RM	1,991
CFAV	2,656
SNEF	2,624
NIMP	2,659
NZBW	2,524
ARDV	1,287
VD	2,822
MBR	2,742
MOLM	2,047

Maiores valores de condutividade térmica encontram-se associados a pedras naturais que possuem maior capacidade em conduzir um dado fluxo de calor, ou seja que possuem maior capacidade para se deixarem atravessar pelo mesmo.

Assim, verifica-se, que a pedra natural que apresentou menor capacidade de condução de calor foi a Ardósia de Valongo (1,287 W/m °C), e a que apresentou maior capacidade de condução de calor foi o Amarelo Vila Real (3,347 W/m °C). Verifica-se também que para as outras pedras em estudo os valores da condutividade encontram-se entre os 2 e os 3 W/m °C, aproximando-as aos valores indicados na bibliografia existente já referenciada anteriormente. Verifica-se também que os valores de condutividade térmica são muito aproximados para todas as outras pedras naturais em estudo.

8.8. TRANSMISSÃO DE CALOR POR VIA HÚMIDA (CONDUTIVIDADE SATURADA)

A Transmissão de Calor por via húmida foi obtida no Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção, do Instituto Superior de Engenharia do Porto, de acordo com a metodologia anteriormente descrita no Capítulo 6 (ponto 6.2.2.2) e já devidamente comprovada por Silva *et al* (2008). O ensaio conduz à saturação das placas e permite avaliar de que forma influencia a condutividade da rocha.

Os cálculos foram efetuados com o calor específico determinado para cada uma das pedras naturais em estudo.

O tratamento dos dados foi realizado para a Temperatura interior e exterior, tendo-se obtido as curvas que se apresentam em seguida, Gráficos 9 a 20. Os valores que deram origem a estas curvas encontram-se no Anexo 7.

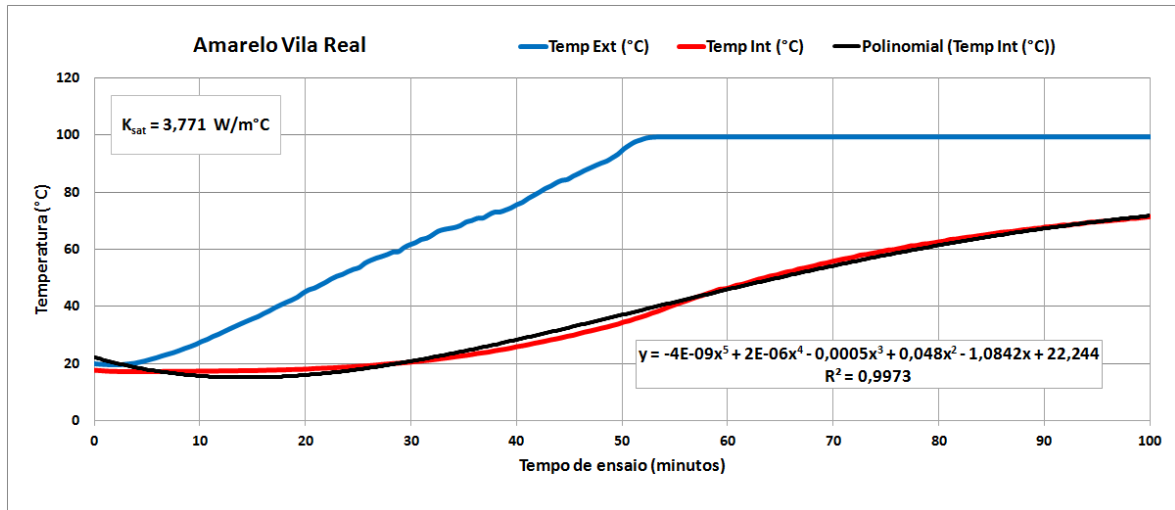


Gráfico 9 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para o Amarelo Vila Real.

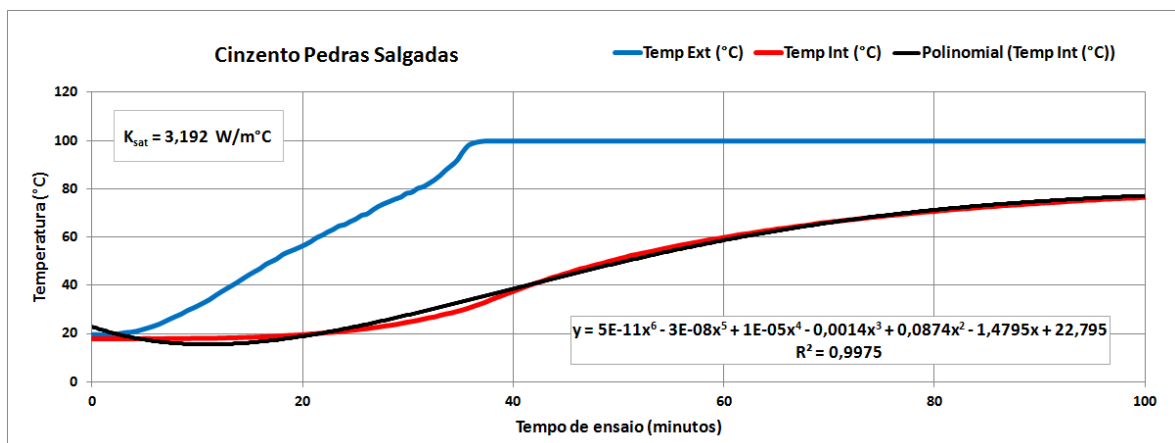


Gráfico 10 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para o Cinzento Pedras Salgadas.

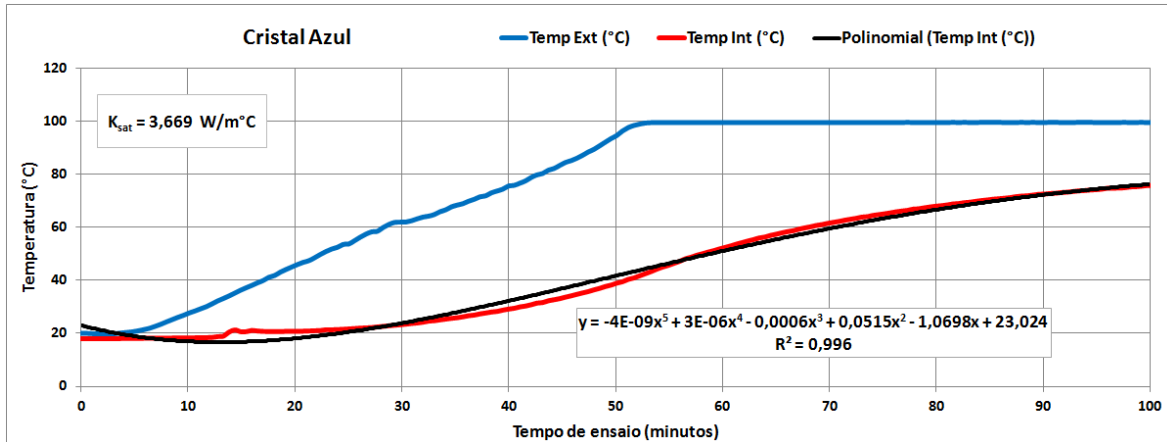


Gráfico 11 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para o Cristal Azul.

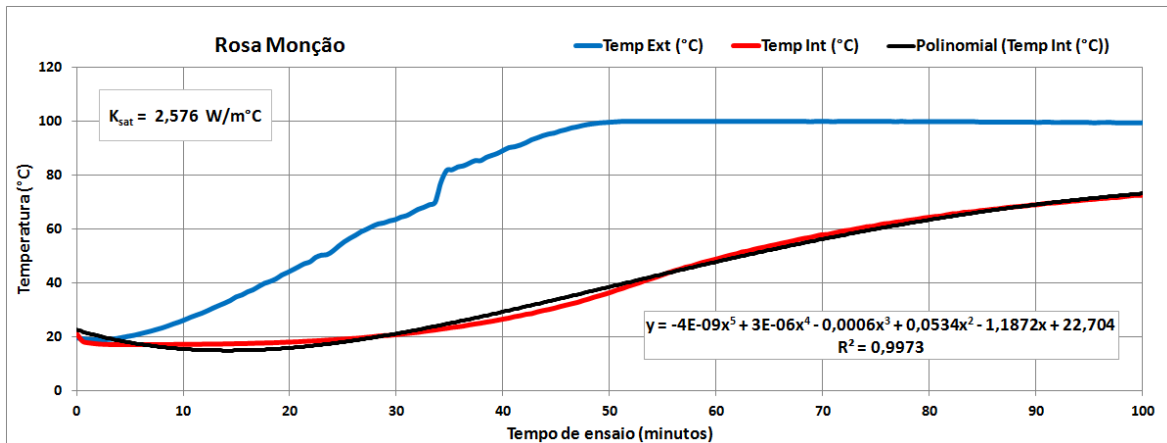


Gráfico 12 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para o Rosa Monção.

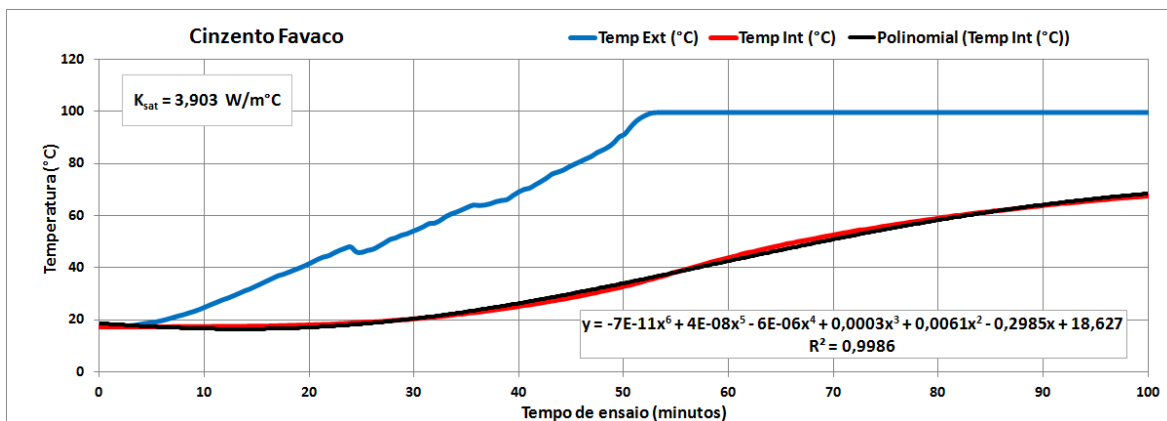


Gráfico 13 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para o Cinzento Favaco.

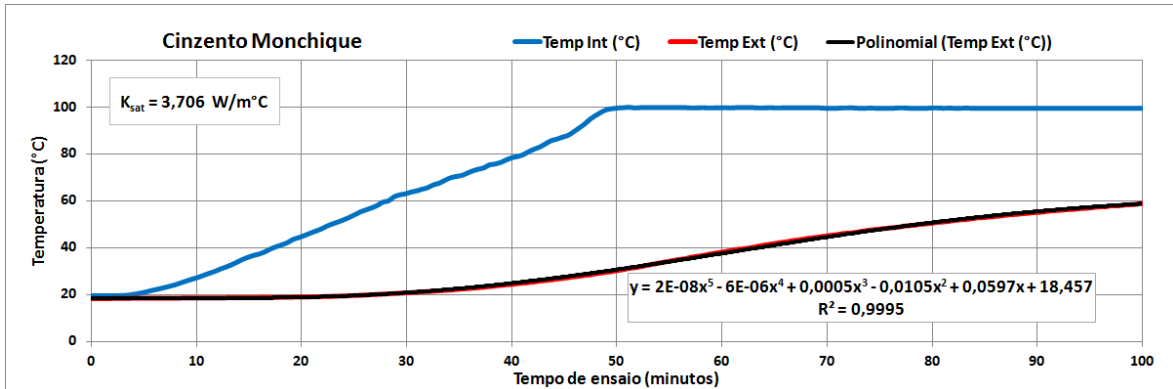


Gráfico 14 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para o Cimento Monchique.

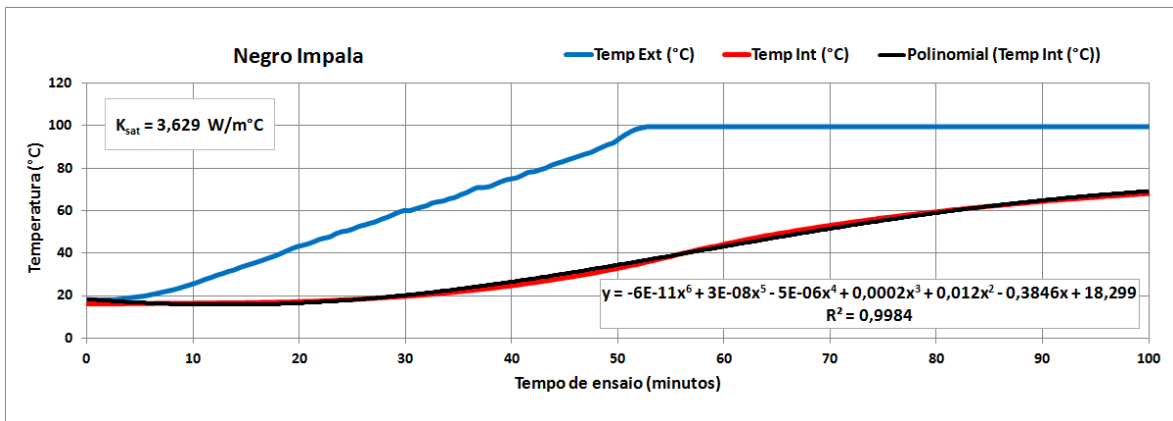


Gráfico 15 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para o Negro Impala.

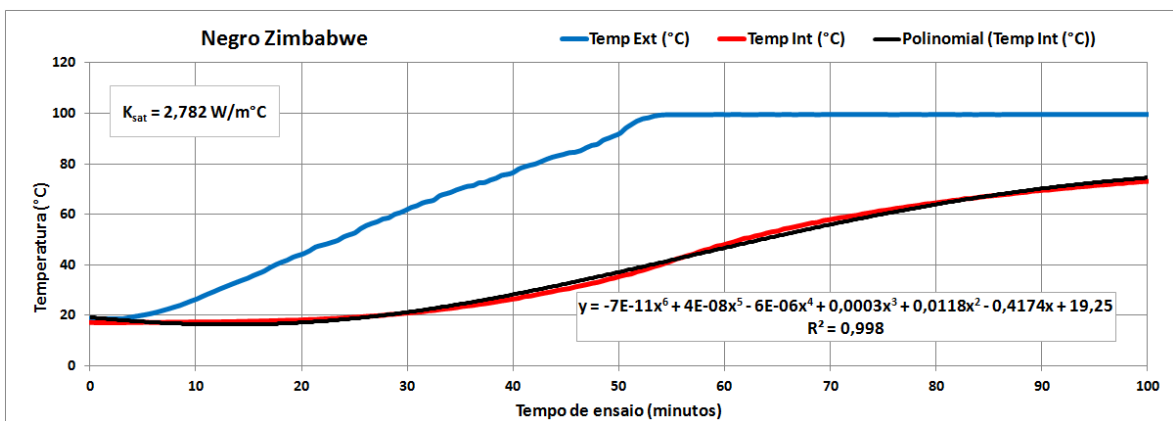


Gráfico 16 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para o Negro Zimbabwe.

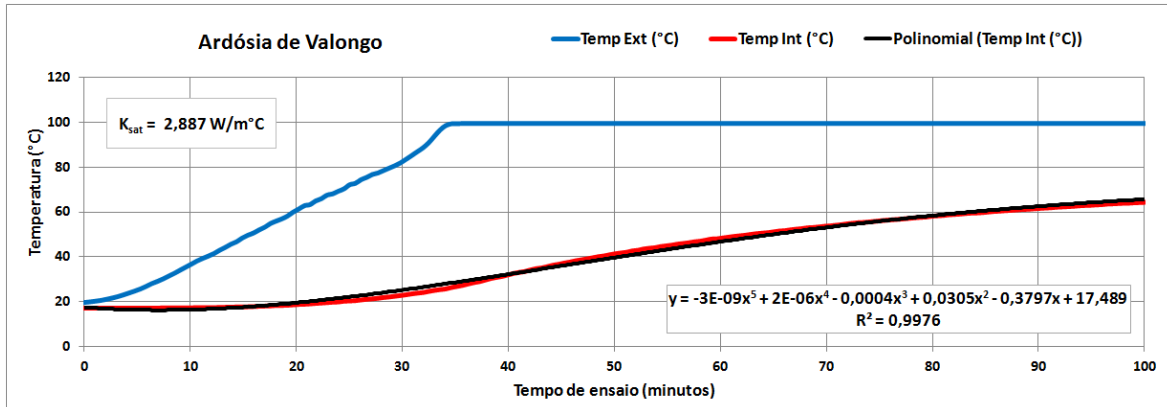


Gráfico 17 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para a Ardósia de Valongo.

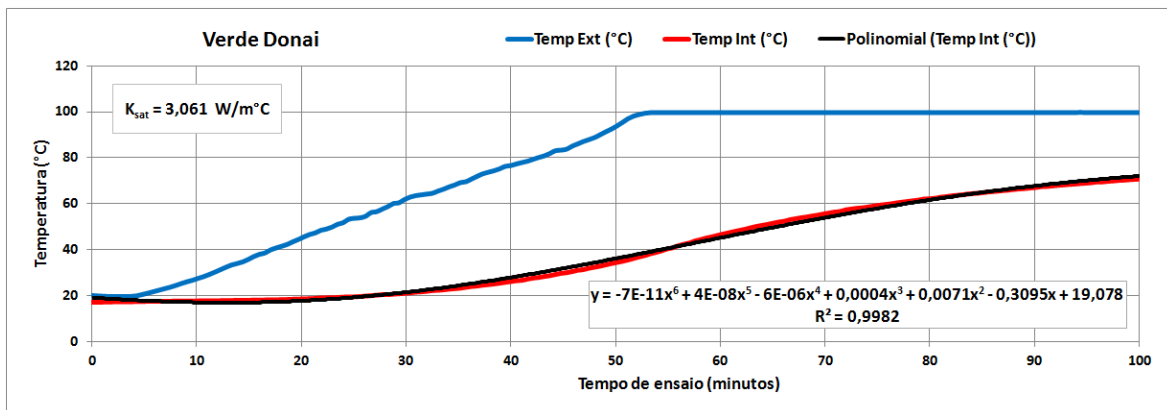


Gráfico 18 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para o Verde Donai.

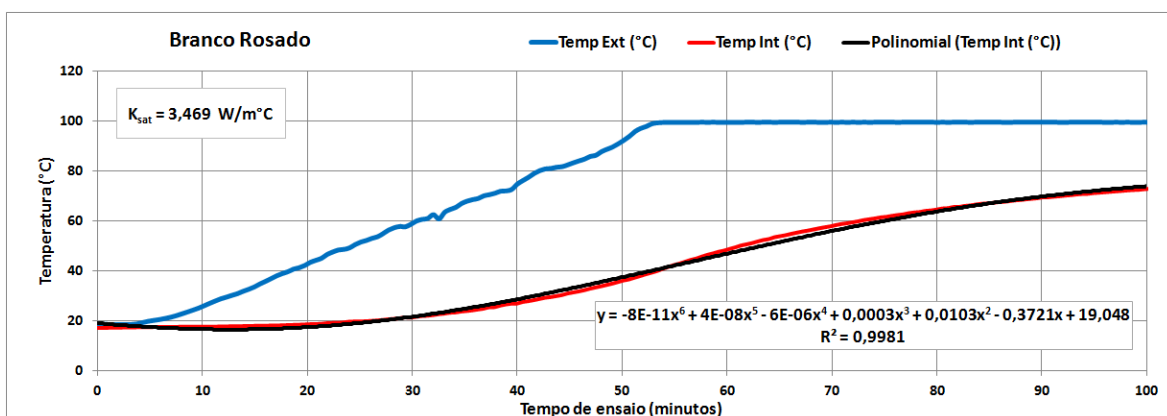


Gráfico 19 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para o Branco Rosado.

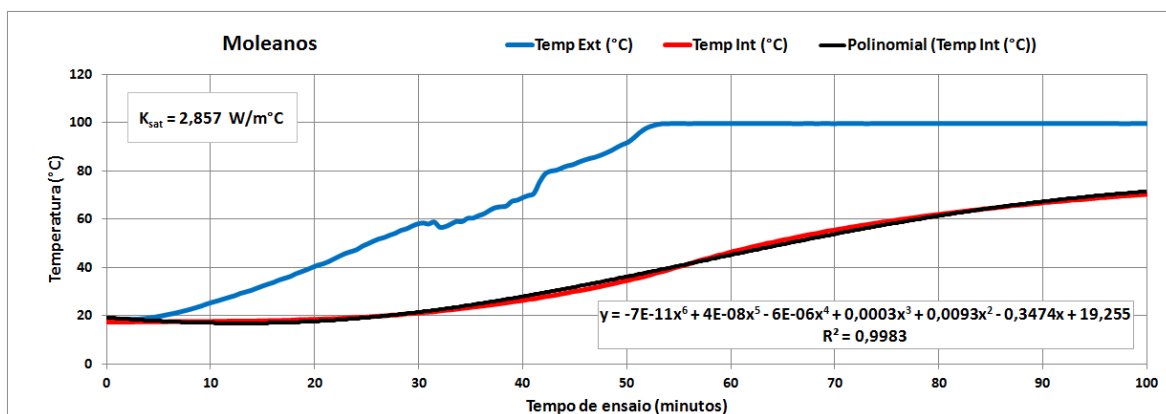


Gráfico 20 - Curvas das temperaturas interiores e exteriores e ajustamento polinomial para o Moleanos.

O ensaio inicia-se assim que a temperatura interior começa a elevar-se e termina quando se atinge o regime permanente ou seja, assim que a curva da temperatura exterior estabiliza. O ajustamento do tipo polinomial permitiu a obtenção do ponto de inflexão da função, momento em que se atinge o regime permanente. Obtidas as temperaturas do início e final do ensaio nas duas faces de cada uma das pedras em estudo, e utilizando as variáveis que constam na Tabela 41, foi possível a obtenção dos valores da Ksat (condutividade saturada).

Tabela 41 - Variáveis utilizadas no cálculo da transmissão de calor por via húmida.

	m (g)	A (m ²)	L (m)	ΔT1 (°C)	ΔT2 (°C)	Δt (seg)	C (J/g °C)	Q (J)	q (W)	Ksat (W/m°C)
AVR	2587,10	0,04	0,02	12,45	9,44	360	0,79	25316,58	70,32	3,774
CPS	2286,08	0,04	0,02	20,95	13,81	360	0,73	35153,74	97,65	3,192
CAZ	2193,24	0,04	0,02	7,20	6,02	240	0,77	12159,32	50,66	3,669
RM	2429,40	0,04	0,02	4,73	5,16	300	0,73	8342,51	27,81	2,576
CFAV	2511,42	0,04	0,02	16,47	10,82	360	0,78	32263,21	89,62	3,903
SNEF	3046,54	0,04	0,03	21,21	13,56	600	0,74	47945,90	79,91	3,706
NIMP	2559,97	0,04	0,02	14,12	10,16	360	0,81	29278,89	81,33	3,629
NZBW	2441,97	0,04	0,02	12,33	9,19	360	0,74	22281,02	61,89	2,782
ARDV	2647,18	0,04	0,02	24,21	14,57	480	0,68	43387,73	90,39	2,887
VD	2457,27	0,04	0,02	13,81	10,10	360	0,69	23415,08	65,04	3,061
MBR	2306,79	0,04	0,02	9,83	7,84	300	0,82	18662,14	62,21	3,469
MOLM	2248,35	0,04	0,02	13,98	10,09	360	0,75	23542,52	65,40	2,857

A Tabela 42 apresenta os valores da condutividade térmica saturada, obtidos para as pedras naturais em estudo.

Tabela 42 - Valores da condutividade térmica (via seca) e condutividade saturada.

Pedra Natural	K (W/m °C)	Ksat (W/m °C)
AVR	3,347	3,771
CPS	2,072	3,192
CAZ	2,341	3,669
RM	1,991	2,576
CFAV	2,656	3,903
SNEF	2,624	3,706
NIMP	2,659	3,629
NZBW	2,524	2,782
ARDV	1,287	2,887
VD	2,822	3,061
MBR	2,742	3,469
MOLM	2,047	2,857

Constata-se que a condutividade saturada aumenta relativamente à determinada por via seca em todas as pedras em estudo. Este facto deve-se à influência da humidade na condução do calor, uma vez que o ensaio conduziu ao estado de saturação das pedras em estudo.

8.9. CONDUTIVIDADE TÉRMICA, DIFUSIVIDADE E CAPACIDADE TÉRMICA (ISOMET 2014)

A Tabela 43 apresenta os valores médios obtidos no Laboratório de Física da Universidade de Évora, para as diferentes amostras estudo, recorrendo ao método expedito descrito no Capítulo Metodologias e Técnicas de Ensaio, utilizando um equipamento ISOMET 2014 (Anexo 8).

Tabela 43 - Valores médios de condutividade, capacidade térmica e difusividade obtidos para cada uma das pedras naturais.

Pedra Natural	K_{isomet} (w/m °C)	C_p (E^6 J/m ³ °C)	D (E^{-6} m ² /s)
AVR	2,40	2,30	1,02
CPS	2,00	1,90	0,85
CAZ	1,90	1,70	0,78
RM	2,70	2,40	1,12
CFAV	1,90	1,80	0,79
SNEF	1,70	2,10	0,80
NIMP	2,20	2,30	0,94
NZBW	3,00	2,50	1,17
ARDV	2,60	2,20	1,18
VD	2,90	2,40	1,19
MBR	2,80	2,40	1,15
MOLM	2,30	2,40	0,97

Verifica-se que os valores encontrados para a condutividade térmica estão dentro dos valores esperados e de acordo com a bibliografia, ou seja, entre os 2,0 e 3,0 w/m °C. Constata-se, também, que a pedra natural que exibe maior condutividade obtida por este método é o Negro Zimbabwe (3,0 W/m °C) e a que apresenta menor valor é o Cinzento Monchique (1,7 w/m °C).

A capacidade térmica volumétrica (C_p) representa a medida quantitativa do calor necessário para elevar uma unidade de volume numa unidade de temperatura. É, portanto, a quantidade de calor que cada pedra natural necessita receber ou ceder para que a sua temperatura varie num grau *Celsius*. Segundo Cleriston Silva (2010), quanto maior for o valor de C_p maior será a sua variação de temperatura.

Constata-se também que existe alguma coerência na variação da condutividade pelo método dinâmico e da capacidade térmica volumétrica obtida pelo mesmo método (Gráfico 21).

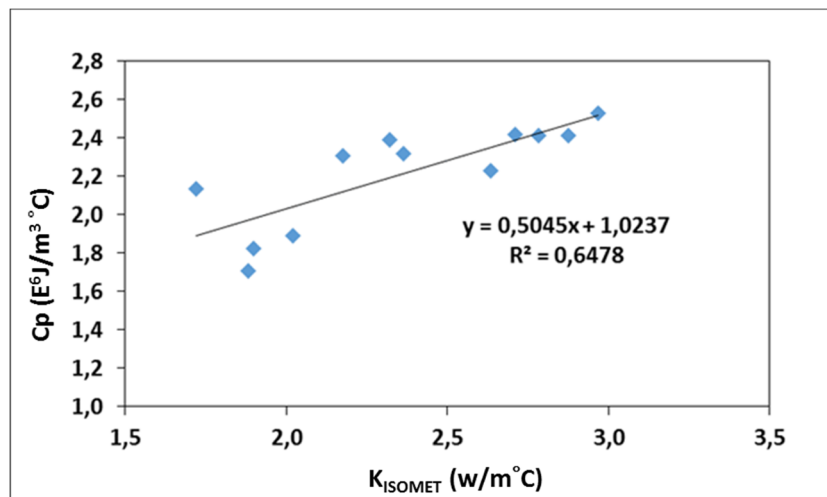


Gráfico 21 - Comparação entre os valores da condutividade térmica e da capacidade térmica volumétrica pelo método ISOMET 2014, para as pedras naturais estudadas.

Para a maioria das pedras naturais estudadas a um maior valor de condutividade térmica corresponde um maior valor de capacidade térmica volumétrica. Observam-se alguns desvios em rochas como o Cinzento Monchique, o Negro Impala e o Moleanos, seguindo no entanto a mesma tendência.

A exclusão das amostras que apresentam maior valor de desvio conduz a uma correlação bem mais elevada (Gráfico 22).

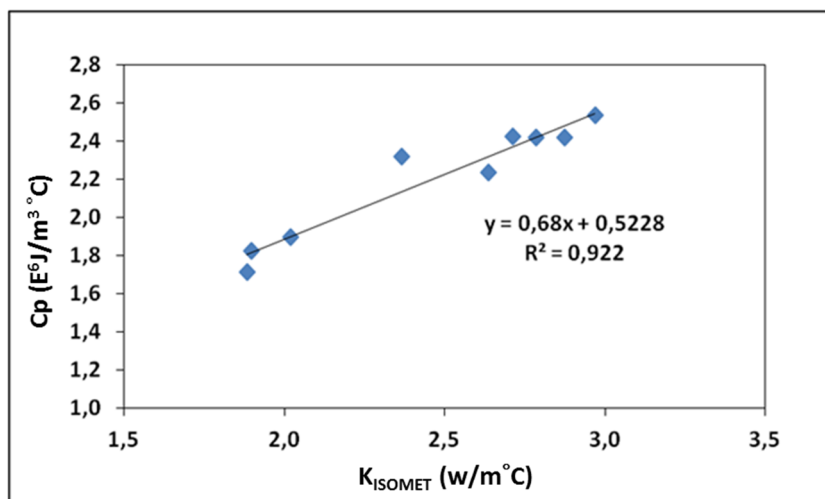


Gráfico 22 - Correlação entre a K_{ISOMET} e a capacidade térmica com exclusão das pedras naturais em que estas duas propriedades apresentam desvios (SNEF, NIMP e MOLM).

Pedras naturais com maior capacidade térmica apresentam maior capacidade de armazenamento. Assim e através deste método podemos inferir que a pedra natural que apresenta maior capacidade de armazenamento é o Negro Zimbabwe ($2,5 E^6 J/m^3^{\circ}C$) e a de menor capacidade de armazenamento é o Cristal Azul ($1,7 E^6 J/m^3^{\circ}C$).

Os valores obtidos, pelo mesmo método para a difusividade térmica, encontram-se entre os $0,78$ e os $1,19 E^{-6} m^2/s$. Verifica-se que a pedra natural que apresenta a maior difusividade obtida por este método é o Verde Donai ($1,19 E^{-6} m^2/s$) e a que apresenta menor valor é o Cristal Azul ($0,78 E^{-6} m^2/s$), no entanto convém salientar que as pedras naturais estudadas apresentam valores de difusividade muito próximos.

A difusividade térmica mede a maior ou menor capacidade de um material absorver ou libertar calor em relação à respetiva capacidade de armazenamento, pelo que a valores mais elevados de difusividade correspondem as pedras naturais que dão uma resposta mais rápida relativamente às variações térmicas que lhe são impostas, e a menores valores de difusividade estarão associadas aquelas que respondem mais lentamente, levando portanto mais tempo a atingir o equilíbrio térmico. Assim, a pedra natural que responde mais rapidamente às variações térmicas e demora menos tempo a atingir o equilíbrio térmico é o Verde Donai e a mais lenta é o Cristal Azul.

Apresenta-se no Gráfico 23 a correlação existente entre a capacidade térmica e a difusividade obtida por este método, para os materiais ensaiados.

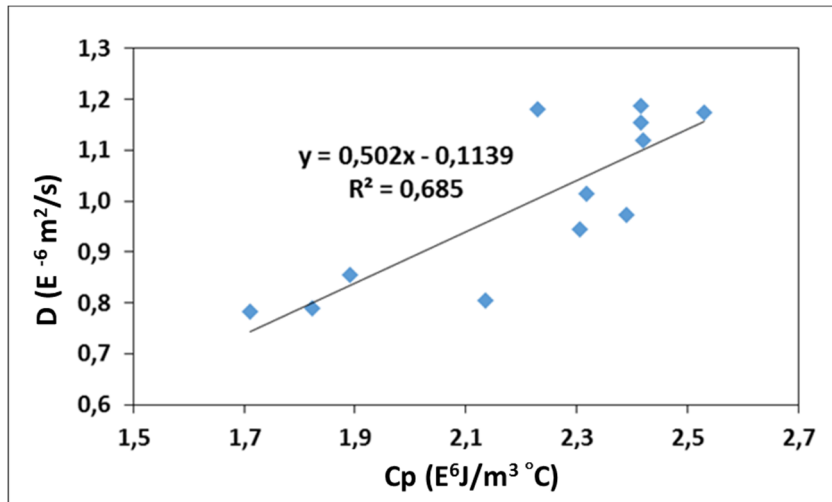


Gráfico 23 – Correlação entre os valores da capacidade térmica volumétrica e da difusividade dos materiais ensaiados.

Também é possível observar que para a maioria das pedras naturais estudadas a um maior valor de capacidade térmica corresponde um maior valor de difusividade, existindo alguns pequenos desvios em rochas como o Cinzento Monchique, o Negro Impala e o Moleanos, seguindo no entanto a mesma tendência. Este facto deve-se provavelmente aos valores da condutividade obtidos para estas rochas, uma vez que a difusividade se encontra relacionada com a capacidade térmica e a condutividade dos materiais.

Constata-se também que existe alguma coerência na variação da capacidade térmica volumétrica e da difusividade obtida por este método (Gráfico 24).

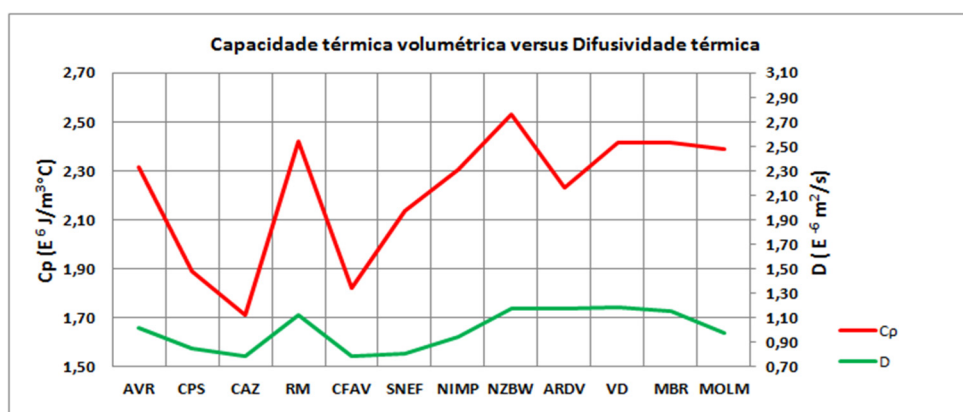


Gráfico 24 - Variação dos valores da condutividade térmica e da difusividade térmica pelo método ISOMET 2014, para as pedras naturais estudadas.

Analisando o Gráfico 26, dos valores de condutividade térmica obtidos pelos dois métodos anteriormente descritos e comparando-os com os valores de Coté *et al.* (2004), constata-se que os valores registados por via seca apresentam nalguns casos, nomeadamente para a Ardósia de Valongo, o Amarelo Vila Real e para o Cristal Azul, valores com desvios relativamente aos obtidos pelo método ISOMET, sendo no entanto de salientar que as diferenças apresentadas pelo método da condutividade por via seca, relativamente à bibliografia, serão admissíveis na maior parte dos casos uma vez que, de um modo geral, a bibliografia apresenta valores por vezes obtidos no maciço rochoso, mais elevados que os analisados em laboratório.

O método ISOMET utiliza para o cálculo da condutividade a capacidade térmica volumétrica da pedra em estudo, que aliás apresentam valores muito semelhantes com exceção dos desvios anteriormente referidos. Estes desvios podem estar ligados, por exemplo no caso da ardósia, à anisotropia da amostra ensaiada, uma vez que as próprias especificações do equipamento referem que em amostras anisotrópicas os erros poderão ser maiores. Logo, poderemos inferir que os desvios mais notáveis podem ser explicados pelo tamanho dos grãos e respetiva matriz presente nas amostras ensaiadas bem como pela anisotropia.

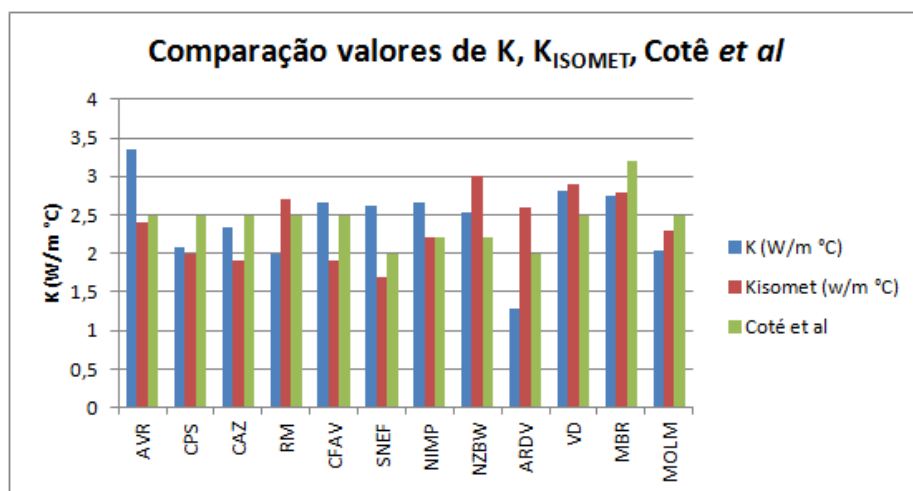


Gráfico 25 - Comparação dos valores obtidos da condutividade pelos dois métodos ensaiados.

O método parece-nos no entanto bastante expedito devendo ser utilizado para uma rápida caracterização térmica das pedras naturais, sendo conveniente no caso da existência de planos de foliação, realizar o ensaio pelo menos na direcção paralela e perpendicular aos mesmos.

8.10. DISSIPACÃO (TRANSFERÊNCIA) DE CALOR EM MEIO AQUOSO

A determinação da transferência de calor em meio aquoso baseou-se no procedimento descrito no Capítulo 6, com o intuito de avaliar como a mesma era feita em cada uma das pedras naturais. As pedras naturais foram aquecidas numa estufa e, em seguida, introduzidas em água à temperatura ambiente. Averiguou-se então, como era feita a transferência de calor, ou seja, qual a rocha que demorava mais ou menos tempo a libertar a energia acumulada aquando do seu aquecimento na estufa. Embora este ensaio não permita determinar quantitativamente o valor da difusividade refere-se à mesma propriedade.

Dos resultados de ensaio (Anexo 9) e após a elaboração dos gráficos que constam na Figura 97 é possível observar que em meio aquoso a transferência de calor se dá muito rapidamente, o que está de acordo com os valores de difusividade encontrados. O equilíbrio atingiu-se para a generalidade das rochas aos 4 minutos, com exceção do Cinzento Monchique e do Cinzento Pedras Salgadas, o qual ocorreu aos 6 minutos.

Estes valores estão em concordância com os valores de difusividade calculados analiticamente para as pedras em estudo, com base na condutividade térmica por via seca e com o tempo de arrefecimento, o que reforça a ideia de que os métodos de ensaio utilizados, quer para a condutividade térmica por via seca quer para o calor específico, são válidos.

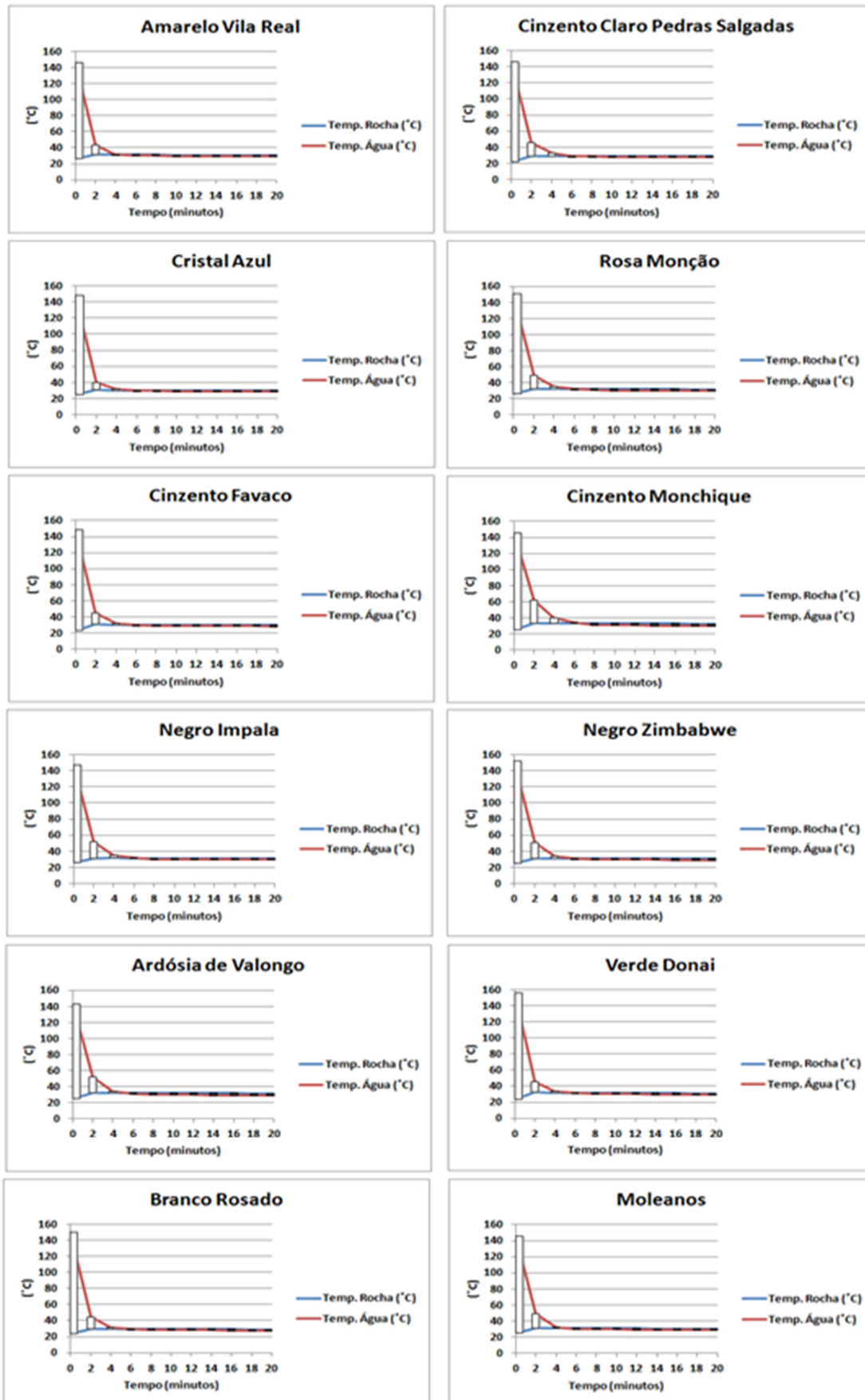


Figura 97 - Ensaio de transferência de calor em meio aquoso.

8.11. CALOR ESPECÍFICO

O calor específico define a variação térmica de um dado material ao receber determinada quantidade de calor. Na bibliografia anteriormente referida, vários autores apresentam valores distintos para as pedras naturais (Tabela 23 – do capítulo de conceitos e fundamentos teóricos). Após uma breve análise conseguem-se definir, para as pedras em estudo, de acordo com a sua génese e tendo sempre presente os três grandes grupos de rochas ornamentais, um intervalo de valores de calor específico, que se apresentam juntamente com os valores médios obtidos nos ensaios efetuados (Tabela 44). Os resultados dos ensaios efetuados encontram-se no Anexo 10.

Tabela 44 - Valores médios de calor específico obtidos nos ensaios e comparação com valores bibliografia.

Pedra Natural	kcal/kg °C	J/Kg °C	Pedra Natural	Bibliografia (J/Kg °C)
AVR	0,18777	786	Granito	650 a 837
CPS	0,17521	734	Granito	650 a 837
CAZ	0,18348	768	Granito	650 a 837
RM	0,17333	726	Granito	650 a 837
CAVAV	0,18583	778	Granito	650 a 837
SNEF	0,17714	742	Sienito	831
NIMP	0,19355	810	Gabro	720 a 840
NZBW	0,17673	740	Gabro	720 a 840
ARDV	0,16169	677	Xisto, Ardósia	707
VD	0,16495	691	Serpentinito	650 a 837
MBR	0,19651	823	Calcário	810 a 840
MOLM	0,17884	749	Calcários	810 a 840

Estes intervalos de variação podem ser resultado de existirem valores medidos no maciço ou em amostras de laboratório por diferentes técnicas e ainda por valores apontados para materiais de construção que incluem os materiais de assentamento das pedras, por exemplo em revestimento de paredes. Com este trabalho pretendeu-se fundamentalmente caracterizar termicamente as pedras naturais mais utilizadas em piso radiante e outras aplicações como revestimento de fachadas. A análise da Tabela 44 permite constatar que os valores do calor específico se encontram dentro dos valores esperados. Os valores obtidos encontram-se entre os 677 J/kg °C para a Ardósia de Valongo e os 823 J/kg °C para o Branco Rosado. O Cinzento Monchique é o que apresenta um maior desvio relativamente ao que se encontra na bibliografia, no entanto se o inserirmos no grupo dos granitos em termos ornamentais, fica perfeitamente enquadrado no valor esperado.

8.12. ANÁLISE DAS VARIÁVEIS TÉRMICAS A PARTIR DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS (CALCULADAS ANALITICAMENTE)

Com os ensaios realizados foi possível obter características físicas e térmicas das pedras naturais em estudo. Assim, a partir dos valores da densidade, da condutividade térmica, determinada por via seca, e do calor específico é possível obter outras variáveis térmicas analiticamente através de fórmulas da termodinâmica já apresentadas anteriormente no capítulo (conceitos e fundamentos teóricos). Fez-se, então o cálculo da difusividade térmica (D), da capacidade térmica (C_p), da resistência térmica (R), do coeficiente de transmissão térmica (U) e ainda do tempo de arrefecimento para cada uma das pedras em estudo, os quais constam da Tabela 45.

Tabela 45 - Variáveis térmicas calculadas a partir dos valores da densidade, condutividade e calor específico obtidos nos ensaios.

Pedra Natural	Densidade (kg/m^3)	C ($\text{J/kg } ^\circ\text{C}$)	K ($\text{W/m } ^\circ\text{C}$)	D ($\text{E}^{-6}\text{m}^2/\text{s}$)	C_p ($\text{E}^6 \text{J/m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$)	R ($\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$)	U ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)	Arrefecimento
AVR	2580	786	3,347	1,65	2,03	0,006	163,10	4,25
CPS	2558	734	2,072	1,10	1,88	0,010	104,12	5,98
CAZ	2660	768	2,341	1,15	2,04	0,008	121,87	5,37
RM	2611	726	1,991	1,05	1,90	0,011	94,54	7,04
CFAV	2672	778	2,656	1,28	2,08	0,008	127,90	5,63
SNEF	2550	742	2,624	1,39	1,89	0,011	94,64	9,24
NIMP	2939	810	2,659	1,12	2,38	0,008	133,07	5,96
NZBW	2939	740	2,524	1,16	2,17	0,007	138,53	4,77
ARDV	2811	677	1,287	0,68	1,90	0,016	62,74	10,37
VD	2758	691	2,822	1,48	1,91	0,007	134,63	4,94
MBR	2678	823	2,742	1,24	2,20	0,007	142,23	4,98
MOLM	2408	749	2,742	1,24	1,80	0,009	105,35	5,54

Poderemos constatar que existe alguma concordância entre os valores da condutividade térmica por via seca e o coeficiente de transmissão térmica (Gráfico 26).

Apresenta-se também a correlação entre os valores do coeficiente de transmissão térmica e o tempo de arrefecimento para as pedras naturais estudadas (Gráfico 27).

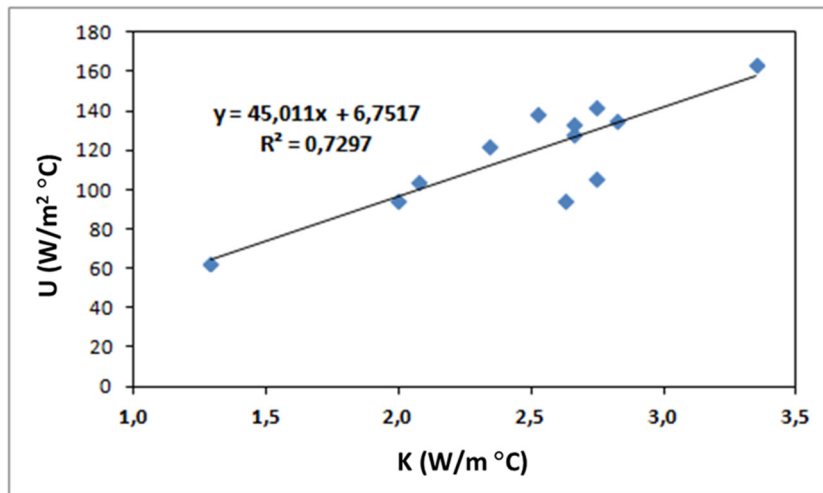


Gráfico 26 - Correlação entre os valores da condutividade térmica e do coeficiente de transmissão térmica dos materiais ensaiados.

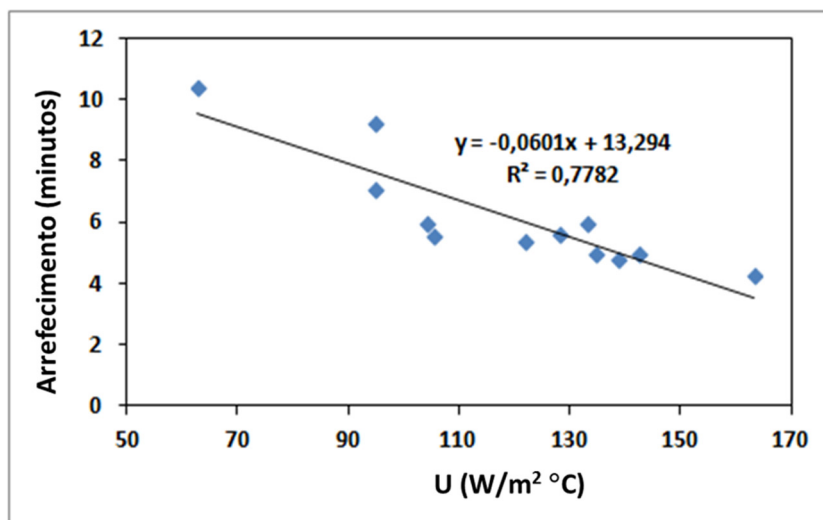


Gráfico 27 - Correlação entre os valores do coeficiente de transmissão térmica e o tempo de arrefecimento para as pedras naturais em estudo.

Verifica-se que a pedra natural que apresenta menor valor de condutividade térmica é a Ardósia de Valongo, mas é esta que apresenta o maior tempo de arrefecimento o que, na prática quer dizer que mantém durante mais tempo o calor. Neste grupo de pedras naturais podemos também afirmar que o Amarelo Vila Real é a que apresenta maior condutividade e menor tempo de arrefecimento. Quanto às outras pedras estudadas apresentam valores muito próximos de condutividade e por isso apresentam tempos de arrefecimento muito semelhantes. No entanto o Rosa Monção e o Cinzento Monchique apresentam valores distintos do restante grupo com tempos de arrefecimento de 7,04 minutos e 9,24 minutos, respetivamente. Se atendermos aos valores do coeficiente de transmissão térmica verificamos que estas são as pedras que apresentam valores mais baixos de “U”, o que traduz a suscetibilidade à perda ou ganho de calor associado.

Também se constata, comparando estas três pedras naturais que a Ardósia de Valongo apresenta o menor valor de difusividade seguida pelo Cinzento Monchique e Rosa Monção, sendo as pedras que demoram mais tempo a libertar o calor (Gráfico 28).

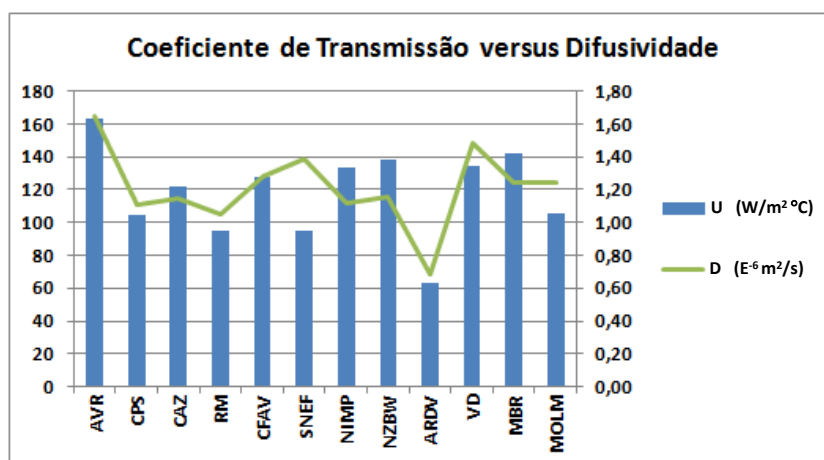


Gráfico 28 - Coeficiente de transmissão térmica versus difusividade térmica.

8.13. DISSIPACÃO DE CALOR COM RECURSO À TERMOGRAFIA

Este ensaio, consistiu na filmagem contínua, por meio de uma câmara termográfica em ambiente controlado das pedras naturais em estudo após aquecimento em estufa a 200°C. O objetivo principal deste ensaio foi a obtenção de termogramas das pedras naturais em estudo que permitissem avaliar o seu comportamento térmico relativamente à dissipação de calor.

As Figuras 98 a 101 apresentam os termogramas obtidos de todas as pedras naturais estudadas. São apresentados termogramas obtidos ao fim de 20 minutos de ensaio e ao fim de 8 horas de ensaio, uma vez que se verificou serem as mais relevantes para o estudo.

Pode afirmar-se que existe uma relação entre a textura das rochas e as temperaturas observadas à superfície das mesmas, assim como as diferenças relativamente à dissipação das mesmas. Pode realmente observar-se nas Figuras 95 a 98 que as rochas cristalinas apresentam mapas térmicos em que é visível a matriz cristalina. Quanto às temperaturas de alguns minerais, é notório a presença de minerais com temperaturas superficiais mais elevadas do que outros, como por exemplo no Cristal Azul os fenocristais de Quartzo presentes apresentam temperaturas mais elevadas. Constata-se também que as rochas mais homogêneas apresentam termogramas em que não é visível a existência de cristais.

Foram monitorizados 5 pontos em cada uma das pedras naturais em estudo, para se avaliar de que forma a pedra perdia o calor, tendo-se observado que o ponto central é o ponto mais representativo para o estudo da perda de calor.

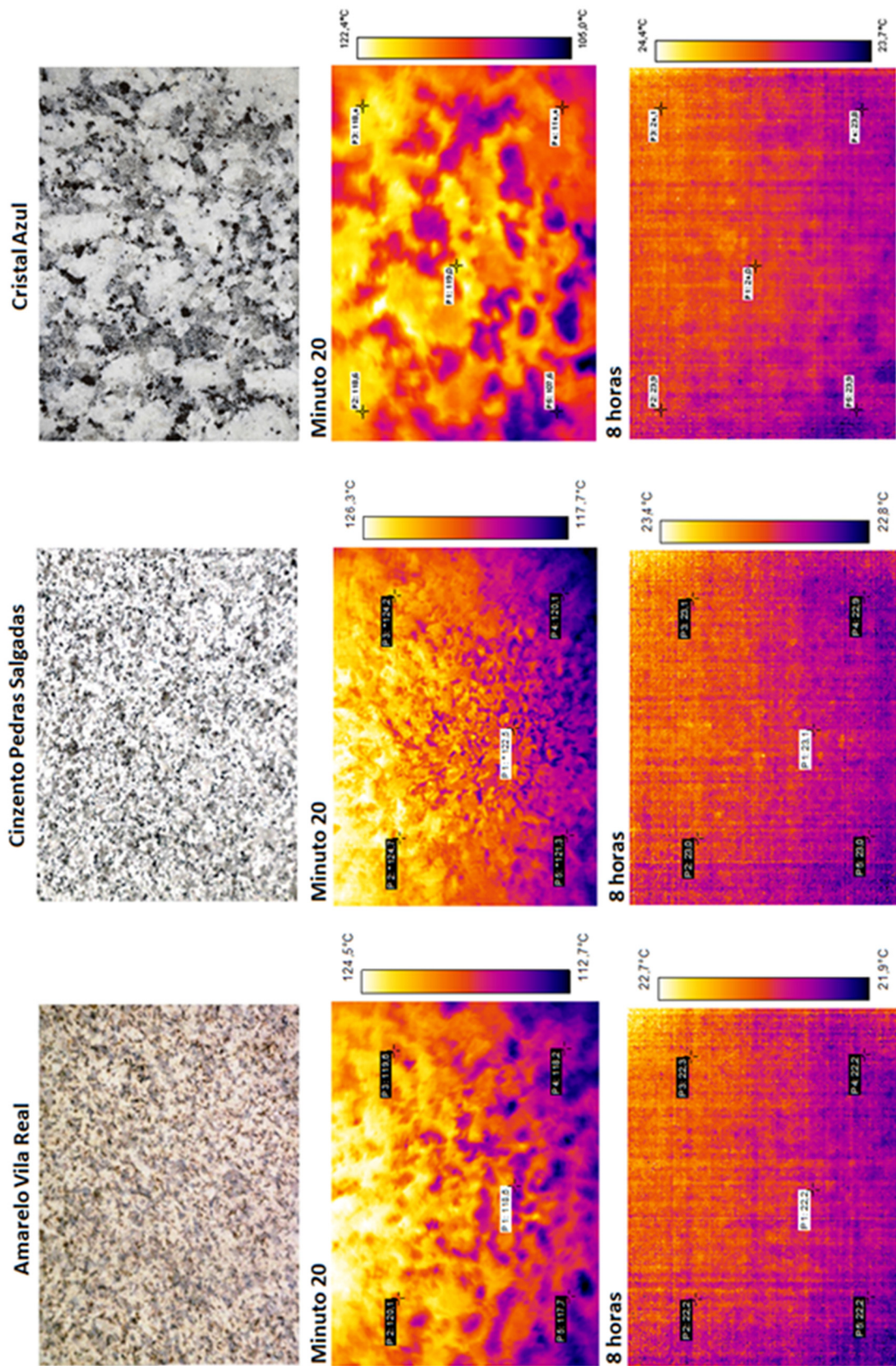


Figura 98 - Imagens termográficas obtidas para o Amarelo Vila Real, Cinzento Pedras Salgadas e Cristal Azul (20 minutos e 8 horas).

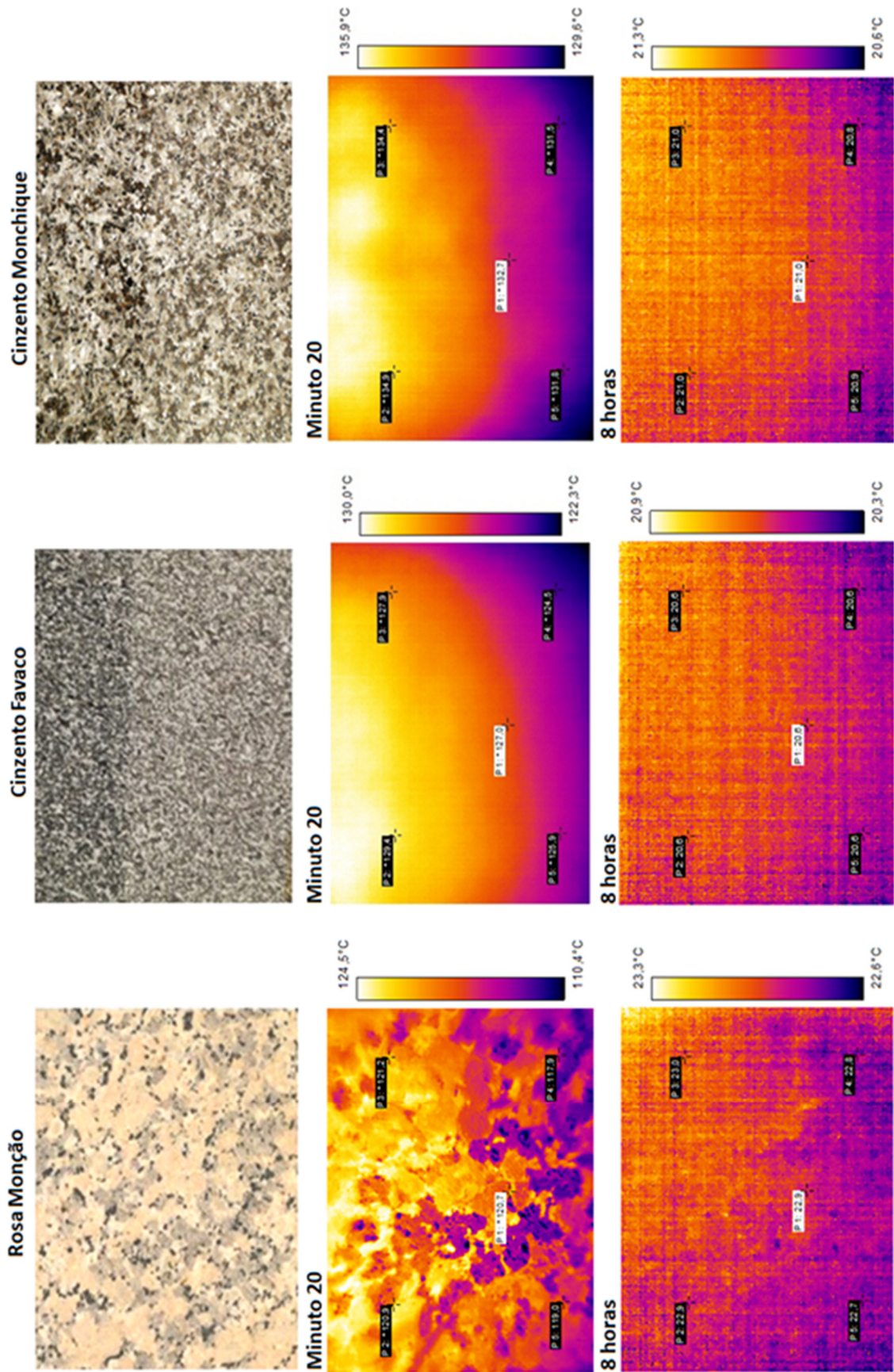


Figura 99 - Imagens termográficas obtidas para o Rosa Monção, Cinzento Favaco e Cinzento Monchique (20 minutos e 8 horas).

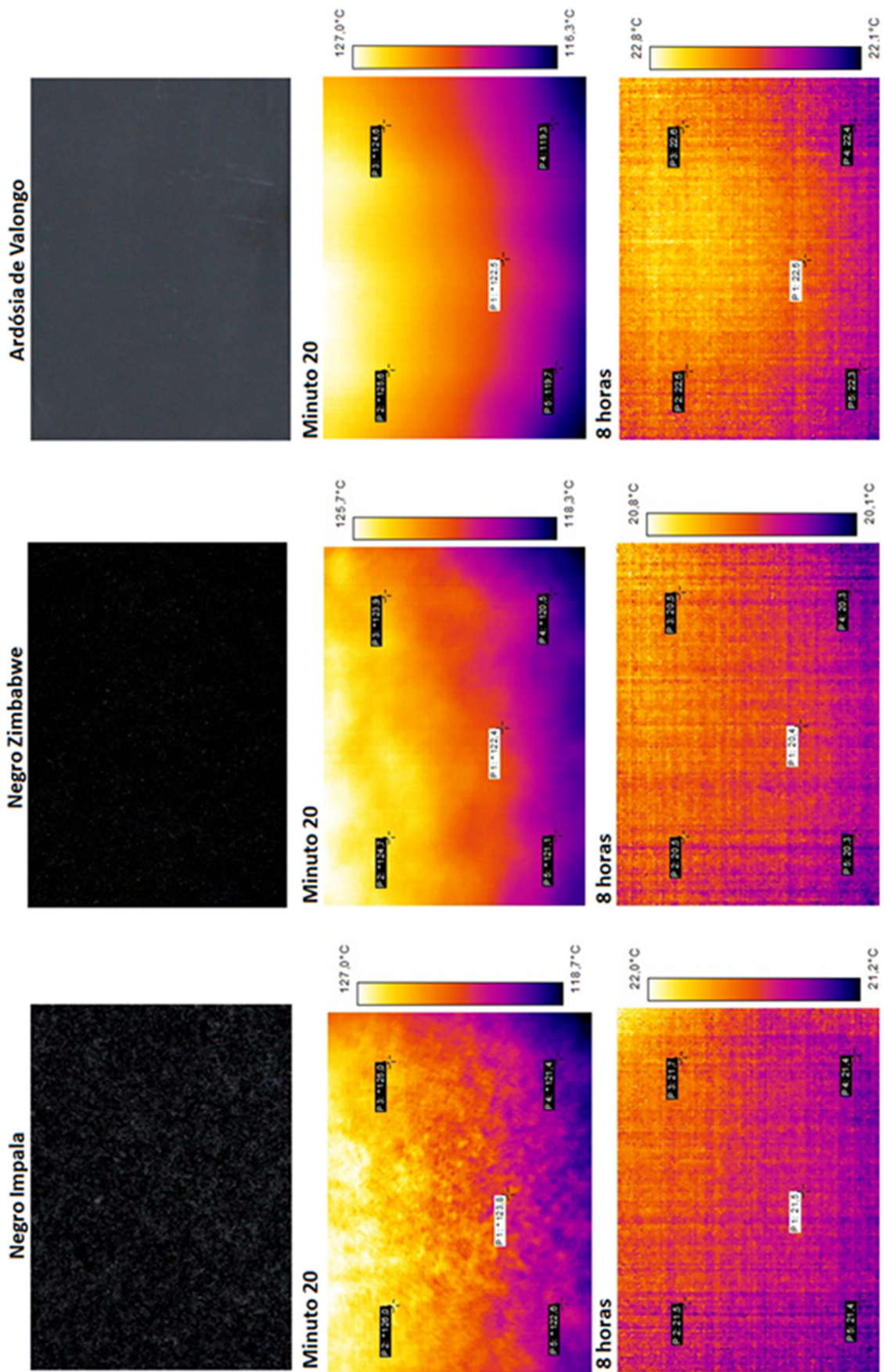


Figura 100 - Imagens termográficas obtidas para o Negro Impala, Negro Zimbabwe e Ardósia de Valongo (20 minutos e 8 horas).

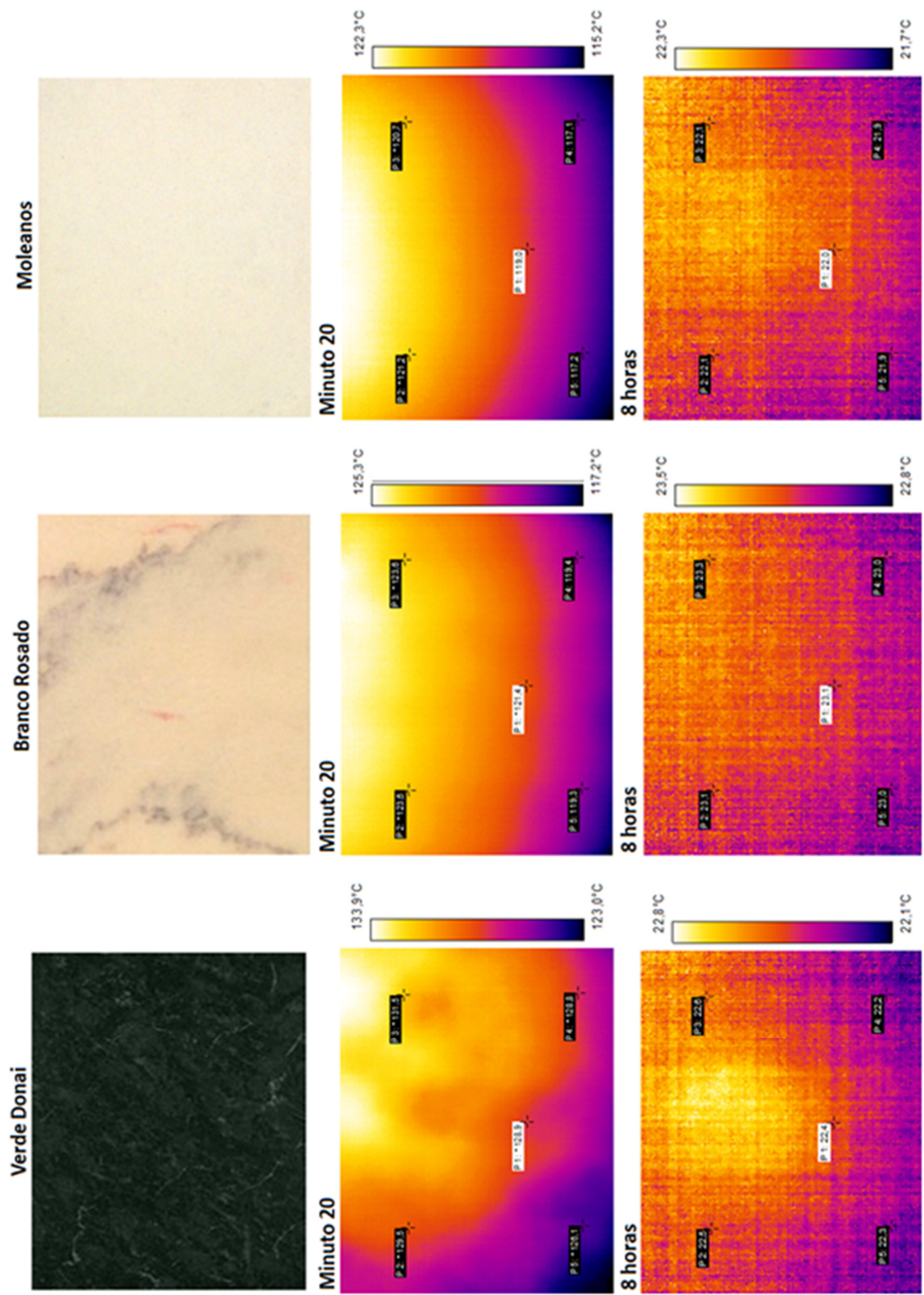


Figura 101 - Imagens termográficas obtidas para o Verde Donai, Branco Rosado e Moleanos (20 minutos e 8 horas).

Assim, obteve-se o Gráfico 29 onde se registaram as temperaturas obtidas aos 20 minutos, 40 minutos, 60 minutos, às 2 horas, 4 horas, 6 horas e 8 horas de ensaio. Pode observar-se que no final de 8 horas de ensaio (arrefecimento) todas as pedras naturais apresentam valores de temperatura próximas à temperatura ambiente. Ao fim de uma hora de ensaio a tendência é a mesma para todas as pedras em estudo, ou seja as que acumularam maior quantidade de calor continuam a ter maiores valores de temperatura, destacando-se o Cinzento Monchique (SNEF) e o Verde Donai como as rochas que possuíam maior temperatura. Após duas horas o Cristal Azul é a que mantém maior temperatura, o que parece estar de acordo com o observado no teste de piso radiante, apresentado no capítulo anterior.

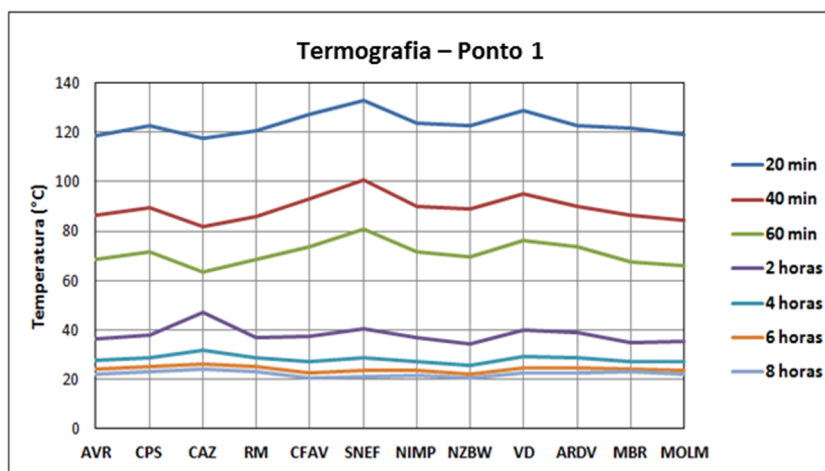


Gráfico 29 - Evolução das temperaturas no Ponto 1 do ensaio de termografia.

Para uma melhor visualização do decréscimo experimentado por cada uma das pedras naturais estudadas aos 20 minutos, 40 minutos, 60 minutos, 2 horas, 4 horas, 6 horas e 8 horas, apresentam-se os Gráficos 30 a 41.

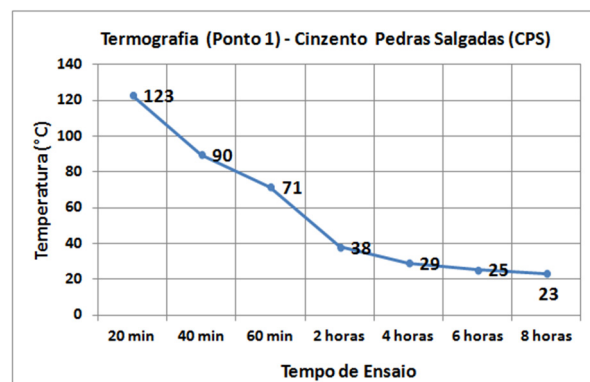
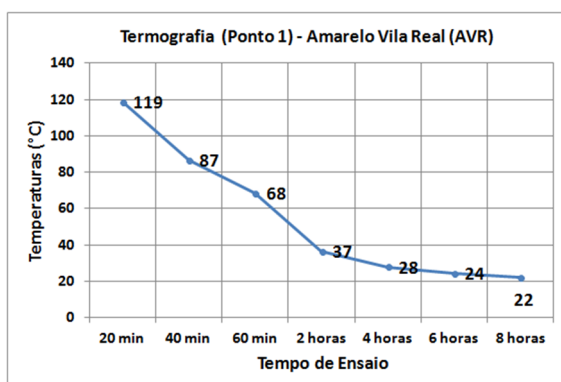


Gráfico 30 e Gráfico 31 - Decréscimo de temperatura durante o ensaio de termografia para o Amarelo Vila Real e Cinzento Pedras Salgadas.

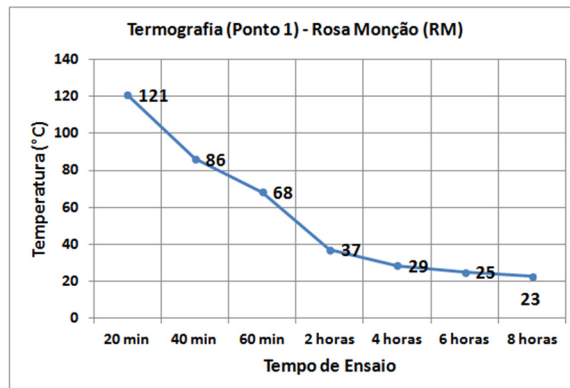
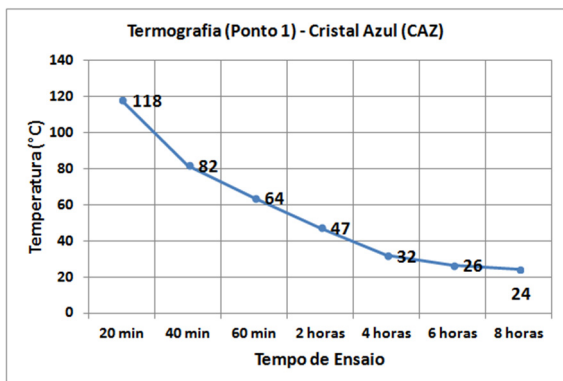


Gráfico 32 e Gráfico 33 - Decréscimo de temperatura durante o ensaio de termografia para o Cristal Azul e para o Rosa Monção.

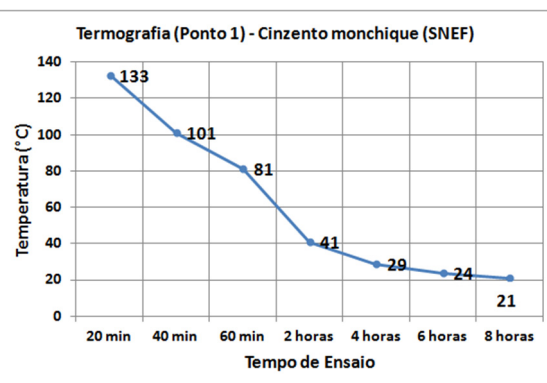
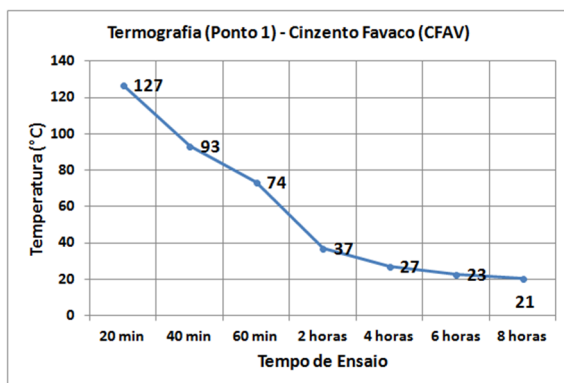


Gráfico 34 e Gráfico 35 - Decréscimo de temperatura durante o ensaio de termografia para o Cinzento Favaco e para o Cinzento Monchique.

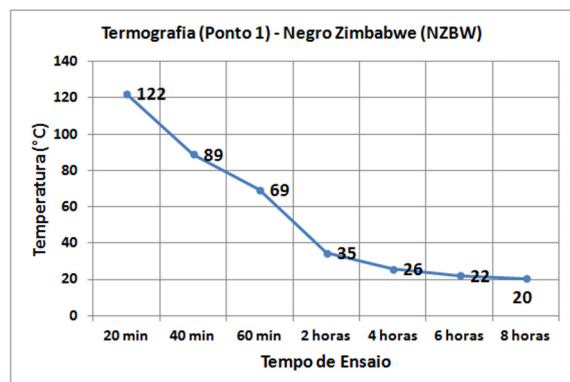
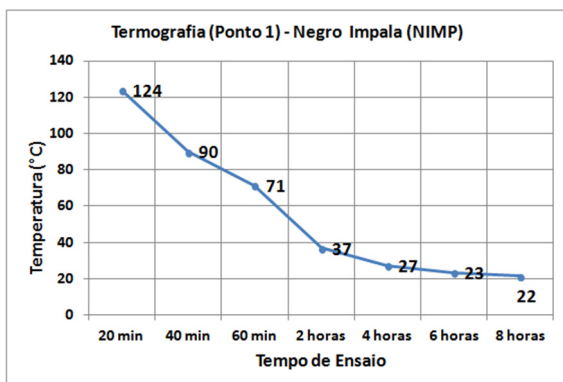


Gráfico 36 e Gráfico 37 - Decréscimo de temperatura durante o ensaio de termografia para o Negro Impala e para o Negro Zimbabwe.

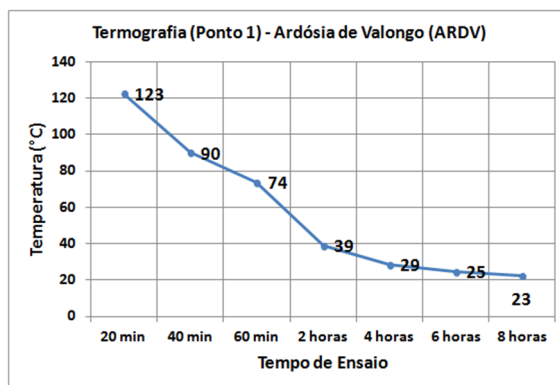
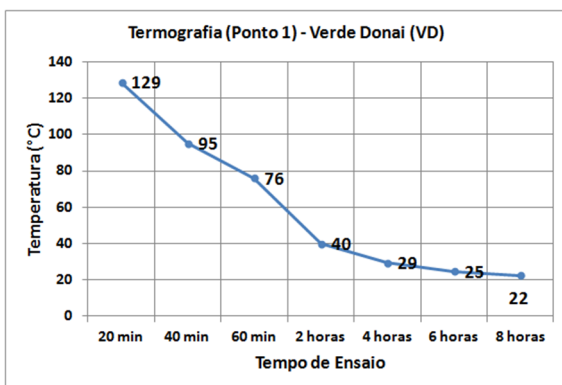


Gráfico 38 e Gráfico 39- Decréscimo de temperatura durante o ensaio de termografia para o Verde Donai e para a Ardósia de Valongo.

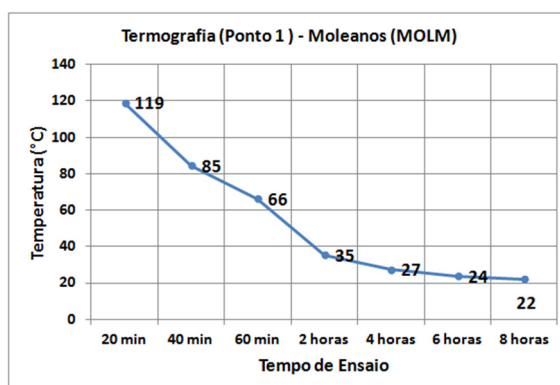
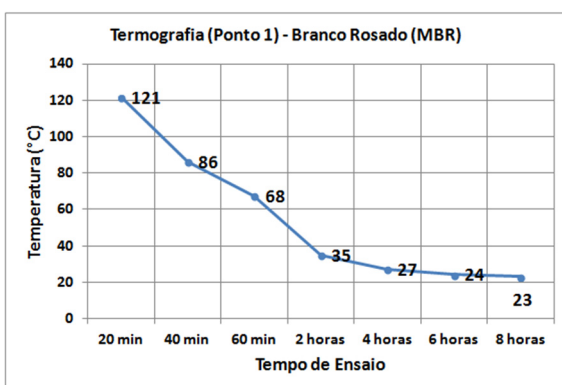


Gráfico 40 e Gráfico 41- Decréscimo de temperatura durante o ensaio de termografia para o Branco Rosado e para o Moleanos.

Constata-se que o padrão de perda de calor é muito semelhante ao longo do ensaio para todas as pedras naturais em estudo. Observa-se que aos 20 minutos de ensaio a pedra que apresenta maior temperatura superficial é o Cinzento Monchique, com 133°C, e a que apresenta menor valor o Cristal Azul, com 118 °C.

Até às duas horas de ensaio a perda de temperatura superficial é de cerca de 85 °C relativamente à temperatura inicial, com a exceção do Cristal Azul cujo decréscimo foi de apenas 70°C .

Ao fim de 4 horas de ensaio todas as pedras naturais em estudo apresentam temperaturas da ordem das temperaturas do termostato do piso radiante e ao fim de 6 horas, o Cristal Azul é a rocha que apresenta maior temperatura (26°C) e o Negro Zimbabwe (22°C) é a que apresenta menor temperatura. Ao fim de 8 horas a pedra que apresenta maior temperatura superficial é o Cristal Azul com 24°C, e o Negro Zimbabwe a que apresenta o menor valor, 20°C.

Estes resultados corroboram em primeira instância que a termografia é realmente um método aplicável para medir a temperatura superficial das rochas e avaliar de que modo se comportam ao longo do tempo.

Também parece corroborar os resultados do teste do piso radiante, uma vez que se constata que após uma perda inicial quase imediata, o ciclo de arrefecimento se dá, em média, cerca de duas horas após o início do ensaio.

Depois de todo o trabalho efetuado de caracterização, entendemos que seria interessante agrupar os diferentes materiais analisados de acordo com as características térmicas, de modo a diferenciá-los e a definir a melhor aplicabilidade em função das mesmas. Assim, apresenta-se a Tabela 46 que reúne a proposta de uma escala de valores para os parâmetros térmicos.

Tabela 46 - Escala de valores para os parâmetros térmicos.

Escala para Qualidade Térmica						
Escala	Kseca (W/m°C)	D (E ⁶ m ² /s)	Cp (E ⁶ J/m ³ °C)	C (J/kg°C)	R (m ² °C/W)	Arref. (minutos)
3	>3	1,3 - 1,7	-	>800	-	7 a 10
2	2 a 3	0,7-1,3	>2	750 -800	<0,010	5 a 7
1	1 a 2	<0,7	<2	650-750	>0,010	4 a 5

De acordo com esta escala classificamos cada um dos parâmetros atribuindo-lhes a pontuação adequada o que levou á seriação das pedras em estudo e definindo de certa forma a sua qualidade térmica, Tabela 47. A pontuação mais elevada corresponde a um melhor comportamento térmico tendo em conta todas as variáveis empregues, destacando-se o Amarelo Vila Real, o Cinzento Favaco e o Negro impala.

Tabela 47 - Seriação das pedras naturais estudadas com base nas suas características térmicas.

	Kseca (W/m°C)	Classif.	Difusividade (E ⁶ m ² /s)	Classif.	Cap. Térmica (E ⁶ J/m ³ °C)	Classif.	Calor Espec. (J/kg°C)	Classif.	Res. Térmica (m ² °C/W)	Classif.	Arref. (min.)	Classif.	Qualidade Térmica
AVR	3,347	3	1,7	3	2,03	2	786	2	0,006	2	4,3	1	13
CPS	2,072	2	1,1	2	1,88	1	734	1	0,010	2	6,0	2	10
CAZ	2,341	2	1,2	2	2,04	2	768	2	0,008	2	5,4	2	12
RM	1,991	2	1,1	2	1,90	1	726	1	0,011	1	7,0	3	10
CFAV	2,656	2	1,3	3	2,08	2	778	2	0,008	2	5,6	2	13
SNEF	2,624	2	1,4	3	1,89	1	742	2	0,011	1	9,2	3	12
NIMP	2,659	2	1,1	2	2,38	2	810	3	0,008	2	6,0	2	13
NZBW	2,524	2	1,2	2	2,17	2	740	1	0,007	2	4,8	1	10
ARDV	1,287	1	0,7	1	1,90	1	677	1	0,016	1	10,4	3	8
VD	2,822	2	1,5	3	1,91	1	691	1	0,007	2	4,9	1	10
MBR	2,742	2	1,2	2	2,20	2	823	3	0,007	2	5,0	1	12
MOLM	2,407	2	1,2	2	1,80	1	749	2	0,009	2	5,5	2	11

CAPÍTULO 9

ANÁLISE EM COMPONENTES PRINCIPAIS

9. ANÁLISE EM COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP)

Atualmente, a estatística apresenta-se como umas das principais ferramentas para a análise e avaliação de dados, particularmente pela utilização de técnicas multivariadas que se mostram robustas para as situações em que exista uma boa estrutura de correlações, tal como sucede no caso de estudo que aqui se apresenta.

Nas Geociências, a informação que habitualmente se utiliza apresenta-se organizada sob a forma de matrizes, formada por n linhas (a que normalmente correspondem os n valores amostrados ou indivíduos) e por p colunas (às quais se fazem corresponder as p variáveis ou atributos).

A extensão e multidimensionalidade dos dados compilados levam o investigador ao uso de técnicas estatísticas que procuram fazer revelar, por via de uma adequada sintetização da informação disponível, eventuais relações entre as entidades em estudo.

As referidas técnicas permitem o tratamento dos dados de partida com um mínimo de pressupostos teóricos, evidenciando e reunindo as principais estruturas relacionais entre as diferentes variáveis, entre os próprios indivíduos ou mesmo ainda entre as variáveis e indivíduos.

Góis (1998), afirma que a Análise em Componentes Principais (expressão doravante substituída pelo acrónimo ACP) “...é uma técnica com objetivo essencialmente descritivo e adaptada por excelência ao tratamento de dados contidos em quadros multidimensionais de grandes dimensões”.

Segundo Sousa (2000), a Análise em Componentes Principais, formulada independentemente por Pearson (1901) e Hotteling (1933), também constitui um ajuste aos métodos fatoriais para extrair as principais características estruturais de um grupo de dados mensuráveis.

Trata-se, então, de uma aplicação estatística incluída na família dos métodos fatoriais e pode considerar-se uma técnica aplicada, por excelência, sobre matrizes de dados quantitativos. Tirando partido de conceitos geométricos, a ACP é uma técnica de análise de dados com introdução de novas variáveis que substituem as variáveis originais, entendidas como eixos definidores de um espaço onde as amostras se encontram posicionadas, obtidas a partir de um sistema com um melhor ajustamento à nuvem de pontos formada pelas amostras.

Os valores médios e variâncias das variáveis de base apresentam-se, em termos gerais, bem distintas, como resultado do facto das variáveis serem por vezes expressas em diferentes unidades de medida (% , ppm, Kg, m, cm, entre outras). Assim, esse facto pode traduzir-se nos

resultados obtidos pós tratamento da informação e, normalmente, refletem apenas o efeito das diferentes unidades de medida utilizadas na medição das variáveis.

Fernandes (2006), afirma que “uma outra característica habitualmente associada a este tipo de informação consiste no facto de as variáveis serem medidas em amostras caracterizadas por conjuntos de 1, 2 ou 3 coordenadas espaciais e em questões pontuais por uma outra coordenada (temporal) recolhidas em pontos, ou medidas em volumes centrados nesses pontos, localizados no espaço geográfico”. Ainda segundo aquele autor, “trata-se também de informação geo-referenciada suscetível (quando em quantidade suficiente) de ser tratada pelas metodologias geoestatísticas há muito consagradas para o efeito”.

No sentido de salvaguardar o facto de os resultados da análise dos dados de partida reflectirem somente o efeito das diferentes unidades das variáveis de medida pode-se operar, a partir da Equação 31, a transformação da matriz de dados **Z** originais numa outra matriz **T**, de elemento genérico t_{ij} (Sousa, 1988).

$$t_{ij} = \frac{1}{\sqrt{n}} \frac{z_{ij} - \bar{z}_j}{s_j} \quad [\text{Equação 31}]$$

em que j e s_j representam respetivamente, a média aritmética e o desvio padrão dos valores tomados pela variável j .

As variáveis obtidas são agora adimensionais, em resultado da normalização dos dados e apresentam média nula e variância unitária. A posição de um indivíduo no espaço das variáveis R^p e a posição de uma variável no espaço dos indivíduos R^n são representadas por vetores a que correspondem respetivamente, cada linha de **T** e cada coluna de **T**. A matriz **T** pode ser compreendida como duas nuvens de pontos distintos em função do espaço seleccionado.

Encontrar um novo sistema de eixos que se ajuste o melhor possível, com base em critérios antecipadamente definidos, às nuvens de pontos R^p ou R^n é o objetivo da ACP.

Os eixos fatoriais obtêm-se através dos vetores próprios u_α da chamada matriz de inércia das amostras, dada por $\mathbf{T}'\mathbf{T}$ (Pereira & Sousa, 1988), quando aplicado à análise em R^p , e os novos eixos são ordenados a partir dos valores próprios λ_α da matriz de inércia, com base no critério dos mínimos quadrados. O mesmo critério, quando aplicado à análise em R^n , em que vetores próprios v_α , da matriz de inércia das variáveis dadas por \mathbf{TT}' , permitem obter os eixos fatoriais, sendo os novos eixos ordenados pelos valores próprios μ_α da matriz de inércia.

Os p primeiros valores próprios de $\mathbf{T}\mathbf{T}'$ são iguais aos valores próprios de $\mathbf{T}'\mathbf{T}$ e os restantes $n-p$ são nulos, admitindo que $p < n$, assim como os p primeiros eixos fatoriais são colineares e estão relacionados pelas seguintes relações de transição, dadas pelas Equações 32 e 33 (Sousa, 1988):

$$v_\alpha = \frac{1}{\sqrt{\lambda_\alpha}} T u_\alpha \quad [\text{Equação 32}]$$

$$u_\alpha = \frac{1}{\sqrt{\lambda_\alpha}} T' v_\alpha \quad [\text{Equação 33}]$$

Segundo Pereira & Sousa (1988), o número de primeiros eixos fatoriais escolhidos, com base num critério previamente definido, devem explicar uma proporção importante da inércia total e representar os traços principais contidos nos dados de partida.

As principais estruturas presentes devem obter-se da análise da projecção das amostras e das variáveis nos planos formados pelos primeiros eixos factoriais, através das proximidades e oposições entre variáveis e entre amostras. As referidas relações de transição conduzem à projecção simultânea das amostras e das variáveis nos mesmos planos fatoriais, a qual se revela vantajosa sob o ponto de vista da interpretação dos resultados.

Os vectores próprios e valores próprios da matriz de inércia $\mathbf{T}'\mathbf{T}$, obtidos através da ACP, têm o elemento genérico dado pela Equação 34 (Sousa, 1988):

$$r_{ij}' = \sum_{i=1}^n t_{ij} t_{ij}' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(z_{ij} - \bar{z}_j)(z_{ij}' - \bar{z}_{j'})}{s_j s_{j'}} \quad [\text{Equação 34}]$$

A análise estatística realizada contemplou os estatísticos básicos e histogramas relativos às variáveis consideradas e a utilização da Análise em Componentes Principais para descrever, ainda que de modo sucinto, as estruturas relacionais eventualmente presentes no conjunto de dados. Contudo, e especialmente tendo em conta o reduzido número de amostras, esta análise poderá apresentar algumas limitações que impeçam uma interpretação consistente e mais abrangente dos estatísticos básicos.

Os dados de partida relativos às propriedades físicas e térmicas, à composição química e mineralógica das pedras naturais analisadas apresentam-se nas Tabelas 48, 49 e 50.

Tabela 48 - Propriedades físicas e térmicas das amostras.

Tipo	Massa Volúmica (Kg/m ³)	Porosidade (%)	Ab. Água (%)	Dilatação Térmica (10 ⁻⁶ mm/°C)	Poder Calorífico (J/Kg°C)	K Seca (W/m°C)	Kisomet (w/m°C)	Capacidade Térmica (E6 J/m ³ °C)	Difusividade (E-6 m ² /s)
AVR	2580	1,92	0,68	7,50	786,16	3,35	2,36	2,32	1,02
CPS	2558	0,82	0,44	6,20	733,58	2,07	2,02	1,89	0,85
CAZ	2660	0,39	0,22	7,40	768,23	2,34	1,88	1,71	0,78
RM	2611	0,97	0,33	7,00	725,71	1,99	2,71	2,42	1,12
CAVA	2672	0,44	0,32	5,60	778,07	2,66	1,9	1,82	0,79
SNEF	2550	0,7	0,3	6,50	741,66	2,62	1,72	2,14	0,8
NIMP	2938	0,22	0,16	5,00	743,72	2,66	2,18	2,31	0,94
NZBW	2939	0,46	0,11	6,40	739,96	2,52	2,97	2,53	1,17
ARDV	2811	1,14	0,51	7,70	676,98	1,29	2,63	2,23	1,18
VD	2758	0,29	0,07	6,00	754,37	2,82	2,87	2,42	1,19
MBR	2678	0,32	0,16	4,00	849,03	2,74	2,78	2,42	1,15
MOLM	2408	8,68	3,88	3,60	710,11	2,05	2,32	2,39	0,97

Tabela 49 - Composição química das amostras (dados em %).

Tipo	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ T	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	LOI
AVR	73,97	14,96	1,19	0,01	0,09	0,48	2,76	5,17	0,16	0,38	0,83
CPS	72,37	14,37	1,56	0,04	0,17	1,31	3,34	5,91	0,18	0,08	0,67
CAZ	71,87	14,71	2,29	0,02	0,38	1,46	2,51	5,65	0,36	0,23	0,53
RM	73,88	12,68	2,54	0,03	0,23	1,48	3,20	5,03	0,31	0,10	0,52
CAVA	66,23	16,09	4,25	0,05	1,35	2,58	2,17	5,16	0,83	0,38	0,92
SNEF	55,71	21,67	3,04	0,10	0,51	1,55	7,99	6,73	0,69	0,10	1,92
NIMP	54,41	16,45	7,84	0,15	7,21	12,10	1,49	0,15	0,14	0,01	0,03
NZBW	55,36	8,98	11,80	0,18	9,71	10,30	1,01	1,21	0,93	0,10	0,41
ARDV	62,96	16,24	7,07	0,09	2,81	1,00	1,30	3,62	0,79	0,17	3,96
VD	42,25	0,54	8,14	0,12	34,94	1,17	0,00	0,00	0,01	0,00	13,57
MBR	0,31	0,00	0,09	0,01	0,47	55,94	0,00	0,00	0,02	0,01	43,73
MOLM	0,00	0,00	0,04	0,00	0,23	57,88	0,00	0,00	0,01	0,01	42,68

Tabela 50 - Composição mineralógica das amostras (dados em %).

Tipo	Calcite	Mica (Moscovite + Sericite)	Microclina	Quartzo	Plagioclase	Anfibola	Moscovite	Oligoclase	Biotite	Horneblenda	Feldspato K	Nefelina	Aegirina (Augite)	Esfena	Cloritóide + Clorite	Serpentina	Dolomite	Piroxenas	Outros
AVR	-	-	32,0	27,0	26,0	-	11,0	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0
CPS	-	-	36,0	25,0	-	-	-	32,0	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0
CAZ	-	-	35,0	20,0	-	-	-	25,0	16,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0
RM	-	-	34,0	26,0	-	-	-	28,0	9,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0
CAVA	-	-	-	8,0	56,0	-	14,0	-	-	19,0	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0
SNEF	-	-	-	-	-	-	-	-	8,0	-	46,0	20,0	12,0	8,0	-	-	-	-	6,0
NIMP	-	-	-	-	60,0	-	-	-	-	1,0	1,0	-	17,0	-	-	-	-	20,0	1,0
NZBW	-	-	-	3,5	28,0	10,0	-	-	2,0	1,0	3,0	-	-	-	1,3	-	-	49,0	2,2
ARDV	-	66,0	-	4,0	-	-	-	-	-	-	5,0	-	-	-	25,0	-	-	-	-
VD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	98,0	-	-	-
MBR	94,0	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0	-	1,0
MOLM	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

9.1. VARIÁVEIS RELATIVAS ÀS PROPRIEDADES FÍSICAS E TÉRMICAS

A Tabela 51 apresenta os estatísticos básicos relativos às propriedades físicas e térmicas das amostras estudadas. Pode constatar-se que a maioria das variáveis analisadas apresentam variações da ordem dos 50%, com particular destaque para a porosidade (máximo: MOLM; Mínimo: NIMP), a absorção de água (máximo: MOLM; Mínimo: VD), a dilatação térmica (máximo: ARDV; Mínimo: MOLM) e a condutividade seca (máximo: AVR; Mínimo: ARDV).

Tabela 51 - Estatísticos básicos referentes às propriedades físicas e térmicas das amostras estudadas.

Estatística	Massa Volúmica	Porosidade	Absorção Água	Dilatação Térmica	Poder Calorífico	K _{Seca}	K _{isomet}	Capacidade Térmica	Difusividade
N.º observações	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mínimo	2408,000	0,220	0,070	3,600	676,977	1,287	1,720	1,710	0,783
Máximo	2939,000	8,680	3,880	7,700	849,028	3,347	2,968	2,530	1,188
Amplitude	531,000	8,460	3,810	4,100	172,051	2,060	1,248	0,820	0,405
1º Quartil	2574,500	0,373	0,160	5,450	731,613	2,066	1,989	2,075	0,842
Mediana	2666,000	0,580	0,310	6,300	742,691	2,574	2,343	2,312	0,994
3º Quartil	2771,250	1,013	0,458	7,100	770,686	2,680	2,729	2,416	1,159
Média	2680,250	1,363	0,598	6,075	750,631	2,426	2,363	2,216	0,998
Variância	25262,386	5,541	1,099	1,764	1840,174	0,275	0,183	0,072	0,026
Desvio-padrão	158,941	2,354	1,048	1,328	42,897	0,524	0,428	0,268	0,163
Assimetria	0,274	2,804	2,865	-0,609	0,643	-0,495	-0,038	-0,794	-0,125

9.2. VARIÁVEIS RELATIVAS À COMPOSIÇÃO QUÍMICA

A Tabela 52 apresenta os estatísticos básicos relativos à composição química das amostras estudadas. Pode constatar-se que as amostras MOLM e MBR são quase isentas de sílica em oposição à amostra AVR que apresenta o valor máximo. Os óxidos de sódio e potássio não foram detectados nas amostras MOLM, MBR e VD e apresentaram os valores máximos associados à amostra SNEF, como seria de esperar. Os valores máximos dos óxidos de magnésio e cálcio registaram-se nas amostras de VD e nas amostras MBR e MOLM, respetivamente.

Tabela 52 - Estatísticos básicos referentes à composição química das amostras estudadas.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ T	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	LOI
N.º observações	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mínimo	0,000	0,000	0,040	0,000	0,090	0,480	0,000	0,000	0,010	0,000	0,030
Máximo	73,970	21,670	11,800	0,180	34,940	57,880	7,990	6,730	0,930	0,380	43,730
Amplitude	73,970	21,670	11,760	0,180	34,850	57,400	7,990	6,730	0,920	0,380	43,700
1º Quartil	48,330	4,760	1,375	0,015	0,230	1,240	0,505	0,075	0,080	0,010	0,525
Mediana	59,335	14,540	2,790	0,045	0,490	1,515	1,830	4,325	0,245	0,100	0,875
3º Quartil	72,120	16,165	7,455	0,110	5,010	11,200	2,980	5,410	0,740	0,200	8,765
Média	52,443	11,391	4,154	0,067	4,842	12,271	2,148	3,219	0,369	0,131	9,148
Variância	632,767	49,517	12,727	0,003	91,355	411,891	4,454	6,753	0,110	0,017	244,666
Desvio-padrão	25,155	7,037	3,567	0,057	9,558	20,295	2,111	2,599	0,332	0,130	15,642
Assimetria	-1,140	-0,567	0,633	0,539	2,235	1,467	1,326	-0,164	0,437	0,812	1,418

9.3. HISTOGRAMAS RELATIVOS ÀS VARIÁVEIS FÍSICAS E TÉRMICAS

A Figura 102 apresenta os histogramas relativos às variáveis físicas e térmicas das amostras. A maioria das amostras exibe valores de massa volúmica situados entre 2500 Kg/m³ e 2900 Kg/m³, ao contrário do verificado para os valores da porosidade e da absorção de água cuja maioria se situa entre 0,2% e 2% e 0,1% e 0,7%, respetivamente. As restantes propriedades exibem valores dispersos entre o máximo e o mínimo registados.

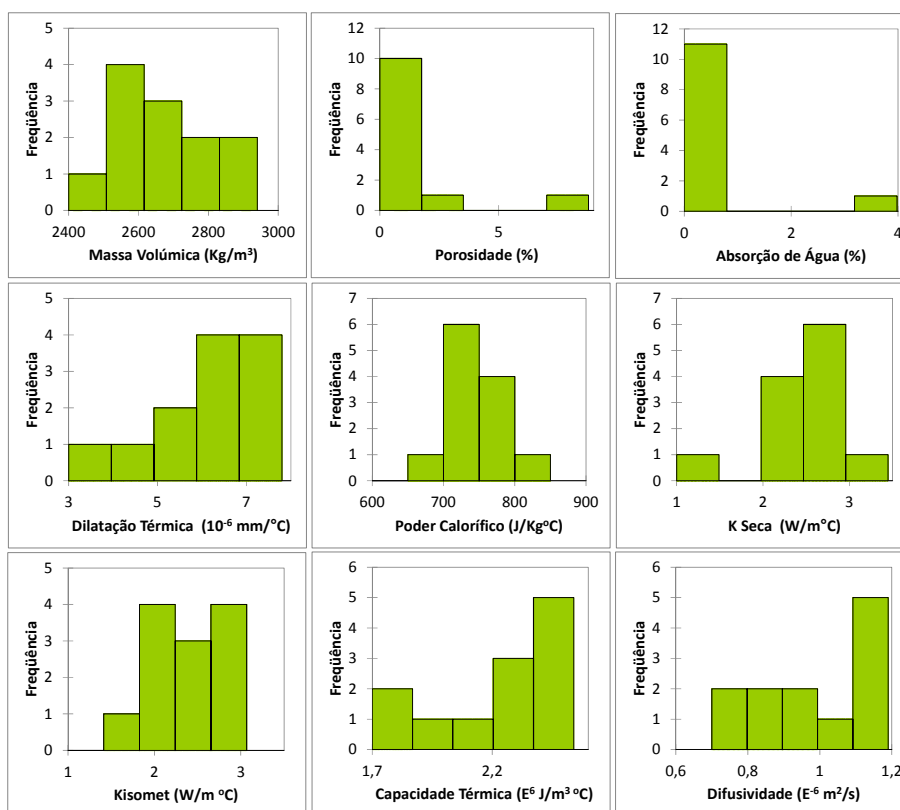


Figura 102 - Histogramas relativos às variáveis físicas e térmicas das amostras.

9.4. HISTOGRAMAS RELACIONADOS COM A COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS

Constata-se, pela observação do SiO₂, que a maioria das amostras apresenta valores compreendidos entre 42% e 74% (Figura 103a). Pode destacar-se, ainda, os valores de Al₂O₃ e Fe₂O₃ com variações compreendidas entre 9% e 22% e 1% e 12%, respetivamente (Figura 103b e Figura 103c). Os restantes compostos ocorrem com valores de teor muito próximos e a situarem-se no mesmo intervalo, excetuando-se o MgO, o CaO e a Perda ao Rubro que exibem alguns picos (Figura 103e e Figura 103f).

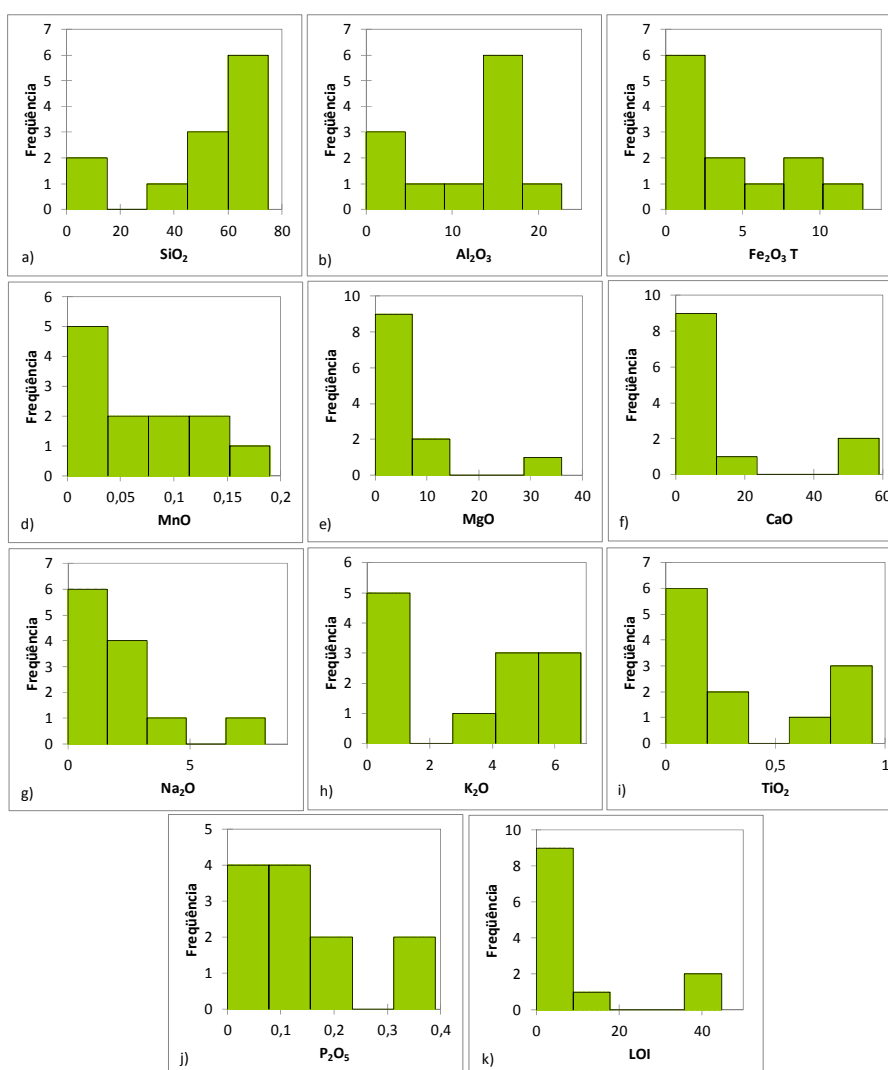


Figura 103 - Histogramas relacionadas com a composição química das amostras.

9.5. ANÁLISE EM COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP)

A ACP foi utilizada neste trabalho para uma breve descrição das estruturas relacionais eventualmente presentes no conjunto de dados. A informação de partida a tratar nesta fase, encontra-se configurada numa matriz, formada por 12 amostras de pedra natural, de que são conhecidos os valores de 9 propriedades físicas e térmicas, os teores de 11 elementos químicos e a composição mineralógica (Tabela 53) referentes às amostras em avaliação. A análise da matriz de Pearson evidencia fortes correlações entre os seguintes pares de variáveis:

Variáveis físicas e composição química com correlação positiva

- massa volúmica com o ferro total/óxido de manganésio/piroxenas, a porosidade com a absorção de água/óxido de cálcio/calcite, a absorção de água o óxido de cálcio/calcite/perda ao rubro, a dilatação térmica com a sílica/alumina, o poder calorífico com a condutividade seca, a condutividade térmica Isomet com a capacidade térmica/difusividade, a capacidade térmica com a difusividade, a sílica com a alumina/óxido de potássio/óxido de fósforo/microclina/quartzo, a alumina com óxido de sódio/óxido de potássio, o ferro total com o óxido de manganésio/ óxido de magnésio/ anfíbolas, o óxido de manganésio com as anfíbolas/piroxenas, o óxido de magnésio com a serpentinite, o óxido de cálcio com a calcite/dolomite/perda ao rubro, o óxido de sódio com o óxido de potássio/feldspato potássico/nefelina/esfena, o óxido de potássio com o óxido de fósforo/microclina/quartzo/biotite, o óxido de fósforo com a moscovite e a perda ao rubro com a calcite.

Variáveis físicas e composição química com correlação negativa

- massa volúmica com a porosidade/absorção de água, a porosidade com a perda ao rubro, a dilatação térmica com o óxido de cálcio/óxido de potássio/calcite/perda ao rubro, a condutividade térmica Isomet com a alumina/óxido de sódio/óxido de potássio, a capacidade térmica com o óxido de potássio, a difusividade com o óxido de potássio, a sílica com o óxido de cálcio/calcite/dolomite e perda ao rubro, a alumina com o óxido de cálcio/calcite e perda ao rubro, o óxido de cálcio com óxido de potássio e o óxido de potássio com a perda ao rubro

Relativamente aos minerais presentes nos materiais amostrados verificaram-se correlações positivas significativas entre a calcite e a dolomite, a mica (moscovite+sericite) com o cloritóide + clorite, a microclina com o quartzo/oligoclase/biotite, o quartzo com a oligoclase e a biotite, a

plagioclase com a moscovite e a hornblenda, as anfíbolas com as piroxenas, a moscovite com a hornblenda, a oligoclase com a biotite, a microclina com a nefelina/esfena, e a nefelina com a esfena.

Pretendeu-se, ainda, verificar quais as variáveis presentes que eventualmente apresentam maior influência nos valores da condutividade térmica seca, avaliados para as diferentes pedras naturais estudadas. Assim, de entre as variáveis que mais podem influenciar o comportamento térmico das pedras naturais, tendo em conta os valores das correlações registadas, destaca-se a correlação positiva com o poder calorífico (calor específico), e correlações negativas com a presença de mica (moscovite+sericite) e a presença de cloritóide + clorite.

Tabela 53 - Matriz de correlações de Pearson.

Varíaveis	MVol	Por	Abág	DIter	PCal	Ksac	Ksco	Cter	DF	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ T	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	LOI	Cal	Mica (mos+ser)	Mtr	Quar	Plag	Anf	Mosc	Olig	Bio	Horn	FeldK	Nef	Aug	Esf	Clort+Clor	Serp	Dol	Pir	Out			
MVol	1	-0.602	-0.603	0.169	-0.030	0.027	0.413	0.241	0.406	0.201	0.104	0.868	0.805	0.416	-0.282	-0.312	-0.379	0.354	-0.117	-0.868	-0.415	0.259	-0.361	-0.331	0.490	0.513	-0.142	-0.282	-0.280	0.038	-0.187	-0.258	0.281	-0.258	0.300	0.154	-0.004	0.690	-0.152		
Por	-0.602	1	0.977	-0.467	-0.330	-0.222	-0.028	0.219	-0.029	-0.539	-0.415	0.405	-0.420	-0.317	0.622	-0.230	-0.272	-0.310	-0.168	0.597	0.648	-0.030	-0.112	-0.138	-0.221	-0.121	-0.053	-0.158	-0.209	-0.139	-0.104	-0.089	-0.184	-0.089	-0.048	-0.143	-0.132	-0.175	-0.333		
Abág	-0.603	0.977	1	-0.500	-0.329	-0.245	-0.073	0.166	-0.076	-0.549	-0.404	-0.425	-0.269	-0.310	0.173	0.594	0.689	-0.027	-0.131	-0.202	-0.147	-0.053	-0.148	-0.148	-0.148	-0.148	-0.148	-0.148	-0.148	-0.148	-0.148	-0.148	-0.148	-0.148	-0.148	-0.148	-0.148	-0.148	-0.148		
DIter	0.169	-0.467	-0.500	1	-0.300	-0.142	-0.061	-0.270	0.005	0.855	0.629	0.230	0.121	-0.026	-0.850	0.675	0.450	0.537	-0.788	-0.802	0.385	0.519	0.564	-0.134	0.077	0.126	0.384	0.516	-0.123	0.144	0.101	-0.157	0.101	0.81	-0.018	-0.492	-0.026	0.307			
PCal	-0.030	-0.330	-0.329	-0.300	1	0.735	0.008	-0.051	-0.073	-0.265	-0.267	-0.331	-0.296	-0.034	0.294	-0.119	-0.111	-0.304	0.159	0.305	-0.292	-0.541	0.037	0.041	0.161	0.078	0.335	-0.132	0.013	0.196	-0.132	-0.066	-0.083	-0.066	-0.547	0.027	0.722	-0.095	0.126		
Ksac	0.027	-0.222	-0.245	-0.142	0.735	1	-0.067	0.110	-0.131	-0.041	-0.086	-0.047	0.086	0.237	-0.008	0.063	-0.059	-0.262	0.235	-0.066	-0.038	-0.084	-0.011	0.014	0.405	0.059	0.472	-0.345	-0.057	0.150	0.052	0.119	0.091	0.119	-0.067	0.238	0.190	0.111	0.146		
Ksco	0.413	-0.028	-0.073	-0.061	0.008	-0.067	1	0.805	0.975	-0.307	-0.634	0.406	0.250	0.473	0.233	-0.646	-0.628	-0.118	-0.369	0.299	0.200	0.200	-0.218	-0.171	-0.188	0.446	-0.281	-0.437	-0.329	-0.430	-0.473	-0.403	-0.473	0.255	0.376	0.310	0.373	-0.562			
Cter	0.241	0.129	0.166	-0.270	0.051	0.110	0.805	1	0.828	-0.461	-0.523	0.295	0.305	0.344	0.383	-0.374	-0.665	-0.212	-0.503	0.380	0.326	0.017	-0.384	-0.354	-0.075	0.369	-0.301	-0.654	-0.522	-0.439	-0.066	-0.093	0.034	-0.099	0.655	0.235	0.235	0.395	-0.421		
DF	0.406	-0.028	-0.076	-0.005	-0.073	-0.131	0.975	0.828	1	-0.297	-0.351	0.394	0.252	0.452	0.201	-0.371	-0.594	-0.106	-0.380	0.286	0.178	0.352	-0.266	-0.218	-0.234	0.340	-0.313	-0.385	-0.475	-0.396	-0.320	-0.375	-0.315	-0.375	0.402	0.367	0.302	0.385	-0.800		
SiO ₂	0.201	-0.539	-0.549	0.855	-0.265	-0.041	-0.307	-0.461	-0.397	1	0.792	0.240	0.178	-0.098	-0.941	0.501	0.742	0.439	0.588	-0.862	-0.929	0.126	0.577	0.648	0.231	0.035	0.303	0.462	0.486	0.170	0.056	0.039	0.044	0.039	0.119	-0.122	-0.625	0.043	0.375		
Al ₂ O ₃	0.104	-0.415	-0.404	0.629	-0.267	-0.086	-0.084	-0.523	-0.551	0.792	1	0.089	0.179	-0.429	-0.716	0.763	0.775	0.554	0.521	-0.819	-0.724	0.208	0.279	0.334	0.319	-0.103	0.265	0.206	0.412	0.209	0.466	0.440	0.451	0.440	0.167	-0.465	-0.488	-0.014	0.586		
Fe ₂ O ₃ T	0.868	-0.405	-0.415	0.230	-0.047	0.406	0.295	0.384	0.240	0.089	1	0.996	0.594	-0.398	-0.323	0.496	-0.141	-0.437	-0.512	0.246	-0.446	-0.404	0.387	0.646	-0.155	-0.331	-0.297	0.059	-0.019	-0.094	0.209	-0.094	0.309	0.337	-0.343	0.740	-0.103	0.309	0.337	-0.343	0.740
MnO	0.805	-0.420	-0.425	0.121	-0.296	0.036	0.250	0.305	0.262	0.178	0.792	0.936	1	0.538	-0.353	0.013	-0.294	0.443	-0.292	-0.419	-0.481	0.122	-0.507	-0.302	0.381	0.594	-0.264	-0.558	-0.270	-0.033	0.239	0.175	0.479	0.175	0.177	0.280	-0.297	0.719	0.038		
MgO	0.416	-0.217	-0.223	-0.026	-0.034	0.237	0.473	0.344	0.452	-0.098	-0.429	0.594	0.538	1	-0.188	-0.376	-0.499	-0.187	-0.360	-0.005	-0.210	-0.064	-0.341	-0.381	-0.016	0.154	-0.188	-0.275	-0.320	-0.099	-0.133	-0.137	-0.019	-0.137	0.020	0.949	-0.138	0.176	-0.338		
CaO	-0.282	0.610	0.622	-0.852	0.294	0.008	0.233	0.383	0.201	-0.941	-0.716	-0.398	-0.353	-0.188	1	-0.495	-0.642	-0.446	-0.472	0.946	0.984	-0.167	-0.385	-0.442	-0.171	-0.029	-0.232	-0.307	-0.386	-0.147	-0.181	-0.159	-0.088	-0.159	-0.184	-0.165	0.649	-0.029	-0.353		
Na ₂ O	-0.312	-0.248	-0.250	0.430	-0.119	0.063	-0.645	-0.374	-0.571	0.501	0.763	-0.203	0.013	-0.376	-0.495	1	0.797	0.347	0.244	-0.318	-0.455	-0.121	0.271	0.259	-0.097	-0.163	0.059	0.245	0.553	-0.010	0.817	0.835	0.423	0.835	-0.155	-0.307	-0.307	-0.192	0.806		
K ₂ O	-0.379	-0.272	-0.269	0.675	-0.111	-0.093	-0.628	-0.665	-0.594	0.742	0.775	-0.323	-0.294	-0.499	-0.642	0.797	1	0.401	0.632	-0.629	-0.554	0.047	0.607	0.654	-0.118	-0.233	0.332	0.513	0.662	0.196	0.394	0.407	-0.059	0.407	0.005	-0.374	-0.374	-0.362	0.650		
TiO ₂	0.354	-0.316	-0.310	0.450	-0.304	-0.262	-0.118	-0.212	-0.106	0.439	0.554	0.496	0.443	-0.187	-0.446	0.347	0.401	1	0.431	-0.328	-0.477	0.382	-0.246	-0.118	0.255	0.509	0.222	-0.161	0.064	0.437	0.365	0.291	-0.002	0.291	0.386	-0.326	-0.317	0.406	0.474		
P ₂ O ₅	-0.117	-0.168	-0.173	0.537	0.159	0.235	-0.369	-0.503	-0.380	0.588	0.521	-0.141	-0.292	-0.360	-0.472	0.244	0.632	0.431	1	-0.480	-0.416	0.091	0.340	0.504	0.360	-0.072	0.852	-0.001	0.189	0.565	-0.073	-0.283	-0.072	0.063	-0.304	-0.281	-0.178	0.274			
LOI	-0.368	0.587	0.594	-0.788	0.305	-0.006	0.299	0.380	0.386	-0.962	-0.819	-0.437	-0.419	-0.005	0.946	-0.518	-0.629	-0.528	-0.480	1	0.973	-0.100	-0.384	-0.447	-0.356	-0.168	-0.234	-0.314	-0.398	-0.178	-0.167	-0.139	-0.234	-0.139	-0.103	0.085	0.667	-0.230	-0.417		
Cal	-0.415	0.648	0.659	-0.802	0.292	-0.038	0.200	0.326	0.178	-0.929	-0.724	-0.512	-0.481	-0.210	0.984	-0.455	-0.554	-0.477	-0.416	0.973	1	-0.135	-0.316	-0.371	-0.288	-0.135	-0.198	-0.256	-0.334	-0.150	-0.163	-0.135	-0.135	-0.135	-0.135	-0.135	-0.135	-0.135			
Mica (mos+ser)	0.259	-0.030	-0.027	0.385	-0.541	-0.684	0.200	0.017	0.352	0.126	0.208	0.246	0.122	-0.064	-0.167	0.121	0.047	0.382	0.091	-0.100	-0.135	1	-0.361	-0.112	-0.131	0.519	0.097	-0.011	-0.218	-0.384	-0.666	0.577	0.279	-0.446	-0.507	-0.341	-0.385	0.701	0.607	-0.240	-0.344
Mtr	-0.361	-0.112	-0.131	0.315	-0.097	-0.011	-0.218	-0.384	-0.666	0.577	0.279	-0.446	-0.507	-0.341	-0.385	0.701	0.607	-0.240	-0.344	-0.341	0.316	-0.13	1	0.963	-0.260	0.213	0.073	0.838	0.710	0.237	0.257	-0.213	-0.310	-0.213	-0.243	-0.213	-0.213	-0.213	-0.213		
Quar	-0.331	-0.138	-0.160	0.564	0.041	0.014	-0.171	-0.354	-0.118	0.648	0.334	-0.404	-0.502	-0.381	-0.442	0.559	0.654	-0.118	0.504	-0.447	0.371	-0.153	0.963	1	-0.130	-0.167	0.177	0.732	0.579	-0.066	-0.300	-0.263	-0.384	-0.263	-0.184	-0.263	-0.236	-0.263			
Plag	0.490	-0.221	-0.202	-0.134	0.161	0.405	-0.188	-0.075	-0.124	0.231	0.319	0.387	0.381	-0.016	-0.171	-0.097	-0.118	0.255	0.360	-0.356	-0.288	-0.194	-0.260	-0.130	1	0.190	0.578	-0.370	-0.379	0.622	-0.192	-0.194	0.420	-0.194	-0.202	-0.194	-0.194	-0.202	-0.194		
Anf	0.513	-0.121	-0.147	0.077	-0.078	0.059	0.446	0.369	0.340	0.035	-0.303	0.646	0.154	-0.029	-0.163	-0.233	0.509	-0.072	-0.168	-0.135	-0.091	-0.091	-0.213	-0.167	0.190	1	-0.134	-0.173	-0.102	0.043	0.038	-0.091	-0.132	-0.091	-0.047	-0.091	-0.091	0.921	0.059		
Mosc	-0.142	-0.053	-0.053	0.126	0.335	0.472	-0.301	-0.301	-0.313	0.303	0.625	-0.155	-0.264	-0.188	-0.232	0.059	0.332	0.222	0.852	-0.234	-0.198	-0.134	0.073	0.277	0.578	-0.134	1	-0.254	-0.212	0.756	-0.162	-0.134	-0.195	-0.134	-0.153	-0.134	-0.134				
Olig	-0.282	-0.158																																							

Os resultados obtidos através da ACP sobre os dados de partida (amostras/propriedades) encontram-se sintetizados nas tabelas seguintes, para os cinco primeiros eixos retidos, os quais explicam no seu conjunto cerca de 80% (Taxa de Inércia Transportada Acumulada) da variabilidade encontrada na matriz dos dados (Tabela 54).

Tabela 54 - Análise em Componentes Principais.

	F1	F2	F3	F4	F5
Valores Próprios	10,76	7,36	5,15	4,21	3,38
Taxa de Inércia Transportada (%)	27,59	18,87	13,20	10,80	8,66
Taxa de Inércia Transportada acumulada (%)	27,59	46,46	59,66	70,46	79,12

As coordenadas das variáveis nos eixos coincidem com o coeficiente de correlação com o eixo, ou seja, estarão contidas no intervalo [-1,+1]. Assim, as variáveis podem considerar-se relacionadas com o eixo sempre que o respetivo coeficiente de correlação com esse eixo seja superior a 0,5 (Tabela 55).

Tabela 55 - Coordenadas das variáveis.

	F1	F2	F3	F4	F5
MVol	-0,07	0,90	-0,07	0,16	-0,05
Por	-0,45	-0,50	0,07	-0,24	0,40
AbÁg	-0,45	-0,51	0,08	-0,23	0,42
DiITér	0,73	0,30	-0,39	-0,28	-0,08
PCal	-0,16	-0,28	0,08	0,72	-0,37
Ksec	0,00	-0,02	0,23	0,77	-0,39
KIso	-0,65	0,45	-0,35	-0,15	-0,22
Ctér	-0,66	0,34	0,11	-0,15	-0,19
Dif	-0,62	0,46	-0,29	-0,26	-0,15
SiO ₂	0,87	0,28	-0,36	0,01	-0,04
Al ₂ O ₃	0,91	0,14	0,14	-0,04	0,22
Fe ₂ O ₃ T	-0,03	0,98	0,02	0,00	0,00
MnO	0,02	0,92	0,31	-0,03	-0,10
MgO	-0,34	0,56	-0,04	0,04	-0,39
CaO	-0,81	-0,44	0,24	0,04	0,12
Na ₂ O	0,80	-0,17	0,48	-0,17	-0,12
K ₂ O	0,92	-0,28	-0,08	-0,10	0,06
TiO ₂	0,49	0,50	0,16	-0,05	0,45
P ₂ O ₅	0,60	-0,09	-0,32	0,42	0,42
LOI	-0,84	-0,47	0,18	-0,04	0,05
Cal	-0,77	-0,55	0,20	-0,02	0,13
Mica (mos+ ser)	0,01	0,32	-0,22	-0,59	0,55
Micr	0,51	-0,43	-0,60	-0,07	-0,37
Quar	0,54	-0,36	-0,66	0,04	-0,22
Plag	0,13	0,39	0,08	0,73	0,34
Anf	-0,11	0,60	0,03	0,08	-0,07
Mosc	0,30	-0,11	-0,18	0,71	0,44
Olig	0,44	-0,36	-0,49	-0,26	-0,40
Bio	0,65	-0,34	-0,10	-0,24	-0,43
Horn	0,23	0,04	0,00	0,64	0,53
Feld K	0,41	0,00	0,82	-0,29	-0,05
Nef	0,42	-0,08	0,83	-0,24	-0,11
Aug	0,20	0,22	0,69	0,05	-0,08
Esf	0,42	-0,08	0,83	-0,24	-0,11
Cloritó+ Clor	-0,02	0,38	-0,23	-0,59	0,52
Serp	-0,31	0,31	-0,09	0,00	-0,43
Dol	-0,52	-0,27	0,12	0,20	-0,20
Pir	-0,13	0,70	0,11	0,16	-0,07
Out	0,71	-0,12	0,48	0,06	-0,19

Os gráficos obtidos na ACP (Figura 104 a Figura 107) nos diferentes ensaios, assim como as interpretações dos mesmos, têm em atenção a relação dos eixos com as variáveis, assim como o afastamento das variáveis relativamente aos eixos que as separam (critérios geométricos de proximidade e afastamento). Quando pertinente, são tidos em conta os aspectos morfológicos da nuvem das projeções das amostras nos planos fatoriais. A qualidade da representação também depende, para além da proximidade das projeções, da representatividade da entidade projectada no plano fatorial.

Na Figura 104a, primeiro plano fatorial (eixo 1 e eixo 2), constata-se que as variáveis relacionadas com o primeiro eixo são a dilatação térmica, o teor em silício e o teor em alumina (semi-eixo positivo) e em oposição às variáveis teor em cálcio, percentagem de calcite e perda ao rubro (semi-eixo negativo). Ainda no mesmo plano fatorial e também relacionadas com o primeiro eixo é possível constatar a oposição entre as variáveis microclina, quartzo, biotite e teor em potássio (semi-eixo positivo) com as variáveis capacidade térmica, condutividade térmica (determinada pelo método isomet) e difusividade térmica (semi-eixo negativo).

Salienta-se que as variáveis projectadas no eixo 1 e no eixo 2, neste plano fatorial, representam cerca de 46% da respetiva variabilidade comportamental.

Ainda com significado relativamente à variabilidade representada, os eixos 3 e 4 com taxas de inércia de cerca de 13% e 11%, respetivamente, representam grupos de variáveis com clara oposição. Assim, o eixo 3 (Figura 105a) revela de modo menos acentuado alguma oposição entre as variáveis augite, nefelina, feldspato potássico e esfena com as variáveis difusividade térmica e condutividade térmica (pelo método isomet).

No terceiro plano fatorial e relativamente eixo 1 é de assinalar a oposição verificada entre as variáveis cloritóide/clorite e as variáveis poder calorífico, condutividade seca, plagioclase, moscovite e horneblenda. Constata-se, relativamente ao eixo 1, alguma oposição entre a variável fósforo e as variáveis capacidade térmica, difusividade térmica e condutividade térmica (pelo método isomet).

O eixo fatorial 5 (Figura 107a) apresenta uma contribuição marginal para a explicação global da variabilidade da informação original.

A análise aos planos fatoriais onde se projectam apenas as amostras (Figura 104b, Figura 105b, Figura 106b e Figura 107b) permitem verificar a existência de grupos de amostras com comportamentos distintos relativamente às variáveis analisadas, como se pode observar no primeiro eixo fatorial (NZBW/VD/NIMP e MOLM/MBR).

O terceiro e o quarto eixos fatoriais permitem individualizar, tendo em conta as variáveis analisadas, as amostras SNEF e ARDV/CPS/CAZ/AVR/RM e CFAV e ARDV, respetivamente.

As Figura 108 (a, b, c e d) resultam da projeção conjunta das variáveis e amostras e permitem, com base no critério de proximidade e afastamento das projeções, relacionar as amostras estudadas com os valores determinados, elevados ou baixos, em determinada variável.

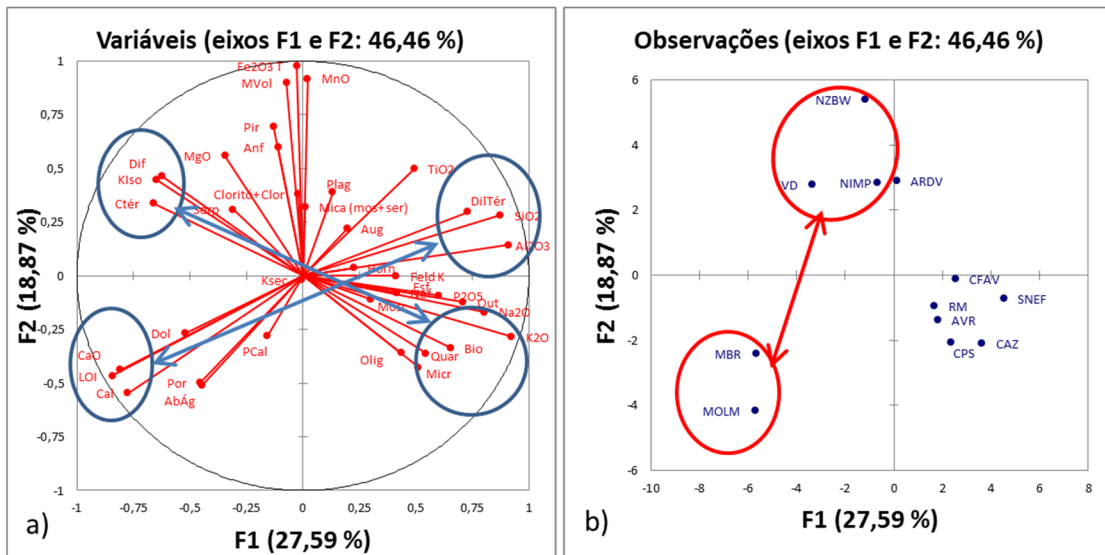


Figura 104 - Projeções nos planos fatoriais 1 e 2 - a) Das variáveis; b) Das amostras.

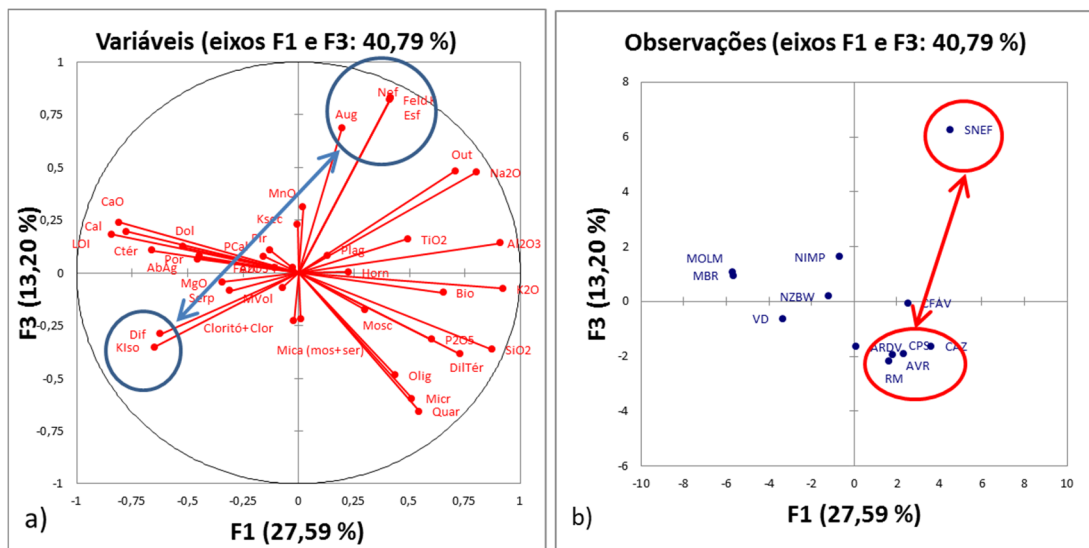


Figura 105 - Projeções nos planos fatoriais 1 e 3 - a) Das variáveis; b) Das amostras.

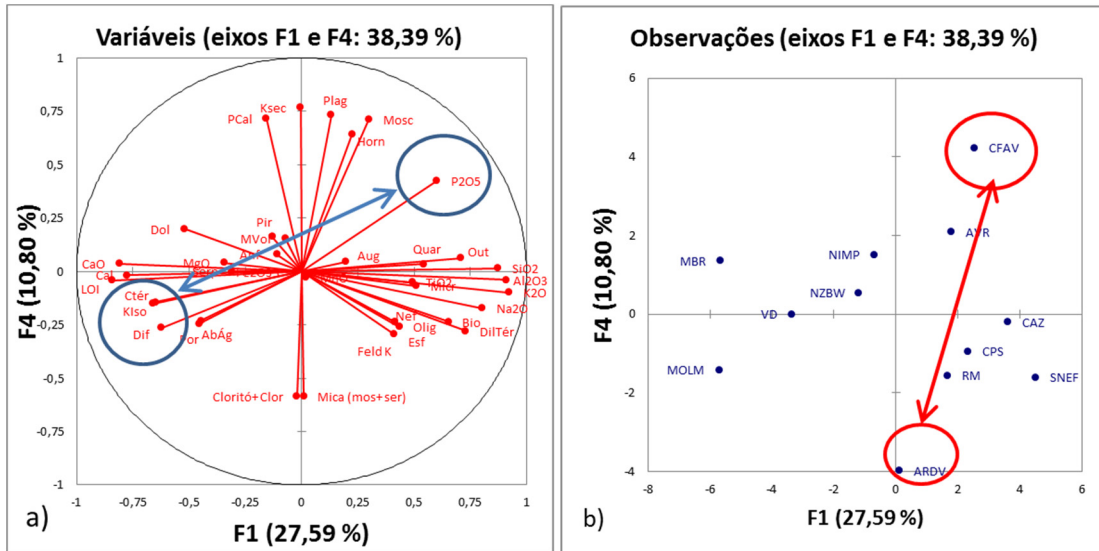


Figura 106 - Projeções nos planos fatoriais 1 e 4 - a) Das variáveis; b) Das amostras.

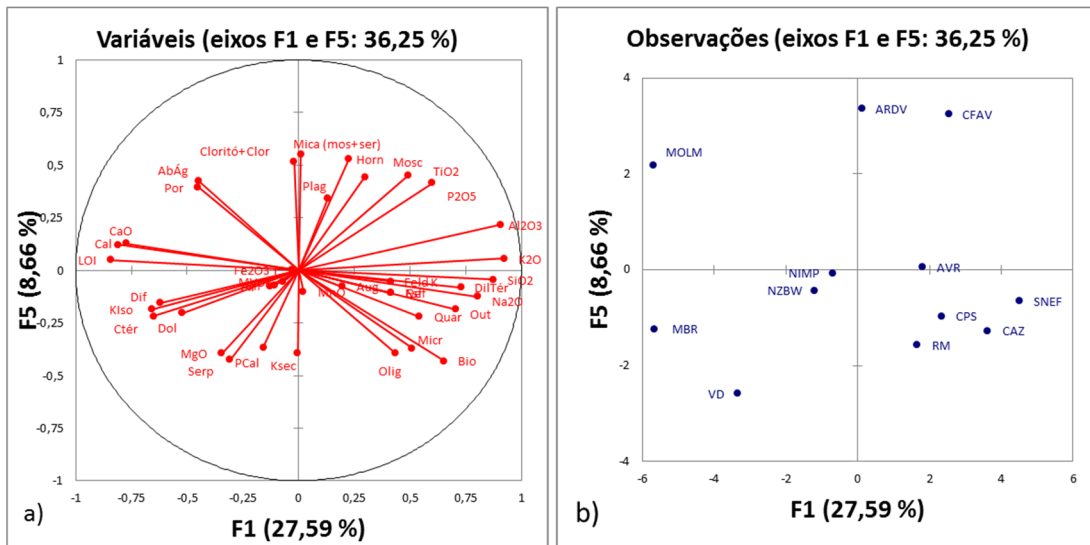


Figura 107 - Projeções nos planos fatoriais 1 e 5: a) Das variáveis; b) Das amostras.

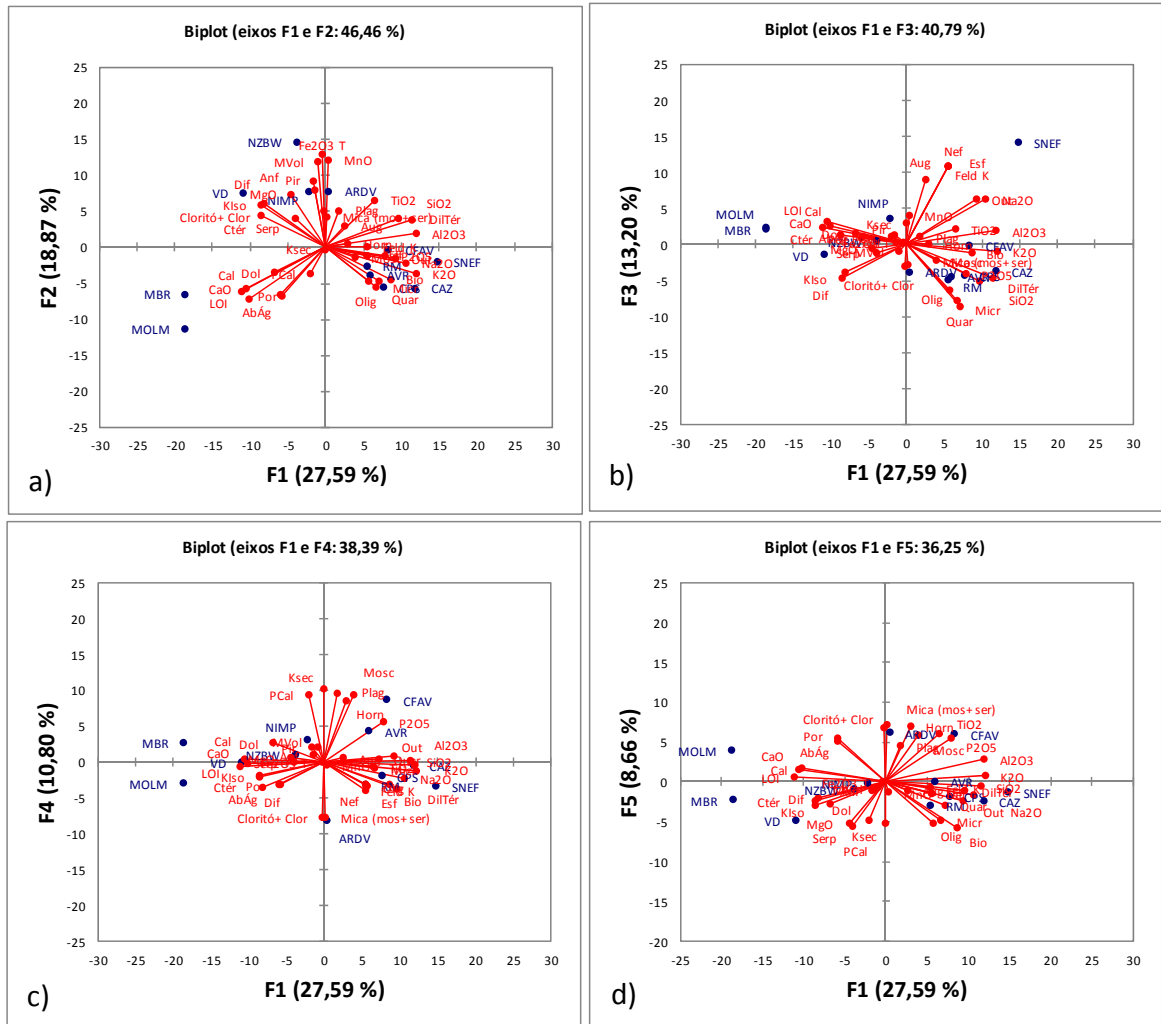


Figura 108 - Projeção conjunta das variáveis e amostras.

CAPÍTULO 10

CONCLUSÕES

10. CONCLUSÕES

Este trabalho iniciou-se pela caracterização física das pedras naturais em estudo nomeadamente na obtenção de valores de massa volúmica aparente, porosidade aberta e absorção de água. Os valores obtidos encontraram-se em conformidade com os esperados, tendo-se verificado e confirmado a existência de correlações entre estas propriedades.

Ficou evidenciado que a correlação mais importante, relativamente às propriedades físicas, ocorre entre a absorção de água e a porosidade, com um coeficiente de determinação $R^2 = 0,9934$. Pedras naturais com maior porosidade apresentam maior absorção de água.

Foram utilizados dois métodos para obtenção da composição química das pedras em estudo, método convencional e FRX com equipamento portátil, tendo-se verificado algumas dificuldades no método com equipamento portátil, que apesar de expedito, revelou um erro na avaliação com algum significado, nomeadamente na deteção de elementos como o sódio, magnésio, manganésio e sílica, chegando neste último caso a valores da ordem dos 5% e mesmo 8%, no caso da Ardósia de Valongo. Estas dificuldades podem resultar da deficiente moagem das amostras analisadas. No entanto, parece-nos claro que este método é muito importante para uma análise rápida *in situ*.

Pretendeu-se também determinar o coeficiente de dilatação térmica, tendo-se aplicado a norma europeia, e desta forma constatar quais as pedras que experimentaram os maiores e menores valores de dilatação. A pedra que apresentou o maior valor foi a Ardósia de Valongo com $7,7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, e a que apresentou o menor valor foi o Moleanos Macio com um coeficiente de $3,6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Estes resultados podem ser explicados pela homogeneidade da matriz e a elevada porosidade das pedras em estudo. Constatou-se, também, uma tendência para uma diminuição da dilatação térmica experimentada do primeiro para o segundo ciclo, explicado sobretudo em rochas de matriz mais cristalina pela quebra das ligações entre os cristais, devido ao aquecimento.

Com este trabalho foram também desenvolvidos ensaios térmicos, para obtenção de características térmicas das pedras naturais em estudo, cujos resultados revelaram coerência com valores existentes na bibliografia, facto pelo qual se consideram métodos expeditos e válidos para trabalhos futuros.

Assim, determinaram-se em laboratório a condutividade seca e saturada e o poder calorífico ou calor específico.

A condutividade seca obtida revelou que nas mesmas condições de ensaio, as pedras naturais que apresentaram menor e maior capacidade de condução de calor foram a Ardósia de Valongo

(1,287 W/m °C) e o Amarelo Vila Real (3,347 W/m °C), respetivamente. Este valor da ardósia pode ser explicado pela xistosidade presente e ainda pela presença de micas, como ficou corroborado na análise de componentes principais.

Da determinação da condutividade saturada, foi possível constatar que se obtiveram valores mais elevados, para todas as pedras em estudo, relativamente aos valores da condutividade seca, ficando este facto a dever-se ao estado de saturação a que o ensaio conduziu as amostras em estudo.

Utilizado o Método Isomet (método dinâmico) para a determinação simultânea da condutividade térmica, capacidade térmica e difusividade térmica, os valores encontrados para a condutividade térmica são os esperados de acordo com a bibliografia, sendo que a pedra que neste caso apresentou maior valor foi o Negro Zimbabwe (3,0 W/m °C) e a que apresentou menor valor o Cinzento Monchique (1,7 W/m °C). Constatou-se, também, que existe alguma coerência na variação da condutividade térmica e da capacidade térmica volumétrica obtida, com coeficiente de correlação de 0,80 ($R^2=0,64$).

Pedras naturais com maior capacidade térmica apresentam maior capacidade de armazenamento. Assim, e através deste método, podemos inferir que a pedra natural que apresenta maior capacidade de armazenamento é o Negro Zimbabwe ($2,5 \cdot 10^6$ J/m³°C) e a de menor capacidade de armazenamento é o Cristal Azul ($1,7 \cdot 10^6$ J/m³°C).

Foi possível constatar que a pedra natural de maior difusividade térmica obtida por este método é o Verde Donai ($1,19 \cdot 10^{-6}$ m²/s) e a de menor valor é o Cristal Azul ($0,78 \cdot 10^{-6}$ m²/s). No entanto, convém salientar que as pedras naturais estudadas apresentam valores de difusividade muito próximos. Assim, a pedra natural que responde mais rapidamente às variações térmicas e demora menos tempo a atingir o equilíbrio térmico é o Verde Donai e a mais lenta é o Cristal Azul.

A correlação existente entre a capacidade térmica e a difusividade térmica, para os materiais ensaiados é de 0,82 ($R^2= 0,68$).

Desvios entre os dois métodos para determinação da condutividade térmica (kseca e kisomet) da ardósia podem ficar a dever-se à anisotropia da amostra ensaiada, uma vez que as próprias especificações do equipamento referem que em amostras anisotrópicas os erros poderão ser maiores. Logo, poderemos inferir que os desvios mais notáveis podem ser explicados pela granulometria presente nas amostras ensaiadas bem como pela anisotropia. No entanto, o método parece-nos bastante expedito, para uma rápida caracterização térmica das pedras naturais, sendo conveniente, no caso da existência de planos de foliação ou de xistosidade, realizar o ensaio pelo menos na direção paralela e perpendicular.

No ensaio de dissipação de calor em meio aquoso pode concluir-se que a transferência de calor das pedras naturais em estudo para o meio aquoso se dá muito rapidamente tendo-se encontrado o equilíbrio para a generalidade das rochas aos 4 minutos, com exceção do Cinzento Monchique e do Cinzento Pedras Salgadas, o qual ocorreu aos 6 minutos.

O ensaio de determinação do calor específico ou poder calorífico permitiu a obtenção de valores dentro dos intervalos indicados na bibliografia, tendo permitido caracterizar cada pedra individualmente. A pedra natural que apresentou maior valor de calor específico foi o Branco Rosado, com 749 J/kg °C, e a de menor valor a Ardósia de Valongo, com 677 J/kg °C.

Verificou-se a existência de uma correlação significativa entre condutividade térmica e o coeficiente de transmissão térmica ($r=0,85$; $R^2=0,73$), sendo que a maiores valores de condutividade térmica correspondem maiores valores do coeficiente de transmissão térmica.

Também foi possível constatar uma correlação igualmente significativa entre o coeficiente de transmissão térmica e o tempo de arrefecimento das pedras em estudo ($r=0,88$; $R^2 = 0,78$). Assim, quanto maior o coeficiente de transmissão térmica menor o tempo de arrefecimento de uma pedra natural.

Verificou-se que a pedra natural que apresenta menor valor de condutividade térmica é a Ardósia de Valongo, mas é esta que apresenta o maior tempo de arrefecimento o que, na prática, quer dizer que mantém durante mais tempo o calor. Neste grupo de pedras naturais podemos também afirmar que o Amarelo Vila Real é a que apresenta maior condutividade e menor tempo de arrefecimento. Quanto às outras pedras estudadas, verifica-se que apresentam valores muito próximos de condutividade e, por isso, apresentam tempos de arrefecimento muito semelhantes.

Também se constata que a Ardósia de Valongo apresenta menores valores de difusividade, seguida pelo Cinzento Monchique e Rosa Monção, pelo que são as pedras que demoram mais tempo a libertar o calor.

O ensaio de Termografia permitiu concluir que se trata de um bom método para medição da temperatura superficial das pedras naturais e permite evidenciar a matriz cristalina, sendo perfeitamente visíveis os minerais que apresentam maiores granulometrias e condutividades.

Os resultados obtidos corroboram em primeira instância que a termografia é realmente um método aplicável para medir a temperatura superficial das rochas e avaliar de que modo se comportam ao longo do tempo.

Da análise do piso radiante foi possível obter o ciclo de aquecimento/arrefecimento para cada uma das pedras naturais em estudo e, desse modo, calcular os custos energéticos para uma situação real de 24 horas de aquecimento ligado.

Constata-se que ao contrário do que é o senso comum as pedras em estudo são boas opções para a colocação em piso radiante, uma vez que apresentam custos mais baixos do que a madeira e a própria cerâmica. Permiteu, também, seriar as pedras naturais em função do seu custo e assim facilitar a sua escolha em função das zonas do País em que serão aplicadas tendo em vista um menor custo e maior conforto térmico.

Este trabalho contribuiu para a caracterização térmica de pedras naturais muito utilizadas quer no mercado interno quer no mercado externo, permitindo assim a obtenção de características térmicas que permitirão a seleção adequada em função da sua aplicação.

É de salientar que a bibliografia existente não individualiza cada pedra natural em termos térmicos, inserindo-as em grupos gerais de acordo com a litologia, não tendo em conta a sua textura e características físicas, entre outros.

Quanto à composição química pode constatar-se que as amostras MOLM e MBR são quase isentas de sílica em oposição à amostra AVR que apresenta o valor máximo. Os óxidos de sódio e potássio não foram detetados nas amostras MOLM, MBR e VD e apresentaram os valores máximos associados à amostra SNEF, como seria de esperar. Os valores máximos dos óxidos de magnésio e cálcio registaram-se nas amostras de VD e nas amostras MBR e MOLM, respetivamente.

Constata-se, pela observação do SiO_2 , que a maioria das amostras apresenta valores compreendidos entre 42% e 74%. Pode destacar-se, ainda, os valores de Al_2O_3 e Fe_2O_3 com variações compreendidas entre 9% e 22% e 1% e 12%, respetivamente. Os restantes compostos ocorrem com valores de teor muito próximos e a situarem-se no mesmo intervalo, excetuando-se o MgO e o CaO .

Pretendeu-se, ainda, verificar quais as variáveis presentes que eventualmente apresentam maior influência nos valores de condutividade térmica seca avaliados para as diferentes pedras naturais estudadas. Assim, de entre as variáveis que mais podem influenciar o comportamento térmico das pedras naturais, tendo em conta os valores das correlações registadas, destacam-se o Poder Calorífico ou Calor Específico no sentido positivo e a presença de Mica (moscovite + sericite) e a percentagem de Cloritóide + Clorite, estas em sentido negativo.

Foi possível evidenciar a existência de grupos de amostras com comportamentos distintos relativamente às variáveis analisadas (NZBW/VD/NIMP e MOLM/MBR).

A ACP permitiu individualizar, tendo em conta as variáveis analisadas, as amostras SNEF e ARDV/CPS/CAZ/AVR/RM e CFAV e ARDV, como amostras que se agrupam e apresentam comportamento similar.

Para além do anteriormente referido, este trabalho contribui de forma significativa para a caracterização térmica das pedras naturais, não realizada hoje em dia de forma sistemática, mas que como se pode concluir é extremamente importante para aplicações em piso radiante, entre outras.

É também de salientar que uma vez obtida a condutividade e o calor específico podemos chegar a todas as outras variáveis térmicas necessárias para realizar um estudo de custos com qualquer material de construção e assim adequar a sua aplicação de acordo com as características climatéricas de um determinado local, em função do conforto térmico pretendido.

Perspetivas de Estudo e Desenvolvimento

Uma vez que o trabalho apresenta ferramentas expeditas para a obtenção de parâmetros térmicos, das pedras naturais, permitindo a seriação das mesmas em termos de “qualidade térmica”, seria interessante aprofundar a determinação destes parâmetros, para realizar esta caracterização de modo sistemático para todas as rochas ornamentais portuguesas. Seria uma importante ferramenta adicional na caracterização dos materiais naturais tendo em vista o conforto térmico.

Estudos mais aprofundados podem ser efetuados de modo a verificar a real influência da génese dos materiais rochosos no respetivo comportamento térmico, sendo de considerar as características estruturais, como a existência de planos de foliação ou mesmo de orientação preferencial de determinados cristais.

A par destes trabalhos era importante realizar a monitorização do comportamento térmico e da eficiência energética de obras, com a aplicação dos diferentes materiais, quer em pisos radiantes quer em pavimentos e fachadas de edifícios.

CAPÍTULO 11

BIBLIOGRAFIA

11. BIBLIOGRAFIA

Aalborg Industries, *Technical table*. Consultado em 2013, disponível em www.aalborg-industries.com.br.

Adl-Zarrabi, B. (2004). *Thermal Properties: heat transfer and heat capacity determining using the TPS method and mineralogical composition by modal analysis*. Swedish Nuclear Fuel, pp 2 – 29.

Afonso, J. (2010). *Termografia - Teoria, Procedimentos e Vantagens*. ITEAG, Instalações Técnicas Especiais, Lda., 18 p. Obtido de <http://www.iteag.net/termografia.pdf>

Akiyosh, M. M.; Silva, A. P.; Silva M. G.; Pandolfelli, V. C. (2001). *Condutividade térmica e sua correlação com a temperatura e a massa específica volumétrica de materiais refratários sílico - aluminosos e aluminosos*. Revista Cerâmica, Associação Brasileira da Cerâmica, Vol. 47, nº 301, pp 19 – 27.

Akiyoshi, M. M; Silva, M. G.; Silva, A. P.; Pandolfelli, V. C. (2001a). *A influência simultânea do teor de alumina, da porosidade e da temperatura na condutividade térmica de refratários sílico-aluminosos e aluminosos*. Revista Cerâmica, Associação Brasileira da Cerâmica, Vol. 47, nº 303, pp 163 – 169.

Aldeias, A. I. (2003). *Termografia Infravermelha*. 33 p. Obtido de <http://in3.dem.ist.utl.pt/laboratories/03slides/apres8.pdf>

Amaral, P.; Correia, A.; Lopes, L.; Rebola, P.; Pinho, A.; Lopes, J. C. (2012). *On the Use of Thermal Properties for Characterizing Dimension Stones*. Proc. of Global Stone Congress, Évora, Portugal, 111 p.

Andrade, M.; Noronha, F.; Rocha, A. (1986). *Carta Geológica de Portugal (Escala 1:50 000), Folha 9B, (Guimarães)*. Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal.

Applied Precision (2012). *User's Guide, ISOMET 2014*.

Barreira, E. S. (2004a). *Aplicação da Termografia ao Estudo do Comportamento Higrométrico dos Edifícios*. Tese de Mestrado, FEUP, 196 p.

Barreira, E. S.; Freitas, V. P. (2004b). *Avaliação do Conforto Térmico de Revestimentos de Pavimento através da Termografia de Infravermelhos*. Proc. Congresso Nacional de Construção, FEUP, pp 13 – 15.

Carvalho, J. (2007). *Rochas Ornamentais, Pedras naturais ou Pedras Dimensionais?* Boletim de Minas, Vol. 42, nº2, pp 157 - 160.

Carvalho, J. M. F. (2008). *Carta Geológica do Anticlinal de Estremoz - síntese à escala 1:25000. Cartografia Temática do Anticlinal - Zona dos Mármore*s. Lisboa: Cevalor-INETI.

Carvalho, J. M. F.; Lisboa, J. V.; Moura, A. C.; Carvalho, C.; Sousa, L. M. O.; Leite, M. M. (2012). *Evaluation of the Portuguese Ornamental Stone Resources*. Proc. Global Stone Congress, Borba, Portugal.

Cemak, V. L.; Rybach, L. (1982a). *Thermal Conductivity and specific heat of minerals and technology*. In Landolt-Bornstein: Numerical data and Functional Relationships in Science and Technology, New series, Group V, (Geophysics and Space Research), Springer- Verlag Berlin. Vol I a., pp. 305 – 343.

Cemak, V. L.; Rybach, L. (1982b). *Thermal properties*. In Landolt-Bornstein: Numerical Data and Functional relationships in science and Technology. New series, Group V, (Geophysics and Space Research), Springer- Verlag Berlin. Vol. I, pp. 343 – 371.

Çengel, Y. A.; Boles, M. A. (2006). *Termodinâmica*. 5ª edição. Macgraw-Hill, São Paulo, Brasil. Cap. 1 e 2, pp 1 – 89.

Chatfield, C. & Collins, A.J. (1980). *Introduction to Multivariate Analysis*. Chapman and Hall, New York. 231 p.

Clarck, S. (1996). *Thermal Conductivity*. Geological Society of America. Handbook of Physical Constant, Memoir 97, Ed. S. P. Clarck Junior, pp 459-482.

Clauser, C. (2011). *Thermal storage and transport properties of rocks II: thermal conductivity and diffusivity*. Encyclopedia of solid earth geophysics, Harsh Gupta, Springer, pp 1431- 1448.

Clauser, C.; Huenges, E. (1995). *Thermal Conductivity of Rocks and Minerals*. Handbook of Physical Constants, American Geophysical Union, pp 105-125.

Côté, J.; Konrad, J. M. (2005). *A generalized thermal conductivity model for soils and construction materials*. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 42, nº2, pp 443 – 458.

Cox, T.F. (2005). *An Introduction to Multivariate Data Analysis*. Hodder Arnold, London.

Dana, J. D.; Klein, C.; Hurlbut, C. S. (1996). *Manual de Mineralogia*. 4ª edição. Barcelona, Editorial Reverté, 392 p.

DGEG (2004). *Informação estatística da Indústria Extractiva nº8*. Pp 1 – 6.

DGEG (2005). *Informação estatística da Indústria Extractiva nº9*. Pp 1 – 6.

DGEG (2006). *Informação estatística da Indústria Extractiva nº10*. Pp 1 - 10.

DGEG (2008a). *Elementos da Indústria extrativa Nacional de 2006. Estatísticas rápidas – Comércio Internacional (Janeiro a Dezembro 2007)*. pp 1-6.

DGEG (2012). *Informação Estatística da Indústria Extrativa*. Nº 14, pp 1 – 12.

DGEG (2013). *Informação Estatística da Indústria Extrativa*. Nº 15, pp 1 – 12.

DGEG. (2007). *Informação estatística da Indústria Extractiva nº11*. Pp 1 - 10.

DGEG. (2008). *Informação estatística da Indústria Extractiva nº12*. Pp 1 - 8.

DGEG. (2011). *Informação estatística da Indústria Extractiva nº13 (edição especial)*. pp 1 - 10.

DGGM (1983). *Catálogo de Rochas Ornamentais Portuguesas*. Volume II. Ministério da Indústria e Energia e Exportação, Porto.

DGGM (2007). *A Indústria Extrativa – Comércio Internacional. Evolução do Comércio Internacional de Janeiro a Junho de 2007*. Boletim de Minas, Lisboa, Vol. 42, nº 1, pp 107 – 113.

DGGM (2011). *A Indústria Extrativa - Comércio Internacional Evolução do Comércio Internacional de Janeiro a Junho de 2011*. Boletim de Minas, Vol. 46, nº1, pp 59 - 65.

DGGM (2011a). *Elementos Estatísticos da Indústria Extrativa Nacional de 2008 a 2010 - Comércio internacional*. Boletim de Minas, Vol. 46, nº1, pp. 55 - 59.

Diment, W. H.; Pratt, H. R. (1988). *Thermal Conductivity of some rock-forming minerals: a Tabulation*, U.S.G.S. Open Report, Denver Co, pp 88-690.

Dinis, B. (2009). *Termografia Aplicada à física das Construções*. Monografia para grau de Licenciatura. Universidade Fernando Pessoa. Porto.

Dreyer, W. (1974). *Properties of Anisotropic Solid-state Materials: Thermal and Electric Properties* (in German). Springer, Wien, 295 p.

Eriksson, P. G.; Hatting, P. J.; Altermann, W. (1995). *An overview of the Transvaal sequence and Bushveld Complex, South Africa*. Mineralium deposita, Springer- Verlag, Vol. 30, pp 98-111.

Eugene C. R. (1988). *Thermal Properties of Rocks*. Open File Report 88 – 441. United States Department of the Interior Geological Survey, Virginia.

Everitt, B. S. & Dunn, G., (2001). *Applied Multivariate Data Analysis*. Second edition, Arnold, London. 354 p.

Fernandes, J. A (2006). *Potencialidades dos depósitos pegmatíticos de quartzo e de feldspato em Portugal: caracterização, beneficiação e avaliação de potencialidades*. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro. 365 p.

Ferreira, N., Iglesias; M., Noronha; F., Pereira; E., Ribeiro; A. R. M. L. & Ribeiro, M. L. (1987). *Granitóides da Zona Centro Ibérica e seu enquadramento geodinâmico*. Bea, et al., eds, Geologia de los Granitóides y Rocas asociadas del Macizo Hespérico: Madrid, Editorial Rueda, pp 37-51.

Figueiredo, E. R. H. (2006). *Condutividade Térmica de Rochas: Uma aplicação para Granitos Ornamentais*. Tese de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Centro de Ciências Exatas e da Terra, 110 p.

Finstone Group (2013). *Nero Impala Brochure*. Obtido em www.finstone.net, Acesso em Janeiro de 2013, 55p.

FLIR A 320, (2009b). Thermal Imaging camera for Scanning Elevated Body Temperatures. 2p.

FLIR Systems Inc. (2007). *Thermacam Researcher*. Professional Edition, Versão 2.9.

- FLIR Systems Inc. (2009). *Infrared Guidebook for Building Applications*. ITC, Flir Systems AB, 33 p.
- FLIR Systems Inc. (2011). *Thermal Imaging Guidebook for Industrial Applications*, ITC, Flir Systems AB, 44 p.
- FLIR Systems Inc. (2012). *Thermal Imaging Cameras for Building Inspections*, Flir Systems AB, 44 p.
- França, J. C.; Zbvyszewski, G. ; ferreira, O. V. (1963). *Notícia Explicativa da Folha 26 –B, Alcobaça da Carta Geológica de Portugal (Escala 1:50 000)*. Lisboa. Direção Geral de Minas e Serviços Geológicos. 51 p.
- Frota, A.; Schiffer, S. (2001). *Manual de Conforto Térmico: arquitetura, urbanismo*. 3ª edição. Studio Nobel, São Paulo, 244 p.
- Ganhão, A. M. (2011). *Construção Sustentável – Propostas de Melhoria da Eficiência Energética em Edifícios de Habitação*. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. 130 p.
- Góis, J. E. (1988). *Rochas Ornamentais Portuguesas: Análises Estatísticas de Ensaios Físico-Mecânicos e Composição Química*. IV Jornadas Técnicas da Associação dos Industriais da Pedra do Norte, Porto. 34 p.
- Gonçalves, F.; Torre de Assunção, C.; Pinto Coelho, A. V. (1972). *Carta Geológica de Portugal, escala de 1:50000. Notícia Explicativa da Folha 33C - Campo Maior*. Lisboa, Serviços Geológicos de Portugal. 41 p.
- Gonzalez-Clavijo, E.; Valadares, V. (2003). *O Maciço Alcalino de Monchique (SW Português: estrutura e modelo de instalação na crosta superior)*. Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa, Vol. 90, pp. 43-64.
- Guardiano, F., Srivastava, M. (1993). *Multivariate geostatistics: beyond bivariate moments*. Geostatistics - Troia, Kluwer Academic, Dordrecht, pp. 133–144.
- Guéguen, Y.; Palciauskas, V. (1992). *Introduction à la Physique des Roches*. Hermann Éditeurs des Sciences et des Arts, Paris, Cap. 10, pp 275-279.
- Horai, Ki-iti, (1971). *Thermal Conductivity of Rock-Forming Minerals*. Journal Geophysics Research, Vol 76, nº5, pp 1278-1308.
- IGM (1997). *Rochas Ornamentais: Informação Estatística*. Lisboa. 39 p.
- INCOVECA,S.A. (2014a). *Declaração de Desempenho, NR.: 0110 – Pedra Natural, Negro Zimbabwe*, 1p.
- INCOVECA,S.A. (2014b). *Declaração de Desempenho, NR.: 0113 – Pedra Natural, Negro Impala*, 1p.
- Incropera, F.; Witt, D. P. (1981). *Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa*. Ed. Livros Técnicos e Científicos, São Paulo, Cap. 1, pp 2 – 14.
- INETI (2001). *Guia Técnico. Sector da Pedra Natural*. Lisboa, 66p.

Jobson, J.D. (1992). *Applied Multivariate Data Analysis, vol. II: Categorical and Multivariate Methods*, Springer Verlag, New York. 732 p.

Johansson, S.; Hellström, G. (2001). *Software Package for Evaluation of Temperature Field in Embankment Dams*. Manual version 1. CEADSIG Geophysics Research Project. Damtemp.

Jonhson, R.A. & Wichern, D.W. (2002). *Applied Multivariate Statistical Analysis*, Fifth edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 395 p.

Kinnaird, J. A. (2005). *The Bushveld Large Igneous Province*. School of Geosciences, University of the Witwatersrand, pp 1 – 31.

Kobranova, V. N. (1989). *Petrophysics*. MIR Publ. Moscow, Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York-London-Paris-Tokyo-Hong Kong., 376 p.

Lima, M. A. B.; Artur, A. C. ; Neto, J. A. N.; Figueiredo, E. R. H.; Galindo, A. C. (2010). *Relação entre a condutividade térmica e parâmetros físicos dos Gneisses Casablanca, Juparaná Dellicato e Giallo Falédia (Ceará – Brasil)*. Revista Brasileira de Geociências, Vol. 40, nº 1, pp. 111-124.

Lopes, C.; Lopes, J.M. ; Lisboa, J.L. & J.V. (1997). Caracterização Petrográfica e Estrutural dos Granitos Róseos do Complexo Plutónico de Monforte Santa Eulália (NE- Alentejo, Portugal). Estudos, Notas e Trabalhos, Vol. 39, pp. 141-156.

Lopes, L.; Martins, O. R. (2008). *Anticlinal de Estremoz: Geologia e Tecnologia da exploração de Mármore*s. Universidade de Évora. Departamento de Geociências.

Maqsood, A.; Gul, I. H.; Rehman, M. A.; (2004a). *Thermal transport properties of granites in the temperature range 253 to 333 K*. Journal of Physics D: Applied Physics, Vol. 37, nº9, pp 1405 – 1409.

Maqsood, A.; Karam, K.; Gul, I. H. (2004b). *Prediction of thermal conductivity of granite rocks from porosity and density data at normal temperature and pressure: in situ thermal conductivity measurements*. Journal of Physics D: Applied Physics, Vol. 37, nº24, pp 3396 - 3401.

Maqsood, A; Rehman, M. A.; Gul, I. H. (2003). *Chemical Composition, Density, Specific Gravity, Apparent Porosity and Thermal Transport Properties of Volcanic Rocks in the Temperature Range 253 to 333 K*. Journal of Chemical & Engenering Data, Vol. 48, nº5, pp 1310 – 1314.

Maragoni, Y. R.; Raposo M. I. B. (1988). *Condutividade térmica dos diferentes litotipos vulcânicos da bacia do Paraná*. Revista Brasileira de Geofísica, Vol. 6, nº1, pp 25-31.

Martins, O. R. (1992). *Rochas ornamentais - produção nacional e comércio externo de Portugal em 1991*. Boletim de Minas, Lisboa, Vol. 29, nº3, pp. 207-265.

Martins, O. R. (1994). *Rochas ornamentais - produção nacional e comércio externo de Portugal em 1993*. Boletim de Minas, Lisboa, Vol. 31, nº3, pp. 217-275.

Medeiros, A. C.; Pereira, E.; Moreira, A. (1980). *Carta Geológica de Portugal (Escala 1:50 000), Folha 9D Penafiel*. Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal, DGGM.

Mendonça, L. V. (2005a). *Termografia por Infravermelhos – Inspeção do Betão*. *Jornal de Engenharia e Vida*, nº 16, pp 53-57.

Mendonça, P. J. F. A. U. (2005b). *Habitar sob uma segunda pele. Estratégias para a redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados*. Tese Doutorado. Universidade do Minho, Guimarães.

Morrison, D.F. (2005). *Multivariate Statistical Methods*. Fourth edition, McGraw-Hill, New York. 85 p. Disponível em <http://www.stat.duke.edu/courses/Spring10/sta345/morrison/Mori1990a.pdf>

Moura, A. C. (1991). *Rochas Ornamentais Carbonatadas de Portugal - Os mármore*s. *Definição e Características Gerais*. *Boletim de Minas*, Vol. 28, nº1, pp. 3 - 15.

Moura, A. C. (2006). *A Pedra Natural em Portugal e as suas características gerais – nota breve*. *Rochas e Equipamentos*. Vol.81, 1º trimestre, pp 29-50.

Moura, A. C., Ferreira, N. (1995). *Aspetos metodológicos do Estudo e Caracterização de Maciços Graníticos Tendo em Vista a sua Exploração para a Produção de Rochas Ornamentais e Industriais*. *Proc. do 1º Congresso Internacional da Pedra Natural*, Lisboa, Portugal, pp. 255-262.

Moura, A. C.; Carvalho, C.; Almeida, A.; Ramos, J. F. ; Almeida, I. A.; Saúde, J.G.; Ramos, J.F. ; Augusto, J. P. ; Rodrigues, J. D.; Carvalho, J. M. F. ; Martins, L. P.; Matos, M. J. ; Machado, M. J. C. ; Sobreiro, M. J. ; Peres, M. ; Martins, N. A. ; Leite, M. M. (2007). *Mármore*s e *Calcários Ornamentais de Portugal*. LNEG. Lisboa. 383 p.

Moura, A. C.; Costa, L. R. ; Grade, J. ; Ramos, J. F. ; Moreira, A. D. (2000). *Granitos e Rochas Similares de Portugal*. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa, 179 p.

Moura, A. C.; Grade, J.; Farinha Ramos, J. M. (1997). *Rochas Ornamentais Silicatadas de Portugal. Granitos e Rochas Afins*. *Boletim de Minas*; Lisboa, pp 3- 15.

Neves, C. M. (2009). *Guia do Aquecimento Doméstico*. Lisboa, 103p.

Neves, C. M. (2011). *O conforto do Piso Radiante Elétrico*. 2ª Edição. Lisboa, 103p.

NITON (2011). *Guia do Utilizador*, 185p.

Nunes, P. J. O. M. (2010). *Recursos Geológicos não Metálicos: Prospecção, Pesquisa, Exploração (rochas industriais, argilas, areias, ornamentais)*. Tese de Mestrado, Instituto Superior Técnico de Lisboa.

Oliveira, J. T.; Andrade, A. S.; Antunes, M. T.; Carvalho, D.; Coelho, A. V. P. ; Feio, M. ; Gonçalves, F. ; Manuppela, G.; Marques, B. ; Monteiro, J. H. ; Munhá, J. ; Ramalho, M. ; Rey, J.; Ribeiro, A. ; Rocha, R.; Zbyszewski, G. (1984). *Carta Geológica de Portugal, (Escala 1:200 000), Notícia Explicativa da Folha 7*. Lisboa, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, DGGM.

Oliveira, J. T.; Andrade, A. S.; Antunes, M. T.; Carvalho, D.; Coelho, A. V. P. ; Feio, M. ; Gonçalves, F. ; Manuppela, G.; Marques, B. ; Monteiro, J. H. ; Munhá, J. ; Ramalho, M. ; Rey, J.; Ribeiro, A. ; Rocha, R.; Zbyszewski, G. (1984). *Carta Geológica de Portugal, (Escala 1:200 000)0, Notícia Explicativa da Folha 7*. Lisboa, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, DGGM.

Ozkahraman, H. T.; Isik, E. C. (2003). *Determination of Thermal Conductivity of Building Stones from P-Wave Velocity. Proc. 18th International Congress and Exhibition of Turkey-IMCET*, pp 557 – 564.

Pachêco, A. P.; Vottorello, Í. (1996). *Inércia Térmica de Rochas Observadas no Infravermelho Termal*. Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Brasil, pp 951-955.

Pereira, E.; Pereira, D. Í.; Noronha, F. ; Ferreira, N. ; Sá, C. M. ;Ramos, J. M. F.; Moreira, A.; Oliveira A. F. (2006). *Notícia Explicativa da Folha 2 da Carta Geológica de Portugal (Escala 1:200 000)*. Lisboa: Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação.

Pereira, E.; Pereira, D. Í.; Noronha, F. ; Ferreira, N. ; Sá, C. M. ;Ramos, J. M. F.; Moreira, A.; Oliveira A. F. (2006). *Notícia Explicativa da Folha 2 da Carta Geológica de Portugal (Escala 1:200 000)*. Lisboa: Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação.

Pereira, E.; Ribeiro, A.; Carvalho, G.; Noronha, F.; Ferreira, N.; Monteiro, J. H. (1992). *Notícia Explicativa da Folha 1 da Carta Geológica de Portugal (Escala 1:200 000)*. Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal, DGGM.

Pinto, A.; Alho, A.; Moura, A.; Henriques, A.; Carvalho, C.; Ramos, J.; Almeida, N.; Mestre, V. (2006). *Manual da Pedra Natural para a Arquitetura*. Direção Geral de Energia e Geologia, pp 115 – 123.

Popov, Y.; Tertychnyi, V.; Romushkevich, R.; Korobkov, D.; Pohl, J. (2003). *Interrelations Between Thermal Conductivity and Other Physical Properties of Rocks: Experimental Data*. Pure and Applied Geophysics, Birkhauser Verlag, Basel, Vol. 160, n° 5/6, pp 1137 – 1161.

Queirós, I. (2011). *Contribuição da Fluorescência de Raios – X na Avaliação e Modelação de Georrecursos*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia do Porto, 182p.

Rencher, A.C. (2002). *Methods of Multivariate Analysis*, Second edition, Wiley, New York. pp 380 – 407.

Romão, M. L. (1998). *Elementos estatísticos sobre a Indústria Extrativa em Portugal no ano de 1996*. Boletim de Minas, Lisboa, Vol. 35, nº1.

Romão, M. L. (1999). *Elementos estatísticos sobre a Indústria Extrativa em Portugal no ano de 1997*. Boletim de Minas, Lisboa, Vol. 36, nº1.

Romero-Sanchez, M. D.; Baeza, N.; Cuevas – Castell, J. M.; López – Buendia, A. M. (2010). *Phase Change Materials as Thermal Energy Storage Incorporated to Natural Stone*. Global Stone Congress, Alicante, pp 1 - 5.

Santos, C. A. P. & Matias, L. (2009). *Coefficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa. 170 p.

Santos, L. (2006). *Termografia Infravermelha em Subestações de Alta Tensão desabrigadas*. Tese de Pós Graduação, Universidade Federal de Itabujá, Brasil.

Schön, J. H. (1996). *Physical Properties of Rocks: fundamentals and principles of petrophysics*. Pergamon, Cap 8, pp. 323 - 378.

Sequeira, A. F.; Andrade, R. F. (1992). *Estudo de Inventariação das Rochas Ornamentais e Industriais em Portugal*. Guia Técnico. CEVALOR. 66 p.

Shalin, T.; Stigh J. & Schouenborg, B. (2002). *Bending Strenght Properties of Untreated and Impregnated Igneous Sedimentary and Metamorphic Dimension Stones of Different Thickness*. Geological Society. London. Special Publications. Vol. 205, nº1, pp 315 - 328, 2002.

Silva, C. F. (2010). *Condutividade Térmica, Difusividade Térmica e Calor Específico em Rochas ígneas e metamórficas: Comportamento Isotrópico e Anisotrópico*. Trabalho de Graduação, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Brasil.

Silva, L. R. M. C. (2007). *Análise técnico - financeira de paredes exteriores em panos simples*. Tese de Mestrado, Instituto Superior Técnico.

Silva, M. H. C.; Falcão Neves, P.; Reis e Sousa, M. (2008). *Influência do Acabamento da Rocha Ornamental na Condutividade Térmica*. 11º Congresso Nacional de Geotecnia, pp 481-488, Coimbra.

Singh, T. N.; Sinha, S.; Singh, V. K. (2004). *Prediction of thermal conductivity of rock trough physico-mechanical properties*. *Building and Environment Book*. The International Journal of Building Science and its Applications, Vol. 41, nº 1, pp 146 - 155.

Soares, A. (2006). *Geoestatística para as Ciências da Terra e do Ambiente*. IST Press.

Sobreiro, M. J. (1998). *A Indústria Extrativa em Portugal Continental no Período de 2001 a 2005 – Elementos Estatísticos*. Boletim de Minas, Lisboa, Vol. 41, nº2, pp. 187 - 218.

Sobreiro, M. J.; Vieira, T. (2002). *Rochas Ornamentais e Industriais Portuguesas -elementos estatísticos de 1999*. Boletim de Minas, Lisboa, Vol. 39, nº 3/4, pp. 163 - 244.

Sousa, A. J. (1988). *Análise de Dados e Geoestatística Multivariada*. Tese de Doutoramento, Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa, 152 p .

Sousa, L. F. R. (2010). *Aplicação de Termografia no Estudo do Isolamento Térmico de Edifícios*. Tese de Mestrado, Universidade de Aveiro.

Spínola, S. ; Fernandes, J.A; Velho, J.L. (2011). *A Influência de certas Propriedades Físicas das Pedras Naturais na Respetiva Condutividade Térmica*, 6º Congresso Luso Moçambicano de Engenharia, Moçambique.

Spínola, S. (1998). *Influência da Qualidade da Serragem de Granitos no Consumo Energético do Desbaste*. Tese de Mestrado. Instituto Superior Técnico de Lisboa - Instituto Superior de Engenharia do Porto, Lisboa.

Tavares, G. L. (2010). *Relatório de Aplicação - FRX, doc. FRX 04 13*. Panalytical Brasil, 9 p.

UNESCO (1986). *International Geological Map of Africa*, Folha 5, Escala 1 :5 000000.

UNESCO (1990). *International Geological Map of Africa* Folha 6, Escala 1: 5 000000.

Vosteen, H. D.; Schellschmidt, R. (2003). *Influence of temperature on thermal conductivity, thermal capacity and diffusivity for different types of rocks*. Physics and Chemistry of the Earth, pp. 499-509.

Wackernagel, H. (2003). *Multivariate geostatistics*. Third edition. Springer-Verlag, Berlin, 387 p.

Yasar, E.; Erdogan; Guneyli, H. (2008). *Determination of the thermal conductivity from physico-mechanical properties*. Bulletin of Engineering Geology Environment, Springer Verlag, Vol. 67, nº 2, pp 219-225.

NORMAS

ASTM C119 (2011). *Standard Terminology Relating to Dimension Stone*. The American Society for Testing and Materials International (ASTM), 7p.

Decreto-Lei nº 80/2006. *Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios*. Diário da República – I Série - A (nº67 – 4 de Abril 2006), 46 p.

DEFI/ISEP (2008). *Condutividade Térmica*. DEFI-NRM-1019, Versão 02. Departamento de Física, Instituto Superior do Porto, ISEP, 8p.

DEFI/ISEP (2011). *Determinação da capacidade térmica mássica de um sólido pelo método das misturas*. Departamento de Física, Instituto Superior do Porto, ISEP, 8p.

EN 12 440 (2008). *Natural Stone Denomination Criteria*. 2ª edição.

EN 1936 (2006). *Natural stone test methods – Determination of real density and apparent density, and of total and open porosity*. IPQ/CEN.

ERSE (2014). *Preços de referência no mercado liberalizado de energia elétrica e gás natural em Portugal Continental*. 43p.

NP EN 13755 (2008). *Métodos de ensaio para pedra natural – Determinação da absorção de água à pressão atmosférica*. IPQ/CEN.

NP EN 14581 (2007). *Métodos de ensaio para pedra natural – Determinação do coeficiente de dilatação térmica linear*. IPQ/CEN

(USACE) Rock Testing Manual - Bureau of Reclamation. *International Society For Rock Mechanics, Suggested Methods. Method of Test for Thermal Diffusivity of Rock. RTH – 207-80. Pp 1 – 4.* Consultado em 2009, disponível em <http://www.usbr.gov/pmts/geotech/rock/USACE.html>

SITES CONSULTADOS

BIOHOME. Consultado em 2014, disponível em http://biohome.pt/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=91%3A piso-radiante&catid=42%3Aem-detalhe&Itemid=68&lang=es

BURGESS EXPLORATION LLC. *Ore Sampling.* Consultado em 2014, disponível em <http://www.burgex.com/services/ore-sampling/>

Ebah.com. teoria do Infravermelho. Consultado em 2014, disponível em <http://s3.amazonaws.com/magoo/ABAAAAlccAD-1.jpg>

Empório Construir. Consultado em 2013, disponível em www.emporioluxo.com.br/imgdesc/1.jpg.

FIELD OF VIEW CALCULATOR. Consultado em 2013, disponível em http://download.fluke.com/OnlineTools/FOV_calc.htm

FLUKE. The Most Trusted Tools in the World. Produtos. Consultado em 2013, disponível em <http://www.fluke.com/fluke/ptpt/Products/category.htm?Category=INFTHE&Parent=THETOP>

Fundação Brasileira de Tecnologia da Sondagem (s.d). *Apostilla Termografia.* Consultado em 7 Julho de 2011, disponível em <http://pt.scrib.com/doc/43383156/ApostillaTermografia>

Geoportal LNEG. *Catálogo de Rochas Ornamentais Portuguesas.* Último acesso em maio de 2013, disponível em <http://www.rop.ineti.pt/rop/?&lg=pt>.

Infratherm Termografia. Termografia. Consultado em 2013, disponível em <http://www.infratherm.net.br/termografia>.

PANalytical. *Sistema AXIOS, Análise de Materiais resíduos tratados via oxidação em pastilhas prensadas via fluorescência.* Consultado em Janeiro de 2014, disponível em www.panalytical.pt.

Piso radiante–Tecnisis. Consultado em 2014, disponível em <http://www.pisoradiante.com.pt/catalogos/TLBE-mod3.pdf>

Piso radiante–Tecnisis. I-Warm electrical systems. Consultado em 2014, disponível em <http://www.pisoradiante.com.pt/catalogos/TBLE-mod2.pdf>.

Piso radiante–Tecnisis - Heatfoil. Consultado em 2014, disponível em http://www.pisoradiante.com.pt/catalogos/Folheto_Filme_HF_FLOOR_UK.pdf

Piso radiante–Tecnisis. I-Warm electrical systems. Consultado em 2014, disponível em http://www.pisoradiante.com.pt/catalogos/TELA_Termostatos_catalogo-mod2.pdf

Piso radiante–Tecnisis. I-Warm, Electrical heating systems, aluminium foil. Consultado em 2014, disponível em <http://www.pisoradiante.com.pt/catalogos/DSC-FMD-150-UH-020211-mod2.pdf>

Portal Engenharia Química. *Transferência de calor*. Consultado em 2013, disponível em http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=248&Itemid=422

SaNNiTas (2010). Grarrafa Térmica, como funciona?, <http://www.michelena.com.br/imagens/transmissao.jpg>.

SLIDE share. Tabela Periódica dos Elementos. Consultado em 2014, disponível em <http://www.slideshare.net/EstudeMais/quimica-tabela-periodica-dos-elementos>

Sobiologia. *Convecção*. Consultado em 2013, disponível em http://www.sobiologia.com.br/conteudos/oitava_serie/Calor6.jpg.

STONETEC TRADING. Consultado em 2013, disponível em <http://www.stonetetrading.com/images/photos/Zimbabweblack%20quarry.jpg>

Termografia Edifícios – SlideShare. *Termografia em edifícios*. Consultado em Julho de 2013, disponível em <http://www.slideshare.net/Ingenheiro/termografia-edificios>

www.googleearth.com, Consultado em 2013/14

CAPÍTULO 12

ANEXOS (VER CD-ROM)

12. ANEXOS

ANEXO 1 – MASSA VOLÚMICA APARENTE E POROSIDADE ABERTA

ANEXO 2 – ABSORÇÃO DE ÁGUA

ANEXO 3 – ANÁLISE QUÍMICA CONVENCIONAL

ANEXO 4 – ANÁLISE QUÍMICA QUANTITATIVA POR FRX – EQUIPAMENTO PORTÁTIL

ANEXO 5 – DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR

ANEXO 6 – CONDUTIVIDADE SECA

ANEXO 7 – CONDUTIVIDADE SATURADA

ANEXO 8 – CONDUTIVIDADE TÉRMICA, DIFUSIVIDADE E CAPACIDADE TÉRMICA (MÉTODO ISOMET)

ANEXO 9 – DISSIPACÃO DE CALOR EM MEIO AQUOSO

ANEXO 10 – CALOR ESPECÍFICO

ANEXO 11 – PISO RADIANTE – TESTE DE SUPERFÍCIE

ANEXO 12 – PISO RADIANTE – TESTE CONTÍNUO

ANEXOS

ANEXO 1

**MASSA VOLÚMICA APARENTE E
POROSIDADE ABERTA**

DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA APARENTE E POROSIDADE ABERTA (%) EN 1936 (2006)

Pedra Natural: Amarelo Vila Real (AVR)

Data Ensaio: 06/09/2010 folha 1/2

Amost.	Massa do provete			Massa Vol água ρ_{rh} (Kg/m ³)	Volume poros abertos V_o (ml)	Volume aparente V_b (ml)	Massa vol aparente ρ_b (Kg/m ³)	Porosidade aberta P_o (%)
	Seco m_d (g)	Imerso m_h (g)	Saturado m_s (g)					
AVR1	350,44	216,37	352,56	998	2,12	136,46	2.568	1,56
AVR2	346,70	215,56	349,32	998	2,63	134,03	2.587	1,96
AVR3	346,05	215,58	348,50	998	2,45	133,19	2.598	1,84
AVR4	344,55	213,50	347,09	998	2,55	133,86	2.574	1,90
AVR5	338,67	210,53	341,41	998	2,75	131,14	2.582	2,09
AVR6	346,18	215,57	348,99	998	2,82	133,69	2.589	2,11
AVR7	347,03	216,02	349,66	998	2,64	133,91	2.592	1,97
AVR8	344,17	214,25	347,73	998	3,57	133,75	2.573	2,67
AVR9	347,71	216,53	350,39	998	2,69	134,13	2.592	2,00
AVR10	351,32	220,37	353,91	998	2,60	133,81	2.626	1,94
AVR11	349,22	217,36	353,91	998	4,70	136,82	2.552	3,43
AVR12	350,08	218,31	352,81	998	2,74	134,77	2.598	2,03
AVR13	346,50	215,72	349,31	998	2,82	133,86	2.589	2,10
AVR14	345,20	214,97	348,14	998	2,95	133,44	2.587	2,21
AVR15	350,68	218,70	353,13	998	2,45	134,70	2.603	1,82
AVR16	347,54	216,50	350,46	998	2,93	134,23	2.589	2,18
AVR17	346,54	214,75	349,21	998	2,68	134,73	2.572	1,99
AVR18	348,48	216,15	351,08	998	2,61	135,20	2.578	1,93
AVR19	346,99	214,64	349,97	998	2,99	135,60	2.559	2,20
AVR20	350,48	217,24	353,25	998	2,78	136,28	2.572	2,04
AVR21	349,79	215,03	352,18	998	2,39	137,42	2.545	1,74
AVR22	346,4	214	348,91	998	2,52	135,18	2.563	1,86
AVR23	339,3	210,09	341,94	998	2,65	132,11	2.568	2,00
AVR24	346,53	215,1	349,14	998	2,62	134,31	2.580	1,95
AVR25	346,8	215,19	349,3	998	2,51	134,38	2.581	1,86
AVR26	347,68	215,82	350,02	998	2,34	134,47	2.586	1,74
AVR27	351,07	216,75	353,36	998	2,29	136,88	2.565	1,68
AVR28	350,58	216,99	353,04	998	2,46	136,32	2.572	1,81
AVR29	351,04	218,16	353,64	998	2,61	135,75	2.586	1,92
AVR30	349,18	216,55	351,77	998	2,60	135,49	2.577	1,92

(continua)

DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA APARENTE E POROSIDADE ABERTA (%)								EN 1936 (2006)
Pedra Natural: Amarelo Vila Real (AVR)								
Data Ensaio: 06/09/2010 folha 2/2								
Amost.	Massa do provete			Massa Vol água ρ_{rh} (Kg/m ³)	Volume poros abertos V_o (ml)	Volume aparente V_b (ml)	Massa vol aparente ρ_b (Kg/m ³)	Porosidade aberta P_o (%)
	Seco m_d (g)	Imerso m_h (g)	Saturado m_s (g)					
AVR31	349,1	216,29	351,7	998	2,61	135,68	2.573	1,92
AVR32	347,15	215,15	349,92	998	2,78	135,04	2.571	2,06
AVR33	346,93	215,2	349,17	998	2,24	134,24	2.584	1,67
AVR34	344,28	213,22	346,88	998	2,61	133,93	2.571	1,95
AVR35	347,32	215,07	349,62	998	2,30	134,82	2.576	1,71
AVR36	350,2	216,86	352,08	998	1,88	135,49	2.585	1,39
AVR37	351,57	218,62	353,26	998	1,69	134,91	2.606	1,26
AVR38	351,15	218,16	352,93	998	1,78	135,04	2.600	1,32
AVR39	347,7	215,21	349,77	998	2,07	134,83	2.579	1,54
AVR40	348,3	215,14	350,27	998	1,97	135,40	2.572	1,46
Médias:							2.580	1,92

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA APARENTE E POROSIDADE ABERTA (%)

EN 1936 (2006)

Pedra Natural: Cinzento Claro Pedras Salgadas (CPS)

Data Ensaio: 20/09/2010

Amost.	Massa do provete			Massa Vol água ρ_{rh} (Kg/m ³)	Volume poros abertos V_0 (ml)	Volume aparente V_b (ml)	Massa vol aparente ρ_b (Kg/m ³)	Porosidade aberta P_0 (%)
	Seco m_d (g)	Imerso m_h (g)	Saturado m_s (g)					
CPS1	316,70	194,66	317,68	998	0,98	123,27	2.569	0,80
CPS2	323,43	197,37	324,42	998	0,99	127,30	2.541	0,78
CPS3	324,19	197,78	325,21	998	1,02	127,69	2.539	0,80
CPS4	316,77	193,97	317,78	998	1,01	124,06	2.553	0,82
CPS5	320,87	195,91	321,87	998	1,00	126,21	2.542	0,79
CPS6	316,27	193,00	317,21	998	0,94	124,46	2.541	0,76
CPS7	314,78	192,86	315,73	998	0,95	123,12	2.557	0,77
CPS8	319,14	194,52	320,03	998	0,89	125,76	2.538	0,71
CPS9	316,22	192,58	317,14	998	0,92	124,81	2.534	0,74
CPS10	317,61	193,24	318,60	998	0,99	125,61	2.529	0,79
CPS11	319,76	194,86	320,73	998	0,97	126,12	2.535	0,77
CPS12	324,61	197,67	325,54	998	0,93	128,13	2.534	0,73
CPS13	323,72	198,01	324,69	998	0,97	126,93	2.550	0,77
CPS14	323,95	197,15	324,83	998	0,88	127,94	2.532	0,69
CPS15	324,66	197,57	325,60	998	0,94	128,29	2.531	0,73
CPS16	320,62	195,04	321,64	998	1,02	126,85	2.527	0,81
CPS17	323,74	196,87	324,75	998	1,01	128,14	2.527	0,79
CPS18	317,41	193,35	318,41	998	1,00	125,31	2.533	0,80
CPS19	321,66	199,77	322,83	998	1,17	123,31	2.609	0,95
CPS20	315,95	194,29	317,09	998	1,14	123,05	2.568	0,93
CPS21	321,91	198,93	323,11	998	1,20	124,43	2.587	0,97
CPS22	322,18	198,82	323,40	998	1,22	124,83	2.581	0,98
CPS23	322,57	198,47	323,68	998	1,11	125,46	2.571	0,89
CPS24	320,75	199,12	321,86	998	1,11	122,99	2.608	0,90
CPS25	324,40	203,26	325,52	998	1,12	122,51	2.648	0,92
CPS26	314,77	192,97	315,84	998	1,07	123,12	2.557	0,87
CPS27	322,98	199,01	324,07	998	1,09	125,31	2.577	0,87
CPS28	316,03	195,16	317,07	998	1,04	122,15	2.587	0,85
CPS29	320,08	196,92	321,16	998	1,08	124,49	2.571	0,87
CPS30	324,34	199,57	325,45	998	1,11	126,13	2.571	0,88
Médias:							2.558	0,82

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA APARENTE E POROSIDADE ABERTA (%)

EN 1936 (2006)

Pedra Natural: Cristal Azul (CAZ)

Data Ensaio: 06/10/2010

Amost.	Massa do provete			Massa Vol água ρ_{rh} (Kg/m ³)	Volume poros abertos V_o (ml)	Volume aparente V_b (ml)	Massa vol aparente ρ_b (Kg/m ³)	Porosidade aberta P_o (%)
	Seco m_d (g)	Imerso m_h (g)	Saturado m_s (g)					
CAZ1	353,92	220,94	354,41	998	0,49	133,74	2.646	0,37
CAZ2	356,18	222,08	356,68	998	0,50	134,87	2.641	0,37
CAZ3	356,81	222,11	357,30	998	0,49	135,46	2.634	0,36
CAZ4	352,42	217,42	352,90	998	0,48	135,75	2.596	0,35
CAZ5	354,83	222,19	355,34	998	0,51	133,42	2.660	0,38
CAZ6	351,56	217,26	352,04	998	0,48	135,05	2.603	0,36
CAZ7	353,55	220,78	354,04	998	0,49	133,53	2.648	0,37
CAZ8	357,79	222,84	358,27	998	0,48	135,70	2.637	0,35
CAZ9	354,10	221,78	354,59	998	0,49	133,08	2.661	0,37
CAZ10	346,23	215,90	346,67	998	0,44	131,03	2.642	0,34
CAZ11	353,11	222,75	353,58	998	0,47	131,09	2.694	0,36
CAZ12	350,30	219,87	350,80	998	0,50	131,19	2.670	0,38
CAZ13	361,43	227,04	361,92	998	0,49	135,15	2.674	0,36
CAZ14	358,55	225,32	359,03	998	0,48	133,98	2.676	0,36
CAZ15	354,17	222,47	354,65	998	0,48	132,44	2.674	0,36
CAZ16	359,08	225,54	359,60	998	0,52	134,33	2.673	0,39
CAZ17	351,54	220,14	352,02	998	0,48	132,14	2.660	0,36
CAZ18	357,55	225,71	358,04	998	0,49	132,60	2.697	0,37
CAZ19	358,58	225,09	359,15	998	0,57	134,33	2.669	0,43
CAZ20	358,39	224,14	359,01	998	0,62	135,14	2.652	0,46
CAZ21	358,31	225,22	358,85	998	0,54	133,90	2.676	0,40
CAZ22	350,20	219,77	350,73	998	0,53	131,22	2.669	0,40
CAZ23	353,15	221,42	353,64	998	0,49	132,48	2.666	0,37
CAZ24	351,74	220,25	352,35	998	0,61	132,36	2.657	0,46
CAZ25	352,71	220,70	353,31	998	0,60	132,88	2.654	0,45
CAZ26	353,77	222,04	354,34	998	0,57	132,57	2.669	0,43
CAZ27	357,41	224,72	357,98	998	0,57	133,53	2.677	0,43
CAZ28	356,46	224,59	357,00	998	0,54	132,68	2.687	0,41
CAZ29	357,80	225,55	358,40	998	0,60	133,12	2.688	0,45
CAZ30	356,96	223,61	357,56	998	0,60	134,22	2.660	0,45
Médias:							2.660	0,39

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA APARENTE E POROSIDADE ABERTA (%)

EN 1936 (2006)

Pedra Natural: Rosa Monção (RM)

Data Ensaio: 25/10/2010

Amost.	Massa do provete			Massa Vol água ρ_{rh} (Kg/m ³)	Volume poros abertos V_o (ml)	Volume aparente V_b (ml)	Massa vol aparente ρ_b (Kg/m ³)	Porosidade aberta P_o (%)
	Seco m_d (g)	Imerso m_h (g)	Saturado m_s (g)					
RM1	323,43	201,33	324,76	998	1,33	123,68	2.615	1,08
RM2	326,24	203,60	327,48	998	1,24	124,13	2.628	1,00
RM3	325,41	202,37	326,59	998	1,18	124,47	2.614	0,95
RM4	326,31	203,07	327,56	998	1,25	124,74	2.616	1,00
RM5	330,71	205,79	331,93	998	1,22	126,39	2.617	0,97
RM6	324,41	201,84	325,60	998	1,19	124,01	2.616	0,96
RM7	331,07	206,07	332,33	998	1,26	126,51	2.617	1,00
RM8	325,48	202,66	326,67	998	1,19	124,26	2.619	0,96
RM9	331,85	206,86	332,99	998	1,14	126,38	2.626	0,90
RM10	328,31	204,30	329,50	998	1,19	125,45	2.617	0,95
RM11	329,43	204,89	330,67	998	1,24	126,03	2.614	0,99
RM12	325,77	202,36	326,99	998	1,22	124,88	2.609	0,98
RM13	330,06	205,50	331,32	998	1,26	126,07	2.618	1,00
RM14	325,63	202,21	326,87	998	1,24	124,91	2.607	0,99
RM15	324,84	201,00	326,07	998	1,23	125,32	2.592	0,98
RM16	326,40	202,15	327,74	998	1,34	125,84	2.594	1,07
RM17	327,34	203,28	328,46	998	1,12	125,43	2.610	0,89
RM18	333,44	207,38	334,58	998	1,14	127,45	2.616	0,90
RM19	327,68	204,69	329,02	998	1,34	124,58	2.630	1,08
RM20	324,78	200,71	326,05	998	1,27	125,59	2.586	1,01
RM21	331,49	204,77	332,71	998	1,22	128,20	2.586	0,95
RM22	325,00	201,35	326,22	998	1,22	125,12	2.598	0,98
RM23	325,21	201,64	326,40	998	1,19	125,01	2.601	0,95
RM24	324,65	201,30	325,89	998	1,24	124,84	2.601	1,00
RM25	332,16	206,74	333,41	998	1,25	126,92	2.617	0,99
RM26	327,92	203,72	329,10	998	1,18	125,63	2.610	0,94
RM27	329,13	204,98	330,37	998	1,24	125,64	2.620	0,99
RM28	322,93	200,76	324,09	998	1,16	123,58	2.613	0,94
RM29	325,33	202,47	326,45	998	1,12	124,23	2.619	0,90
RM30	322,15	199,94	323,27	998	1,12	123,58	2.607	0,91
Médias:							2.611	0,97

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA APARENTE E POROSIDADE ABERTA (%)

EN 1936 (2006)

Pedra Natural: Cinzento Favaco (CFAV)

Data Ensaio: 08/11/2010

Amost.	Massa do provete			Massa Vol água ρ_{rh} (Kg/m ³)	Volume poros abertos V_0 (ml)	Volume aparente V_b (ml)	Massa vol aparente ρ_b (Kg/m ³)	Porosidade aberta P_0 (%)
	Seco m_d (g)	Imerso m_h (g)	Saturado m_s (g)					
CFAV1	350,75	221,06	351,30	998	0,55	130,50	2.688	0,42
CFAV2	344,62	215,23	345,20	998	0,58	130,23	2.646	0,45
CFAV3	350,02	220,13	350,58	998	0,56	130,71	2.678	0,43
CFAV4	348,05	218,84	348,59	998	0,54	130,01	2.677	0,42
CFAV5	347,55	218,31	348,14	998	0,59	130,09	2.672	0,45
CFAV6	350,31	220,43	350,89	998	0,58	130,72	2.680	0,44
CFAV7	346,44	219,43	347,12	998	0,68	127,95	2.708	0,53
CFAV8	337,91	212,79	338,43	998	0,52	125,89	2.684	0,41
CFAV9	338,35	212,83	338,90	998	0,55	126,32	2.678	0,44
CFAV10	349,15	220,30	349,71	998	0,56	129,67	2.693	0,43
CFAV11	340,17	213,89	340,76	998	0,59	127,12	2.676	0,47
CFAV12	351,75	221,25	352,32	998	0,57	131,33	2.678	0,43
CFAV13	348,79	218,50	349,30	998	0,51	131,06	2.661	0,39
CFAV14	350,28	218,88	350,77	998	0,49	132,15	2.651	0,37
CFAV15	343,20	215,16	343,71	998	0,51	128,81	2.664	0,40
CFAV16	346,82	216,38	347,35	998	0,53	131,23	2.643	0,40
CFAV17	351,00	220,32	351,59	998	0,59	131,53	2.669	0,45
CFAV18	347,64	218,09	348,18	998	0,54	130,35	2.667	0,42
CFAV19	336,05	211,46	336,68	998	0,63	125,47	2.678	0,50
CFAV20	349,91	219,75	350,49	998	0,58	131,00	2.671	0,44
CFAV21	349,29	219,15	349,82	998	0,53	130,93	2.668	0,41
CFAV22	350,11	220,16	350,73	998	0,62	130,83	2.676	0,47
CFAV23	346,26	217,29	346,87	998	0,61	129,84	2.667	0,47
CFAV24	339,59	211,80	340,18	998	0,59	128,64	2.640	0,46
CFAV25	334,68	210,56	335,56	998	0,88	125,25	2.672	0,70
CFAV26	350,71	220,29	351,21	998	0,50	131,18	2.673	0,38
CFAV27	333,55	209,77	334,01	998	0,46	124,49	2.679	0,37
CFAV28	353,73	222,14	354,20	998	0,47	132,32	2.673	0,36
CFAV29	348,40	218,61	348,90	998	0,50	130,55	2.669	0,38
CFAV30	339,75	213,24	340,21	998	0,46	127,22	2.670	0,36
Médias:							2.672	0,44

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA APARENTE E POROSIDADE ABERTA (%)

EN 1936 (2006)

Pedra Natural: Negro Impala(NIMP)

Data Ensaio: 22/11/2010

Amost.	Massa do provete			Massa Vol água ρ_{rh} (Kg/m ³)	Volume poros abertos V_0 (ml)	Volume aparente V_b (ml)	Massa vol aparente ρ_b (Kg/m ³)	Porosidade aberta P_0 (%)
	Seco m_d (g)	Imerso m_h (g)	Saturado m_s (g)					
NIMP1	380,92	251,84	381,22	998	0,30	129,64	2.938	0,23
NIMP2	387,64	255,18	387,97	998	0,33	133,06	2.913	0,25
NIMP3	403,98	266,34	404,35	998	0,37	138,29	2.921	0,27
NIMP4	398,48	264,45	398,62	998	0,14	134,44	2.964	0,10
NIMP5	421,50	279,85	421,72	998	0,22	142,15	2.965	0,16
NIMP6	384,18	260,62	384,69	998	0,51	124,32	3.090	0,41
NIMP7	416,89	276,01	417,27	998	0,38	141,54	2.945	0,27
NIMP8	398,17	261,01	398,47	998	0,30	137,74	2.891	0,22
NIMP9	401,68	265,10	401,86	998	0,18	137,03	2.931	0,13
NIMP10	398,53	261,76	398,95	998	0,42	137,46	2.899	0,31
NIMP11	423,05	279,32	423,36	998	0,31	144,33	2.931	0,22
NIMP12	420,00	277,62	420,33	998	0,33	143,00	2.937	0,23
NIMP13	407,66	268,52	408,00	998	0,34	139,76	2.917	0,24
NIMP14	394,53	259,97	394,90	998	0,37	135,20	2.918	0,27
NIMP15	415,98	274,22	416,28	998	0,30	142,34	2.922	0,21
NIMP16	413,83	272,98	414,16	998	0,33	141,46	2.925	0,23
NIMP17	419,63	277,06	419,90	998	0,27	143,13	2.932	0,19
NIMP18	414,50	273,06	414,86	998	0,36	142,08	2.917	0,25
NIMP19	404,42	267,09	404,59	998	0,17	137,78	2.935	0,12
NIMP20	396,33	262,11	396,42	998	0,09	134,58	2.945	0,07
NIMP21	369,53	243,29	369,79	998	0,26	126,75	2.915	0,21
NIMP22	387,00	253,65	387,29	998	0,29	133,91	2.890	0,22
NIMP23	411,30	271,45	411,60	998	0,30	140,43	2.929	0,21
NIMP24	403,59	267,46	403,86	998	0,27	136,67	2.953	0,20
NIMP25	361,98	239,86	362,59	998	0,61	122,98	2.944	0,50
NIMP26	405,45	267,58	405,76	998	0,31	138,46	2.928	0,22
NIMP27	425,15	282,52	425,29	998	0,14	143,06	2.972	0,10
NIMP28	425,16	282,72	425,28	998	0,12	142,85	2.976	0,08
NIMP29	424,60	282,16	424,74	998	0,14	142,87	2.972	0,10
NIMP30	373,89	246,69	374,39	998	0,50	127,96	2.922	0,39
Médias:							2.938	0,22

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA APARENTE E POROSIDADE ABERTA (%)

EN 1936 (2006)

Pedra Natural: Negro Zimbabwe (NZBW)

Data Ensaio: 06/12/2010

Amost.	Massa do provete			Massa Vol água ρ_{rh} (Kg/m ³)	Volume poros abertos V_0 (ml)	Volume aparente V_b (ml)	Massa vol aparente ρ_b (Kg/m ³)	Porosidade aberta P_0 (%)
	Seco m_d (g)	Imerso m_h (g)	Saturado m_s (g)					
NZBW1	369,26	242,88	369,86	998	0,60	127,23	2.902	0,47
NZBW2	367,27	242,23	367,89	998	0,62	125,91	2.917	0,49
NZBW3	373,85	246,18	374,42	998	0,57	128,50	2.909	0,44
NZBW4	371,82	244,86	372,34	998	0,52	127,74	2.911	0,41
NZBW5	383,79	259,33	384,46	998	0,67	125,38	3.061	0,54
NZBW6	367,56	242,71	368,12	998	0,56	125,66	2.925	0,45
NZBW7	371,27	246,94	371,85	998	0,58	125,16	2.966	0,46
NZBW8	374,30	248,16	374,88	998	0,58	126,97	2.948	0,46
NZBW9	369,51	244,96	370,10	998	0,59	125,39	2.947	0,47
NZBW10	366,64	243,10	367,21	998	0,57	124,36	2.948	0,46
NZBW11	369,87	245,13	370,43	998	0,56	125,55	2.946	0,45
NZBW12	369,35	244,85	369,93	998	0,58	125,33	2.947	0,46
NZBW13	372,99	247,21	373,72	998	0,73	126,76	2.942	0,58
NZBW14	368,05	243,95	368,64	998	0,59	124,94	2.946	0,47
NZBW15	368,81	244,49	369,41	998	0,60	125,17	2.946	0,48
NZBW16	369,10	244,41	369,72	998	0,62	125,56	2.940	0,49
NZBW17	374,98	248,55	375,58	998	0,60	127,28	2.946	0,47
NZBW18	367,08	243,28	367,64	998	0,56	124,61	2.946	0,45
NZBW19	369,47	244,40	370,05	998	0,58	125,90	2.935	0,46
NZBW20	374,49	247,22	375,00	998	0,51	128,04	2.925	0,40
NZBW21	375,18	248,18	375,74	998	0,56	127,82	2.935	0,44
NZBW22	368,81	244,49	369,28	998	0,47	125,04	2.950	0,38
NZBW23	372,87	247,09	373,34	998	0,47	126,50	2.948	0,37
NZBW24	371,57	246,28	372,05	998	0,48	126,02	2.948	0,38
NZBW25	368,63	244,50	369,33	998	0,70	125,08	2.947	0,56
NZBW26	373,68	246,70	374,23	998	0,55	127,79	2.924	0,43
NZBW27	370,23	243,56	370,80	998	0,57	127,49	2.904	0,45
NZBW28	371,83	245,87	372,41	998	0,58	126,79	2.933	0,46
NZBW29	372,85	245,70	373,40	998	0,55	127,96	2.914	0,43
NZBW30	371,44	244,73	372,01	998	0,57	127,54	2.912	0,45
Médias:							2.939	0,46

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA APARENTE E POROSIDADE ABERTA (%)

EN 1936 (2006)

Pedra Natural: Ardósia de Valongo (ARDV)

Data Ensaio: 10/01/2011

Amost.	Massa do provete			Massa Vol água ρ_{rh} (Kg/m ³)	Volume poros abertos V_0 (ml)	Volume aparente V_b (ml)	Massa vol aparente ρ_b (Kg/m ³)	Porosidade aberta P_0 (%)
	Seco m_d (g)	Imerso m_h (g)	Saturado m_s (g)					
ARDV1	377,55	244,59	379,43	998	1,88	135,11	2.794	1,39
ARDV2	378,46	244,51	380,34	998	1,88	136,10	2.781	1,38
ARDV3	378,95	246,12	380,64	998	1,69	134,79	2.811	1,26
ARDV4	376,64	244,03	378,61	998	1,97	134,85	2.793	1,46
ARDV5	377,89	245,10	379,76	998	1,87	134,93	2.801	1,39
ARDV6	377,47	245,13	379,18	998	1,71	134,32	2.810	1,28
ARDV7	375,10	243,28	376,62	998	1,52	133,61	2.807	1,14
ARDV8	376,64	244,14	378,01	998	1,37	134,14	2.808	1,02
ARDV9	378,67	245,68	380,06	998	1,39	134,65	2.812	1,03
ARDV10	377,64	245,30	379,05	998	1,41	134,02	2.818	1,05
ARDV11	376,21	244,31	377,64	998	1,43	133,60	2.816	1,07
ARDV12	377,15	245,10	378,55	998	1,40	133,72	2.820	1,05
ARDV13	378,66	246,77	379,97	998	1,31	133,47	2.837	0,98
ARDV14	378,86	246,37	380,33	998	1,47	134,23	2.823	1,10
ARDV15	377,94	245,70	379,29	998	1,35	133,86	2.823	1,01
ARDV16	378,81	246,57	380,12	998	1,31	133,82	2.831	0,98
ARDV17	376,85	245,02	378,30	998	1,45	133,55	2.822	1,09
ARDV18	377,69	245,45	379,07	998	1,38	133,89	2.821	1,03
ARDV19	377,85	245,61	379,37	998	1,52	134,03	2.819	1,14
ARDV20	377,76	245,20	379,16	998	1,40	134,23	2.814	1,05
ARDV21	377,35	245,05	379,00	998	1,65	134,22	2.811	1,23
ARDV22	378,02	245,00	379,53	998	1,51	134,80	2.804	1,12
ARDV23	376,85	244,19	378,44	998	1,59	134,52	2.801	1,18
ARDV24	377,01	244,34	378,38	998	1,37	134,31	2.807	1,02
ARDV25	378,40	245,67	379,95	998	1,55	134,55	2.812	1,15
ARDV26	376,20	243,29	377,63	998	1,43	134,61	2.795	1,06
ARDV27	376,67	244,80	378,18	998	1,51	133,65	2.818	1,13
ARDV28	376,52	244,04	377,92	998	1,40	134,15	2.807	1,05
ARDV29	377,57	245,04	379,09	998	1,52	134,32	2.811	1,13
ARDV30	377,34	244,41	378,83	998	1,49	134,69	2.802	1,11
Médias:							2.811	1,14

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA APARENTE E POROSIDADE ABERTA (%)

EN 1936 (2006)

Pedra Natural: Verde Donai (VD)

Data Ensaio: 24/01/2011

Amost.	Massa do provete			Massa Vol água ρ_{rh} (Kg/m ³)	Volume poros abertos V_0 (ml)	Volume aparente V_b (ml)	Massa vol aparente ρ_b (Kg/m ³)	Porosidade aberta P_0 (%)
	Seco m_d (g)	Imerso m_h (g)	Saturado m_s (g)					
VD1	379,04	242,60	379,45	998	0,41	137,12	2.764	0,30
VD2	373,80	237,68	374,17	998	0,37	136,76	2.733	0,27
VD3	381,99	243,60	382,32	998	0,33	139,00	2.748	0,24
VD4	385,32	245,20	385,77	998	0,45	140,85	2.736	0,32
VD5	385,89	245,79	386,30	998	0,41	140,79	2.741	0,29
VD6	380,94	243,12	381,37	998	0,43	138,53	2.750	0,31
VD7	372,62	237,50	373,05	998	0,43	135,82	2.743	0,32
VD8	368,12	235,27	368,56	998	0,44	133,56	2.756	0,33
VD9	373,44	238,25	373,86	998	0,42	135,88	2.748	0,31
VD10	368,92	235,19	369,33	998	0,41	134,41	2.745	0,31
VD11	372,30	237,73	372,74	998	0,44	135,28	2.752	0,33
VD12	383,93	244,66	384,32	998	0,39	139,94	2.744	0,28
VD13	383,80	246,55	384,13	998	0,33	137,86	2.784	0,24
VD14	386,94	249,90	387,28	998	0,34	137,66	2.811	0,25
VD15	377,87	242,35	378,26	998	0,39	136,18	2.775	0,29
VD16	392,93	251,90	393,30	998	0,37	141,68	2.773	0,26
VD17	366,71	234,64	367,08	998	0,37	132,71	2.763	0,28
VD18	412,50	266,17	412,88	998	0,38	147,00	2.806	0,26
VD19	393,44	250,72	393,85	998	0,41	143,42	2.743	0,29
VD20	395,93	251,48	396,29	998	0,36	145,10	2.729	0,25
VD21	389,15	247,63	389,51	998	0,36	142,16	2.737	0,25
VD22	388,93	247,34	389,30	998	0,37	142,24	2.734	0,26
VD23	388,31	246,81	388,68	998	0,37	142,15	2.732	0,26
VD24	393,29	252,31	393,68	998	0,39	141,65	2.776	0,28
VD25	390,04	248,92	390,43	998	0,39	141,79	2.751	0,28
VD26	394,08	251,99	394,48	998	0,40	142,78	2.760	0,28
VD27	396,63	253,66	396,98	998	0,35	143,61	2.762	0,24
VD28	376,56	241,31	376,97	998	0,41	135,93	2.770	0,30
VD29	388,50	249,27	388,97	998	0,47	139,98	2.775	0,34
VD30	393,72	253,82	394,23	998	0,51	140,69	2.798	0,36
Médias:							2.758	0,29

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA APARENTE E POROSIDADE ABERTA (%)

EN 1936 (2006)

Pedra Natural: Branco Rosado (MBR)

Data Ensaio: 07/02/2011

Amost.	Massa do provete			Massa Vol água ρ_{rh} (Kg/m ³)	Volume poros abertos V_0 (ml)	Volume aparente V_b (ml)	Massa vol aparente ρ_b (Kg/m ³)	Porosidade aberta P_0 (%)
	Seco m_d (g)	Imerso m_h (g)	Saturado m_s (g)					
MBR1	369,43	232,10	369,74	998	0,31	137,92	2.679	0,23
MBR2	361,50	226,51	361,89	998	0,39	135,65	2.665	0,29
MBR3	385,31	242,65	385,86	998	0,55	143,50	2.685	0,38
MBR4	398,04	250,16	398,56	998	0,52	148,70	2.677	0,35
MBR5	394,35	249,22	394,76	998	0,41	145,83	2.704	0,28
MBR6	364,61	229,30	365,12	998	0,51	136,09	2.679	0,38
MBR7	397,17	249,31	397,66	998	0,49	148,65	2.672	0,33
MBR8	376,37	236,50	376,83	998	0,46	140,61	2.677	0,33
MBR9	385,29	242,49	385,77	998	0,48	143,57	2.684	0,34
MBR10	392,17	245,81	392,66	998	0,49	147,14	2.665	0,33
MBR11	405,13	255,37	405,63	998	0,50	150,56	2.691	0,33
MBR12	394,79	248,38	395,24	998	0,45	147,15	2.683	0,31
MBR13	384,83	240,57	385,21	998	0,38	144,93	2.655	0,26
MBR14	416,10	260,93	416,54	998	0,44	155,92	2.669	0,28
MBR15	397,94	250,29	398,42	998	0,48	148,43	2.681	0,32
MBR16	401,66	253,01	402,10	998	0,44	149,39	2.689	0,30
MBR17	421,66	265,25	422,04	998	0,38	157,10	2.684	0,24
MBR18	415,24	261,40	415,61	998	0,37	154,52	2.687	0,24
MBR19	382,30	240,94	382,77	998	0,47	142,11	2.690	0,33
MBR20	406,96	256,33	407,34	998	0,38	151,31	2.690	0,25
MBR21	357,15	224,41	357,54	998	0,39	133,40	2.677	0,29
MBR22	370,00	230,79	370,47	998	0,47	139,96	2.644	0,34
MBR23	370,21	233,43	370,71	998	0,50	137,56	2.691	0,36
MBR24	388,21	244,51	388,66	998	0,45	144,44	2.688	0,31
MBR25	352,58	222,67	353,07	998	0,49	130,66	2.698	0,38
MBR26	343,43	215,27	343,94	998	0,51	128,93	2.664	0,40
MBR27	397,52	249,34	398,03	998	0,51	148,99	2.668	0,34
MBR28	391,57	245,97	392,02	998	0,45	146,34	2.676	0,31
MBR29	350,38	219,82	350,88	998	0,50	131,32	2.668	0,38
MBR30	391,11	245,81	391,69	998	0,58	146,17	2.676	0,40
Médias:							2.678	0,32

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA APARENTE E POROSIDADE ABERTA (%)

EN 1936 (2006)

Pedra Natural: Moleanos Macio (MOLM)

Data Ensaio: 21/02/2011

Amost.	Massa do provete			Massa Vol água ρ_{rh} (Kg/m ³)	Volume poros abertos V_0 (ml)	Volume aparente V_b (ml)	Massa vol aparente ρ_b (Kg/m ³)	Porosidade aberta P_0 (%)
	Seco m_d (g)	Imerso m_h (g)	Saturado m_s (g)					
MOLM1	347,92	217,37	359,99	998	12,09	142,91	2.435	8,46
MOLM2	347,99	217,39	360,06	998	12,09	142,96	2.434	8,46
MOLM3	351,68	219,86	364,29	998	12,64	144,72	2.430	8,73
MOLM4	350,28	218,83	363,00	998	12,75	144,46	2.425	8,82
MOLM5	357,96	223,69	370,74	998	12,81	147,34	2.429	8,69
MOLM6	347,87	217,35	360,03	998	12,18	142,97	2.433	8,52
MOLM7	346,17	216,15	358,54	998	12,39	142,68	2.426	8,69
MOLM8	346,77	216,76	358,79	998	12,04	142,31	2.437	8,46
MOLM9	341,45	213,60	354,14	998	12,72	140,82	2.425	9,03
MOLM10	346,66	216,55	359,23	998	12,60	142,97	2.425	8,81
MOLM11	347,36	217,22	359,76	998	12,42	142,83	2.432	8,70
MOLM12	342,32	214,43	355,81	998	13,52	141,66	2.416	9,54
MOLM13	341,83	213,46	354,04	998	12,23	140,86	2.427	8,69
MOLM14	341,42	213,30	353,33	998	11,93	140,31	2.433	8,51
MOLM15	364,24	227,46	377,45	998	13,24	150,29	2.424	8,81
MOLM16	367,87	229,73	380,84	998	13,00	151,41	2.430	8,58
MOLM17	366,81	228,99	380,54	998	13,76	151,85	2.416	9,06
MOLM18	358,32	223,87	371,80	998	13,51	148,23	2.417	9,11
MOLM19	349,46	214,89	361,88	998	12,44	147,28	2.373	8,45
MOLM20	361,30	221,69	374,50	998	13,23	153,12	2.360	8,64
MOLM21	361,68	221,66	374,55	998	12,90	153,20	2.361	8,42
MOLM22	361,47	221,91	375,10	998	13,66	153,50	2.355	8,90
MOLM23	359,05	220,67	371,48	998	12,45	151,11	2.376	8,24
MOLM24	360,10	221,77	373,46	998	13,39	151,99	2.369	8,81
MOLM25	353,63	217,86	366,37	998	12,77	148,81	2.376	8,58
MOLM26	354,88	217,98	367,29	998	12,43	149,61	2.372	8,31
MOLM27	357,54	221,75	370,59	998	13,08	149,14	2.397	8,77
MOLM28	354,41	219,40	366,69	998	12,30	147,59	2.401	8,34
MOLM29	362,42	225,16	375,45	998	13,06	150,59	2.407	8,67
MOLM30	359,47	222,70	372,48	998	13,04	150,08	2.395	8,69
Médias:							2.408	8,68

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

ANEXO 2

ABSORÇÃO DE ÁGUA

DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA À PRESSÃO ATMOSFÉRICA

EN 13755 (2001)

Pedra Natural: Amarelo Vila Real (AVR)

Data Ensaio: 14/03/2011 folha 1/2

Amostra	Massas do Provete		Absorção de água Ab (%)
	Seco m _d (g)	Saturado m _s (g)	
AVR1	350,51	352,86	0,67
AVR2	346,79	349,46	0,77
AVR3	346,13	348,62	0,72
AVR4	344,64	347,33	0,78
AVR5	338,73	341,18	0,72
AVR6	346,20	348,76	0,74
AVR7	347,01	349,49	0,71
AVR8	344,19	347,17	0,87
AVR9	347,75	350,07	0,67
AVR10	351,37	353,76	0,68
AVR11	349,27	351,42	0,62
AVR12	350,12	352,37	0,64
AVR13	346,56	348,84	0,66
AVR14	345,24	348,01	0,80
AVR15	350,70	352,99	0,65
AVR16	347,59	350,25	0,77
AVR17	346,61	349,18	0,74
AVR18	348,52	350,72	0,63
AVR19	347,04	349,52	0,71
AVR20	350,51	352,90	0,68
AVR21	349,80	351,74	0,55
AVR22	346,41	348,68	0,66
AVR23	339,31	341,71	0,71
AVR24	346,53	348,96	0,70
AVR25	346,81	349,09	0,66
AVR26	347,69	349,81	0,61
AVR27	351,01	353,20	0,62
AVR28	350,56	352,62	0,59
AVR29	351,03	353,16	0,61
AVR30	349,19	351,39	0,63

(continua)

DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA À PRESSÃO ATMOSFÉRICA

EN 13755 (2001)

Pedra Natural: Amarelo Vila Real (AVR)

Data Ensaio: 14/03/2011 folha 2/2

Amostra	Massas do Provete		Absorção de água Ab (%)
	Seco m_d (g)	Saturado m_s (g)	
AVR31	349,10	351,32	0,64
AVR32	347,17	349,69	0,73
AVR33	346,93	349,36	0,70
AVR34	344,28	346,77	0,72
AVR35	347,32	349,50	0,63
AVR36	350,20	352,28	0,59
AVR37	351,57	353,62	0,58
AVR38	351,14	353,20	0,59
AVR39	347,70	349,98	0,66
AVR40	348,26	350,57	0,66
Absorção Média:			0,68

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA À PRESSÃO ATMOSFÉRICA

EN 13755 (2001)

Pedra Natural: Cinzento Claro Pedras Salgadas (CPS)

Data Ensaio: 28/03/2011

Amostra	Massas do Provete		Absorção de água Ab (%)
	Seco m_d (g)	Saturado m_s (g)	
CPS1	316,53	317,67	0,36
CPS2	323,25	324,49	0,38
CPS3	324,00	325,38	0,43
CPS4	316,68	317,91	0,39
CPS5	320,65	321,95	0,41
CPS6	316,09	317,46	0,43
CPS7	314,59	315,97	0,44
CPS8	318,95	323,20	1,33
CPS9	316,04	317,36	0,42
CPS10	317,41	318,68	0,40
CPS11	319,55	320,88	0,42
CPS12	324,44	325,74	0,40
CPS13	323,56	324,86	0,40
CPS14	323,81	325,10	0,40
CPS15	324,52	325,71	0,37
CPS16	320,44	321,78	0,42
CPS17	323,58	324,87	0,40
CPS18	317,27	318,57	0,41
CPS19	321,53	322,89	0,42
CPS20	315,79	317,09	0,41
CPS21	321,79	323,07	0,40
CPS22	322,07	323,29	0,38
CPS23	322,44	324,22	0,55
CPS24	320,64	321,91	0,40
CPS25	324,32	325,56	0,38
CPS26	314,68	315,97	0,41
CPS27	322,89	324,15	0,39
CPS28	315,92	317,18	0,40
CPS29	319,98	321,25	0,40
CPS30	324,27	325,48	0,37
Absorção Média:			0,44

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA À PRESSÃO ATMOSFÉRICA

EN 13755 (2001)

Pedra Natural: Cristal Azul (CAZ)

Data Ensaio: 11/04/2011

Amostra	Massas do Provete		Absorção de água Ab (%)
	Seco m_d (g)	Saturado m_s (g)	
CAZ1	354,23	354,93	0,20
CAZ2	356,50	357,19	0,19
CAZ3	357,15	357,86	0,20
CAZ4	352,76	353,49	0,21
CAZ5	355,14	355,93	0,22
CAZ6	351,93	352,68	0,21
CAZ7	353,87	354,59	0,20
CAZ8	358,12	358,85	0,20
CAZ9	354,39	355,10	0,20
CAZ10	346,56	347,28	0,21
CAZ11	353,40	354,09	0,20
CAZ12	350,63	351,33	0,20
CAZ13	361,75	362,50	0,21
CAZ14	358,89	359,63	0,21
CAZ15	354,50	355,19	0,19
CAZ16	359,40	360,08	0,19
CAZ17	351,91	352,59	0,19
CAZ18	357,84	358,59	0,21
CAZ19	358,91	359,71	0,22
CAZ20	358,75	359,40	0,18
CAZ21	358,51	359,36	0,24
CAZ22	350,45	351,35	0,26
CAZ23	353,40	354,21	0,23
CAZ24	351,98	352,83	0,24
CAZ25	352,95	353,90	0,27
CAZ26	354,01	354,93	0,26
CAZ27	357,64	358,57	0,26
CAZ28	356,70	357,65	0,27
CAZ29	358,03	358,88	0,24
CAZ30	357,22	358,08	0,24
Absorção Média:			0,22

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA À PRESSÃO ATMOSFÉRICA

EN 13755 (2001)

Pedra Natural: Rosa Monção (RM)

Data Ensaio: 02/05/2011

Amostra	Massas do Provete		Absorção de água Ab (%)
	Seco m _d (g)	Saturado m _s (g)	
RM1	323,51	324,65	0,35
RM2	326,34	327,41	0,33
RM3	325,52	326,66	0,35
RM4	326,41	327,54	0,35
RM5	330,79	331,95	0,35
RM6	324,50	325,60	0,34
RM7	331,17	332,29	0,34
RM8	325,58	326,71	0,35
RM9	331,95	333,00	0,32
RM10	328,43	329,53	0,33
RM11	329,54	330,64	0,33
RM12	325,87	326,98	0,34
RM13	330,17	331,28	0,34
RM14	325,78	326,84	0,33
RM15	324,99	326,10	0,34
RM16	326,61	327,67	0,32
RM17	327,47	328,59	0,34
RM18	333,57	334,59	0,31
RM19	327,83	328,91	0,33
RM20	324,95	325,99	0,32
RM21	331,64	332,74	0,33
RM22	325,14	326,26	0,34
RM23	325,37	326,38	0,31
RM24	324,78	325,81	0,32
RM25	332,29	333,45	0,35
RM26	328,05	329,08	0,31
RM27	329,30	330,38	0,33
RM28	323,07	324,17	0,34
RM29	325,47	326,49	0,31
RM30	322,23	323,33	0,34
Absorção Média:			0,33

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA À PRESSÃO ATMOSFÉRICA

EN 13755 (2001)

Pedra Natural: Cinzento Favaco (CFAV)

Data Ensaio: 16/05/2011

Amostra	Massas do Provete		Absorção de água Ab (%)
	Seco m_d (g)	Saturado m_s (g)	
CFAV1	350,77	351,57	0,23
CFAV2	344,62	345,52	0,26
CFAV3	350,04	351,07	0,29
CFAV4	348,08	348,99	0,26
CFAV5	347,58	348,48	0,26
CFAV6	350,33	351,34	0,29
CFAV7	346,45	347,80	0,39
CFAV8	337,91	338,93	0,30
CFAV9	338,37	339,34	0,29
CFAV10	349,13	350,13	0,29
CFAV11	340,17	341,20	0,30
CFAV12	351,76	352,76	0,28
CFAV13	348,71	349,59	0,25
CFAV14	350,23	351,27	0,30
CFAV15	343,15	344,43	0,37
CFAV16	346,78	347,71	0,27
CFAV17	351,00	352,13	0,32
CFAV18	347,59	348,57	0,28
CFAV19	336,05	337,04	0,29
CFAV20	349,87	350,89	0,29
CFAV21	349,22	350,77	0,44
CFAV22	350,03	351,35	0,38
CFAV23	346,21	347,58	0,40
CFAV24	339,52	340,69	0,34
CFAV25	334,65	335,84	0,36
CFAV26	350,70	351,83	0,32
CFAV27	333,53	334,73	0,36
CFAV28	353,72	355,03	0,37
CFAV29	348,38	349,37	0,28
CFAV30	339,72	340,99	0,37
Absorção Média:			0,32

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA À PRESSÃO ATMOSFÉRICA

EN 13755 (2001)

Pedra Natural: Negro Impala (NIMP)

Data Ensaio: 30/05/2011

Amostra	Massas do Provete		Absorção de água Ab (%)
	Seco m_d (g)	Saturado m_s (g)	
NIMP1	384,91	385,48	0,15
NIMP2	383,36	383,93	0,15
NIMP3	385,98	386,53	0,14
NIMP4	383,96	384,56	0,16
NIMP5	386,41	387,00	0,15
NIMP6	384,15	384,75	0,16
NIMP7	384,22	384,82	0,16
NIMP8	385,77	386,36	0,15
NIMP9	370,14	370,70	0,15
NIMP10	369,25	369,84	0,16
NIMP11	387,18	387,79	0,16
NIMP12	383,38	384,00	0,16
NIMP13	386,90	387,39	0,13
NIMP14	383,52	384,12	0,16
NIMP15	387,28	387,80	0,13
NIMP16	385,38	385,90	0,13
NIMP17	384,59	385,23	0,17
NIMP18	387,55	388,09	0,14
NIMP19	382,99	383,60	0,16
NIMP20	387,98	388,65	0,17
NIMP21	387,36	387,96	0,15
NIMP22	381,46	382,06	0,16
NIMP23	386,61	387,19	0,15
NIMP24	372,40	373,04	0,17
NIMP25	361,92	362,51	0,16
NIMP26	363,45	364,00	0,15
NIMP27	364,29	364,89	0,16
NIMP28	373,59	374,17	0,16
NIMP29	366,44	367,10	0,18
NIMP30	373,83	374,48	0,17
Absorção Média:			0,16

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA À PRESSÃO ATMOSFÉRICA

EN 13755 (2001)

Pedra Natural: Negro Zimbawe (NZBW)

Data Ensaio: 13/06/2011

Amostra	Massas do Provete		Absorção de água Ab (%)
	Seco m _d (g)	Saturado m _s (g)	
NZBW1	369,31	369,80	0,13
NZBW2	367,32	367,71	0,11
NZBW3	373,90	374,32	0,11
NZBW4	371,87	372,30	0,12
NZBW5	383,82	384,27	0,12
NZBW6	367,60	368,02	0,11
NZBW7	371,32	371,77	0,12
NZBW8	374,37	374,80	0,11
NZBW9	369,57	370,03	0,12
NZBW10	366,70	367,12	0,11
NZBW11	369,94	370,32	0,10
NZBW12	369,42	369,82	0,11
NZBW13	373,07	373,44	0,10
NZBW14	368,12	368,54	0,11
NZBW15	368,89	369,33	0,12
NZBW16	369,19	369,56	0,10
NZBW17	375,05	375,49	0,12
NZBW18	367,13	367,60	0,13
NZBW19	369,50	369,96	0,12
NZBW20	374,52	374,96	0,12
NZBW21	375,23	375,62	0,10
NZBW22	368,85	369,29	0,12
NZBW23	372,91	373,29	0,10
NZBW24	371,62	372,04	0,11
NZBW25	368,70	369,13	0,12
NZBW26	373,75	374,22	0,13
NZBW27	370,29	370,71	0,11
NZBW28	371,90	372,32	0,11
NZBW29	372,91	373,32	0,11
NZBW30	371,51	371,96	0,12
Absorção Média:			0,11

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA À PRESSÃO ATMOSFÉRICA

EN 13755 (2001)

Pedra Natural: Ardósia de Valongo (ARDV)

Data Ensaio: 27/06/2011

Amostra	Massas do Provete		Absorção de água Ab (%)
	Seco m _d (g)	Saturado m _s (g)	
ARDV1	377,59	379,49	0,50
ARDV2	378,48	380,36	0,50
ARDV3	378,99	380,75	0,46
ARDV4	376,69	378,76	0,55
ARDV5	377,93	379,82	0,50
ARDV6	377,49	379,40	0,51
ARDV7	375,22	377,21	0,53
ARDV8	376,74	378,59	0,49
ARDV9	378,77	380,66	0,50
ARDV10	377,72	379,70	0,52
ARDV11	376,31	378,22	0,51
ARDV12	377,24	379,12	0,50
ARDV13	378,54	380,44	0,50
ARDV14	378,73	380,68	0,51
ARDV15	377,80	379,85	0,54
ARDV16	378,66	380,61	0,51
ARDV17	376,71	378,74	0,54
ARDV18	377,55	379,48	0,51
ARDV19	377,90	379,76	0,49
ARDV20	377,81	379,72	0,51
ARDV21	377,41	379,46	0,54
ARDV22	378,08	380,20	0,56
ARDV23	376,87	378,72	0,49
ARDV24	377,06	378,91	0,49
ARDV25	378,39	380,44	0,54
ARDV26	376,16	377,98	0,48
ARDV27	376,66	378,65	0,53
ARDV28	376,51	378,38	0,50
ARDV29	377,58	379,51	0,51
ARDV30	377,33	379,21	0,50
Absorção Média:			0,51

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA À PRESSÃO ATMOSFÉRICA

EN 13755 (2001)

Pedra Natural: Verde Donai (VD)

Data Ensaio: 04/07/2011

Amostra	Massas do Provete		Absorção de água Ab (%)
	Seco m _d (g)	Saturado m _s (g)	
VD1	379,05	379,29	0,06
VD2	373,84	374,12	0,07
VD3	382,03	382,28	0,07
VD4	385,35	385,61	0,07
VD5	385,91	386,14	0,06
VD6	380,95	381,26	0,08
VD7	372,61	372,90	0,08
VD8	368,09	368,36	0,07
VD9	373,43	373,72	0,08
VD10	368,91	369,22	0,08
VD11	372,29	372,57	0,08
VD12	383,92	384,22	0,08
VD13	383,81	384,13	0,08
VD14	386,95	387,29	0,09
VD15	377,91	378,24	0,09
VD16	392,94	393,20	0,07
VD17	366,74	367,04	0,08
VD18	412,51	412,83	0,08
VD19	393,47	393,79	0,08
VD20	395,95	396,22	0,07
VD21	389,18	389,44	0,07
VD22	388,95	389,24	0,07
VD23	388,31	388,55	0,06
VD24	393,32	393,64	0,08
VD25	390,08	390,30	0,06
VD26	394,10	394,43	0,08
VD27	396,65	396,90	0,06
VD28	376,56	376,79	0,06
VD29	388,50	388,81	0,08
VD30	393,72	394,00	0,07
Absorção Média:			0,07

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA À PRESSÃO ATMOSFÉRICA

EN 13755 (2001)

Pedra Natural: Branco Rosado (MBR)

Data Ensaio: 11/07/2011

Amostra	Massas do Provete		Absorção de água Ab (%)
	Seco m _d (g)	Saturado m _s (g)	
MBR1	355,23	355,89	0,19
MBR2	361,89	362,41	0,14
MBR3	385,65	386,34	0,18
MBR4	398,39	399,06	0,17
MBR5	394,71	395,34	0,16
MBR6	364,95	365,48	0,15
MBR7	397,52	398,11	0,15
MBR8	376,73	377,22	0,13
MBR9	385,63	386,22	0,15
MBR10	392,53	393,07	0,14
MBR11	405,53	406,18	0,16
MBR12	395,14	395,72	0,15
MBR13	385,18	385,74	0,15
MBR14	416,47	417,05	0,14
MBR15	398,32	398,91	0,15
MBR16	402,05	402,62	0,14
MBR17	422,06	422,65	0,14
MBR18	415,59	416,15	0,13
MBR19	382,63	383,23	0,16
MBR20	407,33	407,74	0,10
MBR21	357,48	357,99	0,14
MBR22	370,39	371,05	0,18
MBR23	370,54	371,18	0,17
MBR24	388,54	389,22	0,18
MBR25	352,91	353,55	0,18
MBR26	343,75	344,40	0,19
MBR27	397,88	398,56	0,17
MBR28	391,91	392,60	0,18
MBR29	350,68	351,32	0,18
MBR30	391,45	392,25	0,20
Absorção Média:			0,16

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA À PRESSÃO ATMOSFÉRICA

EN 13755 (2001)

Pedra Natural: Moleanos Macio (MOLM)

Data Ensaio: 18/07/2011

Amostra	Massas do Provete		Absorção de água Ab (%)
	Seco m _d (g)	Saturado m _s (g)	
MOLM1	347,84	361,16	3,83
MOLM2	347,94	360,99	3,75
MOLM3	351,64	365,21	3,86
MOLM4	350,25	364,04	3,94
MOLM5	357,91	371,79	3,88
MOLM6	347,83	361,06	3,80
MOLM7	346,15	359,66	3,90
MOLM8	346,77	359,79	3,75
MOLM9	341,44	354,65	3,87
MOLM10	346,65	360,17	3,90
MOLM11	347,34	360,44	3,77
MOLM12	343,30	356,97	3,98
MOLM13	341,79	355,19	3,92
MOLM14	341,37	354,23	3,77
MOLM15	364,18	378,46	3,92
MOLM16	367,82	382,00	3,86
MOLM17	366,76	381,59	4,04
MOLM18	358,25	372,83	4,07
MOLM19	349,43	362,97	3,87
MOLM20	361,29	375,46	3,92
MOLM21	361,66	375,57	3,85
MOLM22	361,44	376,16	4,07
MOLM23	359,03	372,44	3,74
MOLM24	360,09	374,34	3,96
MOLM25	353,63	367,27	3,86
MOLM26	354,87	368,41	3,82
MOLM27	357,52	371,71	3,97
MOLM28	354,41	367,74	3,76
MOLM29	362,40	376,51	3,89
MOLM30	359,46	373,46	3,89
Absorção Média:			3,88

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

ANEXO 3

ANÁLISE QUÍMICA CONVENCIONAL

nd=<Min.LLD (ppm)

Elementos maiores

16 de maio de 2013



Universidade Aveiro

	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ T (%)	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	TiO ₂ (%)	P ₂ O ₅ (%)	LOI (%)
L21.3.2012ST	46,24	17,56	3,81	0,08	6,98	23,34	1,25	0,10	0,37	0,02	0,25
AVR	73,97	14,96	1,19	0,01	0,09	0,48	2,76	5,17	0,16	0,38	0,83
CPS	72,37	14,37	1,56	0,04	0,17	1,31	3,34	5,91	0,18	0,08	0,67
CAZ	71,87	14,71	2,29	0,02	0,38	1,46	2,51	5,65	0,36	0,23	0,53
RM	73,88	12,68	2,54	0,03	0,23	1,48	3,20	5,03	0,31	0,10	0,52
CFAV	66,23	16,09	4,25	0,05	1,35	2,58	2,17	5,16	0,83	0,38	0,92
SNEF	55,71	21,67	3,04	0,10	0,51	1,55	7,99	6,73	0,69	0,10	1,92
NIMP	54,41	16,45	7,84	0,15	7,21	12,10	1,49	0,15	0,14	0,01	0,03
NZBW	55,36	8,98	11,80	0,18	9,71	10,30	1,01	1,21	0,93	0,10	0,41
ARDV	62,96	16,24	7,07	0,09	2,81	1,00	1,30	3,62	0,79	0,17	3,96
VD	42,25	0,54	8,14	0,12	34,94	1,17	nd	nd	0,01	nd	13,57
MBR	0,31	nd	0,09	0,01	0,47	55,94	nd	nd	0,02	0,01	43,73
MOLM	nd	nd	0,04	nd	0,23	57,88	nd	nd	0,01	0,01	42,68



	Sc (ppm)	V (ppm)	Cr (ppm)	Mn (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Ga (ppm)	Ge (ppm)	As (ppm)
L21.3.12 ST	36,2	112,5	224,0	759,1	21,8	41,2	34,1	10,8	8,5	nd	nd
AVR	nd	nd	8,2	150,9	nd	2,8	7,7	72,2	24,7	nd	4,9
CPS	3,6	8,5	15,3	342,5	nd	3,8	4,6	28,6	17,3	nd	6,7
CAZ	4,1	14,1	12,3	220,2	nd	5,2	8,3	45,6	19,6	nd	nd
RM	5,7	16,3	10,4	279,3	nd	3,6	8,0	46,9	20,7	nd	4,6
CFAV	6,5	42,6	24,9	445,3	7,1	8,4	12,6	72,0	21,1	nd	5,5
SNEF	nd	33,3	33,9	773,4	nd	10,8	11,0	66,0	29,5	nd	4,6
NIMP	37,9	184,6	40,2	1375,6	55,2	121,7	11,1	46,5	15,8	nd	nd
NZBW	32,3	195,9	777,6	1530,7	64,1	268,6	88,4	79,1	14,2	nd	59,2
ARDV	12,6	108,9	80,3	791,4	18,7	42,1	27,4	107,4	21,3	1,0	6,9
VD	7,9	29,8	2130,7	971,0	98,8	1802,7	30,4	56,1	1,3	nd	5,8
MBR	nd	nd	5,8	186,1	nd	nd	12,4	4,4	nd	nd	nd
MOLM	nd	nd	6,4	17,5	nd	nd	12,3	1,8	nd	nd	nd

	Se (ppm)	Br (ppm)	Rb (ppm)	Sr (ppm)	Y (ppm)	Zr (ppm)	Nb (ppm)	Mo (ppm)	Ag (ppm)	Cd (ppm)	Sn (ppm)
L21.3.12 ST	nd	2,1	5,3	338,9	11,9	9,2	nd	2,0	nd	nd	4,0
AVR	nd	4,4	421,2	35,7	nd	50,5	14,6	nd	nd	nd	22,3
CPS	nd	1,4	258,2	74,4	30,2	109,4	13,1	nd	nd	nd	13,4
CAZ	nd	4,7	248,6	107,6	14,2	130,8	11,0	nd	nd	nd	7,2
RM	nd	2,9	228,5	61,9	43,7	161,4	18,3	1,8	nd	nd	8,9
CFAV	nd	0,9	210,4	366,4	20,5	241,8	14,8	1,1	nd	nd	7,2
SNEF	nd	11,4	233,5	557,1	8,3	596,8	145,0	nd	nd	nd	3,3
NIMP	nd	2,4	5,0	238,7	6,0	3,1	nd	nd	nd	nd	nd
NZBW	nd	1,3	55,1	155,9	18,8	82,6	5,5	1,2	nd	nd	nd
ARDV	nd	18,3	143,1	121,1	29,1	159,2	13,6	nd	nd	nd	6,6
VD	nd	3,6	1,5	14,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
MBR	nd	3,1	2,4	130,3	1,2	nd	nd	1,2	nd	4,0	nd
MOLM	nd	2,1	3,2	223,8	7,0	nd	nd	1,4	nd	nd	nd

	Sb (ppm)	Te (ppm)	I (ppm)	Cs (ppm)	Ba (ppm)	La (ppm)	Ce (ppm)	Nd (ppm)	Sm (ppm)	Yb (ppm)	Hf (ppm)
L21.3.12 ST	nd	nd	nd	nd	65,5	nd	13,6	9,9	nd	nd	nd
AVR	nd	nd	nd	46,8	112,0	13,4	nd	7,2	nd	nd	nd
CPS	nd	nd	nd	20,3	353,0	28,1	46,8	20,1	nd	nd	nd
CAZ	nd	nd	nd	8,3	313,7	28,4	44,1	21,6	nd	nd	nd
RM	nd	nd	nd	15,2	236,4	57,1	98,2	44,5	7,8	nd	nd
CFAV	nd	nd	nd	nd	881,4	64,5	118,6	51,7	8,9	nd	4,1
SNEF	nd	nd	nd	6,7	289,5	62,7	69,9	17,2	nd	nd	8,0
NIMP	nd	nd	nd	6,3	65,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd
NZBW	nd	nd	nd	nd	240,0	22,0	57,3	21,9	nd	nd	nd
ARDV	nd	nd	nd	10,4	351,3	34,9	57,3	27,5	nd	nd	nd
VD	nd	nd	nd	nd	7,2	nd	27,5	nd	nd	nd	nd
MBR	nd	nd	nd	6,9	nd	12,3	32,7	16,3	nd	nd	nd
MOLM	nd	nd	nd	6,3	nd	12,4	40,0	16,1	nd	nd	nd

	Ta (ppm)	W (ppm)	Tl (ppm)	Pb (ppm)	Bi (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)
L21.3.12 ST	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2,2
AVR	nd	nd	3,3	25,6	nd	4,5	10,6
CPS	nd	nd	2,7	31,4	nd	23,8	11,6
CAZ	nd	nd	nd	37,7	nd	18,5	5,8
RM	nd	nd	2,2	27,9	nd	25,6	10,0
CFAV	nd	nd	2,3	34,0	nd	37,3	6,9
SNEF	nd	nd	nd	21,8	nd	28,0	10,2
NIMP	nd	nd	2,7	4,6	nd	nd	2,1
NZBW	nd	nd	nd	9,6	nd	8,7	2,9
ARDV	nd	nd	nd	25,5	nd	13,0	4,0
VD	6,9	13,2	nd	3,0	nd	nd	nd
MBR	nd	nd	nd	4,0	nd	nd	1,8
MOLM	nd	nd	nd	2,0	nd	nd	3,6

ANEXO 4

**ANÁLISE QUÍMICA QUANTITATIVA POR FRX
EQUIPAMENTO PORTÁTIL**

AMARELO VILA REAL (AVR)



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

AVR
MINING
2013-04-13 17:32
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	57.803	±	0.770
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.013	±	0.001
Sr	0.004	±	0.001
Rb	0.021	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	1.015	±	0.008
Mn	0.015	±	0.002
Cr	< LOD	:	0.015
V	< LOD	:	0.010
Ti	0.071	±	0.007
Ca	0.721	±	0.053
K	3.218	±	0.109
Al	5.201	±	0.170
P	0.326	±	0.022
Si	31.513	±	0.147
Cl	0.050	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.244



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

AVR
MINING
2013-04-13 17:39
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	57.407	±	0.795
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.013	±	0.001
Sr	0.004	±	0.001
Rb	0.021	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	1.022	±	0.008
Mn	0.015	±	0.002
Cr	< LOD	:	0.016
V	< LOD	:	0.010
Ti	0.072	±	0.007
Ca	0.635	±	0.055
K	3.195	±	0.108
Al	5.303	±	0.175
P	0.310	±	0.022
Si	31.934	±	0.149
Cl	0.045	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.281



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

AVR
MINING
2013-04-13 17:43
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	57.317	±	0.797
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.013	±	0.001
Sr	0.004	±	0.001
Rb	0.021	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	1.025	±	0.008
Mn	0.016	±	0.002
Cr	0.032	±	0.008
V	< LOD	:	0.011
Ti	0.074	±	0.009
Ca	0.744	±	0.068
K	3.281	±	0.138
Al	5.366	±	0.176
P	0.300	±	0.022
Si	31.742	±	0.161
Cl	0.048	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.283



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

AVR
MINING
2013-04-13 17:48
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	57.516	±	0.775
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.013	±	0.001
Sr	0.004	±	0.001
Rb	0.021	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	1.019	±	0.008
Mn	0.014	±	0.002
Cr	0.021	±	0.008
V	0.018	±	0.006
Ti	0.079	±	0.009
Ca	0.710	±	0.068
K	3.167	±	0.135
Al	5.327	±	0.173
P	0.288	±	0.022
Si	31.745	±	0.159
Cl	0.050	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.242



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

AVR
MINING
2013-04-13 17:52
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	57.285	±	0.788
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.013	±	0.001
Sr	0.004	±	0.001
Rb	0.021	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	1.015	±	0.008
Mn	0.015	±	0.002
Cr	0.015	±	0.007
V	< LOD	:	0.009
Ti	0.072	±	0.007
Ca	0.672	±	0.053
K	3.172	±	0.107
Al	5.393	±	0.175
P	0.293	±	0.022
Si	31.967	±	0.146
Cl	0.050	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.262



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

AVR
MINING
2013-04-13 17:57
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	57.227	±	0.812
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.013	±	0.001
Sr	0.004	±	0.001
Rb	0.021	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	1.015	±	0.008
Mn	0.018	±	0.002
Cr	< LOD	:	0.019
V	< LOD	:	0.011
Ti	0.072	±	0.007
Ca	0.706	±	0.054
K	3.201	±	0.108
Al	5.469	±	0.179
P	0.315	±	0.022
Si	31.886	±	0.148
Cl	0.045	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.305



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

AVR
MINING
2013-04-13 18:00
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	57.239	±	0.791
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.012	±	0.001
Sr	0.004	±	0.001
Rb	0.021	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	0.002	±	0.001
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	1.013	±	0.008
Mn	0.014	±	0.002
Cr	< LOD	:	0.016
V	< LOD	:	0.010
Ti	0.074	±	0.007
Ca	0.633	±	0.054
K	3.236	±	0.109
Al	5.330	±	0.174
P	0.310	±	0.022
Si	32.051	±	0.147
Cl	0.044	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.270



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

AVR
MINING
2013-04-13 18:04
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	57.185	±	0.796
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.013	±	0.001
Sr	0.004	±	0.001
Rb	0.021	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	1.021	±	0.008
Mn	0.016	±	0.002
Cr	< LOD	:	0.017
V	< LOD	:	0.010
Ti	0.066	±	0.007
Ca	0.687	±	0.054
K	3.140	±	0.106
Al	5.442	±	0.177
P	0.291	±	0.022
Si	32.056	±	0.147
Cl	0.047	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.273



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

AVR
MINING
2013-04-13 18:07
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	57.110	±	0.794
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.013	±	0.001
Sr	0.004	±	0.001
Rb	0.021	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	1.015	±	0.008
Mn	0.015	±	0.002
Cr	0.016	±	0.007
V	0.010	±	0.005
Ti	0.068	±	0.007
Ca	0.748	±	0.054
K	3.237	±	0.108
Al	5.490	±	0.177
P	0.300	±	0.022
Si	31.897	±	0.146
Cl	0.047	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.269



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

AVR
MINING
2013-04-13 18:12
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	57.115	±	0.770
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.012	±	0.001
Sr	0.004	±	0.001
Rb	0.021	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	1.023	±	0.008
Mn	0.017	±	0.002
Cr	0.019	±	0.009
V	< LOD	:	0.011
Ti	0.069	±	0.009
Ca	0.692	±	0.065
K	3.084	±	0.130
Al	5.334	±	0.173
P	0.291	±	0.022
Si	32.254	±	0.159
Cl	0.050	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.237



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

AVR
MINING
2013-04-13 18:16
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	57.036	±	0.811
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.013	±	0.001
Sr	0.004	±	0.001
Rb	0.021	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	1.018	±	0.008
Mn	0.017	±	0.002
Cr	< LOD	:	0.015
V	< LOD	:	0.009
Ti	0.065	±	0.007
Ca	0.679	±	0.053
K	3.139	±	0.105
Al	5.405	±	0.178
P	0.312	±	0.022
Si	32.222	±	0.148
Cl	0.046	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.306



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

AVR
MINING
2013-04-13 18:21
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	57.056	±	0.779
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.012	±	0.001
Sr	0.004	±	0.001
Rb	0.021	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	1.026	±	0.008
Mn	0.017	±	0.002
Cr	< LOD	:	0.015
V	< LOD	:	0.010
Ti	0.077	±	0.007
Ca	0.669	±	0.051
K	3.216	±	0.104
Al	5.420	±	0.174
P	0.310	±	0.022
Si	32.101	±	0.146
Cl	0.048	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.251



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

AVR
MINING
2013-04-13 18:26
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	57.020	±	0.785
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.013	±	0.001
Sr	0.004	±	0.001
Rb	0.021	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	1.020	±	0.008
Mn	0.016	±	0.002
Cr	0.018	±	0.009
V	< LOD	:	0.012
Ti	0.073	±	0.009
Ca	0.690	±	0.064
K	3.281	±	0.129
Al	5.439	±	0.176
P	0.317	±	0.022
Si	32.027	±	0.158
Cl	0.044	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.261



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

AVR
MINING
2013-04-13 18:32
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.808	±	0.806
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.013	±	0.001
Sr	0.004	±	0.001
Rb	0.021	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	1.024	±	0.008
Mn	0.016	±	0.002
Cr	0.019	±	0.007
V	< LOD	:	0.009
Ti	0.069	±	0.007
Ca	0.598	±	0.053
K	3.222	±	0.108
Al	5.623	±	0.181
P	0.317	±	0.022
Si	32.207	±	0.149
Cl	0.045	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.288



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

AVR
MINING
2013-04-13 18:59
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	57.214	±	0.797
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.013	±	0.001
Sr	0.004	±	0.001
Rb	0.021	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	1.026	±	0.008
Mn	0.017	±	0.002
Cr	< LOD	:	0.016
V	< LOD	:	0.010
Ti	0.069	±	0.007
Ca	0.649	±	0.055
K	3.234	±	0.109
Al	5.412	±	0.177
P	0.316	±	0.022
Si	31.956	±	0.148
Cl	0.044	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.277



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

AVR
MINING
2013-04-14 15:39
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.003
Bal	59.743	±	0.286
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.005	±	0.001
Sr	0.003	±	0.001
Rb	0.023	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	0.859	±	0.011
Mn	0.012	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.002
V	0.006	±	0.001
Ti	0.077	±	0.001
Ca	0.320	±	0.009
K	4.011	±	0.034
Al	5.377	±	0.099
P	0.159	±	0.023
Si	29.370	±	0.170
Cl	0.017	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	0.232
Ba	0.007	±	0.003

CINZENTO CLARO PEDRAS SALGADAS (CPS)



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CPS
MINING
2013-04-13 13:42
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.162	±	0.813
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.002	±	0.001
Zr	0.017	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.014	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	0.002	±	0.001
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.004
Fe	0.837	±	0.008
Mn	0.024	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.020
V	0.020	±	0.007
Ti	0.079	±	0.010
Ca	2.713	±	0.106
K	3.449	±	0.143
Al	4.586	±	0.164
P	< LOD	:	0.041
Si	32.006	±	0.168
Cl	0.034	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.339



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CPS
MINING
2013-04-13 13:46
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.113	±	0.817
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.016	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.014	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	0.002	±	0.001
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.004
Fe	0.838	±	0.008
Mn	0.024	±	0.003
Cr	0.021	±	0.008
V	0.015	±	0.005
Ti	0.066	±	0.007
Ca	2.633	±	0.081
K	3.497	±	0.111
Al	4.689	±	0.165
P	< LOD	:	0.040
Si	31.998	±	0.153
Cl	0.035	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.347



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CPS
MINING
2013-04-13 13:49
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.104	±	0.819
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.002	±	0.001
Zr	0.016	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.014	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	0.002	±	0.001
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.004
Fe	0.834	±	0.008
Mn	0.026	±	0.003
Cr	0.033	±	0.006
V	0.020	±	0.005
Ti	0.078	±	0.007
Ca	2.653	±	0.078
K	3.388	±	0.106
Al	4.659	±	0.165
P	< LOD	:	0.041
Si	32.091	±	0.150
Cl	0.039	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.351



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CPS
MINING
2013-04-13 13:53
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	55.991	±	0.840
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.002	±	0.001
Zr	0.016	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.014	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	0.002	±	0.001
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.004
Fe	0.831	±	0.008
Mn	0.024	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.017
V	0.015	±	0.006
Ti	0.069	±	0.007
Ca	2.722	±	0.081
K	3.416	±	0.110
Al	4.649	±	0.167
P	< LOD	:	0.041
Si	32.157	±	0.153
Cl	0.038	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.389



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CPS
MINING
2013-04-13 13:57
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	55.978	±	0.815
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.002	±	0.001
Zr	0.016	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.014	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	0.002	±	0.001
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.004
Fe	0.837	±	0.008
Mn	0.022	±	0.003
Cr	0.024	±	0.008
V	0.012	±	0.005
Ti	0.072	±	0.007
Ca	2.813	±	0.081
K	3.505	±	0.111
Al	4.669	±	0.165
P	0.050	±	0.020
Si	31.932	±	0.152
Cl	0.042	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.345



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CPS
MINING
2013-04-13 14:01
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.089	±	0.832
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.002	±	0.001
Zr	0.016	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.014	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.004
Fe	0.836	±	0.008
Mn	0.025	±	0.003
Cr	0.023	±	0.007
V	0.010	±	0.005
Ti	0.079	±	0.008
Ca	2.746	±	0.082
K	3.347	±	0.110
Al	4.682	±	0.167
P	< LOD	:	0.041
Si	32.044	±	0.150
Cl	0.037	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.368



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CPS
MINING
2013-04-13 14:04
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	55.879	±	0.817
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.002	±	0.001
Zr	0.016	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.014	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	0.002	±	0.001
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.004
Fe	0.844	±	0.008
Mn	0.024	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.016
V	0.011	±	0.005
Ti	0.072	±	0.007
Ca	2.741	±	0.081
K	3.512	±	0.111
Al	4.720	±	0.166
P	0.066	±	0.021
Si	32.039	±	0.150
Cl	0.037	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.340



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CPS
MINING
2013-04-13 14:56
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.483	±	0.825
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.002	±	0.001
Zr	0.016	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.014	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	0.002	±	0.001
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.004
Fe	0.835	±	0.008
Mn	0.025	±	0.003
Cr	0.016	±	0.008
V	0.010	±	0.005
Ti	0.079	±	0.007
Ca	2.777	±	0.079
K	3.526	±	0.108
Al	4.602	±	0.165
P	< LOD	:	0.040
Si	31.539	±	0.148
Cl	0.035	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.361



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CPS
MINING
2013-04-13 15:00
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.386	±	0.828
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.002	±	0.001
Zr	0.017	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.014	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	0.002	±	0.001
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.004
Fe	0.837	±	0.008
Mn	0.026	±	0.003
Cr	0.024	±	0.010
V	0.014	±	0.007
Ti	0.075	±	0.010
Ca	2.828	±	0.108
K	3.446	±	0.144
Al	4.556	±	0.165
P	< LOD	:	0.040
Si	31.708	±	0.170
Cl	0.035	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.372



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CPS
MINING
2013-04-13 15:03
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.559	±	0.826
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.002	±	0.001
Zr	0.016	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.014	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	0.002	±	0.001
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.004
Fe	0.837	±	0.008
Mn	0.025	±	0.003
Cr	0.017	±	0.008
V	0.018	±	0.006
Ti	0.077	±	0.007
Ca	2.773	±	0.081
K	3.501	±	0.111
Al	4.444	±	0.162
P	< LOD	:	0.040
Si	31.649	±	0.150
Cl	0.036	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.370



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CPS
MINING
2013-04-13 15:10
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.454	±	0.819
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.016	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.014	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	0.002	±	0.001
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.004
Fe	0.826	±	0.008
Mn	0.024	±	0.003
Cr	0.025	±	0.007
V	0.018	±	0.005
Ti	0.070	±	0.007
Ca	2.753	±	0.080
K	3.587	±	0.112
Al	4.491	±	0.162
P	< LOD	:	0.040
Si	31.650	±	0.150
Cl	0.036	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.355



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CPS
MINING
2013-04-13 15:13
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.356	±	0.834
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.016	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.014	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	0.002	±	0.001
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.004
Fe	0.832	±	0.008
Mn	0.024	±	0.003
Cr	0.038	±	0.008
V	0.018	±	0.006
Ti	0.080	±	0.010
Ca	2.897	±	0.104
K	3.539	±	0.143
Al	4.591	±	0.165
P	< LOD	:	0.040
Si	31.509	±	0.165
Cl	0.035	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.376



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CPS
MINING
2013-04-13 15:17
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.527	±	0.820
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.002	±	0.001
Zr	0.016	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.014	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	0.002	±	0.001
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.004
Fe	0.839	±	0.008
Mn	0.024	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.016
V	0.015	±	0.005
Ti	0.077	±	0.007
Ca	2.787	±	0.081
K	3.483	±	0.111
Al	4.550	±	0.163
P	0.041	±	0.020
Si	31.562	±	0.151
Cl	0.038	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.360



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CPS
MINING
2013-04-13 15:20
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.287	±	0.804
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.002	±	0.001
Zr	0.017	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.014	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	0.002	±	0.001
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.004
Fe	0.835	±	0.008
Mn	0.023	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.016
V	0.012	±	0.005
Ti	0.071	±	0.007
Ca	2.781	±	0.083
K	3.404	±	0.112
Al	4.568	±	0.162
P	< LOD	:	0.040
Si	31.906	±	0.151
Cl	0.038	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.324



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CPS
MINING
2013-04-13 15:24
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.446	±	0.823
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.002	±	0.001
Zr	0.016	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.014	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	0.002	±	0.001
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.004
Fe	0.826	±	0.008
Mn	0.022	±	0.003
Cr	0.016	±	0.008
V	0.012	±	0.005
Ti	0.080	±	0.007
Ca	2.826	±	0.079
K	3.479	±	0.109
Al	4.531	±	0.163
P	0.042	±	0.020
Si	31.642	±	0.150
Cl	0.034	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.365



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CPS
MINING
2013-05-14 16:00
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.003
Bal	58.182	±	0.291
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.010	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.014	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.006
Fe	1.127	±	0.013
Mn	0.038	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.003
V	0.014	±	0.001
Ti	0.101	±	0.002
Ca	0.810	±	0.013
K	4.270	±	0.035
Al	5.232	±	0.099
P	< LOD	:	0.045
Si	30.123	±	0.170
Cl	0.026	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	0.239
Ba	0.021	±	0.003

CRISTAL AZUL (CAZ)



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CAZ
MINING
2013-04-13 15:44
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	60.383	±	0.772
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.028	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	0.988	±	0.008
Mn	0.024	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.013
V	0.012	±	0.005
Ti	0.074	±	0.007
Ca	0.967	±	0.052
K	2.530	±	0.089
Al	4.159	±	0.151
P	0.058	±	0.020
Si	30.709	±	0.141
Cl	0.038	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.286



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CAZ
MINING
2013-04-13 15:48
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	60.122	±	0.751
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.028	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	0.984	±	0.008
Mn	0.020	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.014
V	0.012	±	0.005
Ti	0.080	±	0.007
Ca	1.126	±	0.060
K	2.786	±	0.101
Al	4.197	±	0.150
P	0.061	±	0.020
Si	30.513	±	0.146
Cl	0.036	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.251



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CAZ
MINING
2013-04-13 15:53
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	60.023	±	0.755
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.028	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.010	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	0.986	±	0.008
Mn	0.023	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.021
V	< LOD	:	0.014
Ti	0.083	±	0.010
Ca	1.098	±	0.078
K	2.824	±	0.131
Al	4.191	±	0.151
P	0.072	±	0.020
Si	30.606	±	0.160
Cl	0.039	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.257



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CAZ
MINING
2013-04-13 15:59
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.719	±	0.752
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.028	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	0.981	±	0.008
Mn	0.024	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.015
V	< LOD	:	0.010
Ti	0.089	±	0.008
Ca	1.215	±	0.059
K	2.896	±	0.101
Al	4.294	±	0.151
P	0.074	±	0.020
Si	30.605	±	0.144
Cl	0.039	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.246



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CAZ
MINING
2013-04-13 16:07
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.738	±	0.753
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.028	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	0.990	±	0.008
Mn	0.021	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.014
V	< LOD	:	0.009
Ti	0.074	±	0.007
Ca	1.035	±	0.052
K	2.587	±	0.089
Al	4.271	±	0.151
P	0.080	±	0.020
Si	31.100	±	0.142
Cl	0.044	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.251



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CAZ
MINING
2013-04-13 16:12
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.519	±	0.744
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.028	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	0.972	±	0.008
Mn	0.022	±	0.003
Cr	0.018	±	0.006
V	0.012	±	0.005
Ti	0.092	±	0.008
Ca	1.143	±	0.057
K	2.913	±	0.099
Al	4.181	±	0.148
P	0.078	±	0.020
Si	30.961	±	0.144
Cl	0.040	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.238



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CAZ
MINING
2013-04-13 16:18
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.535	±	0.762
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.028	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.010	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	0.982	±	0.008
Mn	0.025	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.013
V	< LOD	:	0.009
Ti	0.081	±	0.007
Ca	0.977	±	0.051
K	2.563	±	0.087
Al	4.388	±	0.155
P	0.087	±	0.020
Si	31.251	±	0.141
Cl	0.041	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.259



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CAZ
MINING
2013-04-13 16:26
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.482	±	0.765
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.028	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	0.986	±	0.008
Mn	0.021	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.014
V	0.011	±	0.005
Ti	0.073	±	0.007
Ca	1.000	±	0.052
K	2.536	±	0.088
Al	4.406	±	0.155
P	0.074	±	0.020
Si	31.317	±	0.142
Cl	0.040	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.265



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CAZ
MINING
2013-04-13 16:33
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.208	±	0.759
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.028	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	0.985	±	0.008
Mn	0.022	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.020
V	< LOD	:	0.014
Ti	0.095	±	0.010
Ca	1.067	±	0.075
K	2.787	±	0.127
Al	4.375	±	0.154
P	0.084	±	0.020
Si	31.273	±	0.157
Cl	0.041	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.253



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CAZ
MINING
2013-04-13 16:47
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	58.893	±	0.759
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.028	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	0.980	±	0.008
Mn	0.021	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.015
V	< LOD	:	0.010
Ti	0.092	±	0.008
Ca	1.146	±	0.056
K	2.927	±	0.098
Al	4.434	±	0.154
P	0.082	±	0.020
Si	31.314	±	0.144
Cl	0.041	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.256



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CAZ
MINING
2013-04-13 16:52
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.105	±	0.795
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.028	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	0.986	±	0.008
Mn	0.023	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.013
V	0.009	±	0.004
Ti	0.081	±	0.007
Ca	0.991	±	0.052
K	2.475	±	0.087
Al	4.462	±	0.158
P	0.083	±	0.020
Si	31.692	±	0.143
Cl	0.033	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.317



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CAZ
MINING
2013-04-13 16:59
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	58.736	±	0.752
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.028	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	0.984	±	0.008
Mn	0.021	±	0.003
Cr	0.014	±	0.006
V	0.011	±	0.004
Ti	0.076	±	0.007
Ca	1.045	±	0.053
K	2.666	±	0.090
Al	4.539	±	0.156
P	0.080	±	0.020
Si	31.734	±	0.143
Cl	0.046	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.239



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CAZ
MINING
2013-04-13 17:05
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	58.644	±	0.764
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.028	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	0.984	±	0.008
Mn	0.023	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.016
V	0.013	±	0.005
Ti	0.083	±	0.008
Ca	1.128	±	0.061
K	2.898	±	0.104
Al	4.496	±	0.156
P	0.082	±	0.020
Si	31.553	±	0.146
Cl	0.042	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.258



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CAZ
MINING
2013-04-13 17:11
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	58.610	±	0.732
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.028	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	0.982	±	0.008
Mn	0.024	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.015
V	0.013	±	0.005
Ti	0.084	±	0.007
Ca	1.185	±	0.057
K	2.864	±	0.098
Al	4.481	±	0.153
P	0.090	±	0.020
Si	31.563	±	0.145
Cl	0.041	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.205



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CAZ
MINING
2013-04-13 17:15
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.519	±	0.744
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.028	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.005
Fe	0.972	±	0.008
Mn	0.022	±	0.003
Cr	0.018	±	0.006
V	0.012	±	0.005
Ti	0.092	±	0.008
Ca	1.143	±	0.057
K	2.913	±	0.099
Al	4.181	±	0.148
P	0.078	±	0.020
Si	30.961	±	0.144
Cl	0.040	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.238



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No CAZ
Mode Time MINING
 2013-05-14 16:11
Duration 180.00
Sequence Final
Flags 8mm
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.003
Bal	57.599	±	0.310
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.012	±	0.001
Sr	0.009	±	0.001
Rb	0.014	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	0.002	±	0.001
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.007
Fe	1.633	±	0.016
Mn	0.020	±	0.003
Cr	0.003	±	0.001
V	0.015	±	0.001
Ti	0.168	±	0.002
Ca	0.984	±	0.014
K	4.356	±	0.036
Al	5.531	±	0.109
P	< LOD	:	0.048
Si	29.537	±	0.171
Cl	0.037	±	0.005
S	< LOD	:	0.016
Mg	< LOD	:	0.271
Ba	0.027	±	0.003

ROSA MONÇÃO (RM)



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

RM
MINING
2013-04-13 15:30
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.626	±	0.803
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.004	±	0.001
Zr	0.050	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.006
Fe	1.624	±	0.011
Mn	0.026	±	0.003
Cr	0.019	±	0.009
V	0.020	±	0.007
Ti	0.150	±	0.011
Ca	1.517	±	0.068
K	3.170	±	0.112
Al	5.167	±	0.172
P	0.115	±	0.020
Si	31.441	±	0.147
Cl	0.048	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.303



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

RM
MINING
2013-04-13 15:34
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.378	±	0.810
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.004	±	0.001
Zr	0.050	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.006
Fe	1.622	±	0.011
Mn	0.026	±	0.003
Cr	0.024	±	0.007
V	0.024	±	0.006
Ti	0.149	±	0.010
Ca	1.575	±	0.066
K	3.067	±	0.106
Al	5.237	±	0.173
P	0.090	±	0.020
Si	31.677	±	0.146
Cl	0.053	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.312



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

RM
MINING
2013-04-13 15:38
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.355	±	0.814
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.004	±	0.001
Zr	0.050	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.006
Fe	1.618	±	0.011
Mn	0.025	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.023
V	0.023	±	0.009
Ti	0.137	±	0.013
Ca	1.463	±	0.088
K	2.935	±	0.137
Al	5.345	±	0.177
P	0.106	±	0.021
Si	31.861	±	0.164
Cl	0.046	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.317



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

RM
MINING
2013-04-13 15:41
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.339	±	0.800
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.004	±	0.001
Zr	0.049	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.006
Fe	1.623	±	0.011
Mn	0.024	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.020
V	0.024	±	0.008
Ti	0.142	±	0.013
Ca	1.514	±	0.087
K	2.944	±	0.136
Al	5.358	±	0.175
P	0.094	±	0.020
Si	31.803	±	0.163
Cl	0.045	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.293



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

RM
MINING
2013-04-13 15:45
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.434	±	0.801
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.004	±	0.001
Zr	0.050	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.006
Fe	1.626	±	0.011
Mn	0.027	±	0.003
Cr	0.022	±	0.008
V	0.027	±	0.006
Ti	0.139	±	0.010
Ca	1.500	±	0.068
K	3.061	±	0.108
Al	5.300	±	0.174
P	0.105	±	0.020
Si	31.634	±	0.147
Cl	0.048	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.295



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

RM
MINING
2013-04-13 15:49
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.447	±	0.816
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.004	±	0.001
Zr	0.050	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.006
Fe	1.634	±	0.011
Mn	0.029	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.017
V	0.019	±	0.006
Ti	0.142	±	0.010
Ca	1.490	±	0.065
K	2.943	±	0.104
Al	5.254	±	0.175
P	0.118	±	0.021
Si	31.787	±	0.148
Cl	0.044	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.325



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

RM
MINING
2013-04-13 15:52
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.330	±	0.809
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.004	±	0.001
Zr	0.050	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.006
Fe	1.624	±	0.011
Mn	0.027	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.024
V	0.023	±	0.009
Ti	0.141	±	0.013
Ca	1.534	±	0.086
K	3.115	±	0.139
Al	5.190	±	0.173
P	0.107	±	0.020
Si	31.784	±	0.161
Cl	0.041	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.310



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

RM
MINING
2013-04-13 15:56
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.280	±	0.823
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.004	±	0.001
Zr	0.049	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.006
Fe	1.619	±	0.011
Mn	0.027	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.018
V	0.020	±	0.007
Ti	0.138	±	0.010
Ca	1.524	±	0.069
K	3.057	±	0.111
Al	5.185	±	0.174
P	0.091	±	0.020
Si	31.920	±	0.150
Cl	0.047	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.339



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

RM
MINING
2013-04-13 15:59
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.464	±	0.820
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.004	±	0.001
Zr	0.049	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	0.002	±	0.001
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.006
Fe	1.614	±	0.011
Mn	0.027	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.017
V	0.017	±	0.006
Ti	0.137	±	0.010
Ca	1.509	±	0.066
K	3.047	±	0.107
Al	5.167	±	0.173
P	0.106	±	0.020
Si	31.776	±	0.148
Cl	0.048	±	0.005
S	< LOD	:	0.014
Mg	< LOD	:	1.336



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

RM
MINING
2013-04-13 16:03
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.088	±	0.817
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.004	±	0.001
Zr	0.050	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.006
Fe	1.627	±	0.011
Mn	0.029	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.017
V	0.021	±	0.007
Ti	0.139	±	0.010
Ca	1.417	±	0.067
K	2.937	±	0.106
Al	5.400	±	0.178
P	0.124	±	0.021
Si	32.083	±	0.147
Cl	0.046	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.316



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

RM
MINING
2013-04-13 16:06
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.346	±	0.825
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.004	±	0.001
Zr	0.050	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.002	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.006
Fe	1.625	±	0.011
Mn	0.026	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.021
V	0.016	±	0.008
Ti	0.149	±	0.013
Ca	1.471	±	0.088
K	3.001	±	0.138
Al	5.246	±	0.176
P	0.118	±	0.021
Si	31.857	±	0.162
Cl	0.048	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.335



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

RM
MINING
2013-04-13 16:10
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.456	±	0.819
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.004	±	0.001
Zr	0.049	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.002	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.006
Fe	1.617	±	0.011
Mn	0.027	±	0.003
Cr	0.021	±	0.008
V	0.021	±	0.006
Ti	0.145	±	0.010
Ca	1.436	±	0.069
K	2.881	±	0.108
Al	5.271	±	0.175
P	0.101	±	0.020
Si	31.899	±	0.148
Cl	0.047	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.326



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

RM
MINING
2013-04-13 16:13
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.061	±	0.826
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.004	±	0.001
Zr	0.049	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.002	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.006
Fe	1.624	±	0.011
Mn	0.026	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.017
V	0.020	±	0.006
Ti	0.140	±	0.010
Ca	1.502	±	0.069
K	3.137	±	0.110
Al	5.350	±	0.178
P	0.117	±	0.021
Si	31.883	±	0.150
Cl	0.047	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.338



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

RM
MINING
2013-04-13 16:16
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.036	±	0.806
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.004	±	0.001
Zr	0.050	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.006
Fe	1.631	±	0.011
Mn	0.027	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.020
V	0.025	±	0.008
Ti	0.136	±	0.013
Ca	1.625	±	0.086
K	3.125	±	0.137
Al	5.284	±	0.174
P	0.104	±	0.020
Si	31.864	±	0.162
Cl	0.049	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.306



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

RM
MINING
2013-04-13 16:20
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.099	±	0.813
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.004	±	0.001
Zr	0.050	±	0.001
Sr	0.006	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.002	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.006
Fe	1.633	±	0.011
Mn	0.027	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.021
V	0.030	±	0.009
Ti	0.141	±	0.013
Ca	1.456	±	0.086
K	2.922	±	0.136
Al	5.357	±	0.177
P	0.116	±	0.021
Si	32.078	±	0.161
Cl	0.049	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.310



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

RM
MINING
2013-05-14 15:31
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.003
Bal	60.257	±	0.290
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.002	±	0.001
Zr	0.017	±	0.001
Sr	0.005	±	0.001
Rb	0.012	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.007
Fe	1.763	±	0.017
Mn	0.027	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.003
V	0.014	±	0.001
Ti	0.142	±	0.002
Ca	0.931	±	0.013
K	3.675	±	0.032
Al	4.204	±	0.095
P	< LOD	:	0.046
Si	28.901	±	0.172
Cl	0.025	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	0.256
Ba	0.018	±	0.003

CINZENTO FAVACO (CFAV)



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CFAV
MINING
2013-04-15 17:18
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	55.914	±	1.107
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.017	±	0.001
Sr	0.029	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.012
Fe	5.999	±	0.027
Mn	0.112	±	0.005
Cr	< LOD	:	0.027
V	0.045	±	0.020
Ti	1.367	±	0.045
Ca	6.568	±	0.155
K	0.524	±	0.078
Al	5.942	±	0.221
P	0.571	±	0.023
Si	22.726	±	0.142
Cl	0.133	±	0.006
S	0.024	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.834



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CFAV
MINING
2013-04-15 17:30
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.111	±	1.088
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.017	±	0.001
Sr	0.029	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.012
Fe	5.974	±	0.026
Mn	0.110	±	0.005
Cr	< LOD	:	0.024
V	0.042	±	0.017
Ti	1.347	±	0.038
Ca	6.486	±	0.133
K	0.560	±	0.068
Al	5.760	±	0.215
P	0.593	±	0.023
Si	22.778	±	0.135
Cl	0.138	±	0.006
S	0.028	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.809



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CFAV
MINING
2013-04-15 17:33
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	55.688	±	1.084
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.017	±	0.001
Sr	0.029	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.012
Fe	6.023	±	0.027
Mn	0.106	±	0.005
Cr	< LOD	:	0.026
V	0.057	±	0.020
Ti	1.364	±	0.043
Ca	6.763	±	0.150
K	0.550	±	0.075
Al	5.884	±	0.216
P	0.549	±	0.022
Si	22.792	±	0.139
Cl	0.133	±	0.006
S	< LOD	:	0.017
Mg	< LOD	:	1.798



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CFAV
MINING
2013-04-15 17:51
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	55.797	±	1.079
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.017	±	0.001
Sr	0.029	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.012
Fe	6.021	±	0.027
Mn	0.106	±	0.005
Cr	< LOD	:	0.024
V	0.047	±	0.017
Ti	1.343	±	0.039
Ca	6.720	±	0.136
K	0.609	±	0.071
Al	5.700	±	0.213
P	0.598	±	0.023
Si	22.821	±	0.136
Cl	0.132	±	0.006
S	0.023	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.797



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CFAV
MINING
2013-04-15 18:08
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	55.874	±	1.066
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.017	±	0.001
Sr	0.029	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.012
Fe	5.995	±	0.027
Mn	0.110	±	0.005
Cr	< LOD	:	0.027
V	0.040	±	0.019
Ti	1.376	±	0.044
Ca	6.649	±	0.150
K	0.567	±	0.076
Al	5.799	±	0.213
P	0.583	±	0.022
Si	22.784	±	0.139
Cl	0.138	±	0.006
S	< LOD	:	0.018
Mg	< LOD	:	1.768



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CFAV
MINING
2013-04-15 18:18
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	55.895	±	1.095
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.017	±	0.001
Sr	0.029	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.012
Fe	6.011	±	0.027
Mn	0.110	±	0.005
Cr	< LOD	:	0.028
V	0.063	±	0.020
Ti	1.304	±	0.044
Ca	6.687	±	0.157
K	0.530	±	0.078
Al	5.866	±	0.217
P	0.564	±	0.022
Si	22.725	±	0.141
Cl	0.136	±	0.006
S	0.025	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.816



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CFAV
MINING
2013-04-16 10:46
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	57.316	±	1.077
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.017	±	0.001
Sr	0.029	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.012
Fe	5.979	±	0.027
Mn	0.110	±	0.005
Cr	0.033	±	0.010
V	0.053	±	0.019
Ti	1.345	±	0.043
Ca	6.745	±	0.151
K	0.550	±	0.075
Al	5.336	±	0.204
P	0.534	±	0.022
Si	21.780	±	0.138
Cl	0.132	±	0.006
S	0.018	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.813



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CFAV
MINING
2013-04-16 10:49
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	57.180	±	1.067
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.017	±	0.001
Sr	0.029	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.012
Fe	5.992	±	0.027
Mn	0.105	±	0.004
Cr	0.040	±	0.009
V	0.055	±	0.017
Ti	1.373	±	0.038
Ca	6.574	±	0.133
K	0.589	±	0.070
Al	5.356	±	0.204
P	0.550	±	0.022
Si	21.973	±	0.134
Cl	0.134	±	0.006
S	0.018	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.794



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CFAV
MINING
2013-04-16 11:02
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.877	±	1.068
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.017	±	0.001
Sr	0.029	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.012
Fe	5.997	±	0.027
Mn	0.108	±	0.005
Cr	< LOD	:	0.029
V	0.053	±	0.020
Ti	1.349	±	0.043
Ca	6.598	±	0.149
K	0.582	±	0.076
Al	5.447	±	0.206
P	0.551	±	0.022
Si	22.213	±	0.139
Cl	0.133	±	0.006
S	0.023	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.790



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CFAV
MINING
2013-04-16 11:12
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.932	±	1.056
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.017	±	0.001
Sr	0.029	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.012
Fe	5.969	±	0.027
Mn	0.109	±	0.005
Cr	0.038	±	0.009
V	0.053	±	0.019
Ti	1.343	±	0.043
Ca	6.618	±	0.149
K	0.534	±	0.075
Al	5.432	±	0.204
P	0.541	±	0.022
Si	22.230	±	0.138
Cl	0.133	±	0.006
S	< LOD	:	0.017
Mg	< LOD	:	1.770



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CFAV
MINING
2013-04-16 11:21
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.459	±	1.094
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.017	±	0.001
Sr	0.029	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.012
Fe	6.002	±	0.027
Mn	0.107	±	0.005
Cr	< LOD	:	0.029
V	0.053	±	0.020
Ti	1.355	±	0.044
Ca	6.593	±	0.153
K	0.495	±	0.075
Al	5.629	±	0.213
P	0.557	±	0.022
Si	22.526	±	0.141
Cl	0.133	±	0.006
S	< LOD	:	0.018
Mg	< LOD	:	1.825



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CFAV
MINING
2013-04-16 11:47
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.010	±	1.092
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.017	±	0.001
Sr	0.029	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.006	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.012
Fe	6.015	±	0.027
Mn	0.109	±	0.005
Cr	< LOD	:	0.033
V	0.055	±	0.020
Ti	1.374	±	0.044
Ca	6.795	±	0.149
K	0.646	±	0.076
Al	5.654	±	0.213
P	0.557	±	0.022
Si	22.560	±	0.139
Cl	0.138	±	0.006
S	0.026	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.821



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CFAV
MINING
2013-04-16 11:57
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.012	±	1.109
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.017	±	0.001
Sr	0.029	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.012
Fe	5.987	±	0.027
Mn	0.103	±	0.004
Cr	< LOD	:	0.026
V	0.064	±	0.021
Ti	1.355	±	0.045
Ca	6.529	±	0.156
K	0.512	±	0.079
Al	5.863	±	0.219
P	0.563	±	0.023
Si	22.766	±	0.142
Cl	0.138	±	0.006
S	0.022	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.841



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CFAV
MINING
2013-04-16 12:08
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.083	±	1.094
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.017	±	0.001
Sr	0.030	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.012
Fe	5.994	±	0.027
Mn	0.104	±	0.004
Cr	0.044	±	0.010
V	0.069	±	0.020
Ti	1.359	±	0.043
Ca	6.609	±	0.151
K	0.553	±	0.078
Al	5.687	±	0.214
P	0.551	±	0.022
Si	22.720	±	0.140
Cl	0.136	±	0.006
S	0.024	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.823



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CFAV
MINING
2013-04-16 12:18
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	55.670	±	1.088
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.017	±	0.001
Sr	0.029	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.012
Fe	6.015	±	0.027
Mn	0.112	±	0.005
Cr	< LOD	:	0.026
V	0.040	±	0.020
Ti	1.383	±	0.045
Ca	6.733	±	0.155
K	0.613	±	0.081
Al	5.790	±	0.215
P	0.582	±	0.022
Si	22.810	±	0.142
Cl	0.137	±	0.006
S	0.029	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.807



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CFAV
MINING
2013-04-16 12:24
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	55.662	±	1.117
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.017	±	0.001
Sr	0.029	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.012
Fe	6.018	±	0.027
Mn	0.108	±	0.005
Cr	< LOD	:	0.023
V	0.048	±	0.017
Ti	1.383	±	0.039
Ca	6.571	±	0.134
K	0.582	±	0.070
Al	5.781	±	0.217
P	0.588	±	0.022
Si	23.033	±	0.136
Cl	0.126	±	0.006
S	0.023	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.860



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

CFAV
MINING
2013-05-14 15:55
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.003
Bal	56.481	±	0.329
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.023	±	0.001
Sr	0.029	±	0.001
Rb	0.011	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.006	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.010
Fe	3.112	±	0.027
Mn	0.050	±	0.004
Cr	0.008	±	0.002
V	0.036	±	0.002
Ti	0.419	±	0.005
Ca	1.762	±	0.022
K	4.054	±	0.039
Al	5.978	±	0.113
P	0.112	±	0.023
Si	27.431	±	0.161
Cl	0.063	±	0.006
S	< LOD	:	0.016
Mg	0.347	±	0.149
Ba	0.070	±	0.004

CINZENTO MONCHIQUE (SNEF)



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

SNEF
MINING
2013-04-16 16:29
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.836	±	0.931
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.013	±	0.001
Zr	0.053	±	0.001
Sr	0.042	±	0.001
Rb	0.013	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.008	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.007
Fe	2.107	±	0.013
Mn	0.085	±	0.004
Cr	0.033	±	0.006
V	0.026	±	0.007
Ti	0.250	±	0.014
Ca	1.095	±	0.072
K	4.429	±	0.132
Al	7.763	±	0.235
P	< LOD	:	0.275
Si	23.672	±	0.141
Cl	0.565	±	0.008
S	< LOD	:	0.025
Mg	< LOD	:	1.421



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

SNEF
MINING
2013-04-16 16:33
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.443	±	0.933
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.013	±	0.001
Zr	0.053	±	0.001
Sr	0.042	±	0.001
Rb	0.013	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.008	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.007
Fe	2.116	±	0.013
Mn	0.080	±	0.004
Cr	< LOD	:	0.017
V	0.018	±	0.007
Ti	0.258	±	0.014
Ca	1.257	±	0.070
K	4.429	±	0.129
Al	7.667	±	0.233
P	< LOD	:	0.273
Si	23.803	±	0.140
Cl	0.555	±	0.008
S	0.029	±	0.013
Mg	< LOD	:	1.428



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

SNEF
MINING
2013-04-16 16:36
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.382	±	0.935
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.013	±	0.001
Zr	0.053	±	0.001
Sr	0.042	±	0.001
Rb	0.013	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.008	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.007
Fe	2.114	±	0.013
Mn	0.082	±	0.004
Cr	< LOD	:	0.019
V	0.018	±	0.008
Ti	0.251	±	0.014
Ca	1.289	±	0.071
K	4.388	±	0.129
Al	7.726	±	0.235
P	< LOD	:	0.275
Si	23.924	±	0.141
Cl	0.556	±	0.008
S	< LOD	:	0.025
Mg	< LOD	:	1.429



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

SNEF
MINING
2013-04-16 16:51
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.482	±	0.916
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.013	±	0.001
Zr	0.053	±	0.001
Sr	0.042	±	0.001
Rb	0.012	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.008	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.007
Fe	2.112	±	0.013
Mn	0.079	±	0.004
Cr	0.020	±	0.008
V	0.020	±	0.007
Ti	0.251	±	0.014
Ca	1.208	±	0.070
K	4.450	±	0.129
Al	7.602	±	0.230
P	< LOD	:	0.272
Si	23.877	±	0.141
Cl	0.573	±	0.009
S	< LOD	:	0.025
Mg	< LOD	:	1.400



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

SNEF
MINING
2013-04-16 16:54
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.794	±	0.913
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.013	±	0.001
Zr	0.053	±	0.001
Sr	0.042	±	0.001
Rb	0.012	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.008	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.007
Fe	2.103	±	0.013
Mn	0.083	±	0.004
Cr	< LOD	:	0.016
V	0.017	±	0.007
Ti	0.246	±	0.014
Ca	1.235	±	0.073
K	4.267	±	0.130
Al	7.601	±	0.229
P	< LOD	:	0.275
Si	23.872	±	0.141
Cl	0.561	±	0.008
S	< LOD	:	0.025
Mg	< LOD	:	1.397



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

SNEF
MINING
2013-04-16 16:58
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.565	±	0.922
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.013	±	0.001
Zr	0.053	±	0.001
Sr	0.043	±	0.001
Rb	0.013	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.009	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.007
Fe	2.118	±	0.013
Mn	0.082	±	0.004
Cr	0.034	±	0.007
V	0.024	±	0.008
Ti	0.260	±	0.016
Ca	1.221	±	0.085
K	4.314	±	0.153
Al	7.689	±	0.233
P	< LOD	:	0.273
Si	23.768	±	0.148
Cl	0.562	±	0.009
S	< LOD	:	0.025
Mg	< LOD	:	1.409



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

SNEF
MINING
2013-04-16 17:05
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.344	±	0.928
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.013	±	0.001
Zr	0.053	±	0.001
Sr	0.042	±	0.001
Rb	0.013	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.008	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.007
Fe	2.114	±	0.013
Mn	0.083	±	0.004
Cr	0.023	±	0.007
V	0.023	±	0.007
Ti	0.256	±	0.014
Ca	1.140	±	0.070
K	4.462	±	0.128
Al	7.673	±	0.233
P	< LOD	:	0.272
Si	23.954	±	0.140
Cl	0.568	±	0.009
S	< LOD	:	0.025
Mg	< LOD	:	1.419



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

SNEF
MINING
2013-04-16 17:09
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.754	±	0.946
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.013	±	0.001
Zr	0.053	±	0.001
Sr	0.043	±	0.001
Rb	0.013	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.008	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.007
Fe	2.112	±	0.013
Mn	0.081	±	0.004
Cr	< LOD	:	0.019
V	< LOD	:	0.015
Ti	0.251	±	0.014
Ca	1.186	±	0.074
K	4.334	±	0.132
Al	7.611	±	0.234
P	< LOD	:	0.276
Si	23.951	±	0.143
Cl	0.570	±	0.009
S	< LOD	:	0.025
Mg	< LOD	:	1.450



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

SNEF
MINING
2013-04-16 17:18
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.579	±	0.925
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.013	±	0.001
Zr	0.053	±	0.001
Sr	0.042	±	0.001
Rb	0.013	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.008	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.007
Fe	2.110	±	0.013
Mn	0.083	±	0.004
Cr	0.019	±	0.007
V	0.015	±	0.007
Ti	0.270	±	0.014
Ca	1.321	±	0.071
K	4.475	±	0.129
Al	7.573	±	0.231
P	< LOD	:	0.272
Si	23.673	±	0.140
Cl	0.560	±	0.008
S	< LOD	:	0.025
Mg	< LOD	:	1.417



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

SNEF
MINING
2013-04-16 17:22
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.509	±	0.911
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.013	±	0.001
Zr	0.053	±	0.001
Sr	0.042	±	0.001
Rb	0.013	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.009	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.007
Fe	2.113	±	0.013
Mn	0.084	±	0.004
Cr	< LOD	:	0.023
V	< LOD	:	0.019
Ti	0.244	±	0.017
Ca	1.128	±	0.092
K	4.381	±	0.164
Al	7.577	±	0.229
P	< LOD	:	0.277
Si	23.952	±	0.153
Cl	0.567	±	0.009
S	< LOD	:	0.025
Mg	< LOD	:	1.391



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

SNEF
MINING
2013-04-16 17:25
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.494	±	0.908
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.013	±	0.001
Zr	0.053	±	0.001
Sr	0.042	±	0.001
Rb	0.012	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.008	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.007
Fe	2.110	±	0.013
Mn	0.083	±	0.004
Cr	< LOD	:	0.018
V	0.015	±	0.007
Ti	0.254	±	0.013
Ca	1.251	±	0.068
K	4.455	±	0.126
Al	7.701	±	0.230
P	< LOD	:	0.271
Si	23.842	±	0.139
Cl	0.567	±	0.008
S	< LOD	:	0.025
Mg	< LOD	:	1.387



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

SNEF
MINING
2013-04-16 17:28
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.427	±	0.950
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.013	±	0.001
Zr	0.053	±	0.001
Sr	0.042	±	0.001
Rb	0.013	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.008	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.007
Fe	2.129	±	0.013
Mn	0.084	±	0.004
Cr	< LOD	:	0.021
V	0.025	±	0.010
Ti	0.259	±	0.018
Ca	1.188	±	0.091
K	4.183	±	0.162
Al	7.780	±	0.238
P	< LOD	:	0.271
Si	24.045	±	0.153
Cl	0.566	±	0.009
S	< LOD	:	0.025
Mg	< LOD	:	1.448



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

SNEF
MINING
2013-04-16 17:32
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.544	±	0.921
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.013	±	0.001
Zr	0.053	±	0.001
Sr	0.042	±	0.001
Rb	0.012	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.008	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.007
Fe	2.106	±	0.013
Mn	0.081	±	0.004
Cr	< LOD	:	0.017
V	0.015	±	0.007
Ti	0.244	±	0.014
Ca	1.209	±	0.072
K	4.294	±	0.129
Al	7.731	±	0.233
P	< LOD	:	0.274
Si	23.931	±	0.141
Cl	0.564	±	0.008
S	< LOD	:	0.025
Mg	< LOD	:	1.404



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

SNEF
MINING
2013-04-16 17:35
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.419	±	0.944
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.013	±	0.001
Zr	0.053	±	0.001
Sr	0.042	±	0.001
Rb	0.013	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.009	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.007
Fe	2.112	±	0.013
Mn	0.080	±	0.004
Cr	< LOD	:	0.016
V	0.017	±	0.007
Ti	0.248	±	0.013
Ca	1.029	±	0.072
K	4.361	±	0.128
Al	7.781	±	0.237
P	< LOD	:	0.273
Si	24.058	±	0.141
Cl	0.568	±	0.009
S	< LOD	:	0.025
Mg	< LOD	:	1.441



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

SNEF
MINING
2013-04-16 17:39
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.465	±	0.935
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.013	±	0.001
Zr	0.053	±	0.001
Sr	0.042	±	0.001
Rb	0.013	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.008	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.007
Fe	2.115	±	0.013
Mn	0.085	±	0.004
Cr	< LOD	:	0.019
V	< LOD	:	0.015
Ti	0.246	±	0.014
Ca	1.177	±	0.073
K	4.437	±	0.133
Al	7.654	±	0.233
P	< LOD	:	0.271
Si	23.996	±	0.142
Cl	0.556	±	0.008
S	< LOD	:	0.025
Mg	< LOD	:	1.431



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

SNEF
MINING
2013-05-14 16:35
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.003
Bal	61.335	±	0.325
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.012	±	0.001
Zr	0.060	±	0.001
Sr	0.043	±	0.001
Rb	0.012	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.008
Fe	2.015	±	0.020
Mn	0.080	±	0.005
Cr	0.006	±	0.002
V	0.018	±	0.002
Ti	0.280	±	0.004
Ca	1.066	±	0.018
K	5.087	±	0.045
Al	6.967	±	0.119
P	< LOD	:	0.276
Si	22.363	±	0.150
Cl	0.485	±	0.010
S	0.029	±	0.014
Mg	< LOD	:	0.255
Ba	0.025	±	0.003

NEGRO IMPALA (NIMP)



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NIMP
MINING
2013-04-16 10:26
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.352	±	1.021
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.020	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.002	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	0.009	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.011
Fe	5.621	±	0.024
Mn	0.134	±	0.005
Cr	0.021	±	0.010
V	0.020	±	0.007
Ti	0.057	±	0.009
Ca	7.496	±	0.132
K	0.223	±	0.048
Al	6.706	±	0.224
P	< LOD	:	0.033
Si	20.243	±	0.126
Cl	0.086	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.657



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NIMP
MINING
2013-04-16 10:29
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.332	±	1.027
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.020	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	0.009	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.011
Fe	5.637	±	0.024
Mn	0.135	±	0.005
Cr	< LOD	:	0.025
V	0.020	±	0.009
Ti	0.059	±	0.011
Ca	7.640	±	0.157
K	0.187	±	0.054
Al	6.700	±	0.225
P	< LOD	:	0.034
Si	20.145	±	0.132
Cl	0.089	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.667



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NIMP
MINING
2013-04-16 10:34
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.124	±	1.032
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.020	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	0.008	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.011
Fe	5.629	±	0.024
Mn	0.131	±	0.005
Cr	0.046	±	0.010
V	0.024	±	0.008
Ti	0.071	±	0.012
Ca	7.672	±	0.158
K	0.217	±	0.056
Al	6.762	±	0.226
P	< LOD	:	0.034
Si	20.204	±	0.131
Cl	0.083	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.672



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NIMP
MINING
2013-04-16 10:37
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.025	±	1.042
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.020	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	0.008	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.011
Fe	5.639	±	0.024
Mn	0.136	±	0.005
Cr	0.030	±	0.010
V	0.023	±	0.007
Ti	0.049	±	0.009
Ca	7.608	±	0.132
K	0.168	±	0.044
Al	6.801	±	0.228
P	< LOD	:	0.034
Si	20.396	±	0.125
Cl	0.090	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.687



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NIMP
MINING
2013-04-16 10:43
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	59.084	±	1.013
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.020	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.002	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	0.009	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.011
Fe	5.637	±	0.024
Mn	0.135	±	0.005
Cr	< LOD	:	0.024
V	0.017	±	0.008
Ti	0.051	±	0.009
Ca	7.581	±	0.134
K	0.176	±	0.044
Al	6.685	±	0.222
P	< LOD	:	0.033
Si	20.510	±	0.126
Cl	0.086	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.642



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NIMP
MINING
2013-04-16 10:48
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	58.598	±	1.021
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.020	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	0.011	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.011
Fe	5.640	±	0.025
Mn	0.136	±	0.005
Cr	0.046	±	0.008
V	0.027	±	0.007
Ti	0.063	±	0.009
Ca	7.671	±	0.135
K	0.184	±	0.047
Al	6.907	±	0.227
P	< LOD	:	0.034
Si	20.601	±	0.126
Cl	0.083	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.648



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NIMP
MINING
2013-04-16 10:51
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	58.675	±	1.053
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.020	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	0.008	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.011
Fe	5.651	±	0.024
Mn	0.135	±	0.005
Cr	< LOD	:	0.024
V	0.022	±	0.009
Ti	0.054	±	0.011
Ca	7.528	±	0.157
K	0.172	±	0.053
Al	6.991	±	0.234
P	< LOD	:	0.034
Si	20.637	±	0.133
Cl	0.084	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.697



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NIMP
MINING
2013-04-16 10:56
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	58.731	±	1.037
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.020	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.002	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	0.008	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.011
Fe	5.622	±	0.024
Mn	0.135	±	0.005
Cr	< LOD	:	0.024
V	0.019	±	0.008
Ti	0.060	±	0.009
Ca	7.708	±	0.136
K	0.235	±	0.048
Al	6.758	±	0.227
P	< LOD	:	0.034
Si	20.604	±	0.127
Cl	0.088	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.683



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NIMP
MINING
2013-04-16 10:59
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	58.468	±	1.019
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.020	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	0.010	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.011
Fe	5.646	±	0.024
Mn	0.136	±	0.005
Cr	< LOD	:	0.027
V	< LOD	:	0.018
Ti	0.070	±	0.011
Ca	7.580	±	0.154
K	0.262	±	0.055
Al	6.953	±	0.229
P	< LOD	:	0.034
Si	20.750	±	0.132
Cl	0.084	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.641



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NIMP
MINING
2013-04-16 11:02
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	58.364	±	1.034
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.020	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.002	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	0.009	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.011
Fe	5.633	±	0.024
Mn	0.132	±	0.005
Cr	< LOD	:	0.026
V	0.027	±	0.009
Ti	0.048	±	0.010
Ca	7.608	±	0.150
K	0.238	±	0.054
Al	7.078	±	0.232
P	< LOD	:	0.034
Si	20.750	±	0.130
Cl	0.081	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.663



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NIMP
MINING
2013-04-16 11:06
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	58.395	±	1.051
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.020	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.002	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	0.010	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.011
Fe	5.642	±	0.024
Mn	0.134	±	0.005
Cr	< LOD	:	0.024
V	0.019	±	0.009
Ti	0.056	±	0.010
Ca	7.567	±	0.154
K	0.225	±	0.054
Al	6.972	±	0.232
P	< LOD	:	0.034
Si	20.844	±	0.132
Cl	0.084	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.695



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NIMP
MINING
2013-04-16 11:09
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	58.346	±	1.042
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.019	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.002	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	0.010	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.011
Fe	5.630	±	0.024
Mn	0.140	±	0.005
Cr	0.024	±	0.011
V	0.031	±	0.009
Ti	0.067	±	0.011
Ca	7.409	±	0.148
K	0.240	±	0.053
Al	7.011	±	0.232
P	< LOD	:	0.034
Si	20.980	±	0.131
Cl	0.086	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.677



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NIMP
MINING
2013-04-16 11:13
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	58.296	±	1.035
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.020	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.002	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	0.009	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.011
Fe	5.644	±	0.024
Mn	0.133	±	0.005
Cr	< LOD	:	0.026
V	0.019	±	0.009
Ti	0.053	±	0.010
Ca	7.606	±	0.155
K	0.190	±	0.052
Al	6.986	±	0.230
P	< LOD	:	0.034
Si	20.936	±	0.132
Cl	0.088	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.667



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NIMP
MINING
2013-04-16 11:25
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	58.023	±	1.032
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.020	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	0.009	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.011
Fe	5.639	±	0.024
Mn	0.138	±	0.005
Cr	< LOD	:	0.027
V	< LOD	:	0.016
Ti	0.065	±	0.010
Ca	7.438	±	0.135
K	0.224	±	0.048
Al	7.274	±	0.236
P	< LOD	:	0.034
Si	21.069	±	0.128
Cl	0.087	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.650



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NIMP
MINING
2013-04-16 11:29
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	57.948	±	1.039
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.020	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	0.008	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.011
Fe	5.659	±	0.024
Mn	0.134	±	0.005
Cr	< LOD	:	0.025
V	0.020	±	0.009
Ti	0.068	±	0.011
Ca	7.564	±	0.157
K	0.210	±	0.054
Al	7.239	±	0.236
P	< LOD	:	0.034
Si	21.022	±	0.133
Cl	0.087	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	< LOD	:	1.659



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NIMP
MINING
2013-05-14 16:06
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	0.005	±	0.002
Bal	55.057	±	0.383
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.018	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.005
Zn	0.003	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	0.012	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.014
Fe	5.713	±	0.046
Mn	0.142	±	0.006
Cr	0.013	±	0.002
V	0.025	±	0.002
Ti	0.064	±	0.002
Ca	8.672	±	0.059
K	0.145	±	0.009
Al	7.107	±	0.132
P	< LOD	:	0.038
Si	21.257	±	0.136
Cl	0.060	±	0.005
S	< LOD	:	0.015
Mg	1.687	±	0.195
Ba	0.013	±	0.004

NEGRO ZIMBABWE (NZBW)



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NZBW
MINING
2013-04-16 11:36
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.004
Bal	55.178	±	1.084
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.008	±	0.001
Sr	0.015	±	0.001
Rb	0.003	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.006	±	0.001
Cu	0.007	±	0.001
Ni	0.025	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.014
Fe	8.219	±	0.034
Mn	0.143	±	0.005
Cr	0.073	±	0.018
V	< LOD	:	0.029
Ti	0.437	±	0.027
Ca	6.012	±	0.158
K	0.889	±	0.100
Al	4.684	±	0.188
P	0.042	±	0.019
Si	24.088	±	0.146
Cl	0.095	±	0.005
S	0.041	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.859



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NZBW
MINING
2013-04-16 11:39
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.005
Bal	55.009	±	1.089
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.008	±	0.001
Sr	0.015	±	0.001
Rb	0.002	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.006	±	0.001
Cu	0.007	±	0.001
Ni	0.025	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.014
Fe	8.222	±	0.033
Mn	0.143	±	0.005
Cr	0.068	±	0.021
V	< LOD	:	0.032
Ti	0.426	±	0.029
Ca	6.163	±	0.167
K	1.006	±	0.107
Al	4.583	±	0.187
P	< LOD	:	0.037
Si	24.118	±	0.152
Cl	0.100	±	0.005
S	0.031	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.876



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NZBW
MINING
2013-04-16 11:43
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.005
Bal	54.698	±	1.096
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.008	±	0.001
Sr	0.015	±	0.001
Rb	0.002	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	0.006	±	0.001
Ni	0.026	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.014
Fe	8.228	±	0.034
Mn	0.144	±	0.005
Cr	0.108	±	0.015
V	0.032	±	0.013
Ti	0.414	±	0.026
Ca	6.168	±	0.155
K	0.962	±	0.099
Al	4.842	±	0.193
P	0.050	±	0.019
Si	24.138	±	0.144
Cl	0.097	±	0.005
S	0.041	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.872



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NZBW
MINING
2013-04-16 11:49
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.004
Bal	54.855	±	1.080
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.008	±	0.001
Sr	0.015	±	0.001
Rb	0.003	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	0.007	±	0.001
Ni	0.023	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.014
Fe	8.218	±	0.034
Mn	0.143	±	0.005
Cr	0.106	±	0.016
V	0.031	±	0.014
Ti	0.464	±	0.027
Ca	6.145	±	0.155
K	0.939	±	0.098
Al	4.653	±	0.187
P	0.039	±	0.019
Si	24.189	±	0.144
Cl	0.101	±	0.005
S	0.038	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.853



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NZBW
MINING
2013-04-16 11:54
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	55.118	±	1.091
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.008	±	0.001
Sr	0.015	±	0.001
Rb	0.002	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	0.007	±	0.001
Ni	0.025	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.013
Fe	8.188	±	0.033
Mn	0.142	±	0.005
Cr	0.075	±	0.017
V	0.029	±	0.014
Ti	0.418	±	0.026
Ca	6.067	±	0.154
K	0.981	±	0.099
Al	4.638	±	0.188
P	< LOD	:	0.037
Si	24.113	±	0.144
Cl	0.098	±	0.005
S	0.034	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.874



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NZBW
MINING
2013-04-16 11:57
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.003
Bal	54.875	±	1.082
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.008	±	0.001
Sr	0.015	±	0.001
Rb	0.003	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	0.007	±	0.001
Ni	0.026	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.013
Fe	8.182	±	0.033
Mn	0.145	±	0.005
Cr	0.070	±	0.015
V	< LOD	:	0.024
Ti	0.457	±	0.024
Ca	6.166	±	0.138
K	0.954	±	0.088
Al	4.780	±	0.191
P	0.041	±	0.019
Si	24.099	±	0.141
Cl	0.103	±	0.005
S	0.043	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.857



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NZBW
MINING
2013-04-16 12:01
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.004
Bal	54.629	±	1.108
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.008	±	0.001
Sr	0.015	±	0.001
Rb	0.003	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.006	±	0.001
Cu	0.007	±	0.001
Ni	0.026	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.014
Fe	8.224	±	0.033
Mn	0.146	±	0.005
Cr	0.085	±	0.018
V	0.039	±	0.015
Ti	0.460	±	0.028
Ca	6.124	±	0.157
K	0.955	±	0.100
Al	4.825	±	0.193
P	< LOD	:	0.037
Si	24.260	±	0.149
Cl	0.094	±	0.005
S	0.045	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.900



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NZBW
MINING
2013-04-16 12:04
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.005
Bal	54.593	±	1.093
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.008	±	0.001
Sr	0.015	±	0.001
Rb	0.003	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	0.006	±	0.001
Ni	0.025	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.014
Fe	8.208	±	0.034
Mn	0.141	±	0.005
Cr	0.092	±	0.017
V	0.035	±	0.015
Ti	0.444	±	0.027
Ca	6.132	±	0.156
K	1.041	±	0.102
Al	4.832	±	0.192
P	< LOD	:	0.037
Si	24.240	±	0.145
Cl	0.099	±	0.005
S	0.033	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.869



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NZBW
MINING
2013-04-16 12:08
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.004
Bal	54.838	±	1.105
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.008	±	0.001
Sr	0.015	±	0.001
Rb	0.002	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	0.008	±	0.001
Ni	0.027	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.013
Fe	8.243	±	0.033
Mn	0.141	±	0.005
Cr	0.082	±	0.017
V	0.045	±	0.015
Ti	0.448	±	0.027
Ca	6.120	±	0.153
K	0.925	±	0.097
Al	4.648	±	0.190
P	0.060	±	0.019
Si	24.235	±	0.144
Cl	0.102	±	0.005
S	0.036	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.899



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NZBW
MINING
2013-04-16 12:20
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.005
Bal	54.611	±	1.136
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.008	±	0.001
Sr	0.015	±	0.001
Rb	0.003	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	0.007	±	0.001
Ni	0.024	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.014
Fe	8.212	±	0.033
Mn	0.140	±	0.005
Cr	0.096	±	0.016
V	0.038	±	0.014
Ti	0.445	±	0.027
Ca	6.185	±	0.155
K	0.929	±	0.097
Al	4.779	±	0.194
P	0.042	±	0.019
Si	24.306	±	0.145
Cl	0.097	±	0.005
S	0.043	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.948



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NZBW
MINING
2013-04-16 12:24
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.004
Bal	54.848	±	1.103
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.008	±	0.001
Sr	0.015	±	0.001
Rb	0.002	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	0.007	±	0.001
Ni	0.024	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.014
Fe	8.199	±	0.033
Mn	0.142	±	0.005
Cr	0.115	±	0.015
V	0.036	±	0.014
Ti	0.403	±	0.026
Ca	5.878	±	0.153
K	0.878	±	0.096
Al	4.825	±	0.193
P	< LOD	:	0.038
Si	24.436	±	0.145
Cl	0.101	±	0.005
S	0.029	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.886



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NZBW
MINING
2013-04-16 12:30
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.004
Bal	54.568	±	1.121
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.008	±	0.001
Sr	0.015	±	0.001
Rb	0.002	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	0.007	±	0.001
Ni	0.024	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.014
Fe	8.241	±	0.033
Mn	0.142	±	0.005
Cr	0.109	±	0.015
V	0.048	±	0.015
Ti	0.469	±	0.028
Ca	6.263	±	0.159
K	0.926	±	0.100
Al	4.731	±	0.192
P	0.047	±	0.019
Si	24.241	±	0.149
Cl	0.099	±	0.005
S	0.037	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.929



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NZBW
MINING
2013-04-16 12:33
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.004
Bal	54.608	±	1.082
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.008	±	0.001
Sr	0.015	±	0.001
Rb	0.002	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	0.007	±	0.001
Ni	0.025	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.014
Fe	8.215	±	0.033
Mn	0.137	±	0.005
Cr	0.082	±	0.018
V	< LOD	:	0.029
Ti	0.432	±	0.027
Ca	6.167	±	0.156
K	1.023	±	0.102
Al	4.728	±	0.189
P	< LOD	:	0.037
Si	24.338	±	0.145
Cl	0.104	±	0.005
S	0.032	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.853



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NZBW
MINING
2013-04-16 12:37
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.004
Bal	54.588	±	1.112
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.008	±	0.001
Sr	0.015	±	0.001
Rb	0.002	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.006	±	0.001
Cu	0.007	±	0.001
Ni	0.027	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.013
Fe	8.223	±	0.033
Mn	0.145	±	0.005
Cr	0.089	±	0.014
V	< LOD	:	0.024
Ti	0.443	±	0.024
Ca	6.039	±	0.136
K	1.074	±	0.091
Al	4.782	±	0.193
P	0.049	±	0.019
Si	24.325	±	0.142
Cl	0.100	±	0.005
S	0.044	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.911



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NZBW
MINING
2013-04-16 12:41
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.004
Bal	54.279	±	1.114
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.008	±	0.001
Sr	0.015	±	0.001
Rb	0.002	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.005	±	0.001
Cu	0.006	±	0.001
Ni	0.026	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.014
Fe	8.241	±	0.034
Mn	0.141	±	0.005
Cr	0.092	±	0.015
V	0.037	±	0.013
Ti	0.435	±	0.024
Ca	6.363	±	0.139
K	0.975	±	0.088
Al	4.823	±	0.193
P	0.041	±	0.019
Si	24.361	±	0.138
Cl	0.100	±	0.005
S	0.039	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.908



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

NZBW
MINING
2013-05-14 16:43
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	0.007	±	0.002
Bal	50.929	±	0.426
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.008	±	0.001
Sr	0.012	±	0.001
Rb	0.002	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.007	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.005
Zn	0.006	±	0.001
Cu	0.008	±	0.001
Ni	0.029	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.017
Fe	8.382	±	0.066
Mn	0.159	±	0.007
Cr	0.092	±	0.003
V	0.036	±	0.003
Ti	0.433	±	0.007
Ca	7.222	±	0.056
K	1.093	±	0.023
Al	4.510	±	0.113
P	< LOD	:	0.041
Si	23.677	±	0.146
Cl	0.083	±	0.006
S	0.064	±	0.010
Mg	3.200	±	0.247
Ba	0.034	±	0.004

ARDÓSIA DE VALONGO (ARDV)



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

ARDV
MINING
2013-04-16 12:32
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.753	±	0.992
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.010	±	0.001
Sr	0.010	±	0.001
Rb	0.006	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.003	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.014	±	0.001
Cu	0.002	±	0.001
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.014
Fe	9.370	±	0.035
Mn	0.077	±	0.004
Cr	< LOD	:	0.031
V	0.035	±	0.015
Ti	0.447	±	0.027
Ca	1.727	±	0.102
K	1.885	±	0.136
Al	9.701	±	0.268
P	< LOD	:	0.032
Si	19.749	±	0.128
Cl	0.072	±	0.005
S	0.099	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.515



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

ARDV
MINING
2013-04-16 12:41
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.496	±	1.017
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.010	±	0.001
Sr	0.010	±	0.001
Rb	0.006	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.003	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.014	±	0.001
Cu	0.003	±	0.001
Ni	0.005	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.014
Fe	9.366	±	0.034
Mn	0.077	±	0.004
Cr	< LOD	:	0.027
V	0.029	±	0.012
Ti	0.510	±	0.023
Ca	1.695	±	0.081
K	1.927	±	0.110
Al	9.773	±	0.273
P	< LOD	:	0.033
Si	19.859	±	0.120
Cl	0.074	±	0.005
S	0.106	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.552



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

ARDV
MINING
2013-04-16 12:45
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.512	±	1.036
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.010	±	0.001
Sr	0.010	±	0.001
Rb	0.006	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.003	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.014	±	0.001
Cu	0.003	±	0.001
Ni	0.004	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.014
Fe	9.362	±	0.035
Mn	0.077	±	0.004
Cr	0.025	±	0.012
V	0.036	±	0.012
Ti	0.510	±	0.023
Ca	1.755	±	0.080
K	1.855	±	0.107
Al	9.760	±	0.276
P	< LOD	:	0.032
Si	19.848	±	0.121
Cl	0.076	±	0.005
S	0.102	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.587



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

ARDV
MINING
2013-04-16 12:55
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.504	±	1.001
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.010	±	0.001
Sr	0.010	±	0.001
Rb	0.006	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.003	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.014	±	0.001
Cu	0.003	±	0.001
Ni	0.005	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.014
Fe	9.350	±	0.034
Mn	0.073	±	0.004
Cr	0.034	±	0.010
V	0.047	±	0.012
Ti	0.485	±	0.023
Ca	1.658	±	0.082
K	1.861	±	0.109
Al	9.830	±	0.271
P	< LOD	:	0.032
Si	19.914	±	0.121
Cl	0.072	±	0.005
S	0.104	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.527



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

ARDV
MINING
2013-04-16 13:02
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.359	±	1.027
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.010	±	0.001
Sr	0.010	±	0.001
Rb	0.006	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.003	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.015	±	0.001
Cu	0.003	±	0.001
Ni	0.004	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.013
Fe	9.335	±	0.034
Mn	0.077	±	0.004
Cr	< LOD	:	0.030
V	0.049	±	0.016
Ti	0.480	±	0.031
Ca	1.727	±	0.109
K	1.866	±	0.147
Al	9.961	±	0.276
P	< LOD	:	0.032
Si	19.866	±	0.129
Cl	0.072	±	0.005
S	0.105	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.559



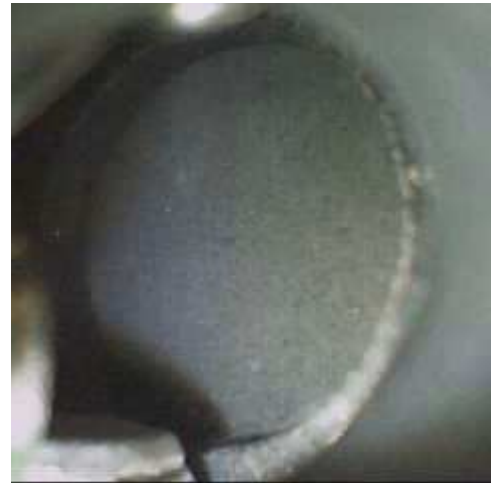
Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

ARDV
MINING
2013-04-16 13:07
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.569	±	1.028
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.010	±	0.001
Sr	0.010	±	0.001
Rb	0.006	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.003	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.014	±	0.001
Cu	0.002	±	0.001
Ni	0.005	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.013
Fe	9.349	±	0.034
Mn	0.076	±	0.004
Cr	< LOD	:	0.026
V	0.036	±	0.012
Ti	0.462	±	0.023
Ca	1.662	±	0.081
K	1.793	±	0.108
Al	9.854	±	0.276
P	< LOD	:	0.032
Si	19.946	±	0.120
Cl	0.078	±	0.005
S	0.101	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.566



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

ARDV
MINING
2013-04-16 13:15
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.415	±	1.010
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.010	±	0.001
Sr	0.010	±	0.001
Rb	0.006	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.003	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.013	±	0.001
Cu	0.002	±	0.001
Ni	0.004	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.014
Fe	9.348	±	0.034
Mn	0.081	±	0.004
Cr	< LOD	:	0.031
V	0.034	±	0.015
Ti	0.471	±	0.030
Ca	1.632	±	0.108
K	1.884	±	0.145
Al	9.889	±	0.273
P	< LOD	:	0.032
Si	19.971	±	0.129
Cl	0.074	±	0.005
S	0.100	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.532



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

ARDV
MINING
2013-04-16 13:23
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.272	±	1.029
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.010	±	0.001
Sr	0.010	±	0.001
Rb	0.006	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.003	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.014	±	0.001
Cu	0.002	±	0.001
Ni	0.005	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.014
Fe	9.347	±	0.035
Mn	0.079	±	0.004
Cr	0.039	±	0.012
V	0.042	±	0.014
Ti	0.512	±	0.028
Ca	1.662	±	0.101
K	1.726	±	0.129
Al	9.944	±	0.277
P	< LOD	:	0.032
Si	20.134	±	0.127
Cl	0.076	±	0.005
S	0.095	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.567



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

ARDV
MINING
2013-04-16 13:26
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	55.929	±	1.044
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.010	±	0.001
Sr	0.010	±	0.001
Rb	0.006	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.003	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.015	±	0.001
Cu	0.003	±	0.001
Ni	0.006	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.014
Fe	9.425	±	0.035
Mn	0.078	±	0.004
Cr	< LOD	:	0.034
V	< LOD	:	0.030
Ti	0.498	±	0.028
Ca	1.713	±	0.100
K	1.827	±	0.132
Al	10.061	±	0.281
P	< LOD	:	0.033
Si	20.171	±	0.127
Cl	0.078	±	0.005
S	0.111	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.584



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

ARDV
MINING
2013-04-16 13:39
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.288	±	0.999
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.010	±	0.001
Sr	0.010	±	0.001
Rb	0.006	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.003	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.014	±	0.001
Cu	0.003	±	0.001
Ni	0.006	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.014
Fe	9.380	±	0.035
Mn	0.079	±	0.004
Cr	< LOD	:	0.036
V	< LOD	:	0.031
Ti	0.468	±	0.028
Ca	1.672	±	0.101
K	1.865	±	0.135
Al	9.810	±	0.269
P	< LOD	:	0.032
Si	20.160	±	0.127
Cl	0.075	±	0.005
S	0.107	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.519



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

ARDV
MINING
2013-04-16 13:43
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.176	±	1.037
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	0.002	±	0.001
Zr	0.010	±	0.001
Sr	0.010	±	0.001
Rb	0.006	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.003	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.014	±	0.001
Cu	0.003	±	0.001
Ni	0.005	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.013
Fe	9.363	±	0.034
Mn	0.079	±	0.004
Cr	< LOD	:	0.033
V	0.034	±	0.015
Ti	0.476	±	0.028
Ca	1.740	±	0.099
K	1.775	±	0.129
Al	9.950	±	0.278
P	< LOD	:	0.033
Si	20.144	±	0.126
Cl	0.076	±	0.005
S	0.104	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.577



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

ARDV
MINING
2013-04-16 13:46
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.053	±	1.047
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.010	±	0.001
Sr	0.010	±	0.001
Rb	0.006	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.003	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.014	±	0.001
Cu	0.003	±	0.001
Ni	0.004	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.013
Fe	9.360	±	0.034
Mn	0.075	±	0.004
Cr	< LOD	:	0.035
V	0.032	±	0.016
Ti	0.485	±	0.028
Ca	1.748	±	0.099
K	1.798	±	0.131
Al	9.990	±	0.281
P	< LOD	:	0.032
Si	20.208	±	0.128
Cl	0.075	±	0.005
S	0.103	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.594



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

ARDV
MINING
2013-04-16 13:52
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.010	±	1.036
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.010	±	0.001
Sr	0.010	±	0.001
Rb	0.006	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.003	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.014	±	0.001
Cu	0.002	±	0.001
Ni	0.005	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.014
Fe	9.365	±	0.035
Mn	0.075	±	0.004
Cr	0.038	±	0.013
V	0.048	±	0.015
Ti	0.473	±	0.028
Ca	1.632	±	0.103
K	1.819	±	0.135
Al	10.173	±	0.283
P	< LOD	:	0.032
Si	20.113	±	0.129
Cl	0.072	±	0.005
S	0.107	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.570



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

ARDV
MINING
2013-04-16 13:58
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.094	±	1.028
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.010	±	0.001
Sr	0.010	±	0.001
Rb	0.006	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.003	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.014	±	0.001
Cu	0.002	±	0.001
Ni	0.007	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.014
Fe	9.375	±	0.035
Mn	0.077	±	0.004
Cr	< LOD	:	0.030
V	0.045	±	0.015
Ti	0.469	±	0.028
Ca	1.653	±	0.098
K	1.779	±	0.131
Al	10.042	±	0.278
P	< LOD	:	0.032
Si	20.193	±	0.126
Cl	0.073	±	0.005
S	0.115	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.558



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

ARDV
MINING
2013-04-16 14:03
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.059	±	1.012
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.010	±	0.001
Sr	0.010	±	0.001
Rb	0.006	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.003	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.014	±	0.001
Cu	0.003	±	0.001
Ni	0.006	±	0.002
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.014
Fe	9.383	±	0.035
Mn	0.079	±	0.004
Cr	< LOD	:	0.029
V	0.039	±	0.014
Ti	0.477	±	0.027
Ca	1.707	±	0.094
K	1.881	±	0.129
Al	9.918	±	0.274
P	< LOD	:	0.032
Si	20.175	±	0.126
Cl	0.076	±	0.005
S	0.113	±	0.009
Mg	< LOD	:	1.540



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No ARDV
Mode Time MINING
 2013-04-14 16:16
Duration 180.00
Sequence Final
Flags 8mm
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.003
Bal	57.403	±	0.330
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.015	±	0.001
Sr	0.009	±	0.001
Rb	0.007	±	0.001
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.009	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.012
Fe	5.328	±	0.040
Mn	0.084	±	0.005
Cr	0.017	±	0.002
V	0.030	±	0.002
Ti	0.382	±	0.005
Ca	0.722	±	0.014
K	2.833	±	0.030
Al	6.182	±	0.114
P	0.063	±	0.020
Si	26.007	±	0.155
Cl	0.045	±	0.005
S	< LOD	:	0.016
Mg	0.822	±	0.155
Ba	0.022	±	0.003

VERDE DONAI (VD)



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

VD
MINING
2013-04-16 12:46
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	67.367	±	0.850
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	< LOD	:	0.002
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.004	±	0.001
Cu	0.002	±	0.001
Ni	0.182	±	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.010
Fe	5.765	±	0.022
Mn	0.097	±	0.004
Cr	0.224	±	0.016
V	< LOD	:	0.013
Ti	< LOD	:	0.011
Ca	1.128	±	0.066
K	< LOD	:	0.060
Al	< LOD	:	0.148
P	< LOD	:	0.027
Si	17.228	±	0.102
Cl	0.101	±	0.005
S	0.146	±	0.008
Mg	7.588	±	0.830



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

VD
MINING
2013-04-16 12:50
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	67.106	±	0.855
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	< LOD	:	0.002
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.004	±	0.001
Cu	0.003	±	0.001
Ni	0.181	±	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.010
Fe	5.777	±	0.022
Mn	0.097	±	0.004
Cr	0.192	±	0.017
V	< LOD	:	0.014
Ti	< LOD	:	0.011
Ca	1.021	±	0.064
K	0.093	±	0.035
Al	0.192	±	0.076
P	< LOD	:	0.027
Si	17.294	±	0.103
Cl	0.106	±	0.005
S	0.154	±	0.008
Mg	7.759	±	0.833



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

VD
MINING
2013-04-16 12:53
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	67.402	±	0.854
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	< LOD	:	0.002
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.004	±	0.001
Cu	0.002	±	0.001
Ni	0.184	±	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.010
Fe	5.768	±	0.022
Mn	0.096	±	0.004
Cr	0.199	±	0.013
V	< LOD	:	0.011
Ti	< LOD	:	0.009
Ca	1.081	±	0.051
K	0.077	±	0.026
Al	0.160	±	0.076
P	< LOD	:	0.027
Si	17.301	±	0.101
Cl	0.106	±	0.005
S	0.148	±	0.008
Mg	7.456	±	0.832



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No VD
Mode MINING
Time 2013-04-16 12:56
Duration 180.00
Sequence Final
Flags 8mm
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	67.399	±	0.843
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	< LOD	:	0.002
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.004	±	0.001
Cu	0.003	±	0.001
Ni	0.182	±	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.010
Fe	5.789	±	0.022
Mn	0.093	±	0.004
Cr	0.212	±	0.014
V	< LOD	:	0.012
Ti	0.015	±	0.006
Ca	1.085	±	0.058
K	0.072	±	0.030
Al	< LOD	:	0.147
P	< LOD	:	0.027
Si	17.280	±	0.101
Cl	0.104	±	0.005
S	0.147	±	0.008
Mg	7.487	±	0.822



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

VD
MINING
2013-04-16 13:00
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	67.251	±	0.851
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	< LOD	:	0.002
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.004	±	0.001
Cu	0.002	±	0.001
Ni	0.181	±	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.010
Fe	5.771	±	0.022
Mn	0.097	±	0.004
Cr	0.226	±	0.013
V	0.012	±	0.005
Ti	0.016	±	0.006
Ca	1.095	±	0.058
K	< LOD	:	0.055
Al	0.153	±	0.075
P	< LOD	:	0.027
Si	17.416	±	0.102
Cl	0.102	±	0.005
S	0.152	±	0.008
Mg	7.466	±	0.829



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

VD
MINING
2013-04-16 13:03
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	67.295	±	0.850
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	< LOD	:	0.002
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.004	±	0.001
Cu	0.002	±	0.001
Ni	0.181	±	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	0.011	±	0.005
Fe	5.764	±	0.022
Mn	0.099	±	0.004
Cr	0.225	±	0.015
V	< LOD	:	0.013
Ti	< LOD	:	0.012
Ca	1.072	±	0.065
K	0.075	±	0.034
Al	0.183	±	0.076
P	< LOD	:	0.027
Si	17.341	±	0.103
Cl	0.105	±	0.005
S	0.150	±	0.008
Mg	7.468	±	0.828



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

VD
MINING
2013-04-16 13:06
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	68.172	±	0.833
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	< LOD	:	0.002
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.004	±	0.001
Cu	0.002	±	0.001
Ni	0.182	±	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.010
Fe	5.796	±	0.022
Mn	0.097	±	0.004
Cr	0.206	±	0.014
V	< LOD	:	0.012
Ti	< LOD	:	0.010
Ca	1.022	±	0.057
K	< LOD	:	0.056
Al	< LOD	:	0.145
P	< LOD	:	0.027
Si	17.499	±	0.102
Cl	0.103	±	0.005
S	0.148	±	0.008
Mg	6.599	±	0.813



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

VD
MINING
2013-04-16 13:10
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	67.985	±	0.834
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	< LOD	:	0.002
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.004	±	0.001
Cu	0.002	±	0.001
Ni	0.183	±	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.010
Fe	5.771	±	0.022
Mn	0.095	±	0.004
Cr	0.194	±	0.017
V	< LOD	:	0.014
Ti	< LOD	:	0.013
Ca	1.131	±	0.065
K	0.107	±	0.034
Al	< LOD	:	0.147
P	< LOD	:	0.027
Si	17.381	±	0.103
Cl	0.107	±	0.005
S	0.151	±	0.008
Mg	6.721	±	0.812



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

VD
MINING
2013-04-16 13:13
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	67.443	±	0.847
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	< LOD	:	0.002
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.004	±	0.001
Cu	0.003	±	0.001
Ni	0.185	±	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	0.010	±	0.005
Fe	5.778	±	0.022
Mn	0.098	±	0.004
Cr	0.202	±	0.014
V	< LOD	:	0.012
Ti	< LOD	:	0.011
Ca	1.043	±	0.058
K	< LOD	:	0.059
Al	< LOD	:	0.148
P	< LOD	:	0.027
Si	17.498	±	0.102
Cl	0.107	±	0.005
S	0.150	±	0.008
Mg	7.305	±	0.826



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

VD
MINING
2013-04-16 13:18
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	66.857	±	0.856
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	< LOD	:	0.002
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.004	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	0.183	±	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.010
Fe	5.770	±	0.022
Mn	0.097	±	0.004
Cr	0.197	±	0.017
V	< LOD	:	0.014
Ti	< LOD	:	0.012
Ca	1.066	±	0.064
K	0.084	±	0.033
Al	0.212	±	0.077
P	< LOD	:	0.027
Si	17.442	±	0.103
Cl	0.103	±	0.005
S	0.152	±	0.008
Mg	7.811	±	0.833



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

VD
MINING
2013-04-16 13:21
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	66.787	±	0.855
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	< LOD	:	0.002
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.004	±	0.001
Cu	0.003	±	0.001
Ni	0.184	±	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.010
Fe	5.786	±	0.022
Mn	0.094	±	0.004
Cr	0.187	±	0.015
V	< LOD	:	0.013
Ti	< LOD	:	0.011
Ca	1.079	±	0.058
K	0.074	±	0.029
Al	0.168	±	0.076
P	< LOD	:	0.027
Si	17.588	±	0.102
Cl	0.101	±	0.005
S	0.153	±	0.008
Mg	7.770	±	0.832



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

VD
MINING
2013-04-16 13:25
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	66.531	±	0.855
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	< LOD	:	0.002
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.004	±	0.001
Cu	0.002	±	0.001
Ni	0.183	±	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	0.011	±	0.005
Fe	5.794	±	0.022
Mn	0.096	±	0.004
Cr	0.237	±	0.015
V	0.013	±	0.006
Ti	0.021	±	0.007
Ca	1.103	±	0.068
K	< LOD	:	0.065
Al	0.155	±	0.076
P	< LOD	:	0.027
Si	17.502	±	0.103
Cl	0.102	±	0.005
S	0.152	±	0.008
Mg	8.043	±	0.833



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

VD
MINING
2013-04-16 13:28
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	66.744	±	0.855
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	< LOD	:	0.002
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.004	±	0.001
Cu	0.003	±	0.001
Ni	0.183	±	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.010
Fe	5.782	±	0.022
Mn	0.095	±	0.004
Cr	0.202	±	0.015
V	< LOD	:	0.012
Ti	0.014	±	0.006
Ca	1.098	±	0.060
K	< LOD	:	0.060
Al	0.231	±	0.077
P	< LOD	:	0.027
Si	17.515	±	0.102
Cl	0.102	±	0.005
S	0.152	±	0.008
Mg	7.801	±	0.831



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

VD
MINING
2013-04-16 13:32
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	66.345	±	0.861
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	< LOD	:	0.002
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.004	±	0.001
Cu	0.003	±	0.001
Ni	0.184	±	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.010
Fe	5.775	±	0.022
Mn	0.094	±	0.004
Cr	0.223	±	0.015
V	< LOD	:	0.013
Ti	0.017	±	0.007
Ca	1.073	±	0.065
K	< LOD	:	0.060
Al	< LOD	:	0.150
P	< LOD	:	0.027
Si	17.592	±	0.103
Cl	0.100	±	0.005
S	0.147	±	0.008
Mg	8.293	±	0.841



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

VD
MINING
2013-04-16 13:36
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	66.240	±	0.864
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	< LOD	:	0.002
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	0.002	±	0.001
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.003
Zn	0.004	±	0.001
Cu	0.002	±	0.001
Ni	0.184	±	0.003
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.010
Fe	5.776	±	0.022
Mn	0.099	±	0.004
Cr	0.198	±	0.014
V	< LOD	:	0.012
Ti	< LOD	:	0.011
Ca	1.053	±	0.057
K	< LOD	:	0.052
Al	< LOD	:	0.151
P	< LOD	:	0.027
Si	17.601	±	0.102
Cl	0.100	±	0.005
S	0.149	±	0.008
Mg	8.427	±	0.844



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No VD
Mode Time MINING
 2013-05-14 16:39
Duration 180.00
Sequence Final
Flags 8mm
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.003
Bal	65.334	±	0.371
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	< LOD	:	0.002
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	0.004	±	0.001
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	0.196	±	0.004
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.012
Fe	5.763	±	0.039
Mn	0.104	±	0.005
Cr	0.243	±	0.003
V	0.008	±	0.001
Ti	0.006	±	0.001
Ca	0.862	±	0.012
K	< LOD	:	0.008
Al	0.208	±	0.039
P	< LOD	:	0.028
Si	16.012	±	0.115
Cl	0.091	±	0.005
S	0.160	±	0.009
Mg	10.994	±	0.302
Ba	< LOD	:	0.006

BRANCO ROSADO (MBR)



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MBR
MINING
2013-04-16 15:46
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	55.579	±	1.454
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.009	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.093	±	0.003
Mn	0.015	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.032
V	< LOD	:	0.014
Ti	< LOD	:	0.016
Ca	42.113	±	0.286
K	< LOD	:	0.141
Al	0.285	±	0.121
P	< LOD	:	0.028
Si	1.329	±	0.041
Cl	< LOD	:	0.009
S	0.061	±	0.009
Mg	< LOD	:	2.888



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MBR
MINING
2013-04-16 15:50
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	54.675	±	1.462
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.009	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.096	±	0.003
Mn	0.009	±	0.002
Cr	< LOD	:	0.021
V	< LOD	:	0.012
Ti	< LOD	:	0.012
Ca	41.740	±	0.257
K	< LOD	:	0.126
Al	0.398	±	0.125
P	< LOD	:	0.028
Si	1.401	±	0.041
Cl	< LOD	:	0.009
S	0.059	±	0.009
Mg	< LOD	:	2.909



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MBR
MINING
2013-04-16 15:58
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	53.937	±	1.463
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.009	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.089	±	0.003
Mn	0.012	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.031
V	< LOD	:	0.015
Ti	< LOD	:	0.012
Ca	41.956	±	0.258
K	0.201	±	0.066
Al	0.340	±	0.125
P	< LOD	:	0.028
Si	1.364	±	0.040
Cl	< LOD	:	0.009
S	0.055	±	0.009
Mg	< LOD	:	2.918



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MBR
MINING
2013-04-16 16:03
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	55.944	±	1.440
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.010	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.093	±	0.003
Mn	0.012	±	0.003
Cr	0.030	±	0.006
V	< LOD	:	0.010
Ti	< LOD	:	0.012
Ca	41.953	±	0.262
K	< LOD	:	0.129
Al	0.372	±	0.122
P	< LOD	:	0.028
Si	1.404	±	0.041
Cl	< LOD	:	0.009
S	0.052	±	0.009
Mg	< LOD	:	2.861



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MBR
MINING
2013-04-16 16:07
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	54.170	±	1.461
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.009	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.090	±	0.003
Mn	0.014	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.028
V	< LOD	:	0.017
Ti	< LOD	:	0.015
Ca	42.440	±	0.275
K	0.172	±	0.068
Al	0.298	±	0.123
P	< LOD	:	0.028
Si	1.407	±	0.041
Cl	< LOD	:	0.009
S	0.047	±	0.009
Mg	< LOD	:	2.909



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MBR
MINING
2013-04-16 16:12
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	54.574	±	1.470
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.010	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.089	±	0.003
Mn	0.015	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.020
V	< LOD	:	0.014
Ti	< LOD	:	0.013
Ca	41.958	±	0.284
K	0.166	±	0.069
Al	0.508	±	0.127
P	< LOD	:	0.028
Si	1.409	±	0.041
Cl	< LOD	:	0.009
S	0.066	±	0.009
Mg	< LOD	:	2.906



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MBR
MINING
2013-04-16 16:17
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	55.274	±	1.432
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.009	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.092	±	0.003
Mn	0.016	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.022
V	< LOD	:	0.013
Ti	< LOD	:	0.011
Ca	42.580	±	0.255
K	0.134	±	0.063
Al	0.319	±	0.119
P	< LOD	:	0.027
Si	1.353	±	0.040
Cl	< LOD	:	0.009
S	0.050	±	0.009
Mg	< LOD	:	2.853



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MBR
MINING
2013-04-16 16:33
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	54.182	±	1.457
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.009	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.095	±	0.003
Mn	0.012	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.027
V	< LOD	:	0.013
Ti	< LOD	:	0.011
Ca	42.393	±	0.261
K	0.166	±	0.063
Al	0.357	±	0.124
P	< LOD	:	0.028
Si	1.404	±	0.041
Cl	< LOD	:	0.009
S	0.057	±	0.009
Mg	< LOD	:	2.901



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MBR
MINING
2013-04-16 16:40
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	53.237	±	1.461
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.010	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.091	±	0.003
Mn	0.013	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.033
V	< LOD	:	0.016
Ti	< LOD	:	0.013
Ca	42.558	±	0.259
K	0.212	±	0.064
Al	0.379	±	0.125
P	< LOD	:	0.027
Si	1.355	±	0.040
Cl	< LOD	:	0.009
S	0.054	±	0.009
Mg	< LOD	:	2.912



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MBR
MINING
2013-04-16 16:49
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	54.800	±	1.450
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.009	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.094	±	0.003
Mn	0.012	±	0.003
Cr	0.030	±	0.006
V	0.015	±	0.006
Ti	< LOD	:	0.012
Ca	42.179	±	0.256
K	0.206	±	0.065
Al	0.368	±	0.123
P	< LOD	:	0.028
Si	1.389	±	0.041
Cl	< LOD	:	0.009
S	0.058	±	0.009
Mg	< LOD	:	2.887



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MBR
MINING
2013-04-16 16:52
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	53.580	±	1.468
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.010	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.094	±	0.003
Mn	0.012	±	0.002
Cr	< LOD	:	0.031
V	< LOD	:	0.017
Ti	< LOD	:	0.013
Ca	42.378	±	0.258
K	0.206	±	0.063
Al	0.430	±	0.126
P	< LOD	:	0.028
Si	1.396	±	0.041
Cl	< LOD	:	0.009
S	0.058	±	0.009
Mg	< LOD	:	2.923



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MBR
MINING
2013-04-16 16:59
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	54.573	±	1.445
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.010	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.094	±	0.003
Mn	0.012	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.029
V	< LOD	:	0.013
Ti	< LOD	:	0.011
Ca	42.256	±	0.256
K	0.253	±	0.064
Al	0.437	±	0.123
P	< LOD	:	0.027
Si	1.406	±	0.041
Cl	< LOD	:	0.009
S	0.055	±	0.009
Mg	< LOD	:	2.871



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MBR
MINING
2013-04-16 17:04
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	54.379	±	1.459
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.010	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.091	±	0.003
Mn	0.014	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.024
V	< LOD	:	0.013
Ti	< LOD	:	0.012
Ca	42.153	±	0.259
K	0.180	±	0.064
Al	0.359	±	0.124
P	< LOD	:	0.027
Si	1.382	±	0.041
Cl	< LOD	:	0.009
S	0.052	±	0.009
Mg	< LOD	:	2.906



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MBR
MINING
2013-04-16 17:08
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	54.713	±	1.451
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.010	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.094	±	0.003
Mn	0.016	±	0.003
Cr	0.028	±	0.009
V	< LOD	:	0.010
Ti	< LOD	:	0.014
Ca	42.024	±	0.258
K	< LOD	:	0.126
Al	0.280	±	0.122
P	< LOD	:	0.028
Si	1.422	±	0.041
Cl	< LOD	:	0.009
S	0.062	±	0.009
Mg	< LOD	:	2.895



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MBR
MINING
2013-04-16 17:16
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.002
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	55.525	±	1.436
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.010	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.090	±	0.003
Mn	0.012	±	0.002
Cr	0.024	±	0.010
V	< LOD	:	0.013
Ti	< LOD	:	0.016
Ca	42.093	±	0.274
K	0.168	±	0.070
Al	0.569	±	0.124
P	< LOD	:	0.027
Si	1.423	±	0.041
Cl	< LOD	:	0.009
S	0.059	±	0.009
Mg	< LOD	:	2.835



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MBR
MINING
2013-05-14 16:20
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	0.006	±	0.002
Bal	52.658	±	0.381
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.010	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.005
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.004
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.003
Fe	0.060	±	0.003
Mn	0.013	±	0.003
Cr	< LOD	:	0.005
V	< LOD	:	0.003
Ti	0.002	±	0.001
Ca	46.522	±	0.259
K	< LOD	:	0.022
Al	< LOD	:	0.102
P	< LOD	:	0.026
Si	0.221	±	0.023
Cl	< LOD	:	0.011
S	0.034	±	0.011
Mg	< LOD	:	0.550
Ba	0.012	±	0.004

MOLEANOS MACIO (MOLM)



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MOLM
MINING
2013-04-17 11:59
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.578	±	1.515
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.003	±	0.001
Sr	0.022	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.059	±	0.003
Mn	< LOD	:	0.005
Cr	< LOD	:	0.027
V	< LOD	:	0.013
Ti	< LOD	:	0.012
Ca	41.917	±	0.264
K	< LOD	:	0.111
Al	< LOD	:	0.246
P	< LOD	:	0.028
Si	0.726	±	0.036
Cl	< LOD	:	0.010
S	0.040	±	0.009
Mg	< LOD	:	3.038



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MOLM
MINING
2013-04-17 12:05
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.967	±	1.504
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.004	±	0.001
Sr	0.022	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.060	±	0.003
Mn	0.005	±	0.002
Cr	< LOD	:	0.030
V	< LOD	:	0.014
Ti	< LOD	:	0.013
Ca	41.883	±	0.265
K	< LOD	:	0.113
Al	< LOD	:	0.245
P	< LOD	:	0.029
Si	0.800	±	0.037
Cl	< LOD	:	0.010
S	0.039	±	0.009
Mg	< LOD	:	3.009



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MOLM
MINING
2013-04-17 12:21
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.194	±	1.513
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.004	±	0.001
Sr	0.022	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.062	±	0.003
Mn	< LOD	:	0.005
Cr	< LOD	:	0.037
V	< LOD	:	0.018
Ti	< LOD	:	0.010
Ca	42.131	±	0.266
K	< LOD	:	0.115
Al	< LOD	:	0.243
P	< LOD	:	0.028
Si	0.760	±	0.036
Cl	< LOD	:	0.010
S	0.046	±	0.009
Mg	< LOD	:	3.044



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MOLM
MINING
2013-04-17 12:30
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.063	±	1.514
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.004	±	0.001
Sr	0.022	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.056	±	0.003
Mn	< LOD	:	0.005
Cr	< LOD	:	0.042
V	< LOD	:	0.017
Ti	< LOD	:	0.011
Ca	41.889	±	0.242
K	< LOD	:	0.099
Al	< LOD	:	0.247
P	< LOD	:	0.029
Si	0.758	±	0.036
Cl	< LOD	:	0.010
S	0.043	±	0.009
Mg	< LOD	:	3.047



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MOLM
MINING
2013-04-17 14:04
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.896	±	1.487
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.003	±	0.001
Sr	0.022	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.062	±	0.003
Mn	< LOD	:	0.005
Cr	< LOD	:	0.021
V	< LOD	:	0.012
Ti	< LOD	:	0.011
Ca	42.144	±	0.221
K	< LOD	:	0.094
Al	< LOD	:	0.242
P	< LOD	:	0.029
Si	0.740	±	0.036
Cl	< LOD	:	0.010
S	0.028	±	0.009
Mg	< LOD	:	3.000



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MOLM
MINING
2013-04-17 14:14
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.864	±	1.506
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.004	±	0.001
Sr	0.022	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.060	±	0.003
Mn	< LOD	:	0.005
Cr	< LOD	:	0.023
V	< LOD	:	0.012
Ti	< LOD	:	0.010
Ca	42.165	±	0.221
K	< LOD	:	0.095
Al	< LOD	:	0.240
P	< LOD	:	0.029
Si	0.776	±	0.037
Cl	< LOD	:	0.010
S	0.034	±	0.009
Mg	< LOD	:	3.044



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MOLM
MINING
2013-04-17 15:00
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	57.137	±	1.477
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.004	±	0.001
Sr	0.022	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.058	±	0.003
Mn	< LOD	:	0.005
Cr	< LOD	:	0.023
V	< LOD	:	0.013
Ti	< LOD	:	0.011
Ca	41.854	±	0.264
K	< LOD	:	0.119
Al	< LOD	:	0.243
P	< LOD	:	0.029
Si	0.765	±	0.037
Cl	< LOD	:	0.010
S	0.041	±	0.010
Mg	< LOD	:	2.962



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MOLM
MINING
2013-04-17 15:14
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	57.201	±	1.490
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.004	±	0.001
Sr	0.022	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.060	±	0.003
Mn	< LOD	:	0.005
Cr	< LOD	:	0.022
V	< LOD	:	0.013
Ti	< LOD	:	0.012
Ca	41.770	±	0.263
K	< LOD	:	0.117
Al	< LOD	:	0.240
P	< LOD	:	0.029
Si	0.793	±	0.037
Cl	< LOD	:	0.010
S	0.045	±	0.010
Mg	< LOD	:	2.995



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MOLM
MINING
2013-04-17 15:22
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	55.720	±	1.537
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.004	±	0.001
Sr	0.022	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.061	±	0.003
Mn	< LOD	:	0.005
Cr	< LOD	:	0.023
V	< LOD	:	0.012
Ti	< LOD	:	0.009
Ca	41.914	±	0.232
K	< LOD	:	0.097
Al	< LOD	:	0.249
P	< LOD	:	0.029
Si	0.816	±	0.037
Cl	< LOD	:	0.010
S	0.039	±	0.010
Mg	< LOD	:	3.106



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MOLM
MINING
2013-04-17 15:44
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.774	±	1.514
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.004	±	0.001
Sr	0.022	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.060	±	0.003
Mn	< LOD	:	0.005
Cr	< LOD	:	0.031
V	< LOD	:	0.017
Ti	< LOD	:	0.011
Ca	41.966	±	0.269
K	< LOD	:	0.116
Al	< LOD	:	0.243
P	< LOD	:	0.029
Si	0.811	±	0.037
Cl	< LOD	:	0.010
S	0.040	±	0.009
Mg	< LOD	:	3.037



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MOLM
MINING
2013-04-17 16:00
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	55.630	±	1.524
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.003	±	0.001
Sr	0.022	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.060	±	0.003
Mn	< LOD	:	0.005
Cr	< LOD	:	0.028
V	< LOD	:	0.014
Ti	< LOD	:	0.009
Ca	42.229	±	0.265
K	< LOD	:	0.113
Al	< LOD	:	0.247
P	< LOD	:	0.029
Si	0.774	±	0.036
Cl	< LOD	:	0.010
S	0.043	±	0.009
Mg	< LOD	:	3.064



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MOLM
MINING
2013-04-17 16:13
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.565	±	1.500
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.004	±	0.001
Sr	0.022	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.061	±	0.003
Mn	< LOD	:	0.005
Cr	< LOD	:	0.028
V	< LOD	:	0.013
Ti	< LOD	:	0.012
Ca	42.457	±	0.243
K	< LOD	:	0.094
Al	< LOD	:	0.241
P	< LOD	:	0.028
Si	0.778	±	0.036
Cl	< LOD	:	0.010
S	0.050	±	0.010
Mg	< LOD	:	3.022



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MOLM
MINING
2013-04-17 16:17
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	57.140	±	1.494
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.004	±	0.001
Sr	0.022	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.060	±	0.003
Mn	< LOD	:	0.005
Cr	< LOD	:	0.020
V	< LOD	:	0.013
Ti	< LOD	:	0.012
Ca	41.821	±	0.263
K	< LOD	:	0.114
Al	< LOD	:	0.240
P	< LOD	:	0.029
Si	0.789	±	0.037
Cl	< LOD	:	0.010
S	0.042	±	0.009
Mg	< LOD	:	3.001



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MOLM
MINING
2013-04-17 16:24
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.350	±	1.523
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.004	±	0.001
Sr	0.022	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.058	±	0.003
Mn	< LOD	:	0.005
Cr	< LOD	:	0.028
V	< LOD	:	0.013
Ti	< LOD	:	0.011
Ca	42.131	±	0.267
K	< LOD	:	0.110
Al	< LOD	:	0.247
P	< LOD	:	0.029
Si	0.838	±	0.037
Cl	< LOD	:	0.010
S	0.048	±	0.010
Mg	< LOD	:	3.054



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode
Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MOLM
MINING
2013-04-17 16:36
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.002
Bal	56.193	±	1.521
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	0.004	±	0.001
Sr	0.022	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.004
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.003
Sb	< LOD	:	0.003
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.060	±	0.003
Mn	< LOD	:	0.005
Cr	< LOD	:	0.026
V	< LOD	:	0.014
Ti	< LOD	:	0.012
Ca	42.145	±	0.267
K	< LOD	:	0.122
Al	< LOD	:	0.248
P	< LOD	:	0.029
Si	0.797	±	0.037
Cl	< LOD	:	0.010
S	0.044	±	0.009
Mg	< LOD	:	3.046



Thermo Fisher Scientific
900 Middlesex Turnpike
Billerica, MA 01821

Certificate of Verification

XL3t-46115

Reading No
Mode Time
Duration
Sequence
Flags
SAMPLE
LOCATION
INSPECTOR
MISC
NOTE

MOLM
MINING
2013-05-14 15:49
180.00
Final
8mm



	%	±	Error
Sn	< LOD	:	0.003
Cd	< LOD	:	0.002
Pd	< LOD	:	0.002
Ag	< LOD	:	0.004
Bal	51.954	±	0.376
Mo	< LOD	:	0.002
Nb	< LOD	:	0.002
Zr	< LOD	:	0.002
Sr	0.017	±	0.001
Rb	< LOD	:	0.002
Bi	< LOD	:	0.002
As	< LOD	:	0.002
Se	< LOD	:	0.002
Au	< LOD	:	0.002
Pb	< LOD	:	0.002
W	< LOD	:	0.005
Zn	< LOD	:	0.002
Cu	< LOD	:	0.002
Ni	< LOD	:	0.004
Sb	< LOD	:	0.002
Co	< LOD	:	0.002
Fe	0.025	±	0.003
Mn	< LOD	:	0.005
Cr	< LOD	:	0.006
V	< LOD	:	0.003
Ti	< LOD	:	0.002
Ca	47.342	±	0.266
K	< LOD	:	0.022
Al	< LOD	:	0.095
P	< LOD	:	0.024
Si	0.090	±	0.019
Cl	< LOD	:	0.010
S	0.049	±	0.011
Mg	< LOD	:	0.524
Ba	< LOD	:	0.008

ANEXO 5

DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)
Designação Pedra Natural: Amarelo Vila Real Data Ensaio: 02/05/2012

MEDIÇÃO DO PROVETE DE REFERÊNCIA COM O PAQUÍMETRO (mm)										
	AVR1	AVR2	AVR3	AVR4	AVR5	AVR6	AVR7	AVR8	AVR9	AVR10
l_p	206,5	206,7	206,6	206,7	206,6	206,6	206,3	206,4	206,6	206,4
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
l_p	206,5	206,7	206,6	206,7	206,6	206,6	206,3	206,4	206,6	206,4
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
l_p	206,5	206,7	206,6	206,7	206,6	206,6	206,3	206,4	206,6	206,4
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
l_p	206,5	206,7	206,6	206,7	206,6	206,6	206,3	206,4	206,6	206,4
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Média l_p	200,5	200,7	200,6	200,7	200,6	200,6	200,3	200,4	200,6	200,4

MEDIÇÃO COM DEFLETOMETRO (mm)								
	1º Ciclo (20°C a 80°C)				2º Ciclo (20°C a 80°C)			
	Aquecimento		Arrefecimento		Aquecimento		Arrefecimento	
	l_{s20}	l_{s80}	l_{s80}	l_{s20}	l_{s20}	l_{s80}	l_{s80}	l_{s20}
AVR1	4,669	4,752	4,752	4,666	4,666	4,749	4,749	4,667
	4,668	4,751	4,751	4,665	4,665	4,749	4,749	4,667
	4,668	4,751	4,751	4,665	4,665	4,748	4,748	4,667
Média	4,668	4,751	4,751	4,665	4,665	4,749	4,749	4,667
AVR2	4,625	4,705	4,705	4,621	4,621	4,703	4,703	4,620
	4,625	4,705	4,705	4,621	4,621	4,702	4,702	4,620
	4,625	4,704	4,704	4,621	4,621	4,702	4,702	4,620
Média	4,625	4,705	4,705	4,621	4,621	4,702	4,702	4,620
AVR3	4,506	4,585	4,585	4,503	4,503	4,584	4,584	4,501
	4,506	4,585	4,585	4,503	4,503	4,583	4,583	4,501
	4,505	4,585	4,585	4,503	4,503	4,584	4,584	4,501
Média	4,506	4,585	4,585	4,503	4,503	4,584	4,584	4,501
AVR4	4,743	4,819	4,819	4,739	4,739	4,816	4,816	4,738
	4,742	4,818	4,818	4,739	4,739	4,816	4,816	4,737
	4,742	4,818	4,818	4,739	4,739	4,815	4,815	4,737
Média	4,742	4,818	4,818	4,739	4,739	4,816	4,816	4,737
AVR5	4,613	4,694	4,694	4,610	4,610	4,691	4,691	4,608
	4,613	4,693	4,693	4,610	4,610	4,691	4,691	4,607
	4,612	4,693	4,693	4,610	4,610	4,691	4,691	4,607
Média	4,613	4,693	4,693	4,610	4,610	4,691	4,691	4,607
AVR6	4,664	4,739	4,739	4,661	4,661	4,738	4,738	4,660
	4,664	4,739	4,739	4,661	4,661	4,737	4,737	4,660
	4,664	4,739	4,739	4,661	4,661	4,737	4,737	4,660
Média	4,664	4,739	4,739	4,661	4,661	4,737	4,737	4,660
AVR7	4,492	4,567	4,567	4,489	4,489	4,565	4,565	4,488
	4,492	4,568	4,568	4,490	4,490	4,565	4,565	4,488
	4,492	4,568	4,568	4,490	4,490	4,564	4,564	4,487
Média	4,492	4,568	4,568	4,490	4,490	4,565	4,565	4,488
AVR8	4,568	4,645	4,645	4,564	4,564	4,642	4,642	4,563
	4,568	4,644	4,644	4,564	4,564	4,642	4,642	4,563
	4,568	4,644	4,644	4,564	4,564	4,641	4,641	4,563
Média	4,568	4,644	4,644	4,564	4,564	4,642	4,642	4,563
AVR9	4,633	4,717	4,717	4,631	4,631	4,713	4,713	4,631
	4,633	4,716	4,716	4,632	4,632	4,714	4,714	4,631
	4,634	4,716	4,716	4,632	4,632	4,714	4,714	4,631
Média	4,633	4,716	4,716	4,632	4,632	4,714	4,714	4,631
AVR10	4,616	4,690	4,690	4,612	4,612	4,688	4,688	4,611
	4,616	4,689	4,689	4,612	4,612	4,688	4,688	4,611
	4,616	4,689	4,689	4,612	4,612	4,687	4,687	4,610
Média	4,616	4,689	4,689	4,612	4,612	4,688	4,688	4,611

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)

Designação Pedra Natural: Amarelo Vila Real

Data Ensaio: 02/05/2012

	1º Ciclo Aquecimento			2º Ciclo Aquecimento		
	$\Delta \ell s_{80}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α (°C ⁻¹)	$\Delta \ell s_{80}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α (°C ⁻¹)
AVR1	8,3E-02	4,1E-04	7,9E-06	8,3E-02	4,2E-04	6,2E-06
AVR2	8,0E-02	4,0E-04	7,6E-06	8,1E-02	4,1E-04	6,1E-06
AVR3	7,9E-02	4,0E-04	7,6E-06	8,1E-02	4,0E-04	6,0E-06
AVR4	7,6E-02	3,8E-04	7,3E-06	7,7E-02	3,8E-04	5,8E-06
AVR5	8,1E-02	4,0E-04	7,7E-06	8,1E-02	4,0E-04	6,0E-06
AVR6	7,5E-02	3,7E-04	7,2E-06	7,6E-02	3,8E-04	5,8E-06
AVR7	7,6E-02	3,8E-04	7,3E-06	7,5E-02	3,7E-04	5,7E-06
AVR8	7,6E-02	3,8E-04	7,3E-06	7,8E-02	3,9E-04	5,8E-06
AVR9	8,3E-02	4,1E-04	7,9E-06	8,2E-02	4,1E-04	6,1E-06
AVR10	7,3E-02	3,7E-04	7,1E-06	7,6E-02	3,8E-04	5,7E-06
Média			7,5E-06			5,9E-06

$$\alpha = 7,5 \times 10^{-6} \text{ (}^\circ\text{C}^{-1}\text{)}$$

ℓ_{p20} - comprimento inicial do provete, medido com paquímetro, a (20±5)°C, mm;

d - diâmetro dos rebites, em mm;

ℓ_{s20} - comprimento inicial do provete a (20±5)°C, em mm;

ℓ_{s80} - comprimento final do provete a (80±5)°C, em mm;

$\Delta \ell_{s80} = (\ell_{s80} - \ell_{s20})$ - variação do comprimento do provete, em mm;

ΔT (60±1)°C - variação da temperatura de ensaio de (20±0,5)°C a (80±0,5)°C;

$\epsilon_{si} = (\Delta \ell_{si} / \ell_{p20})$ - dilatação térmica linear unitária do provete na direcção "i", em 10⁻⁶ mm/mm

$\alpha = [(\Delta \ell_{s80}) / (\ell_{p20} \times \Delta T)]$ - coeficiente dilatação térmica linear do provete, em °C⁻¹

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)

Designação Pedra Natural: Cinzento Claro Pedras Salgadas

Data Ensaio: 07/05/2012

MEDIÇÃO DO PROVETE DE REFERÊNCIA COM O PAQUIMETRO (mm)										
	CPS1	CPS2	CPS3	CPS4	CPS5	CPS6	CPS7	CPS8	CPS9	CPS10
ℓ_p	206,6	206,8	206,8	206,6	206,7	206,7	206,7	206,5	207,0	206,7
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
ℓ_p	206,6	206,8	206,8	206,6	206,7	206,7	206,7	206,5	207,0	206,7
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
ℓ_p	206,6	206,8	206,8	206,6	206,7	206,7	206,7	206,5	207,0	206,7
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
ℓ_p	206,6	206,8	206,8	206,6	206,7	206,7	206,7	206,5	207,0	206,7
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Média ℓ_p	200,6	200,8	200,8	200,6	200,7	200,7	200,7	200,5	201,0	200,7

MEDIÇÃO COM DEFLETOMETRO (mm)								
	1º Ciclo (20°C a 80°C)				2º Ciclo (20°C a 80°C)			
	Aquecimento		Arrefecimento		Aquecimento		Arrefecimento	
	ℓ_{s20}	ℓ_{s80}	ℓ_{s80}	ℓ_{s20}	ℓ_{s20}	ℓ_{s80}	ℓ_{s80}	ℓ_{s20}
CPS1	4,722	4,787	4,787	4,723	4,723	4,788	4,788	4,723
	4,722	4,787	4,787	4,722	4,722	4,787	4,787	4,724
	4,722	4,786	4,786	4,722	4,722	4,787	4,787	4,723
Média	4,722	4,787	4,787	4,722	4,722	4,787	4,787	4,723
CPS2	4,687	4,747	4,747	4,688	4,688	4,747	4,747	4,688
	4,686	4,747	4,747	4,687	4,687	4,747	4,747	4,688
	4,686	4,746	4,746	4,687	4,687	4,747	4,747	4,688
Média	4,686	4,747	4,747	4,687	4,687	4,747	4,747	4,688
CPS3	4,682	4,746	4,746	4,682	4,682	4,744	4,744	4,683
	4,683	4,744	4,744	4,682	4,682	4,744	4,744	4,683
	4,683	4,743	4,743	4,682	4,682	4,744	4,744	4,683
Média	4,683	4,744	4,744	4,682	4,682	4,744	4,744	4,683
CPS4	4,703	4,762	4,762	4,703	4,703	4,732	4,732	4,705
	4,703	4,761	4,761	4,704	4,704	4,732	4,732	4,705
	4,703	4,761	4,761	4,703	4,703	4,761	4,761	4,704
Média	4,703	4,761	4,761	4,703	4,703	4,742	4,742	4,705
CPS5	4,702	4,771	4,771	4,702	4,702	4,771	4,771	4,704
	4,702	4,770	4,770	4,703	4,703	4,77	4,77	4,704
	4,702	4,770	4,770	4,703	4,703	4,77	4,77	4,704
Média	4,702	4,770	4,770	4,703	4,703	4,770	4,770	4,704
CPS6	4,652	4,711	4,711	4,65	4,65	4,708	4,708	4,65
	4,652	4,710	4,710	4,649	4,649	4,707	4,707	4,65
	4,653	4,711	4,711	4,65	4,65	4,708	4,708	4,65
Média	4,652	4,711	4,711	4,650	4,650	4,708	4,708	4,650
CPS7	4,735	4,801	4,801	4,736	4,736	4,799	4,799	4,737
	4,735	4,800	4,800	4,735	4,735	4,799	4,799	4,737
	4,735	4,800	4,800	4,735	4,735	4,798	4,798	4,737
Média	4,735	4,800	4,800	4,735	4,735	4,799	4,799	4,737
CPS8	4,645	4,713	4,713	4,646	4,646	4,712	4,712	4,647
	4,645	4,713	4,713	4,646	4,646	4,711	4,711	4,647
	4,645	4,713	4,713	4,645	4,645	4,711	4,711	4,647
Média	4,645	4,713	4,713	4,646	4,646	4,711	4,711	4,647
CPS9	4,645	4,703	4,703	4,644	4,644	4,702	4,702	4,625
	4,645	4,702	4,702	4,644	4,644	4,702	4,702	4,625
	4,645	4,702	4,702	4,644	4,644	4,702	4,702	4,625
Média	4,645	4,702	4,702	4,644	4,644	4,702	4,702	4,625
CPS10	4,766	4,829	4,829	4,765	4,765	4,828	4,828	4,765
	4,766	4,828	4,828	4,765	4,765	4,827	4,827	4,765
	4,766	4,828	4,828	4,765	4,765	4,827	4,827	4,765
Média	4,766	4,828	4,828	4,765	4,765	4,827	4,827	4,765

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)

Designação Pedra Natural: Cinzento Claro Pedras Salgadas

Data Ensaio: 07/05/2012

	1º Ciclo Aquecimento			2º Ciclo Aquecimento		
	$\Delta \ell_{s_{80}}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α (°C ⁻¹)	$\Delta \ell_{s_{80}}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α (°C ⁻¹)
CPS1	6,5E-02	3,2E-04	6,4E-06	6,5E-02	3,2E-04	5,1E-06
CPS2	6,0E-02	3,0E-04	6,0E-06	6,0E-02	3,0E-04	4,7E-06
CPS3	6,2E-02	3,1E-04	6,1E-06	6,2E-02	3,1E-04	4,9E-06
CPS4	5,8E-02	2,9E-04	5,8E-06	3,8E-02	1,9E-04	3,4E-06
CPS5	6,8E-02	3,4E-04	6,7E-06	6,8E-02	3,4E-04	5,2E-06
CPS6	5,8E-02	2,9E-04	5,8E-06	5,8E-02	2,9E-04	4,6E-06
CPS7	6,5E-02	3,3E-04	6,4E-06	6,3E-02	3,2E-04	4,9E-06
CPS8	6,8E-02	3,4E-04	6,7E-06	6,6E-02	3,3E-04	5,1E-06
CPS9	5,7E-02	2,9E-04	5,8E-06	5,8E-02	2,9E-04	4,6E-06
CPS10	6,3E-02	3,1E-04	6,2E-06	6,2E-02	3,1E-04	4,9E-06
Média			6,2E-06			4,7E-06

$$\alpha = 6,2 \times 10^{-6} \text{ (}^\circ\text{C}^{-1}\text{)}$$

$\ell_{p_{20}}$ - comprimento inicial do provete, medido com paquímetro, a (20±5)°C, mm;

d - diâmetro dos rebites, em mm;

$\ell_{s_{20}}$ - comprimento inicial do provete a (20±5)°C, em mm;

$\ell_{s_{80}}$ - comprimento final do provete a (80±5)°C, em mm;

$\Delta \ell_{s_{80}} = (\ell_{s_{80}} - \ell_{s_{20}})$ - variação do comprimento do provete, em mm;

ΔT (60±1)°C - variação da temperatura de ensaio de (20±0,5)°C a (80±0,5)°C;

$\epsilon_{s_i} = (\Delta \ell_{s_i} / \ell_{p_{20}})$ - dilatação térmica linear unitária do provete na direcção "i", em 10⁻⁶ mm/mm

$\alpha = [(\Delta \ell_{s_i}) / (\ell_{p_{20}} \times \Delta T)]$ - coeficiente dilatação térmica linear do provete, em °C⁻¹

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)

Designação Pedra Natural: Cristal Azul

Data Ensaio: 9/05/2012

MEDIÇÃO DO PROVETE DE REFERÊNCIA COM O PAQUÍMETRO (mm)										
	CAZ1	CAZ2	CAZ3	CAZ4	CAZ5	CAZ6	CAZ7	CAZ8	CAZ9	CAZ10
ℓ_p	206,7	206,4	208,2	206,3	206,5	206,0	206,2	206,5	206,4	206,6
d_1	6,0	6,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
ℓ_p	206,7	206,4	208,2	206,3	206,5	206,0	206,2	206,5	206,4	206,6
d_1	6,0	6,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
ℓ_p	206,7	206,4	208,2	206,3	206,5	206,0	206,2	206,5	206,4	206,6
d_1	6,0	6,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6	6,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
ℓ_p	206,7	206,4	208,2	206,3	206,5	206,0	206,2	206,5	206,4	206,6
d_1	6,0	6,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Média ℓ_p	200,7	200,4	200,2	200,3	200,5	200,0	200,2	200,5	200,4	200,6

MEDIÇÃO COM DEFLETOMETRO (mm)								
	1º Ciclo (20°C a 80°C)				2º Ciclo (20°C a 80°C)			
	Aquecimento		Arrefecimento		Aquecimento		Arrefecimento	
	ℓ_{s20}	ℓ_{s80}	ℓ_{s80}	ℓ_{s20}	ℓ_{s20}	ℓ_{s80}	ℓ_{s80}	ℓ_{s20}
CAZ1	4,675	4,751	4,751	4,674	4,674	4,748	4,748	4,675
	4,676	4,75	4,75	4,674	4,674	4,747	4,747	4,675
	4,675	4,75	4,75	4,674	4,674	4,747	4,747	4,675
Média	4,675	4,750	4,750	4,674	4,674	4,747	4,747	4,675
CAZ2	4,506	4,577	4,577	4,506	4,506	4,579	4,579	4,511
	4,506	4,577	4,577	4,505	4,505	4,579	4,579	4,51
	4,506	4,577	4,577	4,506	4,506	4,579	4,579	4,51
Média	4,506	4,577	4,577	4,506	4,506	4,579	4,579	4,510
CAZ3	4,474	4,561	4,561	4,473	4,473	4,556	4,556	4,473
	4,474	4,561	4,561	4,473	4,473	4,555	4,555	4,473
	4,474	4,56	4,56	4,473	4,473	4,555	4,555	4,473
Média	4,474	4,561	4,561	4,473	4,473	4,555	4,555	4,473
CAZ4	4,513	4,58	4,58	4,511	4,511	4,577	4,577	4,513
	4,513	4,58	4,58	4,511	4,511	4,577	4,577	4,513
	4,512	4,579	4,579	4,511	4,511	4,577	4,577	4,513
Média	4,513	4,580	4,580	4,511	4,511	4,577	4,577	4,513
CAZ5	4,685	4,748	4,748	4,683	4,683	4,746	4,746	4,684
	4,684	4,748	4,748	4,683	4,683	4,746	4,746	4,684
	4,684	4,747	4,747	4,682	4,682	4,745	4,745	4,685
Média	4,684	4,748	4,748	4,683	4,683	4,746	4,746	4,684
CAZ6	3,996	4,105	4,105	4,027	4,027	4,076	4,076	3,999
	3,997	4,104	4,104	4,024	4,024	4,076	4,076	3,999
	3,997	4,104	4,104	4,024	4,024	4,076	4,076	3,999
Média	3,997	4,104	4,104	4,025	4,025	4,076	4,076	3,999
CAZ7	4,499	4,578	4,578	4,497	4,497	4,575	4,575	4,498
	4,498	4,577	4,577	4,497	4,497	4,575	4,575	4,498
	4,498	4,577	4,577	4,497	4,497	4,574	4,574	4,498
Média	4,498	4,577	4,577	4,497	4,497	4,575	4,575	4,498
CAZ8	4,721	4,798	4,798	4,721	4,721	4,796	4,796	4,722
	4,721	4,797	4,797	4,721	4,721	4,795	4,795	4,723
	4,721	4,797	4,797	4,721	4,721	4,795	4,795	4,723
Média	4,721	4,797	4,797	4,721	4,721	4,795	4,795	4,723
CAZ9	4,732	4,814	4,814	4,732	4,732	4,811	4,811	4,733
	4,732	4,812	4,812	4,731	4,731	4,81	4,81	4,733
	4,732	4,812	4,812	4,731	4,731	4,81	4,81	4,733
Média	4,732	4,813	4,813	4,731	4,731	4,810	4,810	4,733
CAZ10	4,735	4,798	4,798	4,735	4,735	4,797	4,797	4,736
	4,735	4,797	4,797	4,736	4,736	4,796	4,796	4,736
	4,735	4,797	4,797	4,734	4,734	4,796	4,796	4,736
Média	4,735	4,797	4,797	4,735	4,735	4,796	4,796	4,736

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)
Designação Pedra Natural: Cristal Azul Data Ensaio: 09/05/2012

	1º Ciclo Aquecimento			2º Ciclo Aquecimento		
	$\Delta \ell_{s_{80}}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α (°C ⁻¹)	$\Delta \ell_{s_{80}}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α (°C ⁻¹)
CAZ1	7,5E-02	3,7E-04	7,2E-06	7,3E-02	3,7E-04	5,6E-06
CAZ2	7,1E-02	3,5E-04	6,9E-06	7,3E-02	3,7E-04	5,6E-06
CAZ3	8,7E-02	4,3E-04	8,2E-06	8,2E-02	4,1E-04	6,1E-06
CAZ4	6,7E-02	3,3E-04	6,6E-06	6,6E-02	3,3E-04	5,1E-06
CAZ5	6,3E-02	3,2E-04	6,3E-06	6,3E-02	3,1E-04	4,9E-06
CAZ6	1,1E-01	5,4E-04	1,0E-05	5,1E-02	2,6E-04	4,2E-06
CAZ7	7,9E-02	3,9E-04	7,6E-06	7,8E-02	3,9E-04	5,8E-06
CAZ8	7,6E-02	3,8E-04	7,3E-06	7,4E-02	3,7E-04	5,6E-06
CAZ9	8,1E-02	4,0E-04	7,7E-06	7,9E-02	3,9E-04	5,9E-06
CAZ10	6,2E-02	3,1E-04	6,2E-06	6,1E-02	3,1E-04	4,8E-06
Média			7,4E-06			5,4E-06

$$\alpha = 7,4 \times 10^{-6} \text{ (}^\circ\text{C}^{-1}\text{)}$$

$\ell_{p_{20}}$ - comprimento inicial do provete, medido com paquímetro, a (20±5)°C, mm;

d - diâmetro dos rebites, em mm;

$\ell_{s_{20}}$ - comprimento inicial do provete a (20±5)°C, em mm;

$\ell_{s_{80}}$ - comprimento final do provete a (80±5)°C, em mm;

$\Delta \ell_{s_{80}} = (\ell_{s_{80}} - \ell_{s_{20}})$ - variação do comprimento do provete, em mm;

ΔT (60±1)°C - variação da temperatura de ensaio de (20±0,5)°C a (80±0,5)°C;

$\epsilon_{s_i} = (\Delta \ell_{s_i} / \ell_{p_{20}})$ - dilatação térmica linear unitária do provete na direcção "i", em 10⁻⁶ mm/mm

$\alpha = [(\Delta \ell_{s_i}) / (\ell_{p_{20}} \times \Delta T)]$ - coeficiente dilatação térmica linear do provete, em °C⁻¹

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)
Designação Pedra Natural: Rosa Monção Data Ensaio: 14/05/2012

MEDIÇÃO DO PROVETE DE REFERÊNCIA COM O PAQUÍMETRO (mm)										
	RM1	RM2	RM3	RM4	RM5	RM6	RM7	RM8	RM9	RM10
l_p	206,7	206,7	206,8	206,7	206,4	206,6	206,5	207,0	208,3	206,9
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	8,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	8,0	6,0
l_p	206,7	206,7	206,8	206,7	206,4	206,6	206,5	207,0	208,3	206,9
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	8,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	8,0	6,0
l_p	206,7	206,7	206,8	206,7	206,4	206,6	206,5	207,0	208,3	206,9
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	8,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	8,0	6,0
l_p	206,7	206,7	206,8	206,7	206,4	206,6	206,5	207,0	208,3	206,9
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	8,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	8,0	6,0
Média l_p	200,7	200,7	200,8	200,7	200,4	200,6	200,5	201,0	200,3	200,9

MEDIÇÃO COM DEFLETOMETRO (mm)								
	1º Ciclo (20°C a 80°C)				2º Ciclo (20°C a 80°C)			
	Aquecimento		Arrefecimento		Aquecimento		Arrefecimento	
	l_{s20}	l_{s80}	l_{s80}	l_{s20}	l_{s20}	l_{s80}	l_{s80}	l_{s20}
RM1	4,638	4,710	4,710	4,637	4,637	4,709	4,709	4,638
	4,638	4,709	4,709	4,636	4,636	4,708	4,708	4,638
	4,638	4,709	4,709	4,636	4,636	4,708	4,708	4,638
Média	4,638	4,709	4,709	4,636	4,636	4,708	4,708	4,638
RM2	4,779	4,857	4,857	4,778	4,778	4,856	4,856	4,779
	4,778	4,857	4,857	4,778	4,778	4,854	4,854	4,779
	4,778	4,856	4,856	4,778	4,778	4,854	4,854	4,779
Média	4,778	4,857	4,857	4,778	4,778	4,855	4,855	4,779
RM3	4,744	4,824	4,824	4,744	4,744	4,822	4,822	4,746
	4,745	4,823	4,823	4,744	4,744	4,821	4,821	4,745
	4,745	4,823	4,823	4,744	4,744	4,821	4,821	4,745
Média	4,745	4,823	4,823	4,744	4,744	4,821	4,821	4,745
RM4	4,683	4,761	4,761	4,681	4,681	4,759	4,759	4,682
	4,682	4,761	4,761	4,681	4,681	4,759	4,759	4,682
	4,682	4,761	4,761	4,681	4,681	4,759	4,759	4,682
Média	4,682	4,761	4,761	4,681	4,681	4,759	4,759	4,682
RM5	4,673	4,748	4,748	4,673	4,673	4,747	4,747	4,673
	4,673	4,747	4,747	4,673	4,673	4,745	4,745	4,674
	4,673	4,747	4,747	4,673	4,673	4,745	4,745	4,674
Média	4,673	4,747	4,747	4,673	4,673	4,746	4,746	4,674
RM6	4,627	4,696	4,696	4,625	4,625	4,696	4,696	4,626
	4,625	4,697	4,697	4,625	4,625	4,695	4,695	4,626
	4,625	4,696	4,696	4,625	4,625	4,695	4,695	4,627
Média	4,626	4,696	4,696	4,625	4,625	4,695	4,695	4,626
RM7	4,567	4,641	4,641	4,566	4,566	4,638	4,638	4,567
	4,567	4,641	4,641	4,566	4,566	4,638	4,638	4,567
	4,567	4,640	4,640	4,565	4,565	4,637	4,637	4,567
Média	4,567	4,641	4,641	4,566	4,566	4,638	4,638	4,567
RM8	4,745	4,806	4,806	4,744	4,744	4,806	4,806	4,745
	4,744	4,807	4,807	4,743	4,743	4,805	4,805	4,745
	4,744	4,806	4,806	4,743	4,743	4,805	4,805	4,745
Média	4,744	4,806	4,806	4,743	4,743	4,805	4,805	4,745
RM9	4,691	4,742	4,742	4,689	4,689	4,739	4,739	4,691
	4,691	4,740	4,740	4,688	4,688	4,738	4,738	4,690
	4,690	4,740	4,740	4,688	4,688	4,737	4,737	4,690
Média	4,691	4,741	4,741	4,688	4,688	4,738	4,738	4,690
RM10	4,734	4,811	4,811	4,735	4,735	4,808	4,808	4,737
	4,734	4,810	4,810	4,736	4,736	4,808	4,808	4,737
	4,734	4,810	4,810	4,734	4,734	4,807	4,807	4,736
Média	4,734	4,810	4,810	4,735	4,735	4,808	4,808	4,737

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)

Designação Pedra Natural: Rosa Monção

Data Ensaio: 14/05/2012

	1º Ciclo Aquecimento			2º Ciclo Aquecimento		
	$\Delta \ell s_{80}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α (°C ⁻¹)	$\Delta \ell s_{80}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α (°C ⁻¹)
RM1	7,1E-02	3,6E-04	6,9E-06	7,2E-02	3,6E-04	5,5E-06
RM2	7,8E-02	3,9E-04	7,5E-06	7,7E-02	3,8E-04	5,8E-06
RM3	7,9E-02	3,9E-04	7,5E-06	7,7E-02	3,9E-04	5,8E-06
RM4	7,9E-02	3,9E-04	7,5E-06	7,8E-02	3,9E-04	5,9E-06
RM5	7,4E-02	3,7E-04	7,2E-06	7,3E-02	3,6E-04	5,5E-06
RM6	7,1E-02	3,5E-04	6,9E-06	7,0E-02	3,5E-04	5,4E-06
RM7	7,4E-02	3,7E-04	7,1E-06	7,2E-02	3,6E-04	5,5E-06
RM8	6,2E-02	3,1E-04	6,2E-06	6,2E-02	3,1E-04	4,9E-06
RM9	5,0E-02	2,5E-04	5,2E-06	5,0E-02	2,5E-04	4,1E-06
RM10	7,6E-02	3,8E-04	7,3E-06	7,3E-02	3,6E-04	5,5E-06
Média			6,9E-06			5,4E-06

$$\alpha = 6,9 \times 10^{-6} \text{ (}^\circ\text{C}^{-1}\text{)}$$

$\ell_{p_{20}}$ - comprimento inicial do provete, medido com paquímetro, a (20±5)°C, mm;

d - diâmetro dos rebites, em mm;

$\ell_{s_{20}}$ - comprimento inicial do provete a (20±5)°C, em mm;

$\ell_{s_{80}}$ - comprimento final do provete a (80±5)°C, em mm;

$\Delta \ell_{s_{80}} = (\ell_{s_{80}} - \ell_{s_{20}})$ - variação do comprimento do provete, em mm;

ΔT (60±1)°C - variação da temperatura de ensaio de (20±0,5)°C a (80±0,5)°C;

$\epsilon_{s_i} = (\Delta \ell_{s_i} / \ell_{p_{20}})$ - dilatação térmica linear unitária do provete na direcção "i", em 10⁻⁶ mm/mm

$\alpha = [(\Delta \ell_{s_i}) / (\ell_{p_{20}} \times \Delta T)]$ - coeficiente dilatação térmica linear do provete, em °C⁻¹

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)
Designação Pedra Natural: Cinzento Favaco Data Ensaio: 16/05/2012

MEDIÇÃO DO PROVETE DE REFERÊNCIA COM O PAQUÍMETRO (mm)										
	CFAV1	CFAV2	CFAV3	CFAV4	CFAV5	CFAV6	CFAV7	CFAV8	CFAV9	CFAV10
ℓ_p	206,6	206,7	206,9	206,6	206,6	206,8	206,5	206,7	206,7	206,5
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
ℓ_p	206,6	206,7	206,9	206,6	206,6	206,8	206,5	206,7	206,7	206,5
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
ℓ_p	206,6	206,7	206,9	206,6	206,6	206,8	206,5	206,7	206,7	206,5
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
ℓ_p	206,6	206,7	206,9	206,6	206,6	206,8	206,5	206,7	206,7	206,5
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Média ℓ_p	200,6	200,7	200,9	200,7	200,6	200,8	200,5	200,7	200,7	200,5

MEDIÇÃO COM DEFLETOMETRO (mm)								
	1º Ciclo (20°C a 80°C)				2º Ciclo (20°C a 80°C)			
	Aquecimento		Arrefecimento		Aquecimento		Arrefecimento	
	ℓ_{s20}	ℓ_{s80}	ℓ_{s80}	ℓ_{s20}	ℓ_{s20}	ℓ_{s80}	ℓ_{s80}	ℓ_{s20}
CFAV1	4,655	4,717	4,717	4,656	4,656	4,722	4,722	4,659
	4,655	4,717	4,717	4,656	4,656	4,722	4,722	4,659
	4,655	4,717	4,717	4,656	4,656	4,721	4,721	4,659
Média	4,655	4,717	4,717	4,656	4,656	4,722	4,722	4,659
CFAV2	4,735	4,789	4,789	4,735	4,735	4,791	4,791	4,736
	4,735	4,789	4,789	4,736	4,736	4,791	4,791	4,736
	4,734	4,789	4,789	4,736	4,736	4,790	4,790	4,737
Média	4,735	4,789	4,789	4,736	4,736	4,791	4,791	4,736
CFAV3	4,737	4,792	4,792	4,738	4,738	4,793	4,793	4,738
	4,737	4,791	4,791	4,738	4,738	4,793	4,793	4,739
	4,737	4,791	4,791	4,738	4,738	4,793	4,793	4,739
Média	4,737	4,791	4,791	4,738	4,738	4,793	4,793	4,739
CFAV4	4,732	4,790	4,790	4,734	4,734	4,791	4,791	4,734
	4,732	4,790	4,790	4,734	4,734	4,790	4,790	4,734
	4,732	4,789	4,789	4,734	4,734	4,790	4,790	4,734
Média	4,732	4,790	4,790	4,734	4,734	4,790	4,790	4,734
CFAV5	4,694	4,753	4,753	4,695	4,695	4,753	4,753	4,695
	4,693	4,753	4,753	4,695	4,695	4,752	4,752	4,695
	4,693	4,753	4,753	4,695	4,695	4,752	4,752	4,695
Média	4,693	4,753	4,753	4,695	4,695	4,752	4,752	4,695
CFAV6	4,799	4,852	4,852	4,800	4,800	4,851	4,851	4,800
	4,800	4,851	4,851	4,800	4,800	4,851	4,851	4,800
	4,800	4,851	4,851	4,800	4,800	4,852	4,852	4,800
Média	4,800	4,851	4,851	4,800	4,800	4,851	4,851	4,800
CFAV7	4,689	4,745	4,745	4,690	4,690	4,744	4,744	4,690
	4,688	4,744	4,744	4,690	4,690	4,744	4,744	4,690
	4,688	4,744	4,744	4,690	4,690	4,743	4,743	4,690
Média	4,688	4,744	4,744	4,690	4,690	4,744	4,744	4,690
CFAV8	4,770	4,824	4,824	4,771	4,771	4,824	4,824	4,771
	4,769	4,824	4,824	4,771	4,771	4,823	4,823	4,771
	4,769	4,823	4,823	4,770	4,770	4,823	4,823	4,771
Média	4,769	4,824	4,824	4,771	4,771	4,823	4,823	4,771
CFAV9	4,751	4,805	4,805	4,754	4,754	4,804	4,804	4,753
	4,750	4,804	4,804	4,754	4,754	4,804	4,804	4,754
	4,750	4,804	4,804	4,754	4,754	4,804	4,804	4,754
Média	4,750	4,804	4,804	4,754	4,754	4,804	4,804	4,754
CFAV10	4,700	4,753	4,753	4,704	4,704	4,754	4,754	4,705
	4,700	4,753	4,753	4,705	4,705	4,753	4,753	4,705
	4,701	4,751	4,751	4,705	4,705	4,753	4,753	4,704
Média	4,700	4,752	4,752	4,705	4,705	4,753	4,753	4,705

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)

Designação Pedra Natural: Cinzento Favaco

Data Ensaio: 16/05/2012

	1º Ciclo Aquecimento			2º Ciclo Aquecimento		
	$\Delta \ell_{s_{80}}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α (°C ⁻¹)	$\Delta \ell_{s_{80}}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α (°C ⁻¹)
CFAV1	6,2E-02	3,1E-04	6,2E-06	6,6E-02	3,3E-04	5,1E-06
CFAV2	5,4E-02	2,7E-04	5,5E-06	5,5E-02	2,7E-04	4,4E-06
CFAV3	5,4E-02	2,7E-04	5,5E-06	5,5E-02	2,7E-04	4,4E-06
CFAV4	5,8E-02	2,9E-04	5,8E-06	5,6E-02	2,8E-04	4,5E-06
CFAV5	6,0E-02	3,0E-04	6,0E-06	5,7E-02	2,9E-04	4,6E-06
CFAV6	5,2E-02	2,6E-04	5,3E-06	5,1E-02	2,6E-04	4,2E-06
CFAV7	5,6E-02	2,8E-04	5,7E-06	5,4E-02	2,7E-04	4,3E-06
CFAV8	5,4E-02	2,7E-04	5,5E-06	5,3E-02	2,6E-04	4,3E-06
CFAV9	5,4E-02	2,7E-04	5,5E-06	5,0E-02	2,5E-04	4,1E-06
CFAV10	5,2E-02	2,6E-04	5,3E-06	4,9E-02	2,4E-04	4,0E-06
Média			5,6E-06			4,4E-06

$$\alpha = 5,6 \times 10^{-6} \text{ (}^\circ\text{C}^{-1}\text{)}$$

$\ell_{p_{20}}$ - comprimento inicial do provete, medido com paquímetro, a (20±5)°C, mm;

d - diâmetro dos rebites, em mm;

$\ell_{s_{20}}$ - comprimento inicial do provete a (20±5)°C, em mm;

$\ell_{s_{80}}$ - comprimento final do provete a (80±5)°C, em mm;

$\Delta \ell_{s_{80}} = (\ell_{s_{80}} - \ell_{s_{20}})$ - variação do comprimento do provete, em mm;

ΔT (60±1)°C - variação da temperatura de ensaio de (20±0,5)°C a (80±0,5)°C;

$\epsilon_{s_i} = (\Delta \ell_{s_i} / \ell_{p_{20}})$ - dilatação térmica linear unitária do provete na direcção "i", em 10⁻⁶ mm/mm

$\alpha = [(\Delta \ell_{s_i}) / (\ell_{p_{20}} \times \Delta T)]$ - coeficiente dilatação térmica linear do provete, em °C⁻¹

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)
Designação Pedra Natural: Cinzento Monchique Data Ensaio: 21/05/2013

MEDIÇÃO DO PROVETE DE REFERÊNCIA COM O PAQUÍMETRO (mm)										
	SNEF1	SNEF2	SNEF3	SNEF4	SNEF5	SNEF6	SNEF7	SNEF8	SNEF9	SNEF10
ℓ_p	206,5	206,5	206,7	206,7	206,7	206,8	206,8	206,8	206,8	206,8
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
ℓ_p	206,5	206,5	206,7	206,7	206,7	206,8	206,8	206,8	206,8	206,8
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
ℓ_p	206,5	206,5	206,7	206,7	206,7	206,8	206,8	206,8	206,8	206,8
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
ℓ_p	206,5	206,5	206,7	206,7	206,7	206,8	206,8	206,8	206,8	206,8
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Média ℓ_p	200,5	200,5	200,7	200,7	200,7	200,8	200,8	200,8	200,8	200,8

MEDIÇÃO COM DEFLETOMETRO (mm)								
	1º Ciclo (20°C a 80°C)				2º Ciclo (20°C a 80°C)			
	Aquecimento		Arrefecimento		Aquecimento		Arrefecimento	
	ℓ_{s20}	ℓ_{s80}	ℓ_{s80}	ℓ_{s20}	ℓ_{s20}	ℓ_{s80}	ℓ_{s80}	ℓ_{s20}
SNEF1	4,666	4,743	4,743	4,666	4,666	4,742	4,742	4,665
	4,666	4,743	4,743	4,666	4,666	4,741	4,741	4,664
	4,666	4,743	4,743	4,666	4,666	4,740	4,740	4,664
Média	4,666	4,743	4,743	4,666	4,666	4,741	4,741	4,664
SNEF2	4,697	4,777	4,777	4,698	4,698	4,775	4,775	4,696
	4,697	4,775	4,775	4,698	4,698	4,775	4,775	4,696
	4,697	4,774	4,774	4,697	4,697	4,775	4,775	4,696
Média	4,697	4,775	4,775	4,698	4,698	4,775	4,775	4,696
SNEF3	4,717	4,783	4,783	4,715	4,715	4,780	4,780	4,715
	4,716	4,782	4,782	4,715	4,715	4,779	4,779	4,713
	4,715	4,782	4,782	4,714	4,714	4,776	4,776	4,713
Média	4,716	4,782	4,782	4,715	4,715	4,778	4,778	4,714
SNEF4	4,704	4,777	4,777	4,705	4,705	4,777	4,777	4,703
	4,704	4,777	4,777	4,705	4,705	4,776	4,776	4,703
	4,704	4,776	4,776	4,705	4,705	4,775	4,775	4,703
Média	4,704	4,777	4,777	4,705	4,705	4,776	4,776	4,703
SNEF5	4,702	4,746	4,746	4,678	4,678	4,743	4,743	4,676
	4,702	4,745	4,745	4,677	4,677	4,743	4,743	4,676
	4,702	4,745	4,745	4,677	4,677	4,743	4,743	4,676
Média	4,702	4,745	4,745	4,677	4,677	4,743	4,743	4,676
SNEF6	4,649	4,718	4,718	4,648	4,648	4,715	4,715	4,646
	4,649	4,717	4,717	4,648	4,648	4,714	4,714	4,646
	4,649	4,717	4,717	4,648	4,648	4,715	4,715	4,646
Média	4,649	4,717	4,717	4,648	4,648	4,715	4,715	4,646
SNEF7	4,694	4,765	4,765	4,696	4,696	4,762	4,762	4,693
	4,694	4,765	4,765	4,695	4,695	4,762	4,762	4,693
	4,694	4,764	4,764	4,695	4,695	4,762	4,762	4,693
Média	4,694	4,765	4,765	4,695	4,695	4,762	4,762	4,693
SNEF8	4,607	4,679	4,679	4,608	4,608	4,676	4,676	4,605
	4,606	4,678	4,678	4,608	4,608	4,675	4,675	4,604
	4,606	4,678	4,678	4,608	4,608	4,675	4,675	4,604
Média	4,606	4,678	4,678	4,608	4,608	4,675	4,675	4,604
SNEF9	4,664	4,732	4,732	4,664	4,664	4,729	4,729	4,661
	4,663	4,731	4,731	4,664	4,664	4,729	4,729	4,661
	4,663	4,731	4,731	4,664	4,664	4,728	4,728	4,661
Média	4,663	4,731	4,731	4,664	4,664	4,729	4,729	4,661
SNEF10	4,733	4,782	4,782	4,720	4,720	4,780	4,780	4,716
	4,733	4,782	4,782	4,720	4,720	4,779	4,779	4,715
	4,733	4,780	4,780	4,720	4,720	4,778	4,778	4,715
Média	4,733	4,781	4,781	4,720	4,720	4,779	4,779	4,715

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)

Designação Pedra Natural: Cinzento Monchique

Data Ensaio: 21/05/2013

	1º Ciclo Aquecimento			2º Ciclo Aquecimento		
	$\Delta \ell s_{80}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)	$\Delta \ell s_{80}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
SNEF1	7,7E-02	3,8E-04	7,4E-06	7,5E-02	3,7E-04	5,7E-06
SNEF2	7,8E-02	3,9E-04	7,5E-06	7,7E-02	3,9E-04	5,8E-06
SNEF3	6,6E-02	3,3E-04	6,5E-06	6,4E-02	3,2E-04	5,0E-06
SNEF4	7,3E-02	3,6E-04	7,0E-06	7,1E-02	3,5E-04	5,4E-06
SNEF5	4,3E-02	2,2E-04	4,6E-06	6,6E-02	3,3E-04	5,1E-06
SNEF6	6,8E-02	3,4E-04	6,7E-06	6,7E-02	3,3E-04	5,2E-06
SNEF7	7,1E-02	3,5E-04	6,9E-06	6,7E-02	3,3E-04	5,2E-06
SNEF8	7,2E-02	3,6E-04	6,9E-06	6,7E-02	3,4E-04	5,2E-06
SNEF9	6,8E-02	3,4E-04	6,6E-06	6,5E-02	3,2E-04	5,0E-06
SNEF10	4,8E-02	2,4E-04	5,0E-06	5,9E-02	2,9E-04	4,7E-06
Média			6,5E-06			5,2E-06

$$\alpha = 6,5 \times 10^{-6} \text{ (}^{\circ}\text{C}^{-1}\text{)}$$

$\ell_{p_{20}}$ - comprimento inicial do provete, medido com paquímetro, a $(20 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, mm;

d - diâmetro dos rebites, em mm;

$\ell_{s_{20}}$ - comprimento inicial do provete a $(20 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, em mm;

$\ell_{s_{80}}$ - comprimento final do provete a $(80 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, em mm;

$\Delta \ell_{s_{80}} = (\ell_{s_{80}} - \ell_{s_{20}})$ - variação do comprimento do provete, em mm;

ΔT $(60 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ - variação da temperatura de ensaio de $(20 \pm 0,5)^{\circ}\text{C}$ a $(80 \pm 0,5)^{\circ}\text{C}$;

$\epsilon_{s_i} = (\Delta \ell_{s_i} / \ell_{p_{20}})$ - dilatação térmica linear unitária do provete na direcção "i", em 10^{-6} mm/mm

$\alpha = [(\Delta \ell_{s_i}) / (\ell_{p_{20}} \times \Delta T)]$ - coeficiente dilatação térmica linear do provete, em $^{\circ}\text{C}^{-1}$

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)

Designação Pedra Natural: Negro Impala

Data Ensaio: 23/05/2012

MEDIÇÃO DO PROVETE DE REFERÊNCIA COM O PAQUÍMETRO (mm)										
	NIMP1	NIMP2	NIMP3	NIMP4	NIMP5	NIMP6	NIMP7	NIMP8	NIMP9	NIMP10
l_p	206,7	206,7	208,2	206,6	206,8	206,9	207,0	207,0	206,7	206,7
d_1	6,0	6,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
l_p	206,7	206,7	208,2	206,6	206,8	206,9	207,0	207,0	206,7	206,7
d_1	6,0	6,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
l_p	206,7	206,7	208,2	206,6	206,8	206,9	207,0	207,0	206,7	206,7
d_1	6,0	6,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
l_p	206,7	206,7	208,2	206,6	206,8	206,9	207,0	207,0	206,7	206,7
d_1	6,0	6,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Média l_p	200,7	200,7	200,2	200,6	200,8	200,9	201,0	201,0	200,7	200,7

MEDIÇÃO COM DEFLETOMETRO (mm)								
	1º Ciclo (20°C a 80°C)				2º Ciclo (20°C a 80°C)			
	Aquecimento		Arrefecimento		Aquecimento		Arrefecimento	
	l_{s20}	l_{s80}	l_{s80}	l_{s20}	l_{s20}	l_{s80}	l_{s80}	l_{s20}
NIMP1	4,714	4,764	4,764	4,714	4,714	4,764	4,764	4,712
	4,714	4,763	4,763	4,714	4,714	4,764	4,764	4,712
	4,714	4,763	4,763	4,713	4,713	4,764	4,764	4,712
Média	4,714	4,763	4,763	4,714	4,714	4,764	4,764	4,712
NIMP2	4,656	4,706	4,706	4,654	4,654	4,706	4,706	4,712
	4,656	4,706	4,706	4,654	4,654	4,705	4,705	4,712
	4,656	4,706	4,706	4,655	4,655	4,705	4,705	4,712
Média	4,656	4,706	4,706	4,654	4,654	4,705	4,705	4,712
NIMP3	4,756	4,802	4,802	4,752	4,752	4,799	4,799	4,752
	4,756	4,800	4,800	4,752	4,752	4,799	4,799	4,752
	4,756	4,800	4,800	4,753	4,753	4,798	4,798	4,751
Média	4,756	4,801	4,801	4,752	4,752	4,799	4,799	4,752
NIMP4	4,818	4,868	4,868	4,819	4,819	4,867	4,867	4,820
	4,819	4,867	4,867	4,819	4,819	4,866	4,866	4,820
	4,818	4,867	4,867	4,820	4,820	4,866	4,866	4,820
Média	4,818	4,867	4,867	4,819	4,819	4,866	4,866	4,820
NIMP5	4,794	4,842	4,842	4,793	4,793	4,843	4,843	4,820
	4,793	4,843	4,843	4,793	4,793	4,842	4,842	4,820
	4,793	4,842	4,842	4,793	4,793	4,842	4,842	4,820
Média	4,793	4,842	4,842	4,793	4,793	4,842	4,842	4,820
NIMP6	4,750	4,801	4,801	4,750	4,750	4,800	4,800	4,749
	4,749	4,800	4,800	4,750	4,750	4,800	4,800	4,749
	4,749	4,800	4,800	4,750	4,750	4,800	4,800	4,749
Média	4,749	4,800	4,800	4,750	4,750	4,800	4,800	4,749
NIMP7	4,689	4,734	4,734	4,688	4,688	4,733	4,733	4,686
	4,689	4,733	4,733	4,688	4,688	4,732	4,732	4,686
	4,689	4,733	4,733	4,688	4,688	4,732	4,732	4,686
Média	4,689	4,733	4,733	4,688	4,688	4,732	4,732	4,686
NIMP8	4,599	4,648	4,648	4,597	4,597	4,646	4,646	4,596
	4,599	4,648	4,648	4,597	4,597	4,646	4,646	4,596
	4,599	4,648	4,648	4,597	4,597	4,647	4,647	4,596
Média	4,599	4,648	4,648	4,597	4,597	4,646	4,646	4,596
NIMP9	4,745	4,790	4,790	4,743	4,743	4,789	4,789	4,741
	4,745	4,790	4,790	4,743	4,743	4,788	4,788	4,740
	4,745	4,790	4,790	4,743	4,743	4,788	4,788	4,740
Média	4,745	4,790	4,790	4,743	4,743	4,788	4,788	4,740
NIMP10	4,780	4,830	4,830	4,780	4,780	4,829	4,829	4,779
	4,780	4,830	4,830	4,780	4,780	4,828	4,828	4,779
	4,780	4,830	4,830	4,779	4,779	4,828	4,828	4,779
Média	4,780	4,830	4,830	4,780	4,780	4,828	4,828	4,779

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)
Designação Pedra Natural: Negro Impala Data Ensaio: 23/05/2013

	1º Ciclo Aquecimento			2º Ciclo Aquecimento		
	$\Delta \ell s_{80}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α (°C ⁻¹)	$\Delta \ell s_{80}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α (°C ⁻¹)
NIMP1	4,9E-02	2,5E-04	5,1E-06	5,0E-02	2,5E-04	4,1E-06
NIMP2	5,0E-02	2,5E-04	5,2E-06	5,1E-02	2,5E-04	4,2E-06
NIMP3	4,5E-02	2,2E-04	4,7E-06	4,6E-02	2,3E-04	3,9E-06
NIMP4	4,9E-02	2,4E-04	5,0E-06	4,7E-02	2,3E-04	3,9E-06
NIMP5	4,9E-02	2,4E-04	5,1E-06	4,9E-02	2,5E-04	4,1E-06
NIMP6	5,1E-02	2,5E-04	5,2E-06	5,0E-02	2,5E-04	4,1E-06
NIMP7	4,4E-02	2,2E-04	4,7E-06	4,4E-02	2,2E-04	3,8E-06
NIMP8	4,9E-02	2,4E-04	5,1E-06	4,9E-02	2,5E-04	4,1E-06
NIMP9	4,5E-02	2,2E-04	4,7E-06	4,5E-02	2,3E-04	3,8E-06
NIMP10	5,0E-02	2,5E-04	5,2E-06	4,9E-02	2,4E-04	4,0E-06
Média			5,0E-06			4,0E-06

$$\alpha = 5,0 \times 10^{-6} \text{ (}^\circ\text{C}^{-1}\text{)}$$

$\ell_{p_{20}}$ - comprimento inicial do provete, medido com paquímetro, a (20±5)°C, mm;

d - diâmetro dos rebites, em mm;

$\ell_{s_{20}}$ - comprimento inicial do provete a (20±5)°C, em mm;

$\ell_{s_{80}}$ - comprimento final do provete a (80±5)°C, em mm;

$\Delta \ell_{s_{80}} = (\ell_{s_{80}} - \ell_{s_{20}})$ - variação do comprimento do provete, em mm;

ΔT (60±1)°C - variação da temperatura de ensaio de (20±0,5)°C a (80±0,5)°C;

$\epsilon_{s_i} = (\Delta \ell_{s_i} / \ell_{p_{20}})$ - dilatação térmica linear unitária do provete na direcção "i", em 10⁻⁶ mm/mm

$\alpha = [(\Delta \ell_{s_i}) / (\ell_{p_{20}} \times \Delta T)]$ - coeficiente dilatação térmica linear do provete, em °C⁻¹

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)
Designação Pedra Natural: Negro Zimbabwe Data Ensaio: 28/05/2012

MEDIÇÃO DO PROVETE DE REFERÊNCIA COM O PAQUÍMETRO (mm)										
	NZBW1	NZBW2	NZBW3	NZBW4	NZBW5	NZBW6	NZBW7	NZBW8	NZBW9	NZBW10
l_p	206,7	206,4	206,5	206,6	206,7	206,6	206,5	206,3	206,5	206,7
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	8	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	8	6,0	6,0
l_p	206,7	206,4	206,5	206,6	206,7	206,6	206,5	206,3	206,5	206,7
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	8	6,0	6,0
d_2	6,0	6	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	8	6,0	6
l_p	206,7	206,4	206,5	206,6	206,7	206,6	206,5	206,3	206,5	206,7
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	8	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	8	6,0	6,0
l_p	206,7	206,4	206,5	206,6	206,7	206,6	206,5	206,3	206,5	206,7
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	8	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	8	6,0	6,0
Média l_p	200,7	200,4	200,5	200,6	200,7	200,6	200,5	198,3	200,5	200,7

MEDIÇÃO COM DEFLETOMETRO (mm)								
	1º Ciclo (20°C a 80°C)				2º Ciclo (20°C a 80°C)			
	Aquecimento		Arrefecimento		Aquecimento		Arrefecimento	
	l_{s20}	l_{s80}	l_{s80}	l_{s20}	l_{s20}	l_{s80}	l_{s80}	l_{s20}
NZBW1	4,727	4,798	4,798	4,726	4,726	4,797	4,797	4,726
	4,727	4,797	4,797	4,726	4,726	4,796	4,796	4,726
	4,727	4,796	4,796	4,726	4,726	4,795	4,795	4,726
Média	4,727	4,797	4,797	4,726	4,726	4,796	4,796	4,726
NZBW2	4,693	4,757	4,757	4,691	4,691	4,758	4,758	4,693
	4,692	4,758	4,758	4,691	4,691	4,757	4,757	4,692
	4,692	4,757	4,757	4,692	4,692	4,757	4,757	4,692
Média	4,692	4,757	4,757	4,691	4,691	4,757	4,757	4,692
NZBW3	4,626	4,694	4,694	4,623	4,623	4,689	4,689	4,623
	4,626	4,692	4,692	4,623	4,623	4,688	4,688	4,622
	4,626	4,692	4,692	4,623	4,623	4,688	4,688	4,621
Média	4,626	4,693	4,693	4,623	4,623	4,688	4,688	4,622
NZBW4	4,584	4,650	4,650	4,583	4,583	4,650	4,650	4,582
	4,584	4,650	4,650	4,583	4,583	4,649	4,649	4,582
	4,583	4,650	4,650	4,583	4,583	4,649	4,649	4,582
Média	4,584	4,650	4,650	4,583	4,583	4,649	4,649	4,582
NZBW5	4,670	4,733	4,733	4,669	4,669	4,734	4,734	4,668
	4,670	4,732	4,732	4,669	4,669	4,733	4,733	4,667
	4,670	4,732	4,732	4,669	4,669	4,733	4,733	4,667
Média	4,670	4,732	4,732	4,669	4,669	4,733	4,733	4,668
NZBW6	4,705	4,769	4,769	4,704	4,704	4,768	4,768	4,704
	4,705	4,768	4,768	4,704	4,704	4,767	4,767	4,704
	4,705	4,768	4,768	4,704	4,704	4,767	4,767	4,704
Média	4,705	4,768	4,768	4,704	4,704	4,767	4,767	4,704
NZBW7	4,663	4,725	4,725	4,660	4,660	4,723	4,723	4,659
	4,663	4,725	4,725	4,660	4,660	4,722	4,722	4,659
	4,663	4,725	4,725	4,660	4,660	4,722	4,722	4,659
Média	4,663	4,725	4,725	4,660	4,660	4,723	4,723	4,659
NZBW8	4,705	4,770	4,770	4,708	4,708	4,765	4,765	4,699
	4,705	4,770	4,770	4,707	4,707	4,765	4,765	4,697
	4,705	4,770	4,770	4,707	4,707	4,765	4,765	4,697
Média	4,705	4,770	4,770	4,707	4,707	4,765	4,765	4,698
NZBW9	4,577	4,642	4,642	4,576	4,576	4,639	4,639	4,576
	4,577	4,642	4,642	4,575	4,575	4,639	4,639	4,576
	4,577	4,642	4,642	4,575	4,575	4,639	4,639	4,576
Média	4,577	4,642	4,642	4,575	4,575	4,639	4,639	4,576
NZBW10	4,669	4,728	4,728	4,665	4,665	4,724	4,724	4,665
	4,669	4,727	4,727	4,665	4,665	4,724	4,724	4,664
	4,669	4,727	4,727	4,665	4,665	4,724	4,724	4,663
Média	4,669	4,727	4,727	4,665	4,665	4,724	4,724	4,664

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)

Designação Pedra Natural: Negro Zimbabwe

Data Ensaio: 28/05/2012

	1º Ciclo Aquecimento			2º Ciclo Aquecimento		
	$\Delta \ell_{s_{80}}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α (°C ⁻¹)	$\Delta \ell_{s_{80}}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α (°C ⁻¹)
NZBW1	7,0E-02	3,5E-04	6,8E-06	7,0E-02	3,5E-04	5,4E-06
NZBW2	6,5E-02	3,2E-04	6,4E-06	6,6E-02	3,3E-04	5,1E-06
NZBW3	6,7E-02	3,3E-04	6,5E-06	6,5E-02	3,3E-04	5,1E-06
NZBW4	6,6E-02	3,3E-04	6,5E-06	6,6E-02	3,3E-04	5,1E-06
NZBW5	6,2E-02	3,1E-04	6,2E-06	6,4E-02	3,2E-04	5,0E-06
NZBW6	6,3E-02	3,2E-04	6,3E-06	6,3E-02	3,2E-04	4,9E-06
NZBW7	6,2E-02	3,1E-04	6,2E-06	6,3E-02	3,1E-04	4,9E-06
NZBW8	6,5E-02	3,3E-04	6,5E-06	5,8E-02	2,9E-04	4,6E-06
NZBW9	6,5E-02	3,2E-04	6,4E-06	6,4E-02	3,2E-04	5,0E-06
NZBW10	5,8E-02	2,9E-04	5,8E-06	5,9E-02	2,9E-04	4,7E-06
Média			6,4E-06			5,0E-06

$$\alpha = 6,4 \times 10^{-6} \text{ (}^\circ\text{C}^{-1}\text{)}$$

$\ell_{p_{20}}$ - comprimento inicial do provete, medido com paquímetro, a (20±5)°C, mm;

d - diâmetro dos rebites, em mm;

$\ell_{s_{20}}$ - comprimento inicial do provete a (20±5)°C, em mm;

$\ell_{s_{80}}$ - comprimento final do provete a (80±5)°C, em mm;

$\Delta \ell_{s_{80}} = (\ell_{s_{80}} - \ell_{s_{20}})$ - variação do comprimento do provete, em mm;

ΔT (60±1)°C - variação da temperatura de ensaio de (20±0,5)°C a (80±0,5)°C;

$\epsilon_{s_i} = (\Delta \ell_{s_i} / \ell_{p_{20}})$ - dilatação térmica linear unitária do provete na direcção "i", em 10⁻⁶ mm/mm

$\alpha = [(\Delta \ell_{s_i}) / (\ell_{p_{20}} \times \Delta T)]$ - coeficiente dilatação térmica linear do provete, em °C⁻¹

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)
Designação Pedra Natural: Ardósia de Valongo Data Ensaio: 04/06/2012

MEDIÇÃO DO PROVETE DE REFERÊNCIA COM O PAQUÍMETRO (mm)										
	ARDV1	ARDV2	ARDV3	ARDV4	ARDV5	ARDV6	ARDV7	ARDV8	ARDV9	ARDV10
ℓ_p	206,5	206,7	206,7	206,6	206,7	206,6	206,4	206,6	206,5	206,7
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
ℓ_p	206,5	206,7	206,7	206,6	206,7	206,6	206,4	206,6	206,5	206,7
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
ℓ_p	206,5	206,7	206,7	206,6	206,7	206,6	206,4	206,6	206,5	206,7
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
ℓ_p	206,5	206,7	206,7	206,6	206,7	206,6	206,4	206,6	206,5	206,7
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Média ℓ_p	200,5	200,7	200,7	200,6	200,7	200,6	200,4	200,6	200,5	200,7

MEDIÇÃO COM DEFLETOMETRO (mm)								
	1º Ciclo (20°C a 80°C)				2º Ciclo (20°C a 80°C)			
	Aquecimento		Arrefecimento		Aquecimento		Arrefecimento	
	$\ell_{s_{20}}$	$\ell_{s_{80}}$	$\ell_{s_{80}}$	$\ell_{s_{20}}$	$\ell_{s_{20}}$	$\ell_{s_{80}}$	$\ell_{s_{80}}$	$\ell_{s_{20}}$
ARDV1	4,648	4,718	4,718	4,649	4,649	4,735	4,735	4,646
	4,649	4,715	4,715	4,649	4,649	4,732	4,732	4,647
	4,646	4,715	4,715	4,649	4,649	4,739	4,739	4,646
Média	4,648	4,716	4,716	4,649	4,649	4,735	4,735	4,646
ARDV2	4,843	4,930	4,930	4,850	4,850	4,930	4,930	4,846
	4,843	4,926	4,926	4,850	4,850	4,927	4,927	4,846
	4,842	4,923	4,923	4,850	4,850	4,924	4,924	4,846
Média	4,843	4,926	4,926	4,850	4,850	4,927	4,927	4,846
ARDV3	4,695	4,759	4,759	4,702	4,702	4,776	4,776	4,698
	4,694	4,755	4,755	4,703	4,703	4,775	4,775	4,699
	4,694	4,757	4,757	4,703	4,703	4,772	4,772	4,699
Média	4,694	4,757	4,757	4,703	4,703	4,774	4,774	4,699
ARDV4	4,630	4,698	4,698	4,641	4,641	4,709	4,709	4,637
	4,630	4,696	4,696	4,642	4,642	4,707	4,707	4,638
	4,630	4,698	4,698	4,642	4,642	4,705	4,705	4,638
Média	4,630	4,697	4,697	4,642	4,642	4,707	4,707	4,638
ARDV5	4,677	4,757	4,757	4,696	4,696	4,765	4,765	4,692
	4,677	4,756	4,756	4,696	4,696	4,763	4,763	4,692
	4,676	4,755	4,755	4,696	4,696	4,761	4,761	4,692
Média	4,677	4,756	4,756	4,696	4,696	4,763	4,763	4,692
ARDV6	4,616	4,700	4,700	4,636	4,636	4,700	4,700	4,634
	4,618	4,699	4,699	4,636	4,636	4,698	4,698	4,634
	4,615	4,698	4,698	4,637	4,637	4,696	4,696	4,633
Média	4,616	4,699	4,699	4,636	4,636	4,698	4,698	4,634
ARDV7	4,599	4,685	4,685	4,625	4,625	4,687	4,687	4,621
	4,598	4,684	4,684	4,625	4,625	4,684	4,684	4,621
	4,598	4,683	4,683	4,625	4,625	4,682	4,682	4,620
Média	4,598	4,684	4,684	4,625	4,625	4,684	4,684	4,621
ARDV8	4,674	4,764	4,764	4,702	4,702	4,760	4,760	4,697
	4,674	4,763	4,763	4,702	4,702	4,759	4,759	4,697
	4,674	4,762	4,762	4,702	4,702	4,757	4,757	4,697
Média	4,674	4,763	4,763	4,702	4,702	4,759	4,759	4,697
ARDV9	4,631	4,727	4,727	4,659	4,659	4,714	4,714	4,653
	4,631	4,727	4,727	4,660	4,660	4,712	4,712	4,654
	4,629	4,725	4,725	4,660	4,660	4,711	4,711	4,654
Média	4,630	4,726	4,726	4,660	4,660	4,712	4,712	4,654
ARDV10	4,667	4,763	4,763	4,699	4,699	4,754	4,754	4,695
	4,667	4,762	4,762	4,699	4,699	4,751	4,751	4,695
	4,667	4,761	4,761	4,699	4,699	4,750	4,750	4,695
Média	4,667	4,762	4,762	4,699	4,699	4,752	4,752	4,695

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)
Designação Pedra Natural: Ardósia de Valongo Data Ensaio: 04/06/2012

	1º Ciclo Aquecimento			2º Ciclo Aquecimento		
	$\Delta \ell_{s_{80}}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α (°C ⁻¹)	$\Delta \ell_{s_{80}}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α (°C ⁻¹)
ARDV1	6,8E-02	3,4E-04	6,7E-06	8,6E-02	4,3E-04	6,4E-06
ARDV2	8,4E-02	4,2E-04	7,9E-06	7,7E-02	3,8E-04	5,8E-06
ARDV3	6,3E-02	3,1E-04	6,2E-06	7,2E-02	3,6E-04	5,5E-06
ARDV4	6,7E-02	3,3E-04	6,6E-06	6,5E-02	3,3E-04	5,1E-06
ARDV5	7,9E-02	4,0E-04	7,6E-06	6,7E-02	3,3E-04	5,2E-06
ARDV6	8,3E-02	4,1E-04	7,9E-06	6,2E-02	3,1E-04	4,8E-06
ARDV7	8,6E-02	4,3E-04	8,1E-06	5,9E-02	3,0E-04	4,7E-06
ARDV8	8,8E-02	4,4E-04	8,4E-06	5,7E-02	2,8E-04	4,5E-06
ARDV9	9,6E-02	4,8E-04	9,0E-06	5,3E-02	2,6E-04	4,3E-06
ARDV10	9,5E-02	4,7E-04	8,9E-06	5,3E-02	2,6E-04	4,3E-06
Média			7,7E-06			5,1E-06

$$\alpha = 7,7 \times 10^{-6} \text{ (}^\circ\text{C}^{-1}\text{)}$$

$\ell_{p_{20}}$ - comprimento inicial do provete, medido com paquímetro, a (20±5)°C, mm;

d - diâmetro dos rebites, em mm;

$\ell_{s_{20}}$ - comprimento inicial do provete a (20±5)°C, em mm;

$\ell_{s_{80}}$ - comprimento final do provete a (80±5)°C, em mm;

$\Delta \ell_{s_{80}} = (\ell_{s_{80}} - \ell_{s_{20}})$ - variação do comprimento do provete, em mm;

ΔT (60±1)°C - variação da temperatura de ensaio de (20±0,5)°C a (80±0,5)°C;

$\epsilon_{s_i} = (\Delta \ell_{s_i} / \ell_{p_{20}})$ - dilatação térmica linear unitária do provete na direcção "i", em 10⁻⁶ mm/mm

$\alpha = [(\Delta \ell_{s_i}) / (\ell_{p_{20}} \times \Delta T)]$ - coeficiente dilatação térmica linear do provete, em °C⁻¹

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)
Designação Pedra Natural: Verde Donai Data Ensaio: 11/06/2012

MEDIÇÃO DO PROVETE DE REFERÊNCIA COM O PAQUÍMETRO (mm)										
	VD1	VD2	VD3	VD4	VD5	VD6	VD7	VD8	VD9	VD10
ℓ_p	206,5	206,5	206,6	206,6	206,6	206,7	206,7	206,5	206,7	206,8
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
ℓ_p	206,5	206,5	206,6	206,6	206,6	206,7	206,7	206,5	206,7	206,8
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
ℓ_p	206,5	206,5	206,6	206,6	206,6	206,7	206,7	206,5	206,7	206,8
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
ℓ_p	206,5	206,5	206,6	206,6	206,6	206,7	206,7	206,5	206,7	206,8
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Média ℓ_p	200,5	200,5	200,4	200,5	200,6	200,7	200,7	200,5	200,7	200,8

MEDIÇÃO COM DEFLETOMETRO (mm)								
	1º Ciclo (20°C a 80°C)				2º Ciclo (20°C a 80°C)			
	Aquecimento		Arrefecimento		Aquecimento		Arrefecimento	
	ℓ_{s20}	ℓ_{s80}	ℓ_{s80}	ℓ_{s20}	ℓ_{s20}	ℓ_{s80}	ℓ_{s80}	ℓ_{s20}
VD1	4,654	4,72	4,72	4,654	4,654	4,719	4,719	4,653
	4,654	4,719	4,719	4,654	4,654	4,717	4,717	4,653
	4,654	4,718	4,718	4,654	4,654	4,716	4,716	4,653
Média	4,654	4,719	4,719	4,654	4,654	4,717	4,717	4,653
VD2	4,729	4,794	4,794	4,728	4,728	4,794	4,794	4,727
	4,729	4,793	4,793	4,728	4,728	4,791	4,791	4,727
	4,729	4,793	4,793	4,728	4,728	4,791	4,791	4,727
Média	4,729	4,793	4,793	4,728	4,728	4,792	4,792	4,727
VD3	4,474	4,54	4,54	4,474	4,474	4,538	4,538	4,474
	4,475	4,539	4,539	4,474	4,474	4,537	4,537	4,474
	4,475	4,538	4,538	4,474	4,474	4,536	4,536	4,474
Média	4,475	4,539	4,539	4,474	4,474	4,537	4,537	4,474
VD4	4,615	4,676	4,676	4,613	4,613	4,675	4,675	4,613
	4,614	4,675	4,675	4,613	4,613	4,674	4,674	4,613
	4,614	4,675	4,675	4,613	4,613	4,73	4,73	4,612
Média	4,614	4,675	4,675	4,613	4,613	4,693	4,693	4,613
VD5	4,712	4,78	4,78	4,712	4,712	4,775	4,775	4,711
	4,712	4,778	4,778	4,712	4,712	4,774	4,774	4,711
	4,712	4,777	4,777	4,712	4,712	4,773	4,773	4,711
Média	4,712	4,778	4,778	4,712	4,712	4,774	4,774	4,711
VD6	4,745	4,805	4,805	4,744	4,744	4,803	4,803	4,744
	4,745	4,804	4,804	4,744	4,744	4,802	4,802	4,744
	4,745	4,804	4,804	4,745	4,745	4,802	4,802	4,744
Média	4,745	4,804	4,804	4,744	4,744	4,802	4,802	4,744
VD7	4,737	4,793	4,793	4,738	4,738	4,793	4,793	4,738
	4,737	4,792	4,792	4,738	4,738	4,791	4,791	4,738
	4,737	4,792	4,792	4,738	4,738	4,79	4,79	4,738
Média	4,737	4,792	4,792	4,738	4,738	4,791	4,791	4,738
VD8	4,643	4,698	4,698	4,644	4,644	4,698	4,698	4,644
	4,644	4,698	4,698	4,645	4,645	4,697	4,697	4,644
	4,643	4,697	4,697	4,645	4,645	4,696	4,696	4,644
Média	4,643	4,698	4,698	4,645	4,645	4,697	4,697	4,644
VD9	4,724	4,778	4,778	4,723	4,723	4,776	4,776	4,724
	4,725	4,777	4,777	4,723	4,723	4,775	4,775	4,723
	4,725	4,777	4,777	4,723	4,723	4,774	4,774	4,723
Média	4,725	4,777	4,777	4,723	4,723	4,775	4,775	4,723
VD10	4,736	4,792	4,792	4,734	4,734	4,788	4,788	4,734
	4,735	4,791	4,791	4,734	4,734	4,788	4,788	4,734
	4,735	4,79	4,79	4,734	4,734	4,777	4,777	4,734
Média	4,735	4,791	4,791	4,734	4,734	4,784	4,784	4,734

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)
Designação Pedra Natural: Verde Donai Data Ensaio: 11/06/2012

	1º Ciclo Aquecimento			2º Ciclo Aquecimento		
	$\Delta \ell_{s_{80}}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α (°C ⁻¹)	$\Delta \ell_{s_{80}}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α (°C ⁻¹)
VD1	6,5E-02	3,2E-04	6,4E-06	6,3E-02	3,2E-04	4,9E-06
VD2	6,4E-02	3,2E-04	6,3E-06	6,4E-02	3,2E-04	5,0E-06
VD3	6,4E-02	3,2E-04	6,4E-06	6,3E-02	3,1E-04	4,9E-06
VD4	6,1E-02	3,0E-04	6,0E-06	8,0E-02	4,0E-04	6,0E-06
VD5	6,6E-02	3,3E-04	6,5E-06	6,2E-02	3,1E-04	4,9E-06
VD6	5,9E-02	3,0E-04	5,9E-06	5,8E-02	2,9E-04	4,6E-06
VD7	5,5E-02	2,8E-04	5,6E-06	5,3E-02	2,7E-04	4,3E-06
VD8	5,4E-02	2,7E-04	5,5E-06	5,2E-02	2,6E-04	4,3E-06
VD9	5,3E-02	2,6E-04	5,4E-06	5,2E-02	2,6E-04	4,2E-06
VD10	5,6E-02	2,8E-04	5,6E-06	5,0E-02	2,5E-04	4,1E-06
Média			6,0E-06			4,7E-06

$$\alpha = 6,0 \times 10^{-6} \text{ (}^\circ\text{C}^{-1}\text{)}$$

$\ell_{p_{20}}$ - comprimento inicial do provete, medido com paquímetro, a (20±5)°C, mm;

d - diâmetro dos rebites, em mm;

$\ell_{s_{20}}$ - comprimento inicial do provete a (20±5)°C, em mm;

$\ell_{s_{80}}$ - comprimento final do provete a (80±5)°C, em mm;

$\Delta \ell_{s_{80}} = (\ell_{s_{80}} - \ell_{s_{20}})$ - variação do comprimento do provete, em mm;

ΔT (60±1)°C - variação da temperatura de ensaio de (20±0,5)°C a (80±0,5)°C;

$\epsilon_{s_i} = (\Delta \ell_{s_i} / \ell_{p_{20}})$ - dilatação térmica linear unitária do provete na direcção "i", em 10⁻⁶ mm/mm

$\alpha = [(\Delta \ell_{s_i}) / (\ell_{p_{20}} \times \Delta T)]$ - coeficiente dilatação térmica linear do provete, em °C⁻¹

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)
Designação Pedra Natural: Branco Rosado Data Ensaio: 13/06/2012

MEDIÇÃO DO PROVETE DE REFERÊNCIA COM O PAQUÍMETRO (mm)										
	MBR1	MBR2	MBR3	MBR4	MBR5	MBR6	MBR7	MBR8	MBR9	MBR10
ℓ_p	206,6	206,7	206,6	206,7	206,6	206,4	206,6	206,5	206,6	206,5
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
ℓ_p	206,6	206,7	206,6	206,7	206,6	206,4	206,6	206,5	206,6	206,5
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
ℓ_p	206,6	206,7	206,6	206,7	206,6	206,4	206,6	206,5	206,6	206,5
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
ℓ_p	206,6	206,7	206,6	206,7	206,6	206,4	206,6	206,5	206,6	206,5
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Média ℓ_p	200,60	200,40	200,60	200,70	200,60	200,40	200,60	200,70	200,60	200,50

MEDIÇÃO COM DEFLETOMETRO (mm)								
	1º Ciclo (20°C a 80°C)				2º Ciclo (20°C a 80°C)			
	Aquecimento		Arrefecimento		Aquecimento		Arrefecimento	
	ℓ_{s20}	ℓ_{s80}	ℓ_{s80}	ℓ_{s20}	ℓ_{s20}	ℓ_{s80}	ℓ_{s80}	ℓ_{s20}
MBR1	4,628	4,655	4,655	4,631	4,631	4,652	4,652	4,362
	4,628	4,653	4,653	4,630	4,630	4,651	4,651	4,633
	4,628	4,652	4,652	4,631	4,631	4,650	4,650	4,632
Média	4,628	4,653	4,653	4,631	4,631	4,651	4,651	4,542
MBR2	4,604	4,664	4,664	4,608	4,608	4,665	4,665	4,610
	4,604	4,663	4,663	4,608	4,608	4,663	4,663	4,610
	4,603	4,662	4,662	4,608	4,608	4,663	4,663	4,610
Média	4,604	4,663	4,663	4,608	4,608	4,664	4,664	4,610
MBR3	4,687	4,736	4,736	4,690	4,690	4,736	4,736	4,694
	4,686	4,735	4,735	4,691	4,691	4,735	4,735	4,692
	4,686	4,733	4,733	4,691	4,691	4,733	4,733	4,693
Média	4,686	4,735	4,735	4,691	4,691	4,735	4,735	4,693
MBR4	4,535	4,577	4,577	4,540	4,540	4,577	4,577	4,544
	4,534	4,576	4,576	4,540	4,540	4,576	4,576	4,544
	4,535	4,576	4,576	4,540	4,540	4,576	4,576	4,543
Média	4,535	4,576	4,576	4,540	4,540	4,576	4,576	4,544
MBR5	4,642	4,685	4,685	4,648	4,648	4,687	4,687	4,650
	4,641	4,685	4,685	4,648	4,648	4,686	4,686	4,650
	4,642	4,684	4,684	4,648	4,648	4,686	4,686	4,650
Média	4,642	4,685	4,685	4,648	4,648	4,686	4,686	4,650
MBR6	4,286	4,322	4,322	4,291	4,291	4,321	4,321	4,293
	4,286	4,321	4,321	4,291	4,291	4,321	4,321	4,293
	4,286	4,321	4,321	4,290	4,290	4,321	4,321	4,294
Média	4,286	4,321	4,321	4,291	4,291	4,321	4,321	4,293
MBR7	4,668	4,700	4,700	4,673	4,673	4,700	4,700	4,676
	4,668	4,699	4,699	4,673	4,673	4,700	4,700	4,675
	4,668	4,699	4,699	4,673	4,673	4,700	4,700	4,675
Média	4,668	4,699	4,699	4,673	4,673	4,700	4,700	4,675
MBR8	4,640	4,694	4,694	4,648	4,648	4,693	4,693	4,651
	4,640	4,693	4,693	4,648	4,648	4,693	4,693	4,651
	4,640	4,693	4,693	4,648	4,648	4,693	4,693	4,651
Média	4,640	4,693	4,693	4,648	4,648	4,693	4,693	4,651
MBR9	4,609	4,620	4,620	4,612	4,612	4,614	4,614	4,613
	4,609	4,619	4,619	4,612	4,612	4,613	4,613	4,613
	4,609	4,618	4,618	4,612	4,612	4,613	4,613	4,613
Média	4,609	4,619	4,619	4,612	4,612	4,613	4,613	4,613
MBR10	4,617	4,633	4,633	4,624	4,624	4,626	4,626	4,624
	4,617	4,631	4,631	4,623	4,623	4,625	4,625	4,624
	4,618	4,631	4,631	4,623	4,623	4,625	4,625	4,624
Média	4,617	4,632	4,632	4,623	4,623	4,625	4,625	4,624

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)

Designação Pedra Natural: Branco Rosado

Data Ensaio: 13/06/2012

	1º Ciclo Aquecimento			2º Ciclo Aquecimento		
	$\Delta \ell s_{80}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α (°C ⁻¹)	$\Delta \ell s_{80}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α (°C ⁻¹)
MBR1	2,5E-02	1,3E-04	3,1E-06	2,0E-02	1,0E-04	2,3E-06
MBR2	5,9E-02	3,0E-04	5,9E-06	5,6E-02	2,8E-04	4,5E-06
MBR3	4,8E-02	2,4E-04	5,0E-06	4,4E-02	2,2E-04	3,7E-06
MBR4	4,1E-02	2,1E-04	4,4E-06	3,6E-02	1,8E-04	3,3E-06
MBR5	4,3E-02	2,1E-04	4,6E-06	3,8E-02	1,9E-04	3,4E-06
MBR6	3,5E-02	1,8E-04	3,9E-06	3,0E-02	1,5E-04	2,9E-06
MBR7	3,1E-02	1,6E-04	3,6E-06	2,7E-02	1,3E-04	2,7E-06
MBR8	5,3E-02	2,6E-04	5,4E-06	4,5E-02	2,2E-04	3,8E-06
MBR9	1,0E-02	5,0E-05	1,8E-06	1,3E-03	6,6E-06	1,1E-06
MBR10	1,4E-02	7,1E-05	2,2E-06	2,0E-03	1,0E-05	1,1E-06
Média			4,0E-06			2,9E-06

$$\alpha = 4,0 \times 10^{-6} \text{ (}^\circ\text{C}^{-1}\text{)}$$

$\ell_{p_{20}}$ - comprimento inicial do provete, medido com paquímetro, a (20±5)°C, mm;

d - diâmetro dos rebites, em mm;

$\ell_{s_{20}}$ - comprimento inicial do provete a (20±5)°C, em mm;

$\ell_{s_{80}}$ - comprimento final do provete a (80±5)°C, em mm;

$\Delta \ell_{s_{80}} = (\ell_{s_{80}} - \ell_{s_{20}})$ - variação do comprimento do provete, em mm;

ΔT (60±1)°C - variação da temperatura de ensaio de (20±0,5)°C a (80±0,5)°C;

$\epsilon_{s_i} = (\Delta \ell_{s_i} / \ell_{p_{20}})$ - dilatação térmica linear unitária do provete na direcção "i", em 10⁻⁶ mm/mm

$\alpha = [(\Delta \ell_{s_i}) / (\ell_{p_{20}} \times \Delta T)]$ - coeficiente dilatação térmica linear do provete, em °C⁻¹

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)
Designação Pedra Natural: Moleanos Macio Data Ensaio: 18/06/2012

MEDIÇÃO DO PROVETE DE REFERÊNCIA COM O PAQUÍMETRO (mm)										
	MOLM1	MOLM2	MOLM3	MOLM4	MOLM5	MOLM6	MOLM7	MOLM8	MOLM9	MOLM10
ℓ_p	206,8	206,3	206,4	206,7	206,7	206,5	207,0	206,9	206,8	206,7
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
ℓ_p	206,8	206,3	206,4	206,7	206,7	206,5	207,0	206,9	206,8	206,7
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
ℓ_p	206,8	206,3	206,4	206,7	206,7	206,5	207,0	206,9	206,8	206,7
d_1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
d_2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Média ℓ_p	200,8	200,3	200,4	200,7	200,7	200,5	201,0	200,9	200,8	200,7

MEDIÇÃO COM DEFLETOMETRO (mm)								
	1º Ciclo (20°C a 80°C)				2º Ciclo (20°C a 80°C)			
	Aquecimento		Arrefecimento		Aquecimento		Arrefecimento	
	ℓ_{s20}	ℓ_{s80}	ℓ_{s80}	ℓ_{s20}	ℓ_{s20}	ℓ_{s80}	ℓ_{s80}	ℓ_{s20}
MOLM1	4,751	4,782	4,782	4,750	4,750	4,782	4,782	4,748
	4,751	4,782	4,782	4,750	4,750	4,781	4,781	4,749
	4,750	4,781	4,781	4,750	4,750	4,780	4,780	4,749
Média	4,751	4,782	4,782	4,750	4,750	4,781	4,781	4,749
MOLM2	4,584	4,620	4,620	4,584	4,584	4,628	4,628	4,583
	4,584	4,618	4,618	4,583	4,583	4,628	4,628	4,582
	4,584	4,617	4,617	4,584	4,584	4,627	4,627	4,582
Média	4,584	4,618	4,618	4,584	4,584	4,628	4,628	4,582
MOLM3	4,621	4,655	4,655	4,619	4,619	4,656	4,656	4,620
	4,623	4,655	4,655	4,621	4,621	4,656	4,656	4,620
	4,621	4,655	4,655	4,620	4,620	4,656	4,656	4,619
Média	4,622	4,655	4,655	4,620	4,620	4,656	4,656	4,620
MOLM4	4,694	4,725	4,725	4,693	4,693	4,720	4,720	4,692
	4,693	4,724	4,724	4,693	4,693	4,720	4,720	4,692
	4,694	4,724	4,724	4,693	4,693	4,723	4,723	4,692
Média	4,694	4,724	4,724	4,693	4,693	4,721	4,721	4,692
MOLM5	4,690	4,729	4,729	4,689	4,689	4,726	4,726	4,688
	4,690	4,728	4,728	4,689	4,689	4,726	4,726	4,688
	4,690	4,729	4,729	4,689	4,689	4,724	4,724	4,688
Média	4,690	4,729	4,729	4,689	4,689	4,725	4,725	4,688
MOLM6	4,616	4,646	4,646	4,613	4,613	4,649	4,649	4,612
	4,615	4,645	4,645	4,612	4,612	4,649	4,649	4,612
	4,616	4,645	4,645	4,613	4,613	4,648	4,648	4,613
Média	4,616	4,645	4,645	4,613	4,613	4,649	4,649	4,612
MOLM7	4,691	4,723	4,723	4,691	4,691	4,723	4,723	4,689
	4,692	4,723	4,723	4,691	4,691	4,723	4,723	4,689
	4,691	4,722	4,722	4,690	4,690	4,722	4,722	4,690
Média	4,691	4,723	4,723	4,691	4,691	4,723	4,723	4,689
MOLM8	4,658	4,688	4,688	4,656	4,656	4,686	4,686	4,655
	4,658	4,686	4,686	4,655	4,655	4,685	4,685	4,656
	4,658	4,686	4,686	4,656	4,656	4,685	4,685	4,655
Média	4,658	4,687	4,687	4,656	4,656	4,685	4,685	4,655
MOLM9	4,733	4,765	4,765	4,730	4,730	4,762	4,762	4,729
	4,732	4,765	4,765	4,730	4,730	4,761	4,761	4,729
	4,732	4,765	4,765	4,731	4,731	4,761	4,761	4,729
Média	4,732	4,765	4,765	4,730	4,730	4,761	4,761	4,729
MOLM10	4,620	4,650	4,650	4,618	4,618	4,678	4,678	4,617
	4,620	4,649	4,649	4,618	4,618	4,676	4,676	4,617
	4,620	4,650	4,650	4,618	4,618	4,676	4,676	4,617
Média	4,620	4,650	4,650	4,618	4,618	4,677	4,677	4,617

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR (NP EN 14581)

Designação Pedra Natural: Moleanos Macio

Data Ensaio: 18/06/2012

	1º Ciclo Aquecimento			2º Ciclo Aquecimento		
	$\Delta \ell_{s_{80}}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α (°C ⁻¹)	$\Delta \ell_{s_{80}}$ (mm)	ϵ_s (mm/mm)	α (°C ⁻¹)
MOLM1	3,1E-02	1,5E-04	3,6E-06	3,1E-02	1,5E-04	2,9E-06
MOLM2	3,4E-02	1,7E-04	3,9E-06	4,4E-02	2,2E-04	3,7E-06
MOLM3	3,3E-02	1,7E-04	3,8E-06	3,6E-02	1,8E-04	3,2E-06
MOLM4	3,0E-02	1,5E-04	3,5E-06	2,8E-02	1,4E-04	2,7E-06
MOLM5	3,9E-02	1,9E-04	4,2E-06	3,6E-02	1,8E-04	3,3E-06
MOLM6	3,0E-02	1,5E-04	3,5E-06	3,6E-02	1,8E-04	3,2E-06
MOLM7	3,1E-02	1,6E-04	3,6E-06	3,2E-02	1,6E-04	3,0E-06
MOLM8	2,8E-02	1,4E-04	3,3E-06	3,0E-02	1,5E-04	2,8E-06
MOLM9	3,3E-02	1,6E-04	3,7E-06	3,1E-02	1,5E-04	2,9E-06
MOLM10	3,0E-02	1,5E-04	3,5E-06	5,9E-02	2,9E-04	4,7E-06
Média			3,6E-06			3,3E-06

$$\alpha = 3,6 \times 10^{-6} \text{ (}^\circ\text{C}^{-1}\text{)}$$

$\ell_{p_{20}}$ - comprimento inicial do provete, medido com paquímetro, a (20±5)°C, mm;

d - diâmetro dos rebites, em mm;

$\ell_{s_{20}}$ - comprimento inicial do provete a (20±5)°C, em mm;

$\ell_{s_{80}}$ - comprimento final do provete a (80±5)°C, em mm;

$\Delta \ell_{s_{80}} = (\ell_{s_{80}} - \ell_{s_{20}})$ - variação do comprimento do provete, em mm;

ΔT (60±1)°C - variação da temperatura de ensaio de (20±0,5)°C a (80±0,5)°C;

$\epsilon_{s_i} = (\Delta \ell_{s_i} / \ell_{p_{20}})$ - dilatação térmica linear unitária do provete na direcção "i", em 10⁻⁶ mm/mm

$\alpha = [(\Delta \ell_{s_i}) / (\ell_{p_{20}} \times \Delta T)]$ - coeficiente dilatação térmica linear do provete, em °C⁻¹

ANEXO 6

CONDUTIVIDADE SECA

CONDUTIVIDADE SECA - AMARELO VILA REAL (AVR)

Data	Hora	Minutos	Face interior (°C)	Face exterior (°C)	ΔT (°C)
05-01-2010	10:22:27	0	19,24	19,24	0,00
05-01-2010	10:23:27	1	19,26	22,08	2,82
05-01-2010	10:24:27	2	19,66	27,79	8,13
05-01-2010	10:25:27	3	20,60	32,23	11,63
05-01-2010	10:26:27	4	21,91	35,00	13,08
05-01-2010	10:27:27	5	23,34	37,01	13,66
05-01-2010	10:28:27	6	24,87	38,59	13,71
05-01-2010	10:29:27	7	26,32	40,03	13,71
05-01-2010	10:30:27	8	27,76	41,40	13,64
05-01-2010	10:31:27	9	29,14	42,70	13,55
05-01-2010	10:32:27	10	30,47	43,84	13,37
05-01-2010	10:33:27	11	31,72	44,92	13,20
05-01-2010	10:34:27	12	32,93	46,12	13,19
05-01-2010	10:35:27	13	34,07	47,21	13,14
05-01-2010	10:36:27	14	35,17	48,27	13,10
05-01-2010	10:37:27	15	36,20	49,19	12,99
05-01-2010	10:38:27	16	37,28	50,23	12,95
05-01-2010	10:39:27	17	38,22	51,14	12,92
05-01-2010	10:40:27	18	39,14	52,14	12,99
05-01-2010	10:41:27	19	40,11	53,07	12,96
05-01-2010	10:42:27	20	41,00	54,00	13,00
05-01-2010	10:43:27	21	41,89	54,88	13,00
05-01-2010	10:44:27	22	42,77	55,76	12,99
05-01-2010	10:45:27	23	43,60	56,59	12,99
05-01-2010	10:46:27	24	44,40	57,39	12,99
05-01-2010	10:47:27	25	45,15	58,03	12,88
05-01-2010	10:48:27	26	45,93	58,95	13,02
05-01-2010	10:49:27	27	46,66	59,55	12,90
05-01-2010	10:50:27	28	47,40	60,33	12,92
05-01-2010	10:51:27	29	48,06	60,85	12,79
05-01-2010	10:52:27	30	48,70	61,47	12,77
05-01-2010	10:53:27	31	49,32	62,07	12,75
05-01-2010	10:54:27	32	49,95	62,66	12,71
05-01-2010	10:55:27	33	50,53	63,14	12,61
05-01-2010	10:56:27	34	51,09	63,65	12,56
05-01-2010	10:57:27	35	51,65	64,20	12,56
05-01-2010	10:58:27	36	52,14	64,76	12,61
05-01-2010	10:59:27	37	52,74	65,34	12,59
05-01-2010	11:00:27	38	53,20	65,76	12,56
05-01-2010	11:01:27	39	53,66	66,24	12,57
05-01-2010	11:02:27	40	54,13	66,67	12,54
05-01-2010	11:03:27	41	54,60	67,13	12,53
05-01-2010	11:04:27	42	55,04	67,52	12,48
05-01-2010	11:05:27	43	55,38	67,75	12,37
05-01-2010	11:06:27	44	55,85	68,48	12,64
05-01-2010	11:07:27	45	56,23	68,72	12,49
05-01-2010	11:08:27	46	56,63	69,17	12,54
05-01-2010	11:09:27	47	57,03	69,45	12,42
05-01-2010	11:10:27	48	57,37	69,70	12,33
05-01-2010	11:11:27	49	57,70	70,04	12,34
05-01-2010	11:12:27	50	58,04	70,53	12,49
05-01-2010	11:13:27	51	58,35	70,63	12,28
05-01-2010	11:14:27	52	58,62	70,90	12,28
05-01-2010	11:15:27	53	58,96	71,09	12,12
05-01-2010	11:16:27	54	59,23	71,55	12,32
05-01-2010	11:17:27	55	59,50	71,78	12,28
05-01-2010	11:18:27	56	59,76	72,09	12,33
05-01-2010	11:19:27	57	59,98	72,13	12,14
05-01-2010	11:20:27	58	60,28	72,56	12,28
05-01-2010	11:21:27	59	60,49	72,65	12,16
05-01-2010	11:22:00	60	60,61	72,86	12,25

CONDUTIVIDADE SECA - CINZENTO CLARO PEDRAS SALGADAS (CPS)

Data	Hora	Minutos	Face interior (°C)	Face exterior (°C)	ΔT (°C)
19-07-2010	14:32:26	0	27,29	27,28	0,01
19-07-2010	14:33:26	1	31,65	27,30	4,35
19-07-2010	14:34:26	2	39,66	27,63	12,03
19-07-2010	14:35:26	3	45,62	28,59	17,03
19-07-2010	14:36:26	4	49,17	29,94	19,22
19-07-2010	14:37:26	5	51,49	31,48	20,01
19-07-2010	14:38:26	6	53,39	33,09	20,30
19-07-2010	14:39:26	7	54,88	34,64	20,24
19-07-2010	14:40:26	8	56,29	36,14	20,14
19-07-2010	14:41:26	9	57,65	37,58	20,07
19-07-2010	14:42:26	10	58,94	38,95	19,99
19-07-2010	14:43:26	11	60,26	40,31	19,95
19-07-2010	14:44:26	12	61,64	41,64	20,00
19-07-2010	14:45:26	13	62,87	42,87	20,00
19-07-2010	14:46:26	14	63,87	44,03	19,84
19-07-2010	14:47:26	15	65,01	45,22	19,79
19-07-2010	14:48:26	16	66,26	46,33	19,94
19-07-2010	14:49:26	17	67,27	47,41	19,87
19-07-2010	14:50:26	18	68,33	48,49	19,84
19-07-2010	14:51:26	19	69,19	49,47	19,72
19-07-2010	14:52:26	20	70,01	50,43	19,58
19-07-2010	14:53:26	21	71,06	51,34	19,72
19-07-2010	14:54:26	22	71,92	52,27	19,65
19-07-2010	14:55:26	23	72,86	53,11	19,75
19-07-2010	14:56:26	24	73,82	53,91	19,91
19-07-2010	14:57:26	25	74,22	54,73	19,48
19-07-2010	14:58:26	26	75,00	55,46	19,54
19-07-2010	14:59:26	27	75,81	56,22	19,60
19-07-2010	15:00:26	28	76,15	56,89	19,26
19-07-2010	15:01:26	29	77,04	57,55	19,49
19-07-2010	15:02:26	30	77,75	58,21	19,54
19-07-2010	15:03:26	31	78,25	58,79	19,46
19-07-2010	15:04:26	32	78,87	59,37	19,50
19-07-2010	15:05:26	33	79,55	59,91	19,64
19-07-2010	15:06:26	34	79,93	60,45	19,48
19-07-2010	15:07:26	35	80,33	60,97	19,37
19-07-2010	15:08:26	36	81,05	61,47	19,58
19-07-2010	15:09:26	37	81,76	61,91	19,85
19-07-2010	15:10:26	38	82,37	62,40	19,97
19-07-2010	15:11:26	39	82,69	62,87	19,82
19-07-2010	15:12:26	40	82,85	63,26	19,59
19-07-2010	15:13:26	41	83,38	63,70	19,68
19-07-2010	15:14:26	42	83,88	64,06	19,83
19-07-2010	15:15:26	43	84,12	64,43	19,70
19-07-2010	15:16:26	44	84,59	64,80	19,79
19-07-2010	15:17:26	45	84,96	65,11	19,85
19-07-2010	15:18:26	46	85,43	65,42	20,02
19-07-2010	15:19:26	47	85,91	65,73	20,18
19-07-2010	15:20:26	48	86,27	66,03	20,24
19-07-2010	15:21:26	49	86,56	66,31	20,26
19-07-2010	15:22:26	50	87,06	66,62	20,44
19-07-2010	15:23:26	51	87,51	66,87	20,64
19-07-2010	15:24:26	52	87,84	67,15	20,69
19-07-2010	15:25:26	53	88,06	67,46	20,60
19-07-2010	15:26:26	54	88,44	67,72	20,72
19-07-2010	15:27:26	55	88,66	68,04	20,62
19-07-2010	15:28:26	56	88,92	68,23	20,70
19-07-2010	15:29:26	57	89,14	68,46	20,67
19-07-2010	15:30:26	58	89,50	68,67	20,83
19-07-2010	15:31:26	59	89,67	68,92	20,74
19-07-2010	15:32:26	60	90,04	69,16	20,88

CONDUTIVIDADE SECA - CRISTAL AZUL (CAZ)

Data	Hora	Minutos	Face interior (°C)	Face exterior (°C)	ΔT (°C)
06-01-2010	10:37:47	0	20,49	20,57	0,08
06-01-2010	10:38:47	1	20,54	23,43	2,89
06-01-2010	10:39:47	2	21,09	29,33	8,24
06-01-2010	10:40:47	3	22,30	33,97	11,67
06-01-2010	10:41:47	4	23,96	37,10	13,14
06-01-2010	10:42:47	5	25,73	39,40	13,66
06-01-2010	10:43:47	6	27,52	41,16	13,65
06-01-2010	10:44:47	7	29,24	42,86	13,62
06-01-2010	10:45:47	8	30,88	44,46	13,58
06-01-2010	10:46:47	9	32,50	45,95	13,45
06-01-2010	10:47:47	10	34,09	47,36	13,27
06-01-2010	10:48:47	11	35,57	48,75	13,18
06-01-2010	10:49:47	12	36,98	50,02	13,04
06-01-2010	10:50:47	13	38,36	51,25	12,89
06-01-2010	10:51:47	14	39,65	52,45	12,80
06-01-2010	10:52:47	15	40,91	53,66	12,75
06-01-2010	10:53:47	16	42,08	54,91	12,83
06-01-2010	10:54:47	17	43,26	56,08	12,82
06-01-2010	10:55:47	18	44,41	57,06	12,65
06-01-2010	10:56:47	19	45,45	57,99	12,54
06-01-2010	10:57:47	20	46,48	59,01	12,52
06-01-2010	10:58:47	21	47,48	60,18	12,70
06-01-2010	10:59:47	22	48,46	61,14	12,68
06-01-2010	11:00:47	23	49,44	61,98	12,54
06-01-2010	11:01:47	24	50,34	62,83	12,50
06-01-2010	11:02:47	25	51,21	63,66	12,45
06-01-2010	11:03:47	26	51,99	64,33	12,35
06-01-2010	11:04:47	27	52,81	65,08	12,27
06-01-2010	11:05:47	28	53,51	65,81	12,30
06-01-2010	11:06:47	29	54,19	66,42	12,23
06-01-2010	11:07:47	30	54,98	67,05	12,07
06-01-2010	11:08:47	31	55,62	67,59	11,97
06-01-2010	11:09:47	32	56,27	68,34	12,07
06-01-2010	11:10:47	33	56,89	68,83	11,94
06-01-2010	11:11:47	34	57,48	69,42	11,94
06-01-2010	11:12:47	35	57,98	69,96	11,98
06-01-2010	11:13:47	36	58,56	70,55	11,99
06-01-2010	11:14:47	37	59,13	71,02	11,90
06-01-2010	11:15:47	38	59,54	71,48	11,93
06-01-2010	11:16:47	39	60,08	71,89	11,81
06-01-2010	11:17:47	40	60,52	72,27	11,75
06-01-2010	11:18:47	41	60,93	72,89	11,96
06-01-2010	11:19:47	42	61,33	73,26	11,93
06-01-2010	11:20:47	43	61,76	73,49	11,73
06-01-2010	11:21:47	44	62,18	73,76	11,58
06-01-2010	11:22:47	45	62,53	74,21	11,68
06-01-2010	11:23:47	46	62,92	74,63	11,71
06-01-2010	11:24:47	47	63,26	75,00	11,74
06-01-2010	11:25:47	48	63,56	75,31	11,75
06-01-2010	11:26:47	49	63,96	75,62	11,66
06-01-2010	11:27:47	50	64,18	75,82	11,64
06-01-2010	11:28:47	51	64,46	76,11	11,65
06-01-2010	11:29:47	52	64,79	76,42	11,64
06-01-2010	11:30:47	53	65,05	76,77	11,72
06-01-2010	11:31:47	54	65,31	77,00	11,68
06-01-2010	11:32:47	55	65,53	77,13	11,60
06-01-2010	11:33:47	56	65,79	77,56	11,76
06-01-2010	11:34:47	57	66,02	77,65	11,63
06-01-2010	11:35:47	58	66,28	77,89	11,62
06-01-2010	11:36:47	59	66,55	78,05	11,50
06-01-2010	11:37:47	60	66,70	78,32	11,62

CONDUTIVIDADE SECA - ROSA MONÇÃO (RM)

Data	Hora	Minutos	Face interior (°C)	Face exterior (°C)	ΔT (°C)
22-07-2010	11:13:03	0	29,87	29,74	0,13
22-07-2010	11:14:03	1	29,82	29,68	0,14
22-07-2010	11:15:03	2	31,20	29,65	1,55
22-07-2010	11:16:03	3	36,88	29,86	7,01
22-07-2010	11:17:03	4	42,42	30,37	12,05
22-07-2010	11:18:03	5	46,14	31,32	14,82
22-07-2010	11:19:03	6	48,68	32,50	16,18
22-07-2010	11:20:03	7	50,73	33,86	16,87
22-07-2010	11:21:03	8	52,48	35,21	17,27
22-07-2010	11:22:03	9	54,19	36,55	17,64
22-07-2010	11:23:03	10	55,84	37,86	17,98
22-07-2010	11:24:03	11	57,39	39,10	18,29
22-07-2010	11:25:03	12	58,90	40,35	18,56
22-07-2010	11:26:03	13	60,27	41,55	18,72
22-07-2010	11:27:03	14	61,52	42,72	18,80
22-07-2010	11:28:03	15	62,81	43,90	18,91
22-07-2010	11:29:03	16	64,08	44,98	19,11
22-07-2010	11:30:03	17	65,17	46,01	19,16
22-07-2010	11:31:03	18	66,22	47,05	19,17
22-07-2010	11:32:03	19	67,24	48,06	19,18
22-07-2010	11:33:03	20	68,28	49,06	19,23
22-07-2010	11:34:03	21	69,09	50,04	19,05
22-07-2010	11:35:03	22	70,19	50,86	19,33
22-07-2010	11:36:03	23	71,10	51,77	19,33
22-07-2010	11:37:03	24	72,13	52,65	19,48
22-07-2010	11:38:03	25	72,91	53,45	19,46
22-07-2010	11:40:03	26	74,66	55,00	19,65
22-07-2010	11:41:03	27	75,41	55,79	19,63
22-07-2010	11:42:03	28	75,86	56,46	19,40
22-07-2010	11:43:03	29	76,66	57,13	19,52
22-07-2010	11:44:03	30	77,38	57,84	19,54
22-07-2010	11:45:03	31	78,06	58,44	19,62
22-07-2010	11:46:03	32	78,58	59,01	19,57
22-07-2010	11:47:03	33	79,44	59,70	19,74
22-07-2010	11:48:03	34	79,91	60,28	19,62
22-07-2010	11:49:03	35	80,51	60,85	19,65
22-07-2010	11:50:03	36	81,02	61,38	19,63
22-07-2010	11:51:03	37	81,62	61,90	19,73
22-07-2010	11:52:03	38	82,12	62,39	19,73
22-07-2010	11:53:03	39	82,76	62,84	19,92
22-07-2010	11:54:03	40	83,21	63,29	19,92
22-07-2010	11:55:03	41	83,71	63,83	19,87
22-07-2010	11:56:03	42	84,23	64,26	19,97
22-07-2010	11:57:03	43	84,63	64,68	19,94
22-07-2010	11:58:03	44	84,88	65,11	19,77
22-07-2010	11:59:03	45	85,39	65,47	19,92
22-07-2010	12:00:03	46	85,67	65,84	19,82
22-07-2010	12:01:03	47	85,88	66,23	19,64
22-07-2010	12:02:03	48	86,23	66,54	19,68
22-07-2010	12:03:03	49	86,58	66,85	19,73
22-07-2010	12:04:03	50	87,10	67,19	19,91
22-07-2010	12:05:03	51	87,50	67,54	19,97
22-07-2010	12:06:03	52	87,95	67,86	20,09
22-07-2010	12:07:03	53	88,06	68,14	19,92
22-07-2010	12:08:03	54	88,19	68,41	19,78
22-07-2010	12:09:03	55	88,44	68,66	19,78
22-07-2010	12:10:03	56	88,63	68,91	19,72
22-07-2010	12:11:03	57	89,22	69,15	20,07
22-07-2010	12:12:03	58	89,34	69,42	19,92
22-07-2010	12:13:03	59	89,55	69,59	19,96
22-07-2010	12:14:03	60	89,35	69,78	19,57

CONDUTIVIDADE SECA - CINZENTO FAVACO (CFAV)

Data	Hora	Minutos	Face interior (°C)	Face exterior (°C)	ΔT (°C)
14-07-2010	10:54:25	0	23,33	23,27	0,05
14-07-2010	10:55:25	1	28,75	23,27	5,48
14-07-2010	10:56:25	2	37,80	23,50	14,30
14-07-2010	10:57:25	3	44,94	24,10	20,84
14-07-2010	10:58:25	4	49,02	25,22	23,80
14-07-2010	10:59:25	5	51,84	26,56	25,29
14-07-2010	11:00:25	6	54,02	28,02	26,00
14-07-2010	11:01:25	7	55,87	29,47	26,40
14-07-2010	11:02:25	8	57,34	30,94	26,40
14-07-2010	11:03:25	9	59,05	32,37	26,67
14-07-2010	11:04:25	10	60,29	33,79	26,49
14-07-2010	11:05:25	11	61,51	35,14	26,38
14-07-2010	11:06:25	12	62,58	36,45	26,13
14-07-2010	11:07:25	13	63,75	37,78	25,98
14-07-2010	11:08:25	14	64,81	39,05	25,76
14-07-2010	11:09:25	15	65,83	40,27	25,56
14-07-2010	11:10:25	16	67,02	41,49	25,53
14-07-2010	11:11:25	17	68,25	42,62	25,63
14-07-2010	11:12:25	18	69,21	43,72	25,49
14-07-2010	11:13:25	19	70,30	44,73	25,57
14-07-2010	11:14:25	20	71,35	45,78	25,56
14-07-2010	11:15:25	21	72,37	46,73	25,64
14-07-2010	11:16:25	22	73,34	47,65	25,69
14-07-2010	11:17:25	23	74,34	48,60	25,74
14-07-2010	11:18:25	24	75,35	49,49	25,86
14-07-2010	11:19:25	25	76,11	50,16	25,95
14-07-2010	11:20:25	26	77,04	51,05	25,99
14-07-2010	11:21:25	27	77,68	51,79	25,89
14-07-2010	11:22:25	28	78,31	52,52	25,79
14-07-2010	11:23:25	29	78,90	53,34	25,56
14-07-2010	11:24:25	30	79,62	54,09	25,53
14-07-2010	11:25:25	31	80,61	54,95	25,66
14-07-2010	11:26:25	32	81,36	55,49	25,87
14-07-2010	11:27:25	33	81,81	56,12	25,69
14-07-2010	11:28:25	34	82,59	56,60	25,99
14-07-2010	11:29:25	35	83,36	57,29	26,07
14-07-2010	11:30:25	36	84,05	57,91	26,14
14-07-2010	11:31:25	37	84,73	58,52	26,20
14-07-2010	11:32:25	38	85,35	58,95	26,39
14-07-2010	11:33:25	39	85,65	59,46	26,19
14-07-2010	11:34:25	40	86,20	59,78	26,42
14-07-2010	11:35:25	41	86,56	60,29	26,28
14-07-2010	11:36:25	42	86,82	60,72	26,10
14-07-2010	11:37:25	43	87,18	61,25	25,92
14-07-2010	11:38:25	44	87,52	61,64	25,89
14-07-2010	11:39:25	45	87,85	62,09	25,76
14-07-2010	11:40:25	46	88,42	62,40	26,02
14-07-2010	11:41:25	47	88,84	62,85	25,99
14-07-2010	11:42:25	48	89,40	63,28	26,12
14-07-2010	11:43:25	49	89,84	63,63	26,21
14-07-2010	11:44:25	50	89,86	64,03	25,83
14-07-2010	11:45:25	51	90,18	64,49	25,69
14-07-2010	11:46:25	52	90,50	64,66	25,84
14-07-2010	11:47:25	53	90,86	65,06	25,81
14-07-2010	11:48:25	54	91,34	65,20	26,15
14-07-2010	11:49:25	55	91,71	65,51	26,21
14-07-2010	11:50:25	56	92,19	65,82	26,36
14-07-2010	11:51:25	57	92,38	66,00	26,37
14-07-2010	11:52:25	58	92,64	66,27	26,37
14-07-2010	11:53:25	59	93,14	66,53	26,61
14-07-2010	11:54:25	60	93,33	66,73	26,60

CONDUTIVIDADE SECA - CINZENTO MONCHIQUE (SNEF)

Data	Hora	Minutos	Face interior (°C)	Face exterior (°C)	ΔT (°C)
13-07-2010	10:34:44	0	24,70	24,67	0,02
13-07-2010	10:35:44	1	28,99	24,72	4,27
13-07-2010	10:36:44	2	36,79	24,82	11,97
13-07-2010	10:37:44	3	42,94	25,09	17,85
13-07-2010	10:38:44	4	46,99	25,67	21,32
13-07-2010	10:39:44	5	49,73	26,47	23,26
13-07-2010	10:40:44	6	51,79	27,49	24,30
13-07-2010	10:41:44	7	53,34	28,55	24,79
13-07-2010	10:42:44	8	54,52	29,62	24,90
13-07-2010	10:43:44	9	56,14	30,74	25,40
13-07-2010	10:44:45	10	57,58	31,92	25,66
13-07-2010	10:45:44	11	59,09	32,97	26,12
13-07-2010	10:46:44	12	60,22	34,04	26,18
13-07-2010	10:47:44	13	61,27	35,13	26,15
13-07-2010	10:48:44	14	62,35	36,17	26,18
13-07-2010	10:49:44	15	63,72	37,25	26,47
13-07-2010	10:50:44	16	64,82	38,21	26,61
13-07-2010	10:51:44	17	65,94	39,24	26,70
13-07-2010	10:52:44	18	66,94	40,17	26,78
13-07-2010	10:53:44	19	68,27	41,05	27,21
13-07-2010	10:54:44	20	69,29	41,92	27,38
13-07-2010	10:55:44	21	70,14	42,74	27,40
13-07-2010	10:56:44	22	70,83	43,54	27,30
13-07-2010	10:57:44	23	71,61	44,31	27,30
13-07-2010	10:58:44	24	72,41	45,13	27,28
13-07-2010	10:59:44	25	73,03	45,73	27,30
13-07-2010	11:00:44	26	74,01	46,37	27,64
13-07-2010	11:01:44	27	74,77	46,90	27,87
13-07-2010	11:02:44	28	75,53	47,39	28,14
13-07-2010	11:03:44	29	76,28	47,98	28,30
13-07-2010	11:04:44	30	76,73	48,58	28,15
13-07-2010	11:05:44	31	77,67	49,19	28,48
13-07-2010	11:06:44	32	78,30	49,79	28,51
13-07-2010	11:07:44	33	78,71	50,40	28,31
13-07-2010	11:08:44	34	80,02	51,07	28,95
13-07-2010	11:09:44	35	81,04	51,57	29,47
13-07-2010	11:10:44	36	81,68	52,04	29,64
13-07-2010	11:11:44	37	82,27	52,55	29,73
13-07-2010	11:12:44	38	82,64	53,01	29,63
13-07-2010	11:13:44	39	83,15	53,48	29,67
13-07-2010	11:14:44	40	83,57	53,95	29,62
13-07-2010	11:15:44	41	84,24	54,34	29,90
13-07-2010	11:16:44	42	84,81	54,73	30,08
13-07-2010	11:17:44	43	84,92	55,21	29,71
13-07-2010	11:18:44	44	85,79	55,58	30,21
13-07-2010	11:19:44	45	86,41	56,02	30,40
13-07-2010	11:20:44	46	86,89	56,38	30,51
13-07-2010	11:21:44	47	87,14	56,79	30,35
13-07-2010	11:22:44	48	87,51	57,16	30,34
13-07-2010	11:23:44	49	88,23	57,52	30,70
13-07-2010	11:24:44	50	88,68	57,89	30,79
13-07-2010	11:25:44	51	88,92	58,26	30,66
13-07-2010	11:26:44	52	89,39	58,57	30,82
13-07-2010	11:27:44	53	89,70	58,90	30,80
13-07-2010	11:28:44	54	90,15	59,20	30,95
13-07-2010	11:29:44	55	90,35	59,52	30,83
13-07-2010	11:30:44	56	90,72	59,90	30,82
13-07-2010	11:31:44	57	91,16	60,34	30,82
13-07-2010	11:32:44	58	91,31	60,65	30,66
13-07-2010	11:33:44	59	91,64	60,98	30,66
13-07-2010	11:34:44	60	91,68	61,20	30,48

CONDUTIVIDADE SECA - NEGRO IMPALA (NIMP)

Data	Hora	Minutos	Face interior (°C)	Face exterior (°C)	ΔT (°C)
15-07-2010	14:42:49	0	26,99	26,96	0,03
15-07-2010	14:43:49	1	31,53	26,97	4,56
15-07-2010	14:44:49	2	40,07	27,16	12,91
15-07-2010	14:45:49	3	46,71	27,76	18,95
15-07-2010	14:46:49	4	50,64	28,90	21,74
15-07-2010	14:47:49	5	53,49	30,25	23,24
15-07-2010	14:48:49	6	55,78	31,71	24,08
15-07-2010	14:49:49	7	57,49	33,16	24,33
15-07-2010	14:50:49	8	59,06	34,51	24,55
15-07-2010	14:51:49	9	60,55	35,90	24,65
15-07-2010	14:52:49	10	61,88	37,19	24,69
15-07-2010	14:53:49	11	63,07	38,45	24,62
15-07-2010	14:54:49	12	63,87	39,56	24,32
15-07-2010	14:55:49	13	65,15	40,73	24,42
15-07-2010	14:56:49	14	66,59	41,73	24,86
15-07-2010	14:57:49	15	67,91	42,77	25,14
15-07-2010	14:58:49	16	68,72	43,86	24,86
15-07-2010	14:59:49	17	69,99	44,93	25,06
15-07-2010	15:00:49	18	70,60	45,91	24,68
15-07-2010	15:01:49	19	71,21	46,81	24,40
15-07-2010	15:02:49	20	72,06	47,65	24,40
15-07-2010	15:03:49	21	73,07	48,57	24,50
15-07-2010	15:04:49	22	74,04	49,40	24,64
15-07-2010	15:05:49	23	75,11	50,25	24,86
15-07-2010	15:06:49	24	75,32	51,06	24,26
15-07-2010	15:07:49	25	76,53	51,72	24,81
15-07-2010	15:08:49	26	77,30	52,45	24,84
15-07-2010	15:09:49	27	77,87	53,15	24,73
15-07-2010	15:10:49	28	78,15	53,92	24,23
15-07-2010	15:11:49	29	78,90	54,58	24,32
15-07-2010	15:12:49	30	79,55	55,22	24,33
15-07-2010	15:13:49	31	79,86	55,87	23,99
15-07-2010	15:14:49	32	79,72	56,48	23,25
15-07-2010	15:15:49	33	81,08	57,01	24,07
15-07-2010	15:16:49	34	81,60	57,55	24,06
15-07-2010	15:17:49	35	82,25	58,15	24,10
15-07-2010	15:18:49	36	82,43	58,68	23,75
15-07-2010	15:19:48	37	83,67	59,13	24,53
15-07-2010	15:20:49	38	83,67	59,63	24,05
15-07-2010	15:21:49	39	84,19	60,11	24,08
15-07-2010	15:22:49	40	84,77	60,63	24,14
15-07-2010	15:23:49	41	85,07	61,02	24,05
15-07-2010	15:24:49	42	85,45	61,53	23,93
15-07-2010	15:25:49	43	86,08	61,91	24,17
15-07-2010	15:26:49	44	86,55	62,38	24,17
15-07-2010	15:27:49	45	86,82	62,79	24,02
15-07-2010	15:28:49	46	87,34	63,14	24,19
15-07-2010	15:29:49	47	87,40	63,54	23,86
15-07-2010	15:30:49	48	88,20	63,86	24,33
15-07-2010	15:31:49	49	88,65	64,24	24,41
15-07-2010	15:32:49	50	88,45	64,51	23,94
15-07-2010	15:33:49	51	88,90	64,87	24,03
15-07-2010	15:34:49	52	88,99	65,20	23,78
15-07-2010	15:35:49	53	90,02	65,51	24,51
15-07-2010	15:36:49	54	90,34	65,76	24,58
15-07-2010	15:37:49	55	90,41	66,08	24,33
15-07-2010	15:38:49	56	90,91	66,21	24,70
15-07-2010	15:39:49	57	90,79	66,60	24,20
15-07-2010	15:40:49	58	90,70	66,92	23,79
15-07-2010	15:41:49	59	91,35	67,15	24,20
15-07-2010	15:42:49	60	91,70	67,40	24,30

CONDUTIVIDADE SECA - NEGRO ZIMBABWE (NZBW)

Data	Hora	Minutos	Face interior (°C)	Face exterior (°C)	ΔT (°C)
19-07-2010	10:54:21	0	23,44	23,40	0,04
19-07-2010	10:55:21	1	28,24	23,42	4,82
19-07-2010	10:56:21	2	36,38	23,82	12,56
19-07-2010	10:57:21	3	42,73	24,70	18,03
19-07-2010	10:58:21	4	46,78	25,97	20,81
19-07-2010	10:59:21	5	49,60	27,38	22,21
19-07-2010	11:00:21	6	51,89	28,87	23,02
19-07-2010	11:01:21	7	53,92	30,43	23,49
19-07-2010	11:02:21	8	55,50	31,94	23,56
19-07-2010	11:03:21	9	57,25	33,39	23,85
19-07-2010	11:04:21	10	58,72	34,86	23,86
19-07-2010	11:05:21	11	60,20	36,28	23,92
19-07-2010	11:06:21	12	61,60	37,69	23,91
19-07-2010	11:07:21	13	62,90	39,06	23,85
19-07-2010	11:08:21	14	64,20	40,36	23,83
19-07-2010	11:09:21	15	65,34	41,62	23,72
19-07-2010	11:10:21	16	66,59	42,82	23,77
19-07-2010	11:11:21	17	67,72	44,01	23,71
19-07-2010	11:12:21	18	68,97	45,15	23,82
19-07-2010	11:13:21	19	69,87	46,21	23,66
19-07-2010	11:14:21	20	70,68	47,31	23,37
19-07-2010	11:15:21	21	71,80	48,33	23,47
19-07-2010	11:16:21	22	72,82	49,33	23,49
19-07-2010	11:17:21	23	73,43	50,19	23,24
19-07-2010	11:18:21	24	73,90	51,19	22,71
19-07-2010	11:19:21	25	74,89	52,08	22,81
19-07-2010	11:20:21	26	75,72	52,91	22,81
19-07-2010	11:21:21	27	76,88	53,66	23,23
19-07-2010	11:22:21	28	77,26	54,45	22,81
19-07-2010	11:23:21	29	78,27	55,19	23,09
19-07-2010	11:24:21	30	78,95	55,96	22,99
19-07-2010	11:25:21	31	79,88	56,64	23,25
19-07-2010	11:26:21	32	80,53	57,21	23,32
19-07-2010	11:27:21	33	81,18	57,82	23,36
19-07-2010	11:28:21	34	81,80	58,41	23,39
19-07-2010	11:29:21	35	82,20	59,00	23,20
19-07-2010	11:30:21	36	82,36	59,59	22,77
19-07-2010	11:31:21	37	83,39	60,16	23,23
19-07-2010	11:32:21	38	84,07	60,78	23,29
19-07-2010	11:33:21	39	84,69	61,23	23,46
19-07-2010	11:34:21	40	85,33	61,78	23,54
19-07-2010	11:35:21	41	85,76	62,26	23,50
19-07-2010	11:36:21	42	86,16	62,65	23,51
19-07-2010	11:37:21	43	86,62	63,09	23,54
19-07-2010	11:38:21	44	87,10	63,62	23,48
19-07-2010	11:39:21	45	87,53	64,04	23,49
19-07-2010	11:40:21	46	87,84	64,34	23,51
19-07-2010	11:41:21	47	88,37	64,79	23,58
19-07-2010	11:42:21	48	88,52	65,13	23,40
19-07-2010	11:43:21	49	88,92	65,57	23,36
19-07-2010	11:44:21	50	89,55	65,82	23,73
19-07-2010	11:45:21	51	90,00	66,15	23,85
19-07-2010	11:46:21	52	90,28	66,49	23,79
19-07-2010	11:47:21	53	90,74	66,81	23,93
19-07-2010	11:48:21	54	91,16	67,09	24,07
19-07-2010	11:49:21	55	91,27	67,37	23,90
19-07-2010	11:50:21	56	91,53	67,69	23,84
19-07-2010	11:51:21	57	91,97	68,00	23,98
19-07-2010	11:52:21	58	92,20	68,26	23,94
19-07-2010	11:53:21	59	92,35	68,48	23,87
19-07-2010	11:54:21	60	92,79	68,71	24,08

CONDUTIVIDADE SECA - ARDÓSIA DE VALONGO (ARDV)

Data	Hora	Minutos	Face interior (°C)	Face exterior (°C)	ΔT (°C)
05-01-2010	15:25:27	0	25,37	25,36	0,01
05-01-2010	15:26:27	1	28,72	25,30	3,43
05-01-2010	15:27:27	2	35,52	25,42	10,10
05-01-2010	15:28:27	3	40,64	25,77	14,87
05-01-2010	15:29:27	4	43,75	26,58	17,18
05-01-2010	15:30:27	5	45,68	27,57	18,11
05-01-2010	15:31:27	6	47,07	28,71	18,37
05-01-2010	15:32:27	7	48,29	29,82	18,48
05-01-2010	15:33:27	8	49,52	31,00	18,52
05-01-2010	15:34:27	9	50,66	32,17	18,49
05-01-2010	15:35:27	10	51,59	33,24	18,36
05-01-2010	15:36:27	11	52,60	34,30	18,30
05-01-2010	15:37:27	12	53,68	35,40	18,28
05-01-2010	15:38:27	13	54,80	36,40	18,40
05-01-2010	15:39:27	14	55,81	37,47	18,34
05-01-2010	15:40:27	15	56,88	38,41	18,48
05-01-2010	15:41:27	16	57,77	39,35	18,42
05-01-2010	15:42:27	17	58,70	40,33	18,37
05-01-2010	15:43:27	18	59,49	41,22	18,27
05-01-2010	15:44:27	19	60,38	42,10	18,28
05-01-2010	15:45:27	20	61,18	42,89	18,29
05-01-2010	15:46:27	21	62,15	43,73	18,42
05-01-2010	15:47:27	22	62,85	44,55	18,30
05-01-2010	15:48:27	23	63,50	45,32	18,18
05-01-2010	15:49:27	24	64,18	46,09	18,09
05-01-2010	15:50:27	25	65,05	46,80	18,25
05-01-2010	15:51:27	26	65,76	47,50	18,25
05-01-2010	15:52:27	27	66,35	48,18	18,17
05-01-2010	15:53:27	28	66,88	48,85	18,03
05-01-2010	15:54:27	29	67,68	49,47	18,20
05-01-2010	15:55:27	30	68,21	50,10	18,11
05-01-2010	15:56:27	31	50,77	68,90	18,13
05-01-2010	15:57:27	32	51,31	69,45	18,14
05-01-2010	15:58:27	33	51,91	69,92	18,01
05-01-2010	15:59:27	34	52,44	70,57	18,13
05-01-2010	16:00:27	35	52,95	71,28	18,34
05-01-2010	16:01:27	36	53,46	71,69	18,23
05-01-2010	16:02:27	37	54,04	72,17	18,13
05-01-2010	16:03:27	38	54,47	72,63	18,16
05-01-2010	16:04:27	39	54,95	73,01	18,06
05-01-2010	16:05:27	40	55,44	73,52	18,08
05-01-2010	16:06:27	41	55,89	73,94	18,04
05-01-2010	16:07:27	42	56,25	74,40	18,15
05-01-2010	16:08:27	43	56,71	74,87	18,17
05-01-2010	16:09:27	44	57,11	75,04	17,94
05-01-2010	16:10:27	45	57,53	75,61	18,09
05-01-2010	16:11:27	46	57,93	75,89	17,96
05-01-2010	16:12:27	47	58,24	76,40	18,16
05-01-2010	16:13:27	48	58,69	76,86	18,16
05-01-2010	16:14:27	49	58,94	77,08	18,14
05-01-2010	16:15:27	50	59,29	77,43	18,14
05-01-2010	16:16:27	51	59,62	77,56	17,93
05-01-2010	16:17:27	52	59,98	77,75	17,77
05-01-2010	16:18:27	53	60,26	78,06	17,79
05-01-2010	16:19:27	54	60,58	78,55	17,97
05-01-2010	16:20:27	55	60,84	78,85	18,01
05-01-2010	16:21:27	56	61,07	79,12	18,05
05-01-2010	16:22:27	57	61,34	79,27	17,94
05-01-2010	16:23:27	58	61,60	79,49	17,89
05-01-2010	16:24:27	59	61,84	79,58	17,74
05-01-2010	16:25:27	60	62,07	79,95	17,88

CONDUTIVIDADE SECA - VERDE DONAI (VD)

Data	Hora	Minutos	Face interior (°C)	Face exterior (°C)	ΔT (°C)
15-07-2010	10:42:40	0	25,47	22,81	2,65
15-07-2010	10:43:40	1	32,69	22,99	9,70
15-07-2010	10:44:26	2	37,73	23,39	14,34
15-07-2010	10:45:40	3	42,93	24,54	18,39
15-07-2010	10:46:40	4	45,46	25,77	19,70
15-07-2010	10:47:40	5	47,42	27,06	20,36
15-07-2010	10:48:40	6	48,84	28,34	20,49
15-07-2010	10:49:40	7	50,23	29,68	20,55
15-07-2010	10:50:40	8	51,81	30,98	20,83
15-07-2010	10:51:40	9	53,12	32,24	20,89
15-07-2010	10:52:40	10	54,48	33,45	21,04
15-07-2010	10:53:40	11	55,92	34,67	21,25
15-07-2010	10:54:40	12	57,13	35,84	21,29
15-07-2010	10:55:40	13	58,29	37,02	21,27
15-07-2010	10:56:40	14	59,38	38,13	21,25
15-07-2010	10:57:40	15	60,55	39,22	21,33
15-07-2010	10:58:40	16	61,69	40,25	21,45
15-07-2010	10:59:40	17	62,86	41,32	21,54
15-07-2010	11:00:40	18	63,80	42,33	21,47
15-07-2010	11:01:40	19	64,84	43,35	21,49
15-07-2010	11:02:40	20	65,63	44,23	21,40
15-07-2010	11:03:40	21	66,53	45,11	21,42
15-07-2010	11:04:40	22	67,26	46,03	21,22
15-07-2010	11:05:40	23	68,16	46,97	21,19
15-07-2010	11:06:40	24	69,03	47,69	21,34
15-07-2010	11:07:40	25	69,71	48,50	21,21
15-07-2010	11:08:40	26	70,39	49,23	21,16
15-07-2010	11:09:40	27	71,16	49,99	21,16
15-07-2010	11:10:40	28	72,01	50,79	21,23
15-07-2010	11:11:15	29	72,46	51,20	21,25
15-07-2010	11:12:15	30	72,46	51,20	21,25

CONDUTIVIDADE SECA - BRANCO ROSADO (MBR)

Data	Hora	Minutos	Face interior (°C)	Face exterior (°C)	ΔT (°C)
21-07-2010	16:12:38	0	29,31	29,29	0,01
21-07-2010	16:13:38	1	33,09	29,30	3,79
21-07-2010	16:14:38	2	40,75	29,53	11,22
21-07-2010	16:15:38	3	47,00	30,28	16,72
21-07-2010	16:16:38	4	51,46	31,46	20,00
21-07-2010	16:17:38	5	54,34	32,78	21,56
21-07-2010	16:18:38	6	56,83	34,18	22,65
21-07-2010	16:19:38	7	58,40	35,61	22,79
21-07-2010	16:20:38	8	59,91	36,99	22,92
21-07-2010	16:21:38	9	61,81	38,32	23,50
21-07-2010	16:22:38	10	63,22	39,58	23,64
21-07-2010	16:23:38	11	64,50	40,80	23,70
21-07-2010	16:24:38	12	65,89	42,02	23,86
21-07-2010	16:25:38	13	66,88	43,23	23,65
21-07-2010	16:26:38	14	67,68	44,34	23,34
21-07-2010	16:27:38	15	68,86	45,49	23,38
21-07-2010	16:28:38	16	69,96	46,56	23,40
21-07-2010	16:29:38	17	70,34	47,63	22,71
21-07-2010	16:30:38	18	71,43	48,56	22,86
21-07-2010	16:31:38	19	72,41	49,49	22,93
21-07-2010	16:32:38	20	73,03	50,54	22,49
21-07-2010	16:33:38	21	73,55	51,51	22,05
21-07-2010	16:34:38	22	74,55	52,33	22,22
21-07-2010	16:35:38	23	75,05	53,07	21,99
21-07-2010	16:36:38	24	75,67	53,83	21,84
21-07-2010	16:37:38	25	76,08	54,56	21,52
21-07-2010	16:38:38	26	77,22	55,30	21,92
21-07-2010	16:39:38	27	77,69	56,04	21,64
21-07-2010	16:40:38	28	78,78	56,80	21,98
21-07-2010	16:41:38	29	79,29	57,39	21,90
21-07-2010	16:42:38	30	79,37	57,92	21,45
21-07-2010	16:43:38	31	80,33	58,72	21,61
21-07-2010	16:44:38	32	80,71	59,24	21,46
21-07-2010	16:45:38	33	81,50	59,93	21,57
21-07-2010	16:46:38	34	81,61	60,29	21,32
21-07-2010	16:47:38	35	82,27	60,91	21,36
21-07-2010	16:48:38	36	83,21	61,38	21,83
21-07-2010	16:49:38	37	83,34	61,91	21,43
21-07-2010	16:50:38	38	83,97	62,40	21,57
21-07-2010	16:51:38	39	84,52	62,93	21,59
21-07-2010	16:52:38	40	85,12	63,33	21,79
21-07-2010	16:53:38	41	85,52	63,80	21,73
21-07-2010	16:54:38	42	85,89	64,17	21,72
21-07-2010	16:55:38	43	86,40	64,68	21,72
21-07-2010	16:56:38	44	86,69	65,10	21,59
21-07-2010	16:57:38	45	87,26	65,39	21,86
21-07-2010	16:58:38	46	87,47	65,79	21,68
21-07-2010	16:59:38	47	87,75	66,24	21,52
21-07-2010	17:00:38	48	88,19	66,52	21,67
21-07-2010	17:01:38	49	88,65	66,88	21,77
21-07-2010	17:02:38	50	88,67	67,20	21,47
21-07-2010	17:03:38	51	89,06	67,46	21,60
21-07-2010	17:04:38	52	89,39	67,78	21,60
21-07-2010	17:05:38	53	89,70	68,06	21,64
21-07-2010	17:06:38	54	89,85	68,16	21,70
21-07-2010	17:07:38	55	90,18	68,53	21,65
21-07-2010	17:08:38	56	90,54	68,82	21,73
21-07-2010	17:09:38	57	90,93	69,13	21,80
21-07-2010	17:10:39	58	91,34	69,39	21,96
21-07-2010	17:11:38	59	91,34	69,60	21,73
21-07-2010	17:12:38	60	91,82	69,86	21,96

CONDUTIVIDADE SECA MOLEANOS (MOLM)

Data	Hora	Minutos	Face interior (°C)	Face exterior (°C)	ΔT (°C)
22-07-2010	09:12:19	0	24,99	24,98	0,00
22-07-2010	09:13:19	1	29,58	24,99	4,59
22-07-2010	09:14:19	2	37,04	25,31	11,73
22-07-2010	09:15:19	3	42,36	26,05	16,32
22-07-2010	09:16:19	4	46,07	27,24	18,83
22-07-2010	09:17:19	5	48,32	28,54	19,78
22-07-2010	09:18:19	6	50,37	29,93	20,44
22-07-2010	09:19:19	7	52,36	31,25	21,11
22-07-2010	09:20:19	8	54,27	32,67	21,61
22-07-2010	09:21:19	9	55,94	33,98	21,96
22-07-2010	09:22:19	10	57,30	35,30	22,00
22-07-2010	09:23:19	11	58,94	36,59	22,35
22-07-2010	09:24:19	12	60,26	37,75	22,50
22-07-2010	09:25:19	13	61,86	38,94	22,92
22-07-2010	09:26:19	14	63,12	40,06	23,06
22-07-2010	09:27:19	15	64,26	41,23	23,03
22-07-2010	09:28:19	16	65,36	42,33	23,03
22-07-2010	09:29:19	17	66,69	43,35	23,33
22-07-2010	09:30:19	18	67,72	44,47	23,25
22-07-2010	09:31:19	19	68,95	45,44	23,51
22-07-2010	09:32:19	20	69,81	46,50	23,31
22-07-2010	09:33:19	21	70,98	47,51	23,47
22-07-2010	09:34:19	22	72,03	48,42	23,61
22-07-2010	09:35:19	23	73,00	49,27	23,73
22-07-2010	09:36:19	24	73,72	49,99	23,73
22-07-2010	09:37:19	25	74,35	50,77	23,57
22-07-2010	09:38:19	26	75,35	51,52	23,83
22-07-2010	09:39:19	27	76,12	52,38	23,74
22-07-2010	09:40:19	28	77,16	53,14	24,02
22-07-2010	09:41:19	29	78,02	53,85	24,17
22-07-2010	09:42:19	30	78,66	54,47	24,19
22-07-2010	09:43:19	31	79,35	55,09	24,26
22-07-2010	09:44:19	32	80,41	55,80	24,60
22-07-2010	09:45:19	33	81,01	56,37	24,65
22-07-2010	09:46:19	34	82,01	57,04	24,97
22-07-2010	09:47:19	35	82,62	57,70	24,92
22-07-2010	09:48:19	36	83,60	58,24	25,36
22-07-2010	09:49:19	37	84,34	58,82	25,52
22-07-2010	09:50:19	38	85,02	59,29	25,73
22-07-2010	09:51:19	39	85,53	59,68	25,85
22-07-2010	09:52:19	40	86,12	60,29	25,84
22-07-2010	09:53:19	41	86,69	60,76	25,92
22-07-2010	09:54:19	42	87,30	61,13	26,17
22-07-2010	09:55:19	43	87,43	61,55	25,88
22-07-2010	09:56:19	44	88,10	62,04	26,05
22-07-2010	09:57:19	45	88,55	62,46	26,08
22-07-2010	09:58:19	46	89,22	62,98	26,24
22-07-2010	09:59:19	47	89,75	63,45	26,30
22-07-2010	10:00:19	48	90,12	63,86	26,26
22-07-2010	10:01:19	49	90,41	64,18	26,23
22-07-2010	10:02:19	50	90,78	64,51	26,26
22-07-2010	10:03:19	51	91,09	64,85	26,24
22-07-2010	10:04:19	52	91,25	64,97	26,28
22-07-2010	10:05:19	53	91,69	65,43	26,26
22-07-2010	10:06:19	54	91,68	65,66	26,02
22-07-2010	10:07:19	55	91,97	65,95	26,03
22-07-2010	10:08:19	56	92,64	66,32	26,33
22-07-2010	10:09:19	57	92,73	66,61	26,12
22-07-2010	10:10:19	58	92,99	66,88	26,11
22-07-2010	10:11:19	59	93,25	67,14	26,11
22-07-2010	10:12:19	60	93,74	67,45	26,29

ANEXO 7

CONDUTIVIDADE SATURADA



CONDUTIVIDADE SATURADA AMARELO - VILA REAL (AVR)

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
26-04-2012	14:41:20	0,00	19,92	17,77	2,15
26-04-2012	14:42:24	1,07	19,64	17,49	2,15
26-04-2012	14:43:28	2,13	19,53	17,34	2,19
26-04-2012	14:44:32	3,20	19,85	17,25	2,60
26-04-2012	14:45:36	4,27	20,47	17,27	3,20
26-04-2012	14:46:40	5,33	21,50	17,27	4,23
26-04-2012	14:47:44	6,40	22,69	17,34	5,35
26-04-2012	14:48:48	7,47	23,83	17,36	6,47
26-04-2012	14:49:52	8,53	25,30	17,38	7,92
26-04-2012	14:50:56	9,60	26,74	17,42	9,32
26-04-2012	14:52:00	10,67	28,48	17,47	11,01
26-04-2012	14:53:04	11,74	30,26	17,51	12,75
26-04-2012	14:54:08	12,81	32,17	17,56	14,61
26-04-2012	14:55:12	13,88	33,97	17,62	16,35
26-04-2012	14:56:16	14,95	35,67	17,66	18,01
26-04-2012	14:57:20	16,02	37,52	17,75	19,77
26-04-2012	14:58:24	17,09	39,58	17,84	21,74
26-04-2012	14:59:28	18,16	41,45	17,95	23,50
26-04-2012	15:00:32	19,23	43,29	18,06	25,23
26-04-2012	15:01:36	20,30	45,84	18,23	27,61
26-04-2012	15:02:40	21,37	47,46	18,45	29,01
26-04-2012	15:03:44	22,44	49,67	18,58	31,09
26-04-2012	15:04:48	23,51	51,27	18,85	32,42
26-04-2012	15:05:52	24,58	53,07	19,04	34,03
26-04-2012	15:06:56	25,65	55,19	19,28	35,91
26-04-2012	15:08:00	26,72	56,99	19,59	37,40
26-04-2012	15:09:04	27,79	58,27	19,96	38,31
26-04-2012	15:10:08	28,86	59,30	20,25	39,05
26-04-2012	15:11:12	29,93	61,71	20,60	41,11
26-04-2012	15:12:16	31,00	63,54	21,02	42,52
26-04-2012	15:13:20	32,07	65,12	21,41	43,71
26-04-2012	15:14:24	33,14	67,04	21,96	45,08
26-04-2012	15:15:28	34,21	67,77	22,49	45,28
26-04-2012	15:16:32	35,28	69,67	22,99	46,68
26-04-2012	15:17:36	36,35	70,98	23,66	47,32
26-04-2012	15:18:40	37,42	72,22	24,17	48,05
26-04-2012	15:19:44	38,49	73,20	24,92	48,28
26-04-2012	15:20:48	39,56	74,66	25,57	49,09
26-04-2012	15:21:52	40,63	76,59	26,35	50,24
26-04-2012	15:22:56	41,70	79,01	27,19	51,82
26-04-2012	15:24:00	42,77	81,38	27,96	53,42
26-04-2012	15:25:04	43,84	83,42	28,78	54,64
26-04-2012	15:26:08	44,91	84,62	29,70	54,92
26-04-2012	15:27:12	45,98	86,70	30,59	56,11
26-04-2012	15:28:16	47,05	88,62	31,55	57,07
26-04-2012	15:29:20	48,12	90,35	32,50	57,85
26-04-2012	15:30:24	49,19	92,28	33,48	58,80
26-04-2012	15:31:28	50,26	95,29	34,70	60,59
26-04-2012	15:32:32	51,33	97,81	35,84	61,97
26-04-2012	15:33:36	52,40	99,15	37,01	62,14
26-04-2012	15:34:40	53,47	99,56	38,40	61,16
26-04-2012	15:35:44	54,54	99,56	39,98	59,58
26-04-2012	15:36:48	55,61	99,56	41,39	58,17
26-04-2012	15:37:52	56,68	99,56	42,78	56,78

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
26-04-2012	15:38:56	57,75	99,56	44,04	55,52
26-04-2012	15:40:00	58,82	99,56	45,39	54,17
26-04-2012	15:41:04	59,89	99,56	46,32	53,24
26-04-2012	15:42:08	60,96	99,56	47,56	52,00
26-04-2012	15:43:12	62,03	99,56	48,47	51,09
26-04-2012	15:44:16	63,10	99,56	49,73	49,83
26-04-2012	15:45:20	64,17	99,56	50,79	48,77
26-04-2012	15:46:24	65,24	99,56	51,71	47,85
26-04-2012	15:47:28	66,31	99,56	52,54	47,02
26-04-2012	15:48:32	67,38	99,56	53,57	45,99
26-04-2012	15:49:36	68,45	99,56	54,45	45,11
26-04-2012	15:50:40	69,52	99,56	55,38	44,18
26-04-2012	15:51:44	70,59	99,56	56,33	43,23
26-04-2012	15:52:48	71,66	99,56	57,11	42,45
26-04-2012	15:53:52	72,73	99,56	58,15	41,41
26-04-2012	15:54:56	73,80	99,56	58,72	40,84
26-04-2012	15:56:00	74,87	99,56	59,51	40,05
26-04-2012	15:57:04	75,94	99,56	60,06	39,50
26-04-2012	15:58:08	77,01	99,56	60,88	38,68
26-04-2012	15:59:12	78,08	99,56	61,49	38,07
26-04-2012	16:00:16	79,15	99,56	62,16	37,40
26-04-2012	16:01:20	80,22	99,56	62,80	36,76
26-04-2012	16:02:24	81,29	99,56	63,64	35,92
26-04-2012	16:03:28	82,36	99,56	64,11	35,45
26-04-2012	16:04:32	83,43	99,56	64,59	34,97
26-04-2012	16:05:36	84,50	99,56	65,17	34,39
26-04-2012	16:06:40	85,57	99,56	65,77	33,79
26-04-2012	16:07:44	86,64	99,56	66,27	33,29
26-04-2012	16:08:48	87,71	99,56	66,73	32,83
26-04-2012	16:09:52	88,78	99,56	67,19	32,37
26-04-2012	16:10:56	89,85	99,56	67,61	31,95
26-04-2012	16:12:00	90,92	99,56	68,09	31,47
26-04-2012	16:13:04	91,99	99,56	68,68	30,88
26-04-2012	16:14:08	93,06	99,56	69,01	30,55
26-04-2012	16:15:12	94,13	99,56	69,45	30,11
26-04-2012	16:16:16	95,20	99,56	69,78	29,78
26-04-2012	16:17:20	96,27	99,56	70,12	29,44
26-04-2012	16:18:24	97,34	99,56	70,52	29,04
26-04-2012	16:19:28	98,41	99,56	71,04	28,52
26-04-2012	16:20:32	99,48	99,56	71,27	28,29
26-04-2012	16:21:36	100,55	99,56	71,69	27,87
26-04-2012	16:22:40	101,62	99,56	71,86	27,70
26-04-2012	16:23:44	102,69	99,56	72,47	27,09
26-04-2012	16:24:48	103,76	99,56	72,53	27,03
26-04-2012	16:25:52	104,83	99,56	72,71	26,85
26-04-2012	16:26:56	105,90	99,56	73,14	26,42
26-04-2012	16:28:00	106,97	99,56	73,39	26,17
26-04-2012	16:29:04	108,04	99,56	73,76	25,80
26-04-2012	16:30:08	109,11	99,56	74,02	25,54
26-04-2012	16:31:12	110,18	99,56	74,21	25,35
26-04-2012	16:32:16	111,25	99,56	74,46	25,10
26-04-2012	16:33:20	112,32	99,56	74,72	24,84
26-04-2012	16:34:24	113,39	99,56	74,98	24,58
26-04-2012	16:35:28	114,46	99,56	75,18	24,38
26-04-2012	16:36:32	115,53	99,56	75,51	24,05
26-04-2012	16:37:36	116,60	99,56	75,78	23,78
26-04-2012	16:38:40	117,67	99,56	75,98	23,58
26-04-2012	16:39:44	118,74	99,56	76,11	23,45
26-04-2012	16:40:48	119,81	99,56	76,32	23,24
26-04-2012	16:41:52	120,88	99,56	76,45	23,11

(cont.)

CONDUTIVIDADE SATURADA - CINZENTO CLARO PEDRAS SALGADAS (CPS)

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
16-04-12	10:16:57	0,00	19,39	17,82	1,57
16-04-12	10:18:01	1,07	19,24	17,84	1,40
16-04-12	10:19:05	2,13	19,44	17,86	1,58
16-04-12	10:20:09	3,20	20,20	17,88	2,32
16-04-12	10:21:13	4,27	20,80	17,91	2,89
16-04-12	10:22:17	5,33	22,11	17,95	4,16
16-04-12	10:23:21	6,40	23,70	17,91	5,79
16-04-12	10:24:25	7,47	25,93	17,95	7,98
16-04-12	10:25:29	8,53	28,00	17,95	10,05
16-04-12	10:26:33	9,60	30,35	18,06	12,29
16-04-12	10:27:37	10,67	32,69	18,10	14,59
16-04-12	10:28:41	11,73	35,57	18,12	17,45
16-04-12	10:29:45	12,80	38,47	18,23	20,24
16-04-12	10:30:49	13,87	41,23	18,34	22,89
16-04-12	10:31:53	14,93	44,22	18,48	25,74
16-04-12	10:32:57	16,00	46,87	18,65	28,22
16-04-12	10:34:01	17,07	49,76	18,85	30,91
16-04-12	10:35:05	18,13	52,68	19,13	33,55
16-04-12	10:36:09	19,20	54,67	19,39	35,28
16-04-12	10:37:13	20,27	56,76	19,64	37,12
16-04-12	10:38:17	21,33	59,63	20,03	39,60
16-04-12	10:39:21	22,40	62,03	20,45	41,58
16-04-12	10:40:25	23,47	64,54	20,84	43,70
16-04-12	10:41:29	24,53	66,37	21,34	45,03
16-04-12	10:42:33	25,60	68,90	21,87	47,03
16-04-12	10:43:37	26,67	71,16	22,44	48,72
16-04-12	10:44:41	27,73	73,76	23,15	50,61
16-04-12	10:45:45	28,80	75,71	23,75	51,96
16-04-12	10:46:49	29,87	78,06	24,72	53,34
16-04-12	10:47:53	30,93	80,13	25,55	54,58
16-04-12	10:48:57	32,00	82,18	26,58	55,60
16-04-12	10:50:01	33,07	85,51	27,62	57,89
16-04-12	10:51:05	34,13	89,63	28,62	61,01
16-04-12	10:52:09	35,20	95,17	29,84	65,33
16-04-12	10:53:13	36,27	99,01	31,38	67,63
16-04-12	10:54:17	37,33	99,84	33,00	66,84
16-04-12	10:55:21	38,40	99,84	34,95	64,89
16-04-12	10:56:25	39,47	99,84	36,70	63,14
16-04-12	10:57:29	40,53	99,84	38,42	61,42
16-04-12	10:58:33	41,60	99,84	40,17	59,67
16-04-12	10:59:37	42,67	99,84	41,64	58,20
16-04-12	11:00:41	43,73	99,84	43,38	56,46
16-04-12	11:01:45	44,80	99,84	44,77	55,07
16-04-12	11:02:49	45,87	99,84	46,23	53,61
16-04-12	11:03:53	46,93	99,84	47,43	52,41
16-04-12	11:04:57	48,00	99,84	48,76	51,08
16-04-12	11:06:01	49,07	99,84	50,03	49,81
16-04-12	11:07:05	50,13	99,84	51,20	48,64
16-04-12	11:08:09	51,20	99,84	52,51	47,33
16-04-12	11:09:13	52,27	99,84	53,43	46,41
16-04-12	11:10:17	53,33	99,84	54,34	45,50
16-04-12	11:11:21	54,40	99,84	55,42	44,42
16-04-12	11:12:25	55,47	99,84	56,37	43,47
16-04-12	11:13:29	56,53	99,84	57,23	42,61

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
16-04-12	11:14:33	57,60	99,84	58,11	41,73
16-04-12	11:15:37	58,67	99,84	59,01	40,83
16-04-12	11:16:41	59,73	99,84	59,72	40,12
16-04-12	11:17:45	60,80	99,84	60,53	39,31
16-04-12	11:18:49	61,87	99,84	61,36	38,48
16-04-12	11:19:53	62,93	99,84	62,03	37,81
16-04-12	11:20:25	63,47	99,84	62,39	37,45
16-04-12	11:21:29	64,53	99,84	63,03	36,81
16-04-12	11:22:33	65,60	99,84	63,73	36,11
16-04-12	11:23:37	66,67	99,84	64,40	35,44
16-04-12	11:24:41	67,73	99,84	64,93	34,91
16-04-12	11:25:45	68,80	99,84	65,72	34,12
16-04-12	11:26:49	69,87	99,84	66,22	33,62
16-04-12	11:27:53	70,93	99,84	66,73	33,11
16-04-12	11:28:57	72,00	99,84	67,35	32,49
16-04-12	11:30:01	73,07	99,84	67,88	31,96
16-04-12	11:31:05	74,13	99,84	68,36	31,48
16-04-12	11:32:09	75,20	99,84	68,84	31,00
16-04-12	11:33:13	76,27	99,84	69,28	30,56
16-04-12	11:34:17	77,33	99,84	69,73	30,11
16-04-12	11:35:21	78,40	99,84	70,24	29,60
16-04-12	11:36:25	79,47	99,84	70,64	29,20
16-04-12	11:37:29	80,53	99,84	71,10	28,74
16-04-12	11:38:33	81,60	99,84	71,51	28,33
16-04-12	11:39:37	82,67	99,84	71,86	27,98
16-04-12	11:40:41	83,73	99,84	72,22	27,62
16-04-12	11:41:45	84,80	99,84	72,65	27,19
16-04-12	11:42:49	85,87	99,84	72,89	26,95
16-04-12	11:43:53	86,93	99,84	73,26	26,58
16-04-12	11:44:57	88,00	99,84	73,51	26,33
16-04-12	11:46:01	89,07	99,84	73,95	25,89
16-04-12	11:47:05	90,13	99,84	74,27	25,57
16-04-12	11:48:09	91,20	99,84	74,46	25,38
16-04-12	11:49:13	92,27	99,84	74,79	25,05
16-04-12	11:50:17	93,33	99,84	75,11	24,73
16-04-12	11:51:21	94,40	99,84	75,44	24,40
16-04-12	11:52:25	95,47	99,84	75,58	24,26
16-04-12	11:53:29	96,53	99,84	75,84	24,00
16-04-12	11:54:33	97,60	99,84	76,11	23,73
16-04-12	11:55:37	98,67	99,84	76,25	23,59
16-04-12	11:56:41	99,73	99,84	76,59	23,25
16-04-12	11:57:45	100,80	99,84	76,73	23,11
16-04-12	11:58:49	101,87	99,84	76,93	22,91
16-04-12	11:59:53	102,93	99,84	77,21	22,63
16-04-12	12:00:57	104,00	99,84	77,35	22,49
16-04-12	12:02:01	105,07	99,84	77,56	22,28
16-04-12	12:03:05	106,13	99,84	77,64	22,20
16-04-12	12:04:09	107,20	99,84	77,85	21,99
16-04-12	12:05:13	108,27	99,84	78,13	21,71
16-04-12	12:06:17	109,33	99,84	78,28	21,56
16-04-12	12:07:21	110,40	99,84	78,50	21,34
16-04-12	12:08:25	111,47	99,84	78,64	21,20
16-04-12	12:09:29	112,53	99,84	78,79	21,05
16-04-12	12:10:33	113,60	99,84	78,86	20,98
16-04-12	12:11:37	114,67	99,84	79,08	20,76
16-04-12	12:12:41	115,73	99,84	79,23	20,61
16-04-12	12:13:45	116,80	99,84	79,38	20,46
16-04-12	12:14:49	117,87	99,84	79,45	20,39
16-04-12	12:15:53	118,93	99,84	79,68	20,16
16-04-12	12:16:57	120,00	99,84	79,91	19,93

(cont.)



CONDUTIVIDADE SATURADA - CRISTAL AZUL (CAZ)

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
26-04-12	10:13:11	0,00	19,88	17,93	1,95
26-04-12	10:14:15	1,07	19,74	17,95	1,79
26-04-12	10:15:19	2,13	19,66	18,02	1,64
26-04-12	10:16:23	3,20	19,74	18,02	1,72
26-04-12	10:17:27	4,27	20,20	18,08	2,12
26-04-12	10:18:31	5,33	20,80	18,10	2,70
26-04-12	10:19:35	6,40	21,74	18,15	3,59
26-04-12	10:20:39	7,47	23,26	18,17	5,09
26-04-12	10:21:43	8,53	25,03	18,23	6,80
26-04-12	10:22:47	9,60	26,65	18,26	8,39
26-04-12	10:23:51	10,67	28,28	18,30	9,98
26-04-12	10:24:55	11,73	29,91	18,37	11,54
26-04-12	10:25:59	12,80	32,09	18,78	13,31
26-04-12	10:27:03	13,87	33,97	20,49	13,48
26-04-12	10:28:07	14,93	36,10	20,62	15,48
26-04-12	10:29:11	16,00	37,93	21,10	16,83
26-04-12	10:30:15	17,07	39,79	20,75	19,04
26-04-12	10:31:19	18,13	41,67	20,64	21,03
26-04-12	10:32:23	19,20	43,96	20,75	23,21
26-04-12	10:33:27	20,27	45,81	20,73	25,08
26-04-12	10:34:31	21,33	47,25	20,91	26,34
26-04-12	10:35:35	22,40	49,60	21,08	28,52
26-04-12	10:36:39	23,47	51,64	21,34	30,30
26-04-12	10:37:43	24,53	53,36	21,54	31,82
26-04-12	10:38:47	25,60	54,78	21,83	32,95
26-04-12	10:39:51	26,67	57,27	22,09	35,18
26-04-12	10:40:55	27,73	58,35	22,44	35,91
26-04-12	10:41:59	28,80	60,88	22,86	38,02
26-04-12	10:43:03	29,87	61,76	23,24	38,52
26-04-12	10:44:07	30,93	62,30	23,72	38,58
26-04-12	10:45:11	32,00	63,68	24,21	39,47
26-04-12	10:46:15	33,07	64,64	24,77	39,87
26-04-12	10:47:19	34,13	66,42	25,39	41,03
26-04-12	10:48:23	35,20	68,20	25,90	42,30
26-04-12	10:49:27	36,27	69,67	26,67	43,00
26-04-12	10:50:31	37,33	71,33	27,35	43,98
26-04-12	10:51:35	38,40	72,83	28,05	44,78
26-04-12	10:52:39	39,47	74,21	28,78	45,43
26-04-12	10:53:43	40,53	75,64	29,47	46,17
26-04-12	10:54:47	41,60	77,35	30,31	47,04
26-04-12	10:55:51	42,67	79,60	31,43	48,17
26-04-12	10:56:55	43,73	81,38	32,31	49,07
26-04-12	10:57:59	44,80	83,17	33,12	50,05
26-04-12	10:59:03	45,87	84,98	34,19	50,79
26-04-12	11:00:07	46,93	86,98	35,27	51,71
26-04-12	11:01:11	48,00	89,22	36,42	52,80
26-04-12	11:02:15	49,07	91,95	37,70	54,25
26-04-12	11:03:19	50,13	94,45	38,97	55,48
26-04-12	11:04:23	51,20	97,42	40,38	57,04
26-04-12	11:05:27	52,27	98,74	41,72	57,02
26-04-12	11:06:31	53,33	99,29	43,32	55,97
26-04-12	11:07:35	54,40	99,29	45,01	54,28
26-04-12	11:08:39	55,47	99,29	46,42	52,87
26-04-12	11:09:43	56,53	99,29	48,15	51,14

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
26-04-12	11:10:47	57,60	99,29	49,50	49,79
26-04-12	11:11:51	58,67	99,29	50,69	48,60
26-04-12	11:12:55	59,73	99,29	51,88	47,41
26-04-12	11:13:59	60,80	99,29	53,04	46,25
26-04-12	11:15:03	61,87	99,29	54,30	44,99
26-04-12	11:16:07	62,93	99,29	55,42	43,87
26-04-12	11:17:11	64,00	99,29	56,41	42,88
26-04-12	11:18:15	65,07	99,29	57,47	41,82
26-04-12	11:19:19	66,13	99,29	58,43	40,86
26-04-12	11:20:23	67,20	99,29	59,38	39,91
26-04-12	11:21:27	68,27	99,29	60,27	39,02
26-04-12	11:22:31	69,33	99,29	61,09	38,20
26-04-12	11:23:35	70,40	99,29	61,94	37,35
26-04-12	11:24:39	71,47	99,29	62,75	36,54
26-04-12	11:25:43	72,53	99,29	63,45	35,84
26-04-12	11:26:47	73,60	99,29	64,11	35,18
26-04-12	11:27:51	74,67	99,29	64,88	34,41
26-04-12	11:28:55	75,73	99,29	65,52	33,77
26-04-12	11:29:59	76,80	99,29	66,22	33,07
26-04-12	11:31:03	77,87	99,29	66,93	32,36
26-04-12	11:32:07	78,93	99,29	67,45	31,84
26-04-12	11:33:11	80,00	99,29	68,04	31,25
26-04-12	11:34:15	81,07	99,29	68,52	30,77
26-04-12	11:35:19	82,13	99,29	69,06	30,23
26-04-12	11:36:23	83,20	99,29	69,56	29,73
26-04-12	11:37:27	84,27	99,42	70,18	29,24
26-04-12	11:38:31	85,33	99,42	70,69	28,73
26-04-12	11:39:35	86,40	99,29	71,04	28,25
26-04-12	11:40:39	87,47	99,29	71,63	27,66
26-04-12	11:41:43	88,53	99,29	71,98	27,31
26-04-12	11:42:47	89,60	99,29	72,53	26,76
26-04-12	11:43:51	90,67	99,42	72,83	26,59
26-04-12	11:44:55	91,73	99,29	73,20	26,09
26-04-12	11:45:59	92,80	99,29	73,58	25,71
26-04-12	11:47:03	93,87	99,42	73,95	25,47
26-04-12	11:48:07	94,93	99,29	74,27	25,02
26-04-12	11:49:11	96,00	99,29	74,79	24,50
26-04-12	11:50:15	97,07	99,29	74,92	24,37
26-04-12	11:51:19	98,13	99,29	75,31	23,98
26-04-12	11:52:23	99,20	99,42	75,58	23,84
26-04-12	11:53:27	100,27	99,42	75,91	23,51
26-04-12	11:54:31	101,33	99,29	76,11	23,18
26-04-12	11:55:35	102,40	99,42	76,45	22,97
26-04-12	11:56:39	103,47	99,29	76,73	22,56
26-04-12	11:57:43	104,53	99,29	76,93	22,36
26-04-12	11:58:47	105,60	99,29	77,21	22,08
26-04-12	11:59:51	106,67	99,42	77,49	21,93
26-04-12	12:00:55	107,73	99,42	77,64	21,78
26-04-12	12:01:59	108,80	99,42	77,78	21,64
26-04-12	12:03:03	109,87	99,29	78,13	21,16
26-04-12	12:04:07	110,93	99,29	78,35	20,94
26-04-12	12:05:11	112,00	99,29	78,64	20,65
26-04-12	12:06:15	113,07	99,29	78,79	20,50
26-04-12	12:07:19	114,13	99,29	78,86	20,43
26-04-12	12:08:23	115,20	99,29	79,08	20,21
26-04-12	12:09:27	116,27	99,42	79,30	20,12
26-04-12	12:10:31	117,33	99,42	79,45	19,97
26-04-12	12:11:35	118,40	99,42	79,60	19,82
26-04-12	12:12:39	119,47	99,42	79,75	19,67
26-04-12	12:13:43	120,53	99,29	79,91	19,38

(cont.)



CONDUTIVIDADE SATURADA - ROSA MONÇÃO (RM)

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
27-04-12	13:32:55	0,00	19,70	18,43	1,27
27-04-12	13:33:59	1,07	19,11	17,88	1,23
27-04-12	13:35:03	2,13	18,96	17,40	1,56
27-04-12	13:36:07	3,20	19,20	17,20	2,00
27-04-12	13:37:11	4,27	19,85	17,16	2,69
27-04-12	13:38:15	5,33	20,62	17,18	3,44
27-04-12	13:39:19	6,40	21,67	17,16	4,51
27-04-12	13:40:23	7,47	22,80	17,20	5,60
27-04-12	13:41:27	8,53	24,12	17,23	6,89
27-04-12	13:42:31	9,60	25,61	17,25	8,36
27-04-12	13:43:35	10,67	27,35	17,29	10,06
27-04-12	13:44:39	11,73	28,87	17,34	11,53
27-04-12	13:45:43	12,80	30,80	17,38	13,42
27-04-12	13:46:47	13,87	32,57	17,45	15,12
27-04-12	13:47:51	14,93	34,90	17,56	17,34
27-04-12	13:48:55	16,00	36,75	17,62	19,13
27-04-12	13:49:59	17,07	38,81	17,77	21,04
27-04-12	13:51:03	18,13	40,63	17,84	22,79
27-04-12	13:52:07	19,20	42,95	18,04	24,91
27-04-12	13:53:11	20,27	44,98	18,19	26,79
27-04-12	13:54:15	21,33	47,21	18,41	28,80
27-04-12	13:55:19	22,40	49,57	18,63	30,94
27-04-12	13:56:23	23,47	50,59	18,89	31,70
27-04-12	13:57:27	24,53	53,68	19,15	34,53
27-04-12	13:58:31	25,60	56,60	19,42	37,18
27-04-12	13:59:35	26,67	59,05	19,72	39,33
27-04-12	14:00:39	27,73	61,09	20,12	40,97
27-04-12	14:01:43	28,80	62,34	20,55	41,79
27-04-12	14:02:47	29,87	63,54	20,88	42,66
27-04-12	14:03:51	30,93	65,03	21,34	43,69
27-04-12	14:04:55	32,00	67,35	21,76	45,59
27-04-12	14:05:59	33,07	69,06	22,38	46,68
27-04-12	14:07:03	34,13	77,21	22,97	54,24
27-04-12	14:08:07	35,20	82,02	23,61	58,41
27-04-12	14:09:11	36,27	83,51	24,12	59,39
27-04-12	14:10:15	37,33	85,42	24,88	60,54
27-04-12	14:11:19	38,40	86,61	25,57	61,04
27-04-12	14:12:23	39,47	88,13	26,31	61,82
27-04-12	14:13:27	40,53	90,24	27,07	63,17
27-04-12	14:14:31	41,60	91,19	27,96	63,23
27-04-12	14:15:35	42,67	93,18	28,74	64,44
27-04-12	14:16:39	43,73	94,69	29,87	64,82
27-04-12	14:17:43	44,80	95,66	30,75	64,91
27-04-12	14:18:47	45,87	96,91	31,88	65,03
27-04-12	14:19:51	46,93	97,94	32,86	65,08
27-04-12	14:20:55	48,00	98,88	34,16	64,72
27-04-12	14:21:59	49,07	99,42	35,45	63,97
27-04-12	14:23:03	50,13	99,70	36,75	62,95
27-04-12	14:24:07	51,20	99,98	38,14	61,84
27-04-12	14:25:11	52,27	99,98	39,58	60,40
27-04-12	14:26:15	53,33	99,98	41,06	58,92
27-04-12	14:27:19	54,40	99,98	42,39	57,59
27-04-12	14:28:23	55,47	99,98	43,93	56,05
27-04-12	14:29:27	56,53	99,98	45,21	54,77

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
27-04-12	14:30:31	57,60	99,98	46,39	53,59
27-04-12	14:31:35	58,67	99,98	47,74	52,24
27-04-12	14:32:39	59,73	99,98	48,79	51,19
27-04-12	14:33:43	60,80	99,98	49,96	50,02
27-04-12	14:34:47	61,87	99,98	50,96	49,02
27-04-12	14:35:51	62,93	99,98	51,99	47,99
27-04-12	14:36:55	64,00	99,98	53,11	46,87
27-04-12	14:37:59	65,07	99,98	54,01	45,97
27-04-12	14:39:03	66,13	99,98	54,93	45,05
27-04-12	14:40:07	67,20	99,98	55,79	44,19
27-04-12	14:41:11	68,27	99,98	56,76	43,22
27-04-12	14:42:15	69,33	99,98	57,59	42,39
27-04-12	14:43:19	70,40	99,98	58,15	41,83
27-04-12	14:44:23	71,47	99,98	59,09	40,89
27-04-12	14:45:27	72,53	99,98	59,80	40,18
27-04-12	14:46:31	73,60	99,98	60,62	39,36
27-04-12	14:47:35	74,67	99,98	61,23	38,75
27-04-12	14:48:39	75,73	99,98	62,16	37,82
27-04-12	14:49:43	76,80	99,84	62,75	37,09
27-04-12	14:50:47	77,87	99,84	63,35	36,49
27-04-12	14:51:51	78,93	99,84	63,92	35,92
27-04-12	14:52:55	80,00	99,84	64,59	35,25
27-04-12	14:53:59	81,07	99,84	65,03	34,81
27-04-12	14:55:03	82,13	99,84	65,87	33,97
27-04-12	14:56:07	83,20	99,84	66,42	33,42
27-04-12	14:57:11	84,27	99,84	66,73	33,11
27-04-12	14:58:15	85,33	99,70	67,25	32,45
27-04-12	14:59:19	86,40	99,70	67,72	31,98
27-04-12	15:00:23	87,47	99,70	68,30	31,40
27-04-12	15:01:27	88,53	99,70	68,68	31,02
27-04-12	15:02:31	89,60	99,70	69,17	30,53
27-04-12	15:03:35	90,67	99,70	69,62	30,08
27-04-12	15:04:39	91,73	99,56	69,90	29,66
27-04-12	15:05:43	92,80	99,56	70,29	29,27
27-04-12	15:06:47	93,87	99,56	70,69	28,87
27-04-12	15:07:51	94,93	99,56	71,16	28,40
27-04-12	15:08:55	96,00	99,56	71,57	27,99
27-04-12	15:09:59	97,07	99,56	71,92	27,64
27-04-12	15:11:03	98,13	99,42	72,22	27,20
27-04-12	15:12:07	99,20	99,42	72,71	26,71
27-04-12	15:13:11	100,27	99,56	72,89	26,67
27-04-12	15:14:15	101,33	99,56	73,20	26,36
27-04-12	15:15:19	102,40	99,42	73,45	25,97
27-04-12	15:16:23	103,47	99,42	74,02	25,40
27-04-12	15:17:27	104,53	99,42	74,21	25,21
27-04-12	15:18:31	105,60	99,42	74,40	25,02
27-04-12	15:19:35	106,67	99,42	74,72	24,70
27-04-12	15:20:39	107,73	99,42	74,92	24,50
27-04-12	15:21:43	108,80	99,42	75,11	24,31
27-04-12	15:22:47	109,87	99,42	75,38	24,04
27-04-12	15:23:51	110,93	99,42	75,64	23,78
27-04-12	15:24:55	112,00	99,42	75,84	23,58
27-04-12	15:25:59	113,07	99,42	76,11	23,31
27-04-12	15:27:03	114,13	99,42	76,11	23,31
27-04-12	15:28:07	115,20	99,42	76,52	22,90
27-04-12	15:29:11	116,27	99,42	76,66	22,76
27-04-12	15:30:15	117,33	99,42	76,80	22,62
27-04-12	15:31:19	118,40	99,42	77,00	22,42
27-04-12	15:32:23	119,47	99,42	77,14	22,28
27-04-12	15:33:27	120,53	99,42	77,21	22,21

(cont.)



CONDUTIVIDADE SATURADA - CINZENTO FAVACO (CFAV)

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
23-04-12	9:37:26	0,00	17,56	17,05	0,51
23-04-12	9:38:30	1,07	17,56	17,09	0,47
23-04-12	9:39:34	2,13	17,53	17,07	0,46
23-04-12	9:40:38	3,20	17,69	17,09	0,60
23-04-12	9:41:42	4,27	18,45	17,12	1,33
23-04-12	9:42:46	5,33	19,04	17,14	1,90
23-04-12	9:43:50	6,40	20,03	17,14	2,89
23-04-12	9:44:54	7,47	21,28	17,16	4,12
23-04-12	9:45:58	8,53	22,51	17,18	5,33
23-04-12	9:47:02	9,60	23,94	17,20	6,74
23-04-12	9:48:06	10,67	25,73	17,25	8,48
23-04-12	9:49:10	11,73	27,53	17,25	10,28
23-04-12	9:50:14	12,80	29,13	17,29	11,84
23-04-12	9:51:18	13,87	31,01	17,31	13,70
23-04-12	9:52:22	14,93	32,81	17,38	15,43
23-04-12	9:53:26	16,00	34,83	17,42	17,41
23-04-12	9:54:30	17,07	36,83	17,53	19,30
23-04-12	9:55:34	18,13	38,29	17,64	20,65
23-04-12	9:56:38	19,20	39,98	17,77	22,21
23-04-12	9:57:42	20,27	41,92	17,88	24,04
23-04-12	9:58:46	21,33	43,96	18,04	25,92
23-04-12	9:59:50	22,40	45,60	18,17	27,43
23-04-12	10:00:54	23,47	47,40	18,43	28,97
23-04-12	10:01:58	24,53	45,99	18,72	27,27
23-04-12	10:03:02	25,60	46,57	19,00	27,57
23-04-12	10:04:06	26,67	48,18	19,13	29,05
23-04-12	10:05:10	27,73	50,76	19,48	31,28
23-04-12	10:06:14	28,80	52,37	19,83	32,54
23-04-12	10:07:18	29,87	53,83	20,14	33,69
23-04-12	10:08:22	30,93	55,68	20,49	35,19
23-04-12	10:09:26	32,00	57,07	20,88	36,19
23-04-12	10:10:30	33,07	59,59	21,32	38,27
23-04-12	10:11:34	34,13	61,36	21,98	39,38
23-04-12	10:12:38	35,20	63,26	22,44	40,82
23-04-12	10:13:42	36,27	63,82	22,80	41,02
23-04-12	10:14:46	37,33	64,54	23,39	41,15
23-04-12	10:15:50	38,40	65,77	24,03	41,74
23-04-12	10:16:54	39,47	67,66	24,59	43,07
23-04-12	10:17:58	40,53	70,01	25,37	44,64
23-04-12	10:19:02	41,60	71,80	25,99	45,81
23-04-12	10:20:06	42,67	74,34	26,74	47,60
23-04-12	10:21:10	43,73	76,66	27,46	49,20
23-04-12	10:22:14	44,80	78,64	28,21	50,43
23-04-12	10:23:18	45,87	80,67	28,97	51,70
23-04-12	10:24:22	46,93	82,67	29,93	52,74
23-04-12	10:25:26	48,00	85,07	30,91	54,16
23-04-12	10:26:30	49,07	87,84	31,79	56,05
23-04-12	10:27:34	50,13	91,30	32,79	58,51
23-04-12	10:28:38	51,20	96,15	33,80	62,35
23-04-12	10:29:42	52,27	98,74	35,07	63,67
23-04-12	10:30:46	53,33	99,56	36,20	63,36
23-04-12	10:31:50	54,40	99,56	37,44	62,12
23-04-12	10:32:54	55,47	99,56	38,61	60,95
23-04-12	10:33:58	56,53	99,56	39,87	59,69

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
23-04-12	10:35:02	57,60	99,56	41,06	58,50
23-04-12	10:36:06	58,67	99,56	42,33	57,23
23-04-12	10:37:10	59,73	99,56	43,38	56,18
23-04-12	10:38:14	60,80	99,56	44,42	55,14
23-04-12	10:39:18	61,87	99,56	45,63	53,93
23-04-12	10:40:22	62,93	99,56	46,57	52,99
23-04-12	10:41:26	64,00	99,56	47,56	52,00
23-04-12	10:42:30	65,07	99,56	48,47	51,09
23-04-12	10:43:34	66,13	99,56	49,37	50,19
23-04-12	10:44:38	67,20	99,56	50,26	49,30
23-04-12	10:45:42	68,27	99,56	51,03	48,53
23-04-12	10:46:46	69,33	99,56	51,95	47,61
23-04-12	10:47:50	70,40	99,56	52,76	46,80
23-04-12	10:48:54	71,47	99,56	53,50	46,06
23-04-12	10:49:58	72,53	99,56	54,37	45,19
23-04-12	10:51:02	73,60	99,56	54,89	44,67
23-04-12	10:52:06	74,67	99,56	55,68	43,88
23-04-12	10:53:10	75,73	99,56	56,33	43,23
23-04-12	10:54:14	76,80	99,56	56,95	42,61
23-04-12	10:55:18	77,87	99,56	57,63	41,93
23-04-12	10:56:22	78,93	99,56	58,27	41,29
23-04-12	10:57:26	80,00	99,56	58,84	40,72
23-04-12	10:58:30	81,07	99,56	59,47	40,09
23-04-12	10:59:34	82,13	99,56	60,02	39,54
23-04-12	11:00:38	83,20	99,56	60,66	38,90
23-04-12	11:01:42	84,27	99,56	61,18	38,38
23-04-12	11:02:46	85,33	99,56	61,71	37,85
23-04-12	11:03:50	86,40	99,56	62,07	37,49
23-04-12	11:04:54	87,47	99,56	62,62	36,94
23-04-12	11:05:58	88,53	99,56	63,12	36,44
23-04-12	11:07:02	89,60	99,56	63,49	36,07
23-04-12	11:08:06	90,67	99,56	64,11	35,45
23-04-12	11:09:10	91,73	99,56	64,59	34,97
23-04-12	11:10:14	92,80	99,56	64,88	34,68
23-04-12	11:11:18	93,87	99,56	65,32	34,24
23-04-12	11:12:22	94,93	99,56	65,72	33,84
23-04-12	11:13:26	96,00	99,56	66,07	33,49
23-04-12	11:14:30	97,07	99,56	66,52	33,04
23-04-12	11:15:34	98,13	99,56	66,83	32,73
23-04-12	11:16:38	99,20	99,56	67,14	32,42
23-04-12	11:17:42	100,27	99,56	67,56	32,00
23-04-12	11:18:46	101,33	99,56	67,93	31,63
23-04-12	11:19:50	102,40	99,56	68,25	31,31
23-04-12	11:20:54	103,47	99,56	68,52	31,04
23-04-12	11:21:58	104,53	99,56	68,74	30,82
23-04-12	11:23:02	105,60	99,56	69,06	30,50
23-04-12	11:24:06	106,67	99,56	69,39	30,17
23-04-12	11:25:10	107,73	99,56	69,62	29,94
23-04-12	11:26:14	108,80	99,56	69,95	29,61
23-04-12	11:27:18	109,87	99,56	70,29	29,27
23-04-12	11:28:22	110,93	99,56	70,52	29,04
23-04-12	11:29:26	112,00	99,56	70,75	28,81
23-04-12	11:30:30	113,07	99,56	71,04	28,52
23-04-12	11:31:34	114,13	99,56	71,22	28,34
23-04-12	11:32:38	115,20	99,56	71,45	28,11
23-04-12	11:33:42	116,27	99,56	71,69	27,87
23-04-12	11:34:46	117,33	99,56	71,98	27,58
23-04-12	11:35:50	118,40	99,56	72,22	27,34
23-04-12	11:36:54	119,47	99,56	72,34	27,22
23-04-12	11:37:58	120,53	99,56	72,59	26,97

(cont.)



CONDUTIVIDADE SATURADA - CINZENTO MONCHIQUE (SNEF)

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
27-04-2012	9:54:26	0,00	19,53	18,23	1,30
27-04-2012	9:55:30	1,07	19,46	18,30	1,16
27-04-2012	9:56:34	2,13	19,48	18,37	1,11
27-04-2012	9:57:38	3,20	19,66	18,43	1,23
27-04-2012	9:58:42	4,27	20,29	18,45	1,84
27-04-2012	9:59:46	5,33	21,30	18,48	2,82
27-04-2012	10:00:50	6,40	22,40	18,52	3,88
27-04-2012	10:01:54	7,47	23,57	18,54	5,03
27-04-2012	10:02:58	8,53	25,01	18,56	6,45
27-04-2012	10:04:02	9,60	26,62	18,58	8,04
27-04-2012	10:05:06	10,67	28,19	18,58	9,61
27-04-2012	10:06:10	11,73	29,87	18,61	11,26
27-04-2012	10:07:14	12,80	31,74	18,65	13,09
27-04-2012	10:08:18	13,87	33,85	18,65	15,20
27-04-2012	10:09:22	14,93	35,97	18,69	17,28
27-04-2012	10:10:26	16,00	37,34	18,76	18,58
27-04-2012	10:11:30	17,07	39,50	18,80	20,70
27-04-2012	10:12:34	18,13	41,25	18,89	22,36
27-04-2012	10:13:38	19,20	43,55	18,96	24,59
27-04-2012	10:14:42	20,27	45,15	19,02	26,13
27-04-2012	10:15:46	21,33	47,06	19,11	27,95
27-04-2012	10:16:50	22,40	49,18	19,22	29,96
27-04-2012	10:17:54	23,47	50,96	19,37	31,59
27-04-2012	10:18:58	24,53	52,90	19,55	33,35
27-04-2012	10:20:02	25,60	55,26	19,72	35,54
27-04-2012	10:21:06	26,67	56,99	19,96	37,03
27-04-2012	10:22:10	27,73	59,42	20,25	39,17
27-04-2012	10:23:14	28,80	61,71	20,47	41,24
27-04-2012	10:24:18	29,87	62,94	20,75	42,19
27-04-2012	10:25:22	30,93	64,20	21,04	43,16
27-04-2012	10:26:26	32,00	65,57	21,32	44,25
27-04-2012	10:27:30	33,07	67,45	21,65	45,80
27-04-2012	10:28:34	34,13	69,73	21,96	47,77
27-04-2012	10:29:38	35,20	70,75	22,40	48,35
27-04-2012	10:30:42	36,27	72,71	22,75	49,96
27-04-2012	10:31:46	37,33	74,02	23,17	50,85
27-04-2012	10:32:50	38,40	75,64	23,66	51,98
27-04-2012	10:33:54	39,47	77,42	24,17	53,25
27-04-2012	10:34:58	40,53	78,86	24,68	54,18
27-04-2012	10:36:02	41,60	80,91	25,10	55,81
27-04-2012	10:37:06	42,67	82,92	25,77	57,15
27-04-2012	10:38:10	43,73	85,60	26,29	59,31
27-04-2012	10:39:14	44,80	87,08	26,89	60,19
27-04-2012	10:40:18	45,87	89,32	27,57	61,75
27-04-2012	10:41:22	46,93	92,73	28,19	64,54
27-04-2012	10:42:26	48,00	96,40	28,92	67,48
27-04-2012	10:43:30	49,07	98,88	29,54	69,34
27-04-2012	10:44:34	50,13	99,56	30,28	69,28
27-04-2012	10:45:38	51,20	99,84	31,22	68,62
27-04-2012	10:46:42	52,27	99,70	31,90	67,80
27-04-2012	10:47:46	53,33	99,70	32,88	66,82
27-04-2012	10:48:50	54,40	99,70	33,73	65,97
27-04-2012	10:49:54	55,47	99,70	34,58	65,12
27-04-2012	10:50:58	56,53	99,70	35,27	64,43

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
27-04-2012	10:52:02	57,60	99,56	36,27	63,29
27-04-2012	10:53:06	58,67	99,56	37,03	62,53
27-04-2012	10:54:10	59,73	99,56	37,83	61,73
27-04-2012	10:55:14	60,80	99,56	38,66	60,90
27-04-2012	10:56:18	61,87	99,70	39,37	60,33
27-04-2012	10:57:22	62,93	99,70	40,11	59,59
27-04-2012	10:58:26	64,00	99,56	41,01	58,55
27-04-2012	10:59:30	65,07	99,56	41,72	57,84
27-04-2012	11:00:34	66,13	99,56	42,42	57,14
27-04-2012	11:01:06	66,67	99,56	42,90	56,66
27-04-2012	11:01:38	67,20	99,56	43,15	56,41
27-04-2012	11:02:42	68,27	99,56	43,96	55,60
27-04-2012	11:03:46	69,33	99,56	44,57	54,99
27-04-2012	11:04:50	70,40	99,42	45,21	54,21
27-04-2012	11:05:54	71,47	99,56	45,90	53,66
27-04-2012	11:06:58	72,53	99,56	46,29	53,27
27-04-2012	11:08:02	73,60	99,42	47,09	52,33
27-04-2012	11:09:06	74,67	99,42	47,68	51,74
27-04-2012	11:10:10	75,73	99,42	48,22	51,20
27-04-2012	11:11:14	76,80	99,56	48,66	50,90
27-04-2012	11:12:18	77,87	99,42	49,27	50,15
27-04-2012	11:13:22	78,93	99,42	49,90	49,52
27-04-2012	11:14:26	80,00	99,56	50,33	49,23
27-04-2012	11:15:30	81,07	99,42	50,86	48,56
27-04-2012	11:16:34	82,13	99,42	51,51	47,91
27-04-2012	11:17:38	83,20	99,56	51,85	47,71
27-04-2012	11:18:42	84,27	99,42	52,58	46,84
27-04-2012	11:19:46	85,33	99,42	52,93	46,49
27-04-2012	11:20:50	86,40	99,42	53,40	46,02
27-04-2012	11:21:54	87,47	99,42	53,94	45,48
27-04-2012	11:22:58	88,53	99,42	54,34	45,08
27-04-2012	11:24:02	89,60	99,42	54,82	44,60
27-04-2012	11:25:06	90,67	99,42	55,19	44,23
27-04-2012	11:26:10	91,73	99,42	55,68	43,74
27-04-2012	11:27:14	92,80	99,42	56,10	43,32
27-04-2012	11:28:18	93,87	99,42	56,45	42,97
27-04-2012	11:29:22	94,93	99,42	56,76	42,66
27-04-2012	11:30:26	96,00	99,42	57,27	42,15
27-04-2012	11:31:30	97,07	99,42	57,75	41,67
27-04-2012	11:32:34	98,13	99,42	57,99	41,43
27-04-2012	11:33:38	99,20	99,42	58,27	41,15
27-04-2012	11:34:42	100,27	99,42	58,68	40,74
27-04-2012	11:35:46	101,33	99,42	59,01	40,41
27-04-2012	11:36:50	102,40	99,42	59,38	40,04
27-04-2012	11:37:54	103,47	99,42	59,63	39,79
27-04-2012	11:38:58	104,53	99,42	60,14	39,28
27-04-2012	11:40:02	105,60	99,42	60,40	39,02
27-04-2012	11:41:06	106,67	99,42	60,66	38,76
27-04-2012	11:42:10	107,73	99,42	60,96	38,46
27-04-2012	11:43:14	108,80	99,42	61,31	38,11
27-04-2012	11:44:18	109,87	99,42	61,62	37,80
27-04-2012	11:45:22	110,93	99,42	61,80	37,62
27-04-2012	11:46:26	112,00	99,42	62,12	37,30
27-04-2012	11:47:30	113,07	99,42	62,34	37,08
27-04-2012	11:48:34	114,13	99,42	62,71	36,71
27-04-2012	11:49:38	115,20	99,42	62,98	36,44
27-04-2012	11:50:42	116,27	99,42	63,12	36,30
27-04-2012	11:51:46	117,33	99,42	63,45	35,97
27-04-2012	11:52:50	118,40	99,42	63,68	35,74
27-04-2012	11:53:54	119,47	99,42	63,97	35,45
27-04-2012	11:54:58	120,53	99,42	64,06	35,36

(cont.)

CONDUTIVIDADE SATURADA - NEGRO IMPALA (NIMP)

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
23-04-2012	14:13:27	0,00	18,26	16,33	1,93
23-04-2012	14:14:31	1,07	18,12	16,35	1,77
23-04-2012	14:15:35	2,13	18,10	16,37	1,73
23-04-2012	14:16:39	3,20	18,52	16,44	2,08
23-04-2012	14:17:43	4,27	19,31	16,48	2,83
23-04-2012	14:18:47	5,33	19,90	16,52	3,38
23-04-2012	14:19:51	6,40	20,97	16,57	4,40
23-04-2012	14:20:55	7,47	22,14	16,61	5,53
23-04-2012	14:21:59	8,53	23,41	16,63	6,78
23-04-2012	14:23:03	9,60	25,06	16,66	8,40
23-04-2012	14:24:07	10,67	26,85	16,70	10,15
23-04-2012	14:25:11	11,73	28,71	16,74	11,97
23-04-2012	14:26:15	12,80	30,54	16,81	13,73
23-04-2012	14:27:19	13,87	32,21	16,85	15,36
23-04-2012	14:28:23	14,93	34,24	16,92	17,32
23-04-2012	14:29:27	16,00	35,84	17,01	18,83
23-04-2012	14:30:31	17,07	37,72	17,09	20,63
23-04-2012	14:31:35	18,13	39,66	17,18	22,48
23-04-2012	14:32:39	19,20	42,00	17,27	24,73
23-04-2012	14:33:43	20,27	43,72	17,49	26,23
23-04-2012	14:34:47	21,33	45,39	17,62	27,77
23-04-2012	14:35:51	22,40	47,21	17,84	29,37
23-04-2012	14:36:55	23,47	49,27	18,12	31,15
23-04-2012	14:37:59	24,53	50,63	18,34	32,29
23-04-2012	14:39:03	25,60	52,65	18,58	34,07
23-04-2012	14:40:07	26,67	54,15	18,89	35,26
23-04-2012	14:41:11	27,73	56,06	19,22	36,84
23-04-2012	14:42:15	28,80	58,07	19,53	38,54
23-04-2012	14:43:19	29,87	60,10	19,92	40,18
23-04-2012	14:44:23	30,93	60,96	20,27	40,69
23-04-2012	14:45:27	32,00	62,43	20,69	41,74
23-04-2012	14:46:31	33,07	64,25	21,19	43,06
23-04-2012	14:47:35	34,13	65,67	21,63	44,04
23-04-2012	14:48:39	35,20	67,56	22,18	45,38
23-04-2012	14:49:43	36,27	69,84	22,71	47,13
23-04-2012	14:50:47	37,33	70,92	23,30	47,62
23-04-2012	14:51:51	38,40	72,40	23,92	48,48
23-04-2012	14:52:55	39,47	74,53	24,57	49,96
23-04-2012	14:53:59	40,53	75,64	25,23	50,41
23-04-2012	14:55:03	41,60	78,13	26,06	52,07
23-04-2012	14:56:07	42,67	79,30	26,74	52,56
23-04-2012	14:57:11	43,73	81,38	27,57	53,81
23-04-2012	14:58:15	44,80	83,09	28,51	54,58
23-04-2012	14:59:19	45,87	84,89	29,26	55,63
23-04-2012	15:00:23	46,93	86,70	30,17	56,53
23-04-2012	15:01:27	48,00	88,72	31,13	57,59
23-04-2012	15:02:31	49,07	91,09	32,19	58,90
23-04-2012	15:03:35	50,13	93,87	33,22	60,65
23-04-2012	15:04:39	51,20	97,16	34,41	62,75
23-04-2012	15:05:43	52,27	99,01	35,45	63,56
23-04-2012	15:06:47	53,33	99,56	36,68	62,88
23-04-2012	15:07:51	54,40	99,56	38,03	61,53
23-04-2012	15:08:55	55,47	99,56	39,29	60,27
23-04-2012	15:09:59	56,53	99,56	40,55	59,01

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
23-04-2012	15:11:03	57,60	99,56	41,92	57,64
23-04-2012	15:12:07	58,67	99,56	43,04	56,52
23-04-2012	15:13:11	59,73	99,56	44,01	55,55
23-04-2012	15:14:15	60,80	99,56	45,15	54,41
23-04-2012	15:15:19	61,87	99,56	46,29	53,27
23-04-2012	15:16:23	62,93	99,56	47,37	52,19
23-04-2012	15:17:27	64,00	99,56	48,47	51,09
23-04-2012	15:18:31	65,07	99,56	49,40	50,16
23-04-2012	15:19:35	66,13	99,56	50,13	49,43
23-04-2012	15:20:39	67,20	99,56	51,10	48,46
23-04-2012	15:21:43	68,27	99,56	51,88	47,68
23-04-2012	15:22:47	69,33	99,56	52,76	46,80
23-04-2012	15:23:51	70,40	99,56	53,54	46,02
23-04-2012	15:24:55	71,47	99,56	54,30	45,26
23-04-2012	15:25:59	72,53	99,56	55,04	44,52
23-04-2012	15:27:03	73,60	99,56	55,83	43,73
23-04-2012	15:28:07	74,67	99,56	56,60	42,96
23-04-2012	15:29:11	75,73	99,56	57,15	42,41
23-04-2012	15:30:15	76,80	99,56	57,83	41,73
23-04-2012	15:31:19	77,87	99,56	58,39	41,17
23-04-2012	15:32:23	78,93	99,56	59,01	40,55
23-04-2012	15:33:27	80,00	99,56	59,63	39,93
23-04-2012	15:34:31	81,07	99,56	60,23	39,33
23-04-2012	15:35:35	82,13	99,56	60,75	38,81
23-04-2012	15:36:39	83,20	99,56	61,36	38,20
23-04-2012	15:37:43	84,27	99,56	61,85	37,71
23-04-2012	15:38:47	85,33	99,56	62,39	37,17
23-04-2012	15:39:51	86,40	99,56	62,89	36,67
23-04-2012	15:40:55	87,47	99,56	63,45	36,11
23-04-2012	15:41:59	88,53	99,56	63,82	35,74
23-04-2012	15:43:03	89,60	99,56	64,35	35,21
23-04-2012	15:44:07	90,67	99,56	64,93	34,63
23-04-2012	15:45:11	91,73	99,56	65,22	34,34
23-04-2012	15:46:15	92,80	99,56	65,62	33,94
23-04-2012	15:47:19	93,87	99,56	66,02	33,54
23-04-2012	15:48:23	94,93	99,56	66,37	33,19
23-04-2012	15:49:27	96,00	99,56	66,93	32,63
23-04-2012	15:50:31	97,07	99,56	67,19	32,37
23-04-2012	15:51:35	98,13	99,56	67,61	31,95
23-04-2012	15:52:39	99,20	99,56	67,98	31,58
23-04-2012	15:53:43	100,27	99,56	68,25	31,31
23-04-2012	15:54:47	101,33	99,56	68,57	30,99
23-04-2012	15:55:51	102,40	99,56	69,01	30,55
23-04-2012	15:56:55	103,47	99,56	69,34	30,22
23-04-2012	15:57:59	104,53	99,56	69,56	30,00
23-04-2012	15:59:03	105,60	99,56	69,84	29,72
23-04-2012	16:00:07	106,67	99,56	70,18	29,38
23-04-2012	16:01:11	107,73	99,56	70,52	29,04
23-04-2012	16:02:15	108,80	99,56	70,75	28,81
23-04-2012	16:03:19	109,87	99,56	71,04	28,52
23-04-2012	16:04:23	110,93	99,56	71,27	28,29
23-04-2012	16:05:27	112,00	99,56	71,57	27,99
23-04-2012	16:06:31	113,07	99,56	71,80	27,76
23-04-2012	16:07:35	114,13	99,56	71,98	27,58
23-04-2012	16:08:39	115,20	99,56	72,34	27,22
23-04-2012	16:09:43	116,27	99,56	72,59	26,97
23-04-2012	16:10:47	117,33	99,56	72,83	26,73
23-04-2012	16:11:51	118,40	99,56	73,02	26,54
23-04-2012	16:12:55	119,47	99,56	73,20	26,36
23-04-2012	16:13:59	120,53	99,56	73,45	26,11

(cont.)



CONDUTIVIDADE SATURADA - NEGRO ZIMBABWE (NZBW)

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
19-04-2012	10:17:39	0,00	18,67	17,27	1,40
19-04-2012	10:18:43	1,07	18,52	17,12	1,40
19-04-2012	10:19:47	2,13	18,48	17,16	1,32
19-04-2012	10:20:51	3,20	18,61	17,14	1,47
19-04-2012	10:21:55	4,27	19,42	17,25	2,17
19-04-2012	10:22:59	5,33	20,20	17,31	2,89
19-04-2012	10:24:03	6,40	21,21	17,25	3,96
19-04-2012	10:25:07	7,47	22,47	17,31	5,16
19-04-2012	10:26:11	8,53	23,83	17,31	6,52
19-04-2012	10:27:15	9,60	25,57	17,40	8,17
19-04-2012	10:28:19	10,67	27,41	17,42	9,99
19-04-2012	10:29:23	11,73	29,29	17,45	11,84
19-04-2012	10:30:27	12,80	31,17	17,53	13,64
19-04-2012	10:31:31	13,87	32,95	17,58	15,37
19-04-2012	10:32:35	14,93	34,58	17,69	16,89
19-04-2012	10:33:39	16,00	36,55	17,77	18,78
19-04-2012	10:34:43	17,07	38,84	17,91	20,93
19-04-2012	10:35:47	18,13	40,93	18,02	22,91
19-04-2012	10:36:51	19,20	42,90	18,15	24,75
19-04-2012	10:37:55	20,27	44,39	18,32	26,07
19-04-2012	10:38:59	21,33	46,91	18,41	28,50
19-04-2012	10:40:03	22,40	48,15	18,72	29,43
19-04-2012	10:41:07	23,47	49,60	18,89	30,71
19-04-2012	10:42:11	24,53	51,78	19,22	32,56
19-04-2012	10:43:15	25,60	54,19	19,44	34,75
19-04-2012	10:44:19	26,67	56,29	19,79	36,50
19-04-2012	10:45:23	27,73	58,07	20,09	37,98
19-04-2012	10:46:27	28,80	59,85	20,53	39,32
19-04-2012	10:47:31	29,87	61,49	20,95	40,54
19-04-2012	10:48:35	30,93	63,31	21,34	41,97
19-04-2012	10:49:39	32,00	64,98	21,85	43,13
19-04-2012	10:50:43	33,07	67,19	22,36	44,83
19-04-2012	10:51:47	34,13	68,57	22,84	45,73
19-04-2012	10:52:51	35,20	70,29	23,57	46,72
19-04-2012	10:53:55	36,27	71,27	24,03	47,24
19-04-2012	10:54:59	37,33	72,47	24,70	47,77
19-04-2012	10:56:03	38,40	74,14	25,43	48,71
19-04-2012	10:57:07	39,47	75,71	26,15	49,56
19-04-2012	10:58:11	40,53	77,78	26,85	50,93
19-04-2012	10:59:15	41,60	79,30	27,71	51,59
19-04-2012	11:00:19	42,67	80,75	28,67	52,08
19-04-2012	11:01:23	43,73	82,51	29,49	53,02
19-04-2012	11:02:27	44,80	83,59	30,40	53,19
19-04-2012	11:03:31	45,87	84,45	31,34	53,11
19-04-2012	11:04:35	46,93	86,24	32,26	53,98
19-04-2012	11:05:39	48,00	87,65	33,17	54,48
19-04-2012	11:06:43	49,07	90,04	34,46	55,58
19-04-2012	11:07:47	50,13	91,95	35,60	56,35
19-04-2012	11:08:51	51,20	95,41	36,52	58,89
19-04-2012	11:09:55	52,27	97,68	37,93	59,75
19-04-2012	11:10:59	53,33	98,74	39,42	59,32
19-04-2012	11:12:03	54,40	99,29	40,76	58,53
19-04-2012	11:13:07	55,47	99,29	42,47	56,82
19-04-2012	11:14:11	56,53	99,29	43,78	55,51

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
19-04-2012	11:15:15	57,60	99,29	45,27	54,02
19-04-2012	11:16:19	58,67	99,29	46,48	52,81
19-04-2012	11:17:23	59,73	99,42	47,84	51,58
19-04-2012	11:18:27	60,80	99,42	49,11	50,31
19-04-2012	11:19:31	61,87	99,29	50,63	48,66
19-04-2012	11:20:35	62,93	99,29	51,61	47,68
19-04-2012	11:21:39	64,00	99,42	52,72	46,70
19-04-2012	11:22:43	65,07	99,29	53,57	45,72
19-04-2012	11:23:47	66,13	99,42	54,74	44,68
19-04-2012	11:24:51	67,20	99,42	55,72	43,70
19-04-2012	11:25:55	68,27	99,42	56,76	42,66
19-04-2012	11:26:59	69,33	99,42	57,71	41,71
19-04-2012	11:28:03	70,40	99,42	58,43	40,99
19-04-2012	11:29:07	71,47	99,42	59,09	40,33
19-04-2012	11:30:11	72,53	99,42	59,80	39,62
19-04-2012	11:31:15	73,60	99,42	60,70	38,72
19-04-2012	11:32:19	74,67	99,42	61,54	37,88
19-04-2012	11:33:23	75,73	99,29	62,12	37,17
19-04-2012	11:34:27	76,80	99,42	62,80	36,62
19-04-2012	11:35:31	77,87	99,42	63,49	35,93
19-04-2012	11:36:35	78,93	99,29	64,25	35,04
19-04-2012	11:37:39	80,00	99,42	64,73	34,69
19-04-2012	11:38:43	81,07	99,42	65,32	34,10
19-04-2012	11:39:47	82,13	99,29	65,87	33,42
19-04-2012	11:40:51	83,20	99,42	66,42	33,00
19-04-2012	11:41:55	84,27	99,42	67,09	32,33
19-04-2012	11:42:59	85,33	99,42	67,56	31,86
19-04-2012	11:44:03	86,40	99,42	68,04	31,38
19-04-2012	11:45:07	87,47	99,42	68,57	30,85
19-04-2012	11:46:11	88,53	99,42	68,95	30,47
19-04-2012	11:47:15	89,60	99,42	69,51	29,91
19-04-2012	11:48:19	90,67	99,42	69,84	29,58
19-04-2012	11:49:23	91,73	99,42	70,35	29,07
19-04-2012	11:50:27	92,80	99,42	70,69	28,73
19-04-2012	11:51:31	93,87	99,42	71,16	28,26
19-04-2012	11:52:35	94,93	99,42	71,63	27,79
19-04-2012	11:53:39	96,00	99,42	71,92	27,50
19-04-2012	11:54:43	97,07	99,42	72,40	27,02
19-04-2012	11:55:47	98,13	99,42	72,77	26,65
19-04-2012	11:56:51	99,20	99,42	73,08	26,34
19-04-2012	11:57:55	100,27	99,42	73,33	26,09
19-04-2012	11:58:59	101,33	99,42	73,64	25,78
19-04-2012	12:00:03	102,40	99,42	74,08	25,34
19-04-2012	12:01:07	103,47	99,42	74,46	24,96
19-04-2012	12:02:11	104,53	99,42	74,66	24,76
19-04-2012	12:03:15	105,60	99,42	74,98	24,44
19-04-2012	12:04:19	106,67	99,42	75,18	24,24
19-04-2012	12:05:23	107,73	99,42	75,44	23,98
19-04-2012	12:06:27	108,80	99,42	75,71	23,71
19-04-2012	12:07:31	109,87	99,42	75,98	23,44
19-04-2012	12:08:35	110,93	99,42	76,32	23,10
19-04-2012	12:09:39	112,00	99,42	76,59	22,83
19-04-2012	12:10:43	113,07	99,42	76,73	22,69
19-04-2012	12:11:47	114,13	99,42	76,87	22,55
19-04-2012	12:12:51	115,20	99,42	77,14	22,28
19-04-2012	12:13:55	116,27	99,42	77,35	22,07
19-04-2012	12:14:59	117,33	99,42	77,56	21,86
19-04-2012	12:16:03	118,40	99,42	77,71	21,71
19-04-2012	12:17:07	119,47	99,42	77,85	21,57
19-04-2012	12:18:11	120,53	99,42	78,13	21,29

(cont.)

CONDUTIVIDADE SATURADA - ARDÓSIA DE VALONGO (ARDV)

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
13-04-2012	10:17:36	0,00	19,50	17,14	2,36
13-04-2012	10:18:40	1,07	20,09	17,16	2,93
13-04-2012	10:19:44	2,13	20,95	17,18	3,77
13-04-2012	10:20:48	3,20	22,16	17,18	4,98
13-04-2012	10:21:52	4,27	23,77	17,20	6,57
13-04-2012	10:22:56	5,33	25,59	17,20	8,39
13-04-2012	10:24:00	6,40	27,96	17,23	10,73
13-04-2012	10:25:04	7,47	30,07	17,27	12,80
13-04-2012	10:26:08	8,53	32,57	17,29	15,28
13-04-2012	10:27:12	9,60	35,32	17,34	17,98
13-04-2012	10:28:16	10,67	38,08	17,42	20,66
13-04-2012	10:29:20	11,73	40,25	17,42	22,83
13-04-2012	10:30:24	12,80	42,87	17,51	25,36
13-04-2012	10:31:28	13,87	45,57	17,64	27,93
13-04-2012	10:32:32	14,93	48,34	17,77	30,57
13-04-2012	10:33:36	16,00	50,59	17,91	32,68
13-04-2012	10:34:40	17,07	53,22	18,10	35,12
13-04-2012	10:35:44	18,13	55,91	18,41	37,50
13-04-2012	10:36:48	19,20	58,15	18,48	39,67
13-04-2012	10:37:52	20,27	61,31	18,85	42,46
13-04-2012	10:38:56	21,33	63,31	19,09	44,22
13-04-2012	10:40:00	22,40	65,92	19,48	46,44
13-04-2012	10:41:04	23,47	68,09	19,85	48,24
13-04-2012	10:42:08	24,53	70,35	20,31	50,04
13-04-2012	10:43:12	25,60	72,77	20,55	52,22
13-04-2012	10:44:16	26,67	75,44	21,17	54,27
13-04-2012	10:45:20	27,73	77,42	21,63	55,79
13-04-2012	10:46:24	28,80	79,60	22,22	57,38
13-04-2012	10:47:28	29,87	81,94	22,84	59,10
13-04-2012	10:48:32	30,93	85,24	23,59	61,65
13-04-2012	10:49:36	32,00	88,72	24,19	64,53
13-04-2012	10:50:40	33,07	93,87	25,14	68,73
13-04-2012	10:51:44	34,13	98,61	25,79	72,82
13-04-2012	10:52:48	35,20	99,42	26,92	72,50
13-04-2012	10:53:52	36,27	99,56	28,03	71,53
13-04-2012	10:54:56	37,33	99,56	29,10	70,46
13-04-2012	10:56:00	38,40	99,56	30,49	69,07
13-04-2012	10:57:04	39,47	99,56	31,41	68,15
13-04-2012	10:58:08	40,53	99,56	32,74	66,82
13-04-2012	10:59:12	41,60	99,56	33,58	65,98
13-04-2012	11:00:16	42,67	99,56	34,83	64,73
13-04-2012	11:01:20	43,73	99,56	35,79	63,77
13-04-2012	11:02:24	44,80	99,56	36,83	62,73
13-04-2012	11:03:28	45,87	99,56	37,80	61,76
13-04-2012	11:04:32	46,93	99,56	38,79	60,77
13-04-2012	11:05:36	48,00	99,56	39,71	59,85
13-04-2012	11:06:40	49,07	99,56	40,55	59,01
13-04-2012	11:07:44	50,13	99,56	41,50	58,06
13-04-2012	11:08:48	51,20	99,56	42,17	57,39
13-04-2012	11:09:52	52,27	99,56	43,07	56,49
13-04-2012	11:10:56	53,33	99,56	43,96	55,60
13-04-2012	11:12:00	54,40	99,56	44,71	54,85
13-04-2012	11:13:04	55,47	99,56	45,36	54,20
13-04-2012	11:14:08	56,53	99,56	46,11	53,45

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
13-04-2012	11:15:12	57,60	99,56	46,87	52,69
13-04-2012	11:16:16	58,67	99,56	47,59	51,97
13-04-2012	11:17:20	59,73	99,56	48,22	51,34
13-04-2012	11:18:24	60,80	99,56	48,92	50,64
13-04-2012	11:19:28	61,87	99,56	49,53	50,03
13-04-2012	11:20:32	62,93	99,56	50,19	49,37
13-04-2012	11:21:36	64,00	99,56	50,73	48,83
13-04-2012	11:22:40	65,07	99,56	51,30	48,26
13-04-2012	11:23:44	66,13	99,56	51,85	47,71
13-04-2012	11:24:48	67,20	99,56	52,51	47,05
13-04-2012	11:25:52	68,27	99,56	53,11	46,45
13-04-2012	11:26:56	69,33	99,56	53,50	46,06
13-04-2012	11:28:00	70,40	99,56	53,97	45,59
13-04-2012	11:29:04	71,47	99,56	54,52	45,04
13-04-2012	11:30:08	72,53	99,56	55,15	44,41
13-04-2012	11:31:12	73,60	99,56	55,53	44,03
13-04-2012	11:32:16	74,67	99,56	56,02	43,54
13-04-2012	11:33:20	75,73	99,56	56,52	43,04
13-04-2012	11:34:24	76,80	99,56	56,91	42,65
13-04-2012	11:35:28	77,87	99,56	57,35	42,21
13-04-2012	11:36:32	78,93	99,56	57,79	41,77
13-04-2012	11:37:36	80,00	99,56	58,31	41,25
13-04-2012	11:38:40	81,07	99,56	58,64	40,92
13-04-2012	11:39:44	82,13	99,56	59,09	40,47
13-04-2012	11:40:48	83,20	99,56	59,51	40,05
13-04-2012	11:41:52	84,27	99,56	59,76	39,80
13-04-2012	11:42:56	85,33	99,56	60,19	39,37
13-04-2012	11:44:00	86,40	99,56	60,57	38,99
13-04-2012	11:45:04	87,47	99,56	60,92	38,64
13-04-2012	11:46:08	88,53	99,56	61,31	38,25
13-04-2012	11:47:12	89,60	99,56	61,62	37,94
13-04-2012	11:48:16	90,67	99,56	61,94	37,62
13-04-2012	11:49:20	91,73	99,56	62,30	37,26
13-04-2012	11:50:24	92,80	99,56	62,57	36,99
13-04-2012	11:51:28	93,87	99,56	62,94	36,62
13-04-2012	11:52:32	94,93	99,56	63,17	36,39
13-04-2012	11:53:36	96,00	99,56	63,45	36,11
13-04-2012	11:54:40	97,07	99,56	63,82	35,74
13-04-2012	11:55:44	98,13	99,56	64,11	35,45
13-04-2012	11:56:48	99,20	99,56	64,35	35,21
13-04-2012	11:57:52	100,27	99,56	64,59	34,97
13-04-2012	11:58:56	101,33	99,56	64,93	34,63
13-04-2012	12:00:00	102,40	99,56	65,07	34,49
13-04-2012	12:01:04	103,47	99,56	65,42	34,14
13-04-2012	12:02:08	104,53	99,56	65,52	34,04
13-04-2012	12:03:12	105,60	99,56	65,92	33,64
13-04-2012	12:04:16	106,67	99,56	66,12	33,44
13-04-2012	12:05:20	107,73	99,56	66,32	33,24
13-04-2012	12:06:24	108,80	99,56	66,57	32,99
13-04-2012	12:07:28	109,87	99,56	66,78	32,78
13-04-2012	12:08:32	110,93	99,56	67,04	32,52
13-04-2012	12:09:36	112,00	99,56	67,25	32,31
13-04-2012	12:10:40	113,07	99,56	67,40	32,16
13-04-2012	12:11:44	114,13	99,56	67,56	32,00
13-04-2012	12:12:48	115,20	99,56	67,82	31,74
13-04-2012	12:13:52	116,27	99,56	68,09	31,47
13-04-2012	12:14:56	117,33	99,56	68,25	31,31
13-04-2012	12:16:00	118,40	99,56	68,46	31,10
13-04-2012	12:17:04	119,47	99,56	68,57	30,99
13-04-2012	12:18:08	120,53	99,56	68,68	30,88

(cont.)



CONDUTIVIDADE SATURADA - VERDE DONAI (VD)

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
17-04-2012	10:47:34	0,00	19,92	17,14	2,78
17-04-2012	10:48:38	1,07	19,59	17,25	2,34
17-04-2012	10:49:42	2,13	19,44	17,38	2,06
17-04-2012	10:50:46	3,20	19,39	17,45	1,94
17-04-2012	10:51:50	4,27	19,74	17,49	2,25
17-04-2012	10:52:54	5,33	20,88	17,60	3,28
17-04-2012	10:53:58	6,40	22,18	17,64	4,54
17-04-2012	10:55:02	7,47	23,48	17,66	5,82
17-04-2012	10:56:06	8,53	25,08	17,73	7,35
17-04-2012	10:57:10	9,60	26,53	17,75	8,78
17-04-2012	10:58:14	10,67	28,10	17,80	10,30
17-04-2012	10:59:18	11,73	30,05	17,86	12,19
17-04-2012	11:00:22	12,80	32,21	17,95	14,26
17-04-2012	11:01:26	13,87	33,82	18,06	15,76
17-04-2012	11:02:30	14,93	35,60	18,08	17,52
17-04-2012	11:03:34	16,00	37,85	18,17	19,68
17-04-2012	11:04:38	17,07	39,77	18,28	21,49
17-04-2012	11:05:42	18,13	41,39	18,34	23,05
17-04-2012	11:06:46	19,20	43,35	18,50	24,85
17-04-2012	11:07:50	20,27	45,51	18,67	26,84
17-04-2012	11:08:54	21,33	47,21	18,89	28,32
17-04-2012	11:09:58	22,40	48,89	19,13	29,76
17-04-2012	11:11:02	23,47	50,96	19,28	31,68
17-04-2012	11:12:06	24,53	53,18	19,55	33,63
17-04-2012	11:13:10	25,60	53,79	19,72	34,07
17-04-2012	11:14:14	26,67	56,06	20,07	35,99
17-04-2012	11:15:18	27,73	57,59	20,53	37,06
17-04-2012	11:16:22	28,80	60,02	20,73	39,29
17-04-2012	11:17:26	29,87	61,80	21,10	40,70
17-04-2012	11:18:30	30,93	63,49	21,61	41,88
17-04-2012	11:19:34	32,00	64,16	22,00	42,16
17-04-2012	11:20:38	33,07	65,47	22,42	43,05
17-04-2012	11:21:42	34,13	67,30	22,93	44,37
17-04-2012	11:22:46	35,20	69,17	23,35	45,82
17-04-2012	11:23:50	36,27	70,75	24,08	46,67
17-04-2012	11:24:54	37,33	73,02	24,65	48,37
17-04-2012	11:25:58	38,40	74,34	25,19	49,15
17-04-2012	11:27:02	39,47	76,25	25,88	50,37
17-04-2012	11:28:06	40,53	77,28	26,60	50,68
17-04-2012	11:29:10	41,60	78,50	27,30	51,20
17-04-2012	11:30:14	42,67	80,13	28,00	52,13
17-04-2012	11:31:18	43,73	81,86	28,78	53,08
17-04-2012	11:32:22	44,80	83,34	29,80	53,54
17-04-2012	11:33:26	45,87	85,07	30,59	54,48
17-04-2012	11:34:30	46,93	87,08	31,43	55,65
17-04-2012	11:35:34	48,00	88,82	32,50	56,32
17-04-2012	11:36:38	49,07	91,30	33,48	57,82
17-04-2012	11:37:42	50,13	93,87	34,56	59,31
17-04-2012	11:38:46	51,20	97,04	35,62	61,42
17-04-2012	11:39:50	52,27	98,88	36,98	61,90
17-04-2012	11:40:54	53,33	99,70	38,32	61,38
17-04-2012	11:41:58	54,40	99,70	39,61	60,09
17-04-2012	11:43:02	55,47	99,70	40,95	58,75
17-04-2012	11:44:06	56,53	99,70	42,47	57,23

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
17-04-2012	11:45:10	57,60	99,70	43,90	55,80
17-04-2012	11:46:14	58,67	99,70	45,18	54,52
17-04-2012	11:47:18	59,73	99,70	46,29	53,41
17-04-2012	11:48:22	60,80	99,70	47,43	52,27
17-04-2012	11:49:26	61,87	99,70	48,50	51,20
17-04-2012	11:50:30	62,93	99,70	49,67	50,03
17-04-2012	11:51:34	64,00	99,70	50,69	49,01
17-04-2012	11:52:38	65,07	99,70	51,64	48,06
17-04-2012	11:53:42	66,13	99,70	52,51	47,19
17-04-2012	11:54:46	67,20	99,70	53,57	46,13
17-04-2012	11:55:50	68,27	99,70	54,34	45,36
17-04-2012	11:56:54	69,33	99,70	55,15	44,55
17-04-2012	11:57:58	70,40	99,70	56,06	43,64
17-04-2012	11:59:02	71,47	99,70	56,76	42,94
17-04-2012	12:00:06	72,53	99,70	57,79	41,91
17-04-2012	12:01:10	73,60	99,70	58,35	41,35
17-04-2012	12:02:14	74,67	99,70	59,09	40,61
17-04-2012	12:03:18	75,73	99,70	59,76	39,94
17-04-2012	12:04:22	76,80	99,70	60,44	39,26
17-04-2012	12:05:26	77,87	99,70	61,09	38,61
17-04-2012	12:06:30	78,93	99,70	61,71	37,99
17-04-2012	12:07:34	80,00	99,70	62,30	37,40
17-04-2012	12:08:38	81,07	99,70	62,94	36,76
17-04-2012	12:09:42	82,13	99,70	63,59	36,11
17-04-2012	12:10:46	83,20	99,70	64,06	35,64
17-04-2012	12:11:50	84,27	99,70	64,59	35,11
17-04-2012	12:12:54	85,33	99,70	65,12	34,58
17-04-2012	12:13:58	86,40	99,70	65,57	34,13
17-04-2012	12:15:02	87,47	99,70	66,02	33,68
17-04-2012	12:16:06	88,53	99,70	66,57	33,13
17-04-2012	12:17:10	89,60	99,70	66,99	32,71
17-04-2012	12:18:14	90,67	99,70	67,56	32,14
17-04-2012	12:19:18	91,73	99,70	67,88	31,82
17-04-2012	12:20:22	92,80	99,70	68,30	31,40
17-04-2012	12:21:26	93,87	99,70	68,68	31,02
17-04-2012	12:22:30	94,93	99,70	69,06	30,64
17-04-2012	12:23:34	96,00	99,70	69,62	30,08
17-04-2012	12:24:38	97,07	99,70	69,90	29,80
17-04-2012	12:25:42	98,13	99,70	70,29	29,41
17-04-2012	12:26:46	99,20	99,70	70,64	29,06
17-04-2012	12:27:50	100,27	99,84	71,10	28,74
17-04-2012	12:28:54	101,33	99,70	71,45	28,25
17-04-2012	12:29:58	102,40	99,70	71,69	28,01
17-04-2012	12:31:02	103,47	99,70	71,98	27,72
17-04-2012	12:32:06	104,53	99,84	72,28	27,56
17-04-2012	12:33:10	105,60	99,70	72,65	27,05
17-04-2012	12:34:14	106,67	99,70	72,89	26,81
17-04-2012	12:35:18	107,73	99,70	73,14	26,56
17-04-2012	12:36:22	108,80	99,70	73,45	26,25
17-04-2012	12:37:26	109,87	99,70	73,83	25,87
17-04-2012	12:38:30	110,93	99,70	73,95	25,75
17-04-2012	12:39:34	112,00	99,70	74,21	25,49
17-04-2012	12:40:38	113,07	99,70	74,40	25,30
17-04-2012	12:41:42	114,13	99,70	74,72	24,98
17-04-2012	12:42:46	115,20	99,70	75,05	24,65
17-04-2012	12:43:50	116,27	99,84	75,18	24,66
17-04-2012	12:44:54	117,33	99,70	75,38	24,32
17-04-2012	12:45:58	118,40	99,70	75,58	24,12
17-04-2012	12:47:02	119,47	99,70	75,78	23,92
17-04-2012	12:48:06	120,53	99,70	75,98	23,72

(cont.)



CONDUTIVIDADE SATURADA - BRANCO ROSADO (MBR)

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
24-04-2012	9:39:27	0,00	18,85	16,94	1,91
24-04-2012	9:40:31	1,07	18,67	17,05	1,62
24-04-2012	9:41:35	2,13	18,56	17,12	1,44
24-04-2012	9:42:39	3,20	18,65	17,20	1,45
24-04-2012	9:43:43	4,27	19,39	17,29	2,10
24-04-2012	9:44:47	5,33	20,27	17,34	2,93
24-04-2012	9:45:51	6,40	21,04	17,40	3,64
24-04-2012	9:46:55	7,47	22,14	17,42	4,72
24-04-2012	9:47:59	8,53	23,61	17,45	6,16
24-04-2012	9:49:03	9,60	25,19	17,51	7,68
24-04-2012	9:50:07	10,67	27,10	17,53	9,57
24-04-2012	9:51:11	11,73	28,92	17,56	11,36
24-04-2012	9:52:15	12,80	30,33	17,64	12,69
24-04-2012	9:53:19	13,87	31,93	17,71	14,22
24-04-2012	9:54:23	14,93	33,70	17,82	15,88
24-04-2012	9:55:27	16,00	35,92	17,86	18,06
24-04-2012	9:56:31	17,07	38,16	17,97	20,19
24-04-2012	9:57:35	18,13	39,79	18,12	21,67
24-04-2012	9:58:39	19,20	41,39	18,28	23,11
24-04-2012	9:59:43	20,27	43,55	18,52	25,03
24-04-2012	10:00:47	21,33	45,15	18,67	26,48
24-04-2012	10:01:51	22,40	47,68	18,98	28,70
24-04-2012	10:02:55	23,47	48,73	19,20	29,53
24-04-2012	10:03:59	24,53	50,63	19,57	31,06
24-04-2012	10:05:03	25,60	52,30	19,66	32,64
24-04-2012	10:06:07	26,67	53,79	20,01	33,78
24-04-2012	10:07:11	27,73	56,49	20,47	36,02
24-04-2012	10:08:15	28,80	57,91	20,88	37,03
24-04-2012	10:09:19	29,87	58,84	21,12	37,72
24-04-2012	10:10:23	30,93	60,75	21,76	38,99
24-04-2012	10:11:27	32,00	62,66	22,11	40,55
24-04-2012	10:12:31	33,07	63,59	22,71	40,88
24-04-2012	10:13:35	34,13	65,57	23,19	42,38
24-04-2012	10:14:39	35,20	68,04	23,79	44,25
24-04-2012	10:15:43	36,27	69,12	24,37	44,75
24-04-2012	10:16:47	37,33	70,64	25,26	45,38
24-04-2012	10:17:51	38,40	72,04	25,93	46,11
24-04-2012	10:18:55	39,47	72,77	26,71	46,06
24-04-2012	10:19:59	40,53	76,32	27,39	48,93
24-04-2012	10:21:03	41,60	79,16	28,14	51,02
24-04-2012	10:22:07	42,67	80,98	29,10	51,88
24-04-2012	10:23:11	43,73	81,62	29,75	51,87
24-04-2012	10:24:15	44,80	82,59	30,77	51,82
24-04-2012	10:25:19	45,87	84,19	31,62	52,57
24-04-2012	10:26:23	46,93	85,96	32,69	53,27
24-04-2012	10:27:27	48,00	87,84	33,68	54,16
24-04-2012	10:28:31	49,07	89,73	34,75	54,98
24-04-2012	10:29:35	50,13	92,39	35,99	56,40
24-04-2012	10:30:39	51,20	95,90	37,13	58,77
24-04-2012	10:31:43	52,27	97,94	38,50	59,44
24-04-2012	10:32:47	53,33	99,42	39,77	59,65
24-04-2012	10:33:51	54,40	99,56	41,39	58,17
24-04-2012	10:34:55	55,47	99,56	42,73	56,83
24-04-2012	10:35:59	56,53	99,56	44,22	55,34

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
24-04-2012	10:37:03	57,60	99,70	45,54	54,16
24-04-2012	10:38:07	58,67	99,70	46,81	52,89
24-04-2012	10:39:11	59,73	99,56	47,96	51,60
24-04-2012	10:40:15	60,80	99,56	49,27	50,29
24-04-2012	10:41:19	61,87	99,70	50,46	49,24
24-04-2012	10:42:23	62,93	99,56	51,61	47,95
24-04-2012	10:43:27	64,00	99,70	52,58	47,12
24-04-2012	10:44:31	65,07	99,70	53,72	45,98
24-04-2012	10:45:35	66,13	99,70	54,67	45,03
24-04-2012	10:46:39	67,20	99,56	55,60	43,96
24-04-2012	10:47:43	68,27	99,70	56,45	43,25
24-04-2012	10:48:47	69,33	99,56	57,31	42,25
24-04-2012	10:49:51	70,40	99,56	58,19	41,37
24-04-2012	10:50:55	71,47	99,56	58,93	40,63
24-04-2012	10:51:59	72,53	99,56	59,72	39,84
24-04-2012	10:53:03	73,60	99,56	60,53	39,03
24-04-2012	10:54:07	74,67	99,70	61,27	38,43
24-04-2012	10:55:11	75,73	99,70	61,89	37,81
24-04-2012	10:56:15	76,80	99,70	62,48	37,22
24-04-2012	10:57:19	77,87	99,70	63,26	36,44
24-04-2012	10:58:23	78,93	99,70	63,87	35,83
24-04-2012	10:59:27	80,00	99,56	64,40	35,16
24-04-2012	11:00:31	81,07	99,56	64,98	34,58
24-04-2012	11:01:35	82,13	99,70	65,47	34,23
24-04-2012	11:02:39	83,20	99,56	66,07	33,49
24-04-2012	11:03:43	84,27	99,70	66,73	32,97
24-04-2012	11:04:47	85,33	99,70	67,09	32,61
24-04-2012	11:05:51	86,40	99,56	67,51	32,05
24-04-2012	11:06:55	87,47	99,70	68,09	31,61
24-04-2012	11:07:59	88,53	99,70	68,52	31,18
24-04-2012	11:09:03	89,60	99,70	68,95	30,75
24-04-2012	11:10:07	90,67	99,70	69,34	30,36
24-04-2012	11:11:11	91,73	99,56	69,73	29,83
24-04-2012	11:12:15	92,80	99,70	70,18	29,52
24-04-2012	11:13:19	93,87	99,70	70,64	29,06
24-04-2012	11:14:23	94,93	99,70	70,98	28,72
24-04-2012	11:15:27	96,00	99,56	71,33	28,23
24-04-2012	11:16:31	97,07	99,70	71,69	28,01
24-04-2012	11:17:35	98,13	99,70	72,04	27,66
24-04-2012	11:18:39	99,20	99,56	72,28	27,28
24-04-2012	11:19:43	100,27	99,56	72,71	26,85
24-04-2012	11:20:47	101,33	99,70	73,08	26,62
24-04-2012	11:21:51	102,40	99,70	73,39	26,31
24-04-2012	11:22:55	103,47	99,70	73,58	26,12
24-04-2012	11:23:59	104,53	99,56	73,83	25,73
24-04-2012	11:25:03	105,60	99,70	74,14	25,56
24-04-2012	11:26:07	106,67	99,70	74,40	25,30
24-04-2012	11:27:11	107,73	99,70	74,59	25,11
24-04-2012	11:28:15	108,80	99,70	74,98	24,72
24-04-2012	11:29:19	109,87	99,56	75,18	24,38
24-04-2012	11:30:23	110,93	99,70	75,38	24,32
24-04-2012	11:31:27	112,00	99,70	75,64	24,06
24-04-2012	11:32:31	113,07	99,56	76,05	23,51
24-04-2012	11:33:35	114,13	99,56	76,05	23,51
24-04-2012	11:34:39	115,20	99,56	76,18	23,38
24-04-2012	11:35:43	116,27	99,56	76,45	23,11
24-04-2012	11:36:47	117,33	99,70	76,73	22,97
24-04-2012	11:37:51	118,40	99,70	76,87	22,83
24-04-2012	11:38:55	119,47	99,56	77,14	22,42
24-04-2012	11:39:59	120,53	99,56	77,28	22,28

(cont.)



CONDUTIVIDADE SATURADA MOLEANOS (MOLM)

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
18-04-2012	10:11:41	0,00	18,85	17,45	1,40
18-04-2012	10:12:45	1,07	18,72	17,45	1,27
18-04-2012	10:13:49	2,13	18,61	17,49	1,12
18-04-2012	10:14:53	3,20	18,74	17,53	1,21
18-04-2012	10:15:57	4,27	19,24	17,58	1,66
18-04-2012	10:17:01	5,33	20,07	17,60	2,47
18-04-2012	10:18:05	6,40	20,99	17,62	3,37
18-04-2012	10:19:09	7,47	22,11	17,64	4,47
18-04-2012	10:20:13	8,53	23,39	17,66	5,73
18-04-2012	10:21:17	9,60	24,92	17,69	7,23
18-04-2012	10:22:21	10,67	26,26	17,75	8,51
18-04-2012	10:23:25	11,73	27,66	17,84	9,82
18-04-2012	10:24:29	12,80	29,24	17,88	11,36
18-04-2012	10:25:33	13,87	30,54	17,91	12,63
18-04-2012	10:26:37	14,93	32,31	17,95	14,36
18-04-2012	10:27:41	16,00	33,82	18,04	15,78
18-04-2012	10:28:45	17,07	35,55	18,15	17,40
18-04-2012	10:29:49	18,13	37,36	18,34	19,02
18-04-2012	10:30:53	19,20	39,08	18,50	20,58
18-04-2012	10:31:57	20,27	40,95	18,61	22,34
18-04-2012	10:33:01	21,33	42,47	18,80	23,67
18-04-2012	10:34:05	22,40	44,77	19,00	25,77
18-04-2012	10:35:09	23,47	46,57	19,24	27,33
18-04-2012	10:36:13	24,53	48,76	19,46	29,30
18-04-2012	10:37:17	25,60	50,86	19,79	31,07
18-04-2012	10:38:21	26,67	52,44	20,03	32,41
18-04-2012	10:39:25	27,73	54,19	20,36	33,83
18-04-2012	10:40:29	28,80	55,98	20,93	35,05
18-04-2012	10:41:33	29,87	58,03	21,15	36,88
18-04-2012	10:42:37	30,93	57,99	21,59	36,40
18-04-2012	10:43:41	32,00	56,68	22,09	34,59
18-04-2012	10:44:45	33,07	57,95	22,53	35,42
18-04-2012	10:45:49	34,13	58,97	23,13	35,84
18-04-2012	10:46:53	35,20	60,44	23,72	36,72
18-04-2012	10:47:57	36,27	62,25	24,21	38,04
18-04-2012	10:49:01	37,33	64,73	24,81	39,92
18-04-2012	10:50:05	38,40	65,42	25,43	39,99
18-04-2012	10:51:09	39,47	67,88	26,13	41,75
18-04-2012	10:52:13	40,53	69,78	26,92	42,86
18-04-2012	10:53:17	41,60	75,31	27,55	47,76
18-04-2012	10:54:21	42,67	79,83	28,32	51,51
18-04-2012	10:55:25	43,73	81,14	29,17	51,97
18-04-2012	10:56:29	44,80	82,51	30,07	52,44
18-04-2012	10:57:33	45,87	84,36	30,82	53,54
18-04-2012	10:58:37	46,93	85,60	31,76	53,84
18-04-2012	10:59:41	48,00	87,36	32,74	54,62
18-04-2012	11:00:45	49,07	89,73	33,75	55,98
18-04-2012	11:01:49	50,13	91,84	34,75	57,09
18-04-2012	11:02:53	51,20	95,66	35,79	59,87
18-04-2012	11:03:57	52,27	98,34	37,01	61,33
18-04-2012	11:05:01	53,33	99,42	38,32	61,10
18-04-2012	11:06:05	54,40	99,56	39,71	59,85
18-04-2012	11:07:09	55,47	99,56	40,93	58,63
18-04-2012	11:08:13	56,53	99,56	42,33	57,23

Data	Hora	Minutos	Temp exterior (°C)	Temp Interior (°C)	ΔT (°C)
18-04-2012	11:09:17	57,60	99,56	43,64	55,92
18-04-2012	11:10:21	58,67	99,56	45,04	54,52
18-04-2012	11:11:25	59,73	99,56	46,14	53,42
18-04-2012	11:12:29	60,80	99,56	47,28	52,28
18-04-2012	11:13:33	61,87	99,56	48,44	51,12
18-04-2012	11:14:37	62,93	99,56	49,47	50,09
18-04-2012	11:15:41	64,00	99,56	50,43	49,13
18-04-2012	11:16:45	65,07	99,56	51,57	47,99
18-04-2012	11:17:49	66,13	99,42	52,44	46,98
18-04-2012	11:18:53	67,20	99,56	53,43	46,13
18-04-2012	11:19:57	68,27	99,42	54,19	45,23
18-04-2012	11:21:01	69,33	99,56	55,23	44,33
18-04-2012	11:22:05	70,40	99,56	55,95	43,61
18-04-2012	11:23:09	71,47	99,56	56,76	42,80
18-04-2012	11:24:13	72,53	99,56	57,51	42,05
18-04-2012	11:25:17	73,60	99,56	58,23	41,33
18-04-2012	11:26:21	74,67	99,56	58,93	40,63
18-04-2012	11:27:25	75,73	99,56	59,59	39,97
18-04-2012	11:28:29	76,80	99,56	60,23	39,33
18-04-2012	11:29:33	77,87	99,56	60,88	38,68
18-04-2012	11:30:37	78,93	99,56	61,54	38,02
18-04-2012	11:31:41	80,00	99,56	62,07	37,49
18-04-2012	11:32:45	81,07	99,56	62,62	36,94
18-04-2012	11:33:49	82,13	99,56	63,22	36,34
18-04-2012	11:34:53	83,20	99,56	63,82	35,74
18-04-2012	11:35:57	84,27	99,56	64,35	35,21
18-04-2012	11:37:01	85,33	99,56	64,78	34,78
18-04-2012	11:38:05	86,40	99,56	65,27	34,29
18-04-2012	11:39:09	87,47	99,56	65,87	33,69
18-04-2012	11:40:13	88,53	99,56	66,22	33,34
18-04-2012	11:41:17	89,60	99,56	66,63	32,93
18-04-2012	11:42:21	90,67	99,56	67,14	32,42
18-04-2012	11:43:25	91,73	99,56	67,51	32,05
18-04-2012	11:44:29	92,80	99,56	68,04	31,52
18-04-2012	11:45:33	93,87	99,56	68,25	31,31
18-04-2012	11:46:37	94,93	99,56	68,68	30,88
18-04-2012	11:47:41	96,00	99,56	69,06	30,50
18-04-2012	11:48:45	97,07	99,56	69,45	30,11
18-04-2012	11:49:49	98,13	99,42	69,84	29,58
18-04-2012	11:50:53	99,20	99,56	70,18	29,38
18-04-2012	11:51:57	100,27	99,56	70,46	29,10
18-04-2012	11:53:01	101,33	99,56	70,81	28,75
18-04-2012	11:54:05	102,40	99,42	71,04	28,38
18-04-2012	11:55:09	103,47	99,56	71,39	28,17
18-04-2012	11:56:13	104,53	99,56	71,75	27,81
18-04-2012	11:57:17	105,60	99,42	71,98	27,44
18-04-2012	11:58:21	106,67	99,42	72,22	27,20
18-04-2012	11:59:25	107,73	99,56	72,47	27,09
18-04-2012	12:00:29	108,80	99,42	72,77	26,65
18-04-2012	12:01:33	109,87	99,56	73,02	26,54
18-04-2012	12:02:37	110,93	99,56	73,20	26,36
18-04-2012	12:03:41	112,00	99,56	73,58	25,98
18-04-2012	12:04:45	113,07	99,56	73,83	25,73
18-04-2012	12:05:49	114,13	99,42	74,02	25,40
18-04-2012	12:06:53	115,20	99,56	74,14	25,42
18-04-2012	12:07:57	116,27	99,56	74,34	25,22
18-04-2012	12:09:01	117,33	99,42	74,53	24,89
18-04-2012	12:10:05	118,40	99,56	74,79	24,77
18-04-2012	12:11:09	119,47	99,42	75,05	24,37
18-04-2012	12:12:13	120,53	99,56	75,18	24,38

(cont.)

ANEXO 8

CONDUTIVIDADE TÉRMICA, DIFUSIVIDADE E CAPACIDADE TÉRMICA (MÉTODO ISOMET)

MEDIÇÕES DE CONDUTIVIDADE UNIVERSIDADE DE ÉVORA - Outubro 2012

AVR	K_{ISOMET} (w/m °C)	C_p (E^6 J/m ³ °C)	D (E^{-6} m ² /s)
avr1.1	3,02	2,38	1,27
avr1.2	3,02	2,30	1,31
avr1.3	2,86	2,35	1,22
avr1.4	2,83	2,37	1,19
avr1.5	2,94	2,41	1,22
Média	2,93	2,36	1,24

CPS	K_{ISOMET} (w/m °C)	C_p (E^6 J/m ³ °C)	D (E^{-6} m ² /s)
cps1.1	2,86	2,39	1,20
cps1.2	2,96	2,38	1,24
cps1.3	2,85	2,37	1,20
cps1.4	3,02	1,40	1,26
cps1.5	2,94	2,41	1,22
Média	2,93	2,19	1,22

CAZ	K_{ISOMET} (w/m °C)	C_p (E^6 J/m ³ °C)	D (E^{-6} m ² /s)
caz1.1	3,06	2,37	1,29
caz1.2	3,10	2,39	1,29
caz1.3	2,78	2,50	1,11
caz1.4	2,89	2,39	1,21
caz1.5	3,04	2,36	1,29
Média	2,97	2,40	1,24

RM	K_{ISOMET} (w/m °C)	C_p (E^6 J/m ³ °C)	D (E^{-6} m ² /s)
rm1.1	2,89	2,28	1,27
rm1.2	2,60	2,35	1,11
rm1.3	3,08	2,38	1,29
rm1.4	2,70	2,26	1,19
rm1.5	2,71	2,42	1,12
Média	2,80	2,34	1,20

CFAV	K_{ISOMET} (w/m °C)	C_p (E^6 J/m ³ °C)	D (E^{-6} m ² /s)
cfav1.1	2,05	2,27	0,91
cfav1.2	2,15	2,32	0,93
cfav1.3	2,05	2,30	0,89
cfav1.4	2,03	2,23	0,91
cfav1.5	2,10	2,28	0,92
Média	2,08	2,28	0,91

SNEF	K_{ISOMET} (w/m °C)	C_p (E^6 J/m ³ °C)	D (E^{-6} m ² /s)
snef2.1	1,72	2,14	0,80
snef2.2	1,73	2,15	0,80
snef2.3	1,73	2,14	0,81
snef2.4	1,73	2,14	0,81
snef2.5	1,69	2,11	0,80
Média	1,72	2,14	0,80

MEDIÇÕES DE CONDUTIVIDADE UNIVERSIDADE DE ÉVORA - Outubro 2012

NIMP	K_{ISOMET} (w/m °C)	C_p (E^6 J/m ³ °C)	D (E^{-6} m ² /s)
nimp1.1	2,16	2,29	0,95
nimp1.2	2,19	2,32	0,94
nimp1.3	2,16	2,30	0,94
nimp1.4	2,19	2,30	0,95
nimp1.5	2,18	2,32	0,94
Média	2,18	2,31	0,94

NZBW	K_{ISOMET} (w/m °C)	C_p (E^6 J/m ³ °C)	D (E^{-6} m ² /s)
nzbw1.1	2,99	2,54	1,18
nzbw1.2	2,91	2,53	1,15
nzbw1.3	3,01	2,57	1,17
nzbw1.4	2,98	2,52	1,18
nzbw1.5	2,95	2,49	1,19
Média	2,97	2,53	1,17

ARDV	K_{ISOMET} (w/m °C)	C_p (E^6 J/m ³ °C)	D (E^{-6} m ² /s)
ardv1.1	2,70	2,24	1,21
ardv1.2	2,74	2,31	1,18
ardv1.3	2,65	2,24	1,18
ardv1.4	2,55	2,18	1,17
ardv1.5	2,53	2,18	1,16
Média	2,63	2,23	1,18

VD	K_{ISOMET} (w/m °C)	C_p (E^6 J/m ³ °C)	D (E^{-6} m ² /s)
vd1.1	2,60	2,33	1,11
vd1.2	2,96	2,49	1,19
vd1.3	2,90	2,40	1,21
vd1.4	3,02	2,48	1,22
vd1.5	2,89	2,38	1,21
Média	2,87	2,42	1,19

MBR	K_{ISOMET} (w/m °C)	C_p (E^6 J/m ³ °C)	D (E^{-6} m ² /s)
mbr1.1	2,85	2,46	1,16
mbr1.2	2,76	2,42	1,14
mbr1.3	2,76	2,42	1,14
mbr1.4	2,80	2,38	1,18
mbr1.5	2,75	2,40	1,15
Média	2,78	2,42	1,15

MOLM	K_{ISOMET} (w/m °C)	C_p (E^6 J/m ³ °C)	D (E^{-6} m ² /s)
mol1.1	2,32	2,40	0,97
mol1.2	2,31	2,39	0,97
mol1.3	2,32	2,39	0,97
mol1.4	2,35	2,41	0,98
mol1.5	2,31	2,36	0,98
Média	2,32	2,39	0,97

ANEXO 9

DISSIPACÃO DE CALOR EM MEIO AQUOSO

DISSIPACÃO DE CALOR EM MEIO AQUOSO

Pedra Natural: Amarelo Vila Real (AVR)

Data Ensaio: 30/09/2009

Temperatura Estufa (°C)	200,00
Temperatura Rocha (°C)	145,60
Temperatura Água (°C)	26,20

Medições	Rocha (°C)	Água (°C)
2 minutos	43,4	31,30
4 minutos	31,8	31,10
6 minutos	30,4	31,10
8 minutos	30,2	31,10
10 minutos	29,9	31,00
12 minutos	29,9	30,90
14 minutos	29,8	30,90
16 minutos	29,7	30,80
18 minutos	29,7	30,70
20 minutos	29,5	30,70
60 minutos	29,2	30,20
120 minutos	28,9	29,80
180 minutos	28,5	29,40
240 minutos	28,4	29,10
300 minutos	28,2	28,80
360 minutos	28,1	28,70
420 minutos	27,8	28,50

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção

Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545



DISSIPACÃO DE CALOR EM MEIO AQUOSO

Pedra Natural: Cinzento Claro Pedras Salgadas (CPS)

Data Ensaio: 30/09/2009

Temperatura Estufa (°C)	146,30
Temperatura Rocha (°C)	22,10
Temperatura Água (°C)	200,00

Medições	Rocha (°C)	Água (°C)
2 minutos	45,3	28,50
4 minutos	32,3	29,00
6 minutos	29	29,00
8 minutos	28,4	29,00
10 minutos	28,2	28,80
12 minutos	28,1	28,80
14 minutos	28,1	28,70
16 minutos	27,8	28,70
18 minutos	27,5	28,40
20 minutos	27,4	28,40
60 minutos	27,2	27,70
120 minutos	26,2	27,00
180 minutos	25,9	26,40
240 minutos	25,7	25,80
300 minutos	25,6	25,90
360 minutos	25,4	25,80
420 minutos	25,4	25,70

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção

Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545



DISSIPAÇÃO DE CALOR EM MEIO AQUOSO
Pedra Natural: Cristal Azul (CAZ)
Data Ensaio: 29/09/2009

Temperatura Estufa (°C)	147,80
Temperatura Rocha (°C)	24,50
Temperatura Água (°C)	200,00

Medições	Rocha (°C)	Água (°C)
2 minutos	40,2	30,80
4 minutos	31,8	30,20
6 minutos	29,9	30,20
8 minutos	29,3	30,10
10 minutos	29,2	30,10
12 minutos	29,2	30,00
14 minutos	29,1	29,90
16 minutos	29	29,80
18 minutos	28,8	29,80
20 minutos	28,8	29,70
60 minutos	28,5	29,30
120 minutos	28,3	29,10
180 minutos	27,9	28,70
240 minutos	27,6	28,40
300 minutos	27,5	28,10
360 minutos	27,3	27,90
420 minutos	27,1	27,70

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção

Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545



DISSIPACÃO DE CALOR EM MEIO AQUOSO

Pedra Natural: Rosa Monção (RM)

Data Ensaio: 01/10/2009

Temperatura Estufa (°C)	151,10
Temperatura Rocha (°C)	26,40
Temperatura Água (°C)	200,00

Medições	Rocha (°C)	Água (°C)
2 minutos	49,4	32,40
4 minutos	35,3	32,30
6 minutos	32,1	32,30
8 minutos	31	32,10
10 minutos	30,6	32,10
12 minutos	30,5	32,00
14 minutos	30,3	31,90
16 minutos	30,3	31,80
18 minutos	30,1	31,70
20 minutos	30,1	31,60
60 minutos	29,6	31,00
120 minutos	29,4	30,60
180 minutos	29,3	30,20
240 minutos	28,7	29,70
300 minutos	28,4	29,30
360 minutos	28,2	28,90
420 minutos	27,9	28,70

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção

Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545



DISSIPACÃO DE CALOR EM MEIO AQUOSO

Pedra Natural: Cinzento Favaco (CFAV)

Data Ensaio: 13/10/2009

Temperatura Estufa (°C)	148,70
Temperatura Rocha (°C)	23,40
Temperatura Água (°C)	200,00

Medições	Rocha (°C)	Água (°C)
2 minutos	45,1	30,60
4 minutos	32,4	30,40
6 minutos	29,9	30,3
8 minutos	29,3	30,20
10 minutos	28,9	30,20
12 minutos	28,9	30,10
14 minutos	28,8	30,00
16 minutos	28,7	29,80
18 minutos	28,7	29,80
20 minutos	28,5	29,70
60 minutos	27,9	29,20
120 minutos	27,6	28,70
180 minutos	27,5	28,40
240 minutos	27,1	28,10
300 minutos	26,9	27,60
360 minutos	26,7	27,40
420 minutos	26,6	27,20

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção

Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545



DISSIPACÃO DE CALOR EM MEIO AQUOSO

Pedra Natural: Cinzento Monchique (SNEF)

Data Ensaio:14/10/2009

Temperatura Estufa (°C)	145,50
Temperatura Rocha (°C)	24,90
Temperatura Água (°C)	200,00

Medições	Rocha (°C)	Água (°C)
2 minutos	61,4	33,10
4 minutos	40,2	33,10
6 minutos	33,7	33,10
8 minutos	31,5	33,10
10 minutos	31,1	32,90
12 minutos	30,7	32,90
14 minutos	30,4	32,70
16 minutos	30,3	32,60
18 minutos	30,3	32,40
20 minutos	30,2	32,20
60 minutos	29,9	31,60
120 minutos	29,3	30,90
180 minutos	28,8	30,10
240 minutos	28,1	29,30
300 minutos	27,7	28,80
360 minutos	27,5	28,60
420 minutos	27,4	28,30

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção

Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545



DISSIPACÃO DE CALOR EM MEIO AQUOSO

Pedra Natural: Negro Impala (NIMP)

Data Ensaio: 25/09/2009

Temperatura Estufa (°C)	147,00
Temperatura Rocha (°C)	25,60
Temperatura Água (°C)	200,00

Medições	Rocha (°C)	Água (°C)
2 minutos	51,8	30,80
4 minutos	35,1	31,30
6 minutos	31,3	31,20
8 minutos	30,1	31,20
10 minutos	29,8	31,10
12 minutos	29,6	31,00
14 minutos	29,5	30,90
16 minutos	29,5	30,90
18 minutos	29,4	30,80
20 minutos	29,3	30,70
60 minutos	29	30,20
120 minutos	28,5	29,70
180 minutos	28,2	29,30
240 minutos	27,9	29,00
300 minutos	27,7	28,60
360 minutos	27,4	28,30
420 minutos	27,3	28,10

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção

Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545



DISSIPACÃO DE CALOR EM MEIO AQUOSO

Pedra Natural: Negro Zimbabwe (NZBW)

Data Ensaio: 24/09/2009

Temperatura Estufa (°C)	152,40
Temperatura Rocha (°C)	24,90
Temperatura Água (°C)	200,00

Medições	Rocha (°C)	Água (°C)
2 minutos	50,4	31,00
4 minutos	34,2	31,10
6 minutos	30,9	30,90
8 minutos	29,9	30,90
10 minutos	29,6	30,80
12 minutos	29,4	30,80
14 minutos	29,3	30,60
16 minutos	29,2	30,60
18 minutos	29,2	30,50
20 minutos	28,9	30,40
60 minutos	29,8	29,90
120 minutos	28,3	29,30
180 minutos	27,9	28,90
240 minutos	27,8	28,50
300 minutos	27,6	28,20
360 minutos	27,3	27,90
420 minutos	27,1	27,70

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção

Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545



DISSIPACÃO DE CALOR EM MEIO AQUOSO

Pedra Natural: Ardósia de Valongo (ARDV)

Data Ensaio: 08/10/2009

Temperatura Estufa (°C)	142,30
Temperatura Rocha (°C)	25,50
Temperatura Água (°C)	200,00

Medições	Rocha (°C)	Água (°C)
2 minutos	52,4	32,60
4 minutos	34	32,50
6 minutos	31,2	32,40
8 minutos	30,6	32,30
10 minutos	30,3	32,10
12 minutos	29,9	32,00
14 minutos	29,7	31,90
16 minutos	29,7	31,80
18 minutos	29,6	31,70
20 minutos	29,6	31,60
60 minutos	29,4	30,80
120 minutos	29	30,30
180 minutos	28,6	29,90
240 minutos	28,3	29,30
300 minutos	28,1	29,10
360 minutos	27,8	28,60
420 minutos	27,4	28,40

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção

Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545



DISSIPACÃO DE CALOR EM MEIO AQUOSO

Pedra Natural: Verde Donai (VD)

Data Ensaio: 07/10/2009

Temperatura Estufa (°C)	156,00
Temperatura Rocha (°C)	23,80
Temperatura Água (°C)	200,00

Medições	Rocha (°C)	Água (°C)
2 minutos	45,3	32,30
4 minutos	33,8	31,40
6 minutos	31,5	31,40
8 minutos	30,7	31,40
10 minutos	30,2	31,30
12 minutos	30,2	31,30
14 minutos	29,9	31,10
16 minutos	29,9	31,10
18 minutos	29,8	31,00
20 minutos	29,8	30,90
60 minutos	29	30,50
120 minutos	28,7	29,90
180 minutos	28,6	29,50
240 minutos	28,2	28,90
300 minutos	28,1	28,70
360 minutos	27,9	28,40
420 minutos	27,7	28,10

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção

Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545



DISSIPACÃO DE CALOR EM MEIO AQUOSO

Pedra Natural: Branco Rosado (MBR)

Data Ensaio: 23/09/2009

Temperatura Estufa (°C)	149,60
Temperatura Rocha (°C)	23,30
Temperatura Água (°C)	200,00

Medições	Rocha (°C)	Água (°C)
2 minutos	44,6	29,20
4 minutos	31,7	29,30
6 minutos	29,1	29,20
8 minutos	28,2	29,20
10 minutos	28,2	29,20
12 minutos	28,2	29,10
14 minutos	28,1	29,10
16 minutos	27,9	29,10
18 minutos	27,8	28,90
20 minutos	27,8	28,90
60 minutos	27,6	28,40
120 minutos	27,2	28,10
180 minutos	26,8	27,70
240 minutos	26,7	27,30
300 minutos	26,4	27,10
360 minutos	26,3	26,80
420 minutos	26,2	26,70

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção

Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545



DISSIPACÃO DE CALOR EM MEIO AQUOSO

Pedra Natural: Moleanos Macio (MOLM)

Data Ensaio: 09/10/2009

Temperatura Estufa (°C)	145,50
Temperatura Rocha (°C)	25,30
Temperatura Água (°C)	200,00

Medições	Rocha (°C)	Água (°C)
2 minutos	49,2	30,70
4 minutos	32,1	30,90
6 minutos	29,9	30,80
8 minutos	29,8	30,80
10 minutos	29,6	30,70
12 minutos	29,4	30,70
14 minutos	29,3	30,50
16 minutos	29,3	30,40
18 minutos	29,1	30,30
20 minutos	28,9	30,30
60 minutos	28,8	29,80
120 minutos	28,3	29,30
180 minutos	28,1	28,90
240 minutos	27,6	28,40
300 minutos	27,3	28,10
360 minutos	26,9	27,70
420 minutos	26,7	27,30

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

ANEXO 10

CALOR ESPECÍFICO

DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO DE UM SÓLIDO

Pedra Natural: Amarelo Vila Real (AVR)

Data Ensaio: 23/03/2012

CONSTANTE DO CALORÍMETRO										
m_1 (g)	150,00									
m_2 (g)	200,00									
θ_1 (°C)	18,10									
θ_2 (°C)	69,60									
θ_3 (°C)	45,60									
E (g)	24,55									
Amostra	AVR1	AVR2	AVR3	AVR4	AVR5	AVR6	AVR7	AVR8	AVR9	AVR10
M_1 (g)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
m (g)	24,28	21,08	22,80	24,58	21,56	33,00	33,00	33,00	33,00	33,00
θ_0 (°C)	18,70	18,00	21,70	19,00	18,20	19,80	20,10	20,90	21,40	21,70
θ_1 (°C)	99,30	99,20	99,20	99,70	99,60	94,60	96,20	96,00	96,60	96,30
θ_f (°C)	21,50	20,30	24,20	21,80	20,80	23,10	23,80	24,60	25,20	25,50
c' (cal/g°C)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C (Kcal/Kg°C)	0,18	0,17	0,18	0,18	0,19	0,17	0,19	0,20	0,20	0,20
C (J/Kg°C)	772,93	721,09	762,35	762,52	798,01	729,30	807,53	818,84	840,97	848,10
VALOR MÉDIO C										
(Kcal/kg°C)	0,19									
(J/kg°C)	786,16									

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO DE UM SÓLIDO****Pedra Natural:** Cinzento Pedras Salgadas (CPS)**Data Ensaio:** 13/02/2012

CONSTANTE DO CALORÍMETRO										
m₁ (g)	150,00									
m₂ (g)	200,00									
θ₁ (°C)	18,30									
θ₂ (°C)	69,80									
θ₃ (°C)	45,80									
E (g)	24,55									
Amostra	CPS1	CPS2	CPS3	CPS4	CPS5	CPS6	CPS7	CPS8	CPS9	CPS10
M₁ (g)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
m (g)	32,00	31,00	31,00	31,00	31,00	32,00	30,00	32,00	31,00	31,00
θ₀ (°C)	18,30	17,60	16,10	17,30	17,60	18,40	17,40	16,70	18,10	18,50
θ₁ (°C)	100,00	98,40	99,20	98,50	98,80	98,80	90,90	98,70	98,80	98,70
θ_f (°C)	21,70	20,50	20,10	20,40	20,70	22,00	20,80	20,40	21,50	21,70
c' (cal/g°C)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C (Kcal/Kg°C)	0,17	0,15	0,20	0,16	0,16	0,18	0,20	0,18	0,18	0,17
C (J/Kg°C)	707,61	626,22	850,64	667,69	667,69	763,87	843,07	770,04	739,88	699,07
VALOR MÉDIO C										
(Kcal/kg°C)	0,18									
(J/kg°C)	733,58									

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO DE UM SÓLIDO**

Pedra Natural: Cristal Azul (CAZ)

Data Ensaio: 02/04/2012

CONSTANTE DO CALORÍMETRO										
m_1 (g)	150,00									
m_2 (g)	200,00									
θ_1 (°C)	18,10									
θ_2 (°C)	69,60									
θ_3 (°C)	45,60									
E (g)	24,55									
Amostra	CAZ1	CAZ2	CAZ3	CAZ4	CAZ5	CAZ6	CAZ7	CAZ8	CAZ9	CAZ10
M_1 (g)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
m (g)	31,00	31,00	31,00	32,00	31,00	31,00	32,00	31,00	32,00	32,00
θ_0 (°C)	23,00	23,40	24,20	24,10	24,10	21,50	22,20	24,00	24,30	24,20
θ_1 (°C)	99,30	99,30	99,30	99,30	99,30	99,30	99,30	99,30	99,30	99,30
θ_f (°C)	26,40	26,60	27,60	27,60	27,50	24,80	25,60	27,40	27,50	27,50
c' (cal/g°C)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C (Kcal/Kg°C)	0,19	0,18	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,19	0,17	0,18
C (J/Kg°C)	784,54	740,42	797,67	795,47	796,56	745,11	751,77	795,45	726,28	748,97
VALOR MÉDIO C										
(Kcal/kg°C)	0,18									
(J/kg°C)	768,23									

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO DE UM SÓLIDO**

Pedra Natural: Rosa Monção (RM)

Data Ensaio: 14/03/2012

CONSTANTE DO CALORÍMETRO										
m_1 (g)	150,00									
m_2 (g)	200,00									
θ_1 (°C)	18,10									
θ_2 (°C)	69,60									
θ_3 (°C)	45,60									
E (g)	24,55									
Amostra	RM1	RM2	RM3	RM4	RM5	RM6	RM7	RM8	RM9	RM10
M_1 (g)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
m (g)	33,00	33,00	33,00	33,00	34,00	34,00	34,00	32,00	34,00	33,00
θ_0 (°C)	21,40	22,30	22,90	23,90	23,90	19,10	20,20	20,70	19,70	20,20
θ_1 (°C)	94,10	93,40	94,40	97,00	95,80	95,40	95,20	94,70	96,30	95,50
θ_f (°C)	24,90	26,00	26,70	27,50	27,40	23,10	24,00	24,00	23,50	23,10
c' (cal/g°C)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C (Kcal/Kg°C)	0,19	0,21	0,21	0,20	0,19	0,16	0,16	0,15	0,15	0,12
C (J/Kg°C)	799,23	867,47	886,97	818,52	784,80	681,28	657,21	610,70	642,77	508,19
VALOR MÉDIO C										
(Kcal/kg°C)	0,17									
(J/kg°C)	725,71									

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO DE UM SÓLIDO****Pedra Natural:** Cinzento Favaco (CFAV)**Data Ensaio:** 30/03/2012

CONSTANTE DO CALORÍMETRO										
m₁ (g)	150,00									
m₂ (g)	200,00									
θ₁ (°C)	18,10									
θ₂ (°C)	69,60									
θ₃ (°C)	45,60									
E (g)	24,55									
Amostra	CFAV1	CFAV2	CFAV3	CFAV4	CFAV5	CFAV6	CFAV7	CFAV8	CFAV9	CFAV10
M₁ (g)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
m (g)	31,00	34,00	32,00	33,00	31,00	33,00	32,00	31,00	32,00	32,00
θ₀ (°C)	23,60	22,20	23,00	23,20	23,50	23,50	23,50	23,70	24,60	23,60
θ₁ (°C)	97,60	97,00	97,90	98,00	98,10	97,50	97,70	97,50	97,60	97,70
θ_f (°C)	26,40	25,30	26,50	26,70	26,80	27,20	27,10	27,10	27,80	27,40
c' (cal/g°C)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C (Kcal/Kg°C)	0,16	0,16	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20	0,19	0,18	0,21
C (J/Kg°C)	661,52	663,12	798,81	775,69	778,55	831,68	830,95	812,40	747,09	880,85
VALOR MÉDIO C										
(Kcal/kg°C)	0,19									
(J/kg°C)	778,07									

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO DE UM SÓLIDO****Pedra Natural:** Cinzento Monchique (SNEF)**Data Ensaio:** 11/04/2012

CONSTANTE DO CALORÍMETRO										
m₁ (g)	150,00									
m₂ (g)	200,00									
θ₁ (°C)	18,10									
θ₂ (°C)	69,60									
θ₃ (°C)	45,60									
E (g)	24,55									
Amostra	SNEF1	SNEF2	SNEF3	SNEF4	SNEF5	SNEF6	SNEF7	SNEF8	SNEF9	SNEF10
M₁ (g)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
m (g)	32,00	32,00	33,00	31,00	33,00	32,00	33,00	32,00	31,00	33,00
θ₀ (°C)	21,20	22,60	22,20	22,50	22,30	21,50	21,40	21,90	22,00	22,00
θ₁ (°C)	99,30	99,30	99,30	99,30	99,30	97,40	97,40	97,20	97,20	96,80
θ_f (°C)	24,70	26,20	25,80	26,00	25,90	24,40	24,50	25,00	25,30	25,20
c' (cal/g°C)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C (Kcal/Kg°C)	0,18	0,19	0,18	0,19	0,19	0,15	0,16	0,17	0,18	0,17
C (J/Kg°C)	764,55	802,53	773,98	803,21	775,03	647,37	671,96	699,68	772,06	706,23
VALOR MÉDIO C										
(Kcal/kg°C)	0,18									
(J/kg°C)	741,66									

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO DE UM SÓLIDO**

Pedra Natural: Negro Impala (NIMP)

Data Ensaio: 29/02/2012

CONSTANTE DO CALORÍMETRO										
m_1 (g)	150,00									
m_2 (g)	200,00									
θ_1 (°C)	18,00									
θ_2 (°C)	69,30									
θ_3 (°C)	45,40									
E (g)	24,45									
Amostra	NIMP1	NIMP2	NIMP3	NIMP4	NIMP5	NIMP6	NIMP7	NIMP8	NIMP9	NIMP10
M_1 (g)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
m (g)	36,00	37,00	35,00	36,00	35,00	36,00	37,00	37,00	37,00	35,00
θ_0 (°C)	20,10	20,50	20,50	20,70	20,70	20,20	20,40	20,60	20,30	20,50
θ_1 (°C)	96,20	94,80	94,90	95,00	96,30	95,30	93,90	96,20	94,70	95,80
θ_f (°C)	24,10	24,30	24,20	24,50	24,40	24,60	24,20	24,80	24,40	24,70
c' (cal/g°C)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C (Kcal/Kg°C)	0,19	0,18	0,19	0,19	0,18	0,22	0,15	0,16	0,16	0,17
C (J/Kg°C)	802,97	759,05	779,10	780,13	766,09	900,76	616,92	665,63	659,95	706,63
VALOR MÉDIO C										
(Kcal/kg°C)	0,18									
(J/kg°C)	743,72									

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO DE UM SÓLIDO**

Pedra Natural: Negro Zimbabwe (NZBW)

Data Ensaio: 03/04/2012

CONSTANTE DO CALORÍMETRO										
m_1 (g)	150,00									
m_2 (g)	200,00									
θ_1 (°C)	18,10									
θ_2 (°C)	69,60									
θ_3 (°C)	45,60									
E (g)	24,55									
Amostra	NZBW1	NZBW2	NZBW3	NZBW4	NZBW5	NZBW6	NZBW7	NZBW8	NZBW9	NZBW10
M_1 (g)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
m (g)	39,00	38,00	39,00	38,00	39,00	39,00	38,00	39,00	38,00	38,00
θ_0 (°C)	22,30	22,90	22,40	22,90	23,50	21,50	21,80	22,00	22,10	22,50
θ_1 (°C)	97,60	97,40	97,40	97,40	97,60	97,60	97,60	97,80	97,60	97,40
θ_f (°C)	26,00	26,80	26,30	26,90	27,80	25,30	25,50	25,70	26,00	26,50
c' (cal/g°C)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C (Kcal/Kg°C)	0,17	0,18	0,18	0,19	0,20	0,17	0,17	0,16	0,18	0,18
C (J/Kg°C)	690,96	758,06	733,43	778,60	823,71	702,76	704,22	686,16	747,47	774,21
VALOR MÉDIO C										
(Kcal/kg°C)	0,18									
(J/kg°C)	739,96									

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO DE UM SÓLIDO**

Pedra Natural: Ardósia de Valongo (ARDV)

Data Ensaio: 27/04/2012

CONSTANTE DO CALORÍMETRO										
m_1 (g)	150,00									
m_2 (g)	200,00									
θ_1 (°C)	18,10									
θ_2 (°C)	69,60									
θ_3 (°C)	45,60									
E (g)	24,55									
Amostra	ARDV1	ARDV2	ARDV3	ARDV4	ARDV5	ARDV6	ARDV7	ARDV8	ARDV9	ARDV10
M_1 (g)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
m (g)	34,00	33,00	32,00	34,00	34,00	33,00	33,00	35,00	33,00	32,00
θ_0 (°C)	19,50	20,30	20,30	19,90	20,50	18,70	19,20	19,70	19,80	20,40
θ_1 (°C)	98,40	98,30	98,40	98,50	98,50	98,40	98,50	98,60	98,70	98,70
θ_f (°C)	23,20	23,70	23,30	23,10	23,80	21,90	22,50	23,00	22,90	23,50
c' (cal/g°C)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C (Kcal/Kg°C)	0,18	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,16
C (J/Kg°C)	754,62	720,20	650,96	650,92	677,55	661,00	686,14	650,35	646,26	671,77
VALOR MÉDIO C										
(Kcal/kg°C)	0,16									
(J/kg°C)	676,98									

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção

Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
 lgm.isep@isep.ipp.pt 228 340 545



DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO DE UM SÓLIDO

Pedra Natural: Verde Donai (VD)

Data Ensaio: 13/04/2012

CONSTANTE DO CALORÍMETRO										
m_1 (g)	150,00									
m_2 (g)	200,00									
θ_1 (°C)	18,10									
θ_2 (°C)	69,60									
θ_3 (°C)	45,60									
E (g)	24,55									
Amostra	VD1	VD2	VD3	VD4	VD5	VD6	VD7	VD8	VD9	VD10
M_1 (g)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
m (g)	31,00	28,00	33,00	32,00	29,00	31,00	29,00	30,00	32,00	32,00
θ_0 (°C)	19,90	21,10	21,80	20,40	19,70	18,90	19,60	19,10	19,60	20,10
θ_1 (°C)	97,20	97,10	97,20	98,10	98,20	98,50	98,90	98,80	98,10	98,20
θ_f (°C)	23,50	24,30	25,60	23,90	23,20	22,20	22,60	22,00	22,80	23,20
c' (cal/g°C)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C (Kcal/Kg°C)	0,20	0,20	0,20	0,18	0,20	0,17	0,17	0,16	0,17	0,16
C (J/Kg°C)	821,67	818,63	838,65	768,67	839,14	727,53	707,01	656,36	692,52	673,56
VALOR MÉDIO C										
(Kcal/kg°C)	0,18									
(J/kg°C)	754,37									

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO DE UM SÓLIDO**

Pedra Natural: Branco Rosado (MBR)

Data Ensaio: 29/02/2012

CONSTANTE DO CALORÍMETRO										
m_1 (g)	150,00									
m_2 (g)	200,00									
θ_1 (°C)	18,80									
θ_2 (°C)	69,50									
θ_3 (°C)	45,30									
E (g)	32,64									
Amostra	MBR1	MBR2	MBR3	MBR4	MBR5	MBR6	MBR7	MBR8	MBR9	MBR10
M_1 (g)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
m (g)	31,00	31,00	32,00	31,00	30,00	32,00	31,00	32,00	32,00	31,00
θ_0 (°C)	18,90	19,30	19,30	19,50	19,50	19,60	20,30	21,00	21,40	21,00
θ_1 (°C)	98,90	98,60	98,40	99,00	98,40	98,80	98,60	98,60	98,50	98,40
θ_f (°C)	22,30	22,70	22,90	23,40	23,10	23,20	24,00	24,70	25,20	24,20
c' (cal/g°C)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C (Kcal/Kg°C)	0,19	0,19	0,20	0,22	0,21	0,20	0,21	0,21	0,21	0,18
C (J/Kg°C)	795,14	802,48	827,49	924,14	885,00	826,39	888,50	868,89	899,68	772,58
VALOR MÉDIO C										
(Kcal/kg°C)	0,20									
(J/kg°C)	849,03									

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO DE UM SÓLIDO**

Pedra Natural: Moleanos Macio (MOLM)

Data Ensaio: 18/04/2012

CONSTANTE DO CALORÍMETRO										
m_1 (g)	150,00									
m_2 (g)	200,00									
θ_1 (°C)	18,10									
θ_2 (°C)	69,60									
θ_3 (°C)	45,60									
E (g)	24,55									
Amostra	MOLM1	MOLM2	MOLM3	MOLM4	MOLM5	MOLM6	MOLM7	MOLM8	MOLM9	MOLM10
M_1 (g)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
m (g)	30,00	33,00	29,00	29,00	30,00	30,00	32,00	30,00	30,00	30,00
θ_0 (°C)	19,00	19,10	18,90	19,60	20,50	19,30	19,40	19,40	19,40	19,70
θ_1 (°C)	98,20	98,30	98,20	98,30	98,00	98,80	98,70	98,70	98,80	98,80
θ_f (°C)	22,00	22,10	21,80	22,60	23,20	22,80	22,80	22,50	22,80	23,00
c' (cal/g°C)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C (Kcal/Kg°C)	0,16	0,15	0,16	0,17	0,15	0,19	0,17	0,17	0,19	0,18
C (J/Kg°C)	684,34	622,13	682,55	712,61	627,43	800,50	729,98	707,15	777,62	756,74
VALOR MÉDIO C										
(Kcal/kg°C)	0,17									
(J/kg°C)	710,11									

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

ANEXO 11

PISO RADIANTE – TESTE DE SUPERFÍCIE

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**PISO RADIANTE - TESTE DE SUPERFÍCIE****Pedra Natural:** Amarelo Vila Real (AVR)**Data Ensaio:** 04/02/2013

TERMOSTATO LIGADO							
Medições (h)	Ti	Ts	TL	TT	TC	TPE	TPD
0.00	16,80	16,50	16,00	17,00	16,50	16,50	16,50
0.15	17,50	18,00	17,00	17,00	16,50	17,00	17,00
0.30	18,90	19,00	20,00	18,00	17,00	18,00	18,00
1.00	21,30	21,50	23,00	18,00	16,50	18,00	18,00
1.30	23,40	22,50	25,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.00	25,10	24,00	27,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.30	26,50	26,00	29,00	19,50	17,00	19,50	19,50
3.00	27,80	26,50	30,00	19,00	17,00	19,50	19,50
3.30	28,90	26,50	31,00	20,00	17,50	20,00	20,00
TERMOSTATO DESLIGADO							
4.00	29,80	26,50	-	20,00	17,50	20,00	20,00
4.30	30,00	26,00	-	20,00	17,50	19,50	19,50
5.00	28,30	25,00	-	19,50	17,50	19,50	19,50
5.30	26,80	24,00	-	19,00	17,00	19,00	19,00
6.00	25,60	22,50	-	18,50	17,00	19,00	19,00
6.30	24,70	22,50	-	19,00	17,00	19,00	19,00
7.00	23,90	21,00	-	18,00	16,50	18,50	18,50
7.30	23,10	20,50	-	18,00	16,50	18,50	18,50
8.00	22,50	20,50	-	19,50	18,50	19,00	19,00
25.00	17,50	17,50	-	17,00	16,50	17,00	17,00

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**PISO RADIANTE - TESTE DE SUPERFÍCIE****Pedra Natural:** Cinzento Claro Pedras Salgadas (CPS)**Data Ensaio:** 04/02/2013

TERMOSTATO LIGADO							
Medições (h)	Ti	Ts	TL	TT	TC	TP1	TP2
0.00	16,80	16,50	16,00	17,00	16,50	16,50	16,50
0.15	17,50	18,00	17,00	17,00	16,50	17,00	17,00
0.30	18,50	19,00	20,00	18,00	17,00	18,00	18,00
1.00	20,40	21,50	23,00	18,00	16,50	18,00	18,00
1.30	22,20	23,00	25,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.00	23,90	24,50	27,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.30	25,20	26,00	29,00	19,50	17,00	19,50	19,50
3.00	26,50	26,50	30,00	19,00	17,00	19,50	19,50
3.30	27,50	28,00	31,00	20,00	17,50	20,00	20,00
TERMOSTATO DESLIGADO							
4.00	28,50	26,50	-	20,00	17,50	20,00	20,00
4.30	28,90	25,50	-	20,00	17,50	19,50	19,50
5.00	28,00	24,00	-	19,50	17,50	19,50	19,50
5.30	26,80	23,00	-	19,00	17,00	19,00	19,00
6.00	25,90	22,50	-	18,50	17,00	19,00	19,00
6.30	25,10	21,50	-	19,00	17,00	19,00	19,00
7.00	24,30	20,50	-	18,00	16,50	18,50	18,50
7.30	23,70	20,50	-	18,00	16,50	18,50	18,50
8.00	23,10	20,50	-	19,50	18,50	19,00	19,00
25.00	18,00	17,50	-	17,00	16,50	17,00	17,00

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**PISO RADIANTE - TESTE DE SUPERFÍCIE****Pedra Natural:** Cristal Azul (CAZ)**Data Ensaio:** 04/02/2013

TERMOSTATO LIGADO							
Medições (h)	Ti	Ts	TL	TT	TC	TP1	TP2
0.00	16,80	16,50	16,00	17,00	16,50	16,50	16,50
0.15	18,40	17,50	17,00	17,00	16,50	17,00	17,00
0.30	20,00	18,50	20,00	18,00	17,00	18,00	18,00
1.00	22,90	21,00	23,00	18,00	16,50	18,00	18,00
1.30	25,20	22,00	25,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.00	27,20	23,00	27,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.30	28,70	25,00	29,00	19,50	17,00	19,50	19,50
3.00	30,10	26,00	30,00	19,00	17,00	19,50	19,50
3.30	31,30	27,00	31,00	20,00	17,50	20,00	20,00
TERMOSTATO DESLIGADO							
4.00	32,30	26,50	-	20,00	17,50	20,00	20,00
4.30	31,70	25,50	-	20,00	17,50	19,50	19,50
5.00	29,50	24,50	-	19,50	17,50	19,50	19,50
5.30	27,80	24,00	-	19,00	17,00	19,00	19,00
6.00	26,40	22,50	-	18,50	17,00	19,00	19,00
6.30	25,20	22,00	-	19,00	17,00	19,00	19,00
7.00	24,20	21,00	-	18,00	16,50	18,50	18,50
7.30	23,40	20,50	-	18,00	16,50	18,50	18,50
8.00	22,70	20,50	-	19,50	18,50	19,00	19,00
25.00	17,40	17,50	-	17,00	16,50	17,00	17,00

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**PISO RADIANTE - TESTE DE SUPERFÍCIE****Pedra Natural:** Rosa Monção**Data Ensaio:** 04/02/2013

TERMOSTATO LIGADO							
Medições (h)	Ti	Ts	TL	TT	TC	TP1	TP2
0.00	16,80	16,50	16,00	17,00	16,50	16,50	16,50
0.15	17,80	18,00	17,00	17,00	16,50	17,00	17,00
0.30	19,30	19,00	20,00	18,00	17,00	18,00	18,00
1.00	22,10	22,00	23,00	18,00	16,50	18,00	18,00
1.30	24,50	22,00	25,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.00	26,50	25,00	27,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.30	27,90	25,50	29,00	19,50	17,00	19,50	19,50
3.00	29,30	27,00	30,00	19,00	17,00	19,50	19,50
3.30	30,40	28,50	31,00	20,00	17,50	20,00	20,00
TERMOSTATO DESLIGADO							
4.00	31,30	26,50	-	20,00	17,50	20,00	20,00
4.30	31,40	25,00	-	20,00	17,50	19,50	19,50
5.00	29,60	24,50	-	19,50	17,50	19,50	19,50
5.30	27,90	23,00	-	19,00	17,00	19,00	19,00
6.00	26,40	23,00	-	18,50	17,00	19,00	19,00
6.30	25,30	21,50	-	19,00	17,00	19,00	19,00
7.00	24,40	20,00	-	18,00	16,50	18,50	18,50
7.30	23,60	20,00	-	18,00	16,50	18,50	18,50
8.00	22,90	20,00	-	19,50	18,50	19,00	19,00
25.00	18,00	17,00	-	17,00	16,50	17,00	17,00

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**PISO RADIANTE - TESTE DE SUPERFÍCIE****Pedra Natural:** Cinzento Favaco (CFAV)**Data Ensaio:** 04/02/2013

TERMOSTATO LIGADO							
Medições (h)	Ti	Ts	TL	TT	TC	TP1	TP2
0.00	16,70	16,50	16,00	17,00	16,50	16,50	16,50
0.15	18,10	17,50	17,00	17,00	16,50	17,00	17,00
0.30	19,40	19,00	20,00	18,00	17,00	18,00	18,00
1.00	21,70	22,00	23,00	18,00	16,50	18,00	18,00
1.30	23,70	23,00	25,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.00	25,30	24,00	27,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.30	26,70	25,00	29,00	19,50	17,00	19,50	19,50
3.00	27,90	25,50	30,00	19,00	17,00	19,50	19,50
3.30	29,00	27,50	31,00	20,00	17,50	20,00	20,00
TERMOSTATO DESLIGADO							
4.00	30,00	26,00	-	20,00	17,50	20,00	20,00
4.30	29,50	25,50	-	20,00	17,50	19,50	19,50
5.00	27,80	24,50	-	19,50	17,50	19,50	19,50
5.30	26,50	23,00	-	19,00	17,00	19,00	19,00
6.00	25,40	22,50	-	18,50	17,00	19,00	19,00
6.30	24,50	21,50	-	19,00	17,00	19,00	19,00
7.00	23,70	20,50	-	18,00	16,50	18,50	18,50
7.30	23,00	20,50	-	18,00	16,50	18,50	18,50
8.00	22,40	20,50	-	19,50	18,50	19,00	19,00
25.00	17,30	17,50	-	17,00	16,50	17,00	17,00

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**PISO RADIANTE - TESTE DE SUPERFÍCIE****Pedra Natural:** Cinzento Monchique (SNEF)**Data Ensaio:** 04/02/2013

TERMOSTATO LIGADO							
Medições (h)	Ti	Ts	TL	TT	TC	TP1	TP2
0.00	16,70	16,50	16,00	17,00	16,50	16,50	16,50
0.15	17,80	17,50	17,00	17,00	16,50	17,00	17,00
0.30	19,20	19,00	20,00	18,00	17,00	18,00	18,00
1.00	21,50	21,50	23,00	18,00	16,50	18,00	18,00
1.30	23,50	22,00	25,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.00	25,10	24,00	27,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.30	26,50	26,00	29,00	19,50	17,00	19,50	19,50
3.00	27,70	26,00	30,00	19,00	17,00	19,50	19,50
3.30	28,70	28,00	31,00	20,00	17,50	20,00	20,00
TERMOSTATO DESLIGADO							
4.00	29,60	26,00	-	20,00	17,50	20,00	20,00
4.30	29,40	25,50	-	20,00	17,50	19,50	19,50
5.00	27,60	24,50	-	19,50	17,50	19,50	19,50
5.30	26,20	24,00	-	19,00	17,00	19,00	19,00
6.00	25,10	22,50	-	18,50	17,00	19,00	19,00
6.30	24,30	22,00	-	19,00	17,00	19,00	19,00
7.00	23,50	21,00	-	18,00	16,50	18,50	18,50
7.30	22,80	20,50	-	18,00	16,50	18,50	18,50
8.00	22,30	20,50	-	19,50	18,50	19,00	19,00
25.00	17,40	17,50	-	17,00	16,50	17,00	17,00

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**PISO RADIANTE - TESTE DE SUPERFÍCIE****Pedra Natural:** Negro Impala (NIMP)**Data Ensaio:** 04/02/2013

TERMOSTATO LIGADO							
Medições (h)	Ti	Ts	TL	TT	TC	TP1	TP2
0.00	16,60	16,50	16,00	17,00	16,50	16,50	16,50
0.15	17,70	18,00	17,00	17,00	16,50	17,00	17,00
0.30	18,80	20,00	20,00	18,00	17,00	18,00	18,00
1.00	20,70	23,00	23,00	18,00	16,50	18,00	18,00
1.30	22,60	24,00	25,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.00	24,20	24,00	27,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.30	25,50	28,00	29,00	19,50	17,00	19,50	19,50
3.00	26,50	28,50	30,00	19,00	17,00	19,50	19,50
3.30	27,80	30,50	31,00	20,00	17,50	20,00	20,00
TERMOSTATO DESLIGADO							
4.00	28,70	28,50	-	20,00	17,50	20,00	20,00
4.30	28,90	25,50	-	20,00	17,50	19,50	19,50
5.00	28,00	25,00	-	19,50	17,50	19,50	19,50
5.30	26,90	24,50	-	19,00	17,00	19,00	19,00
6.00	25,90	23,00	-	18,50	17,00	19,00	19,00
6.30	25,10	22,00	-	19,00	17,00	19,00	19,00
7.00	24,30	21,00	-	18,00	16,50	18,50	18,50
7.30	23,60	20,50	-	18,00	16,50	18,50	18,50
8.00	23,00	20,50	-	19,50	18,50	19,00	19,00
25.00	18,30	17,50	-	17,00	16,50	17,00	17,00

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**PISO RADIANTE - TESTE DE SUPERFÍCIE****Pedra Natural:** Negro Zimbabwe (NZBW)**Data Ensaio:** 04/02/2013

TERMOSTATO LIGADO							
Medições (h)	Ti	Ts	TL	TT	TC	TP1	TP2
0.00	16,70	16,50	16,00	17,00	16,50	16,50	16,50
0.15	17,90	17,50	17,00	17,00	16,50	17,00	17,00
0.30	19,10	19,00	20,00	18,00	17,00	18,00	18,00
1.00	21,20	21,50	23,00	18,00	16,50	18,00	18,00
1.30	23,10	22,50	25,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.00	24,80	24,00	27,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.30	26,10	25,00	29,00	19,50	17,00	19,50	19,50
3.00	27,30	26,50	30,00	19,00	17,00	19,50	19,50
3.30	28,30	28,00	31,00	20,00	17,50	20,00	20,00
TERMOSTATO DESLIGADO							
4.00	29,20	26,50	-	20,00	17,50	20,00	20,00
4.30	29,20	25,50	-	20,00	17,50	19,50	19,50
5.00	28,00	25,50	-	19,50	17,50	19,50	19,50
5.30	26,80	23,00	-	19,00	17,00	19,00	19,00
6.00	25,70	22,50	-	18,50	17,00	19,00	19,00
6.30	24,80	21,50	-	19,00	17,00	19,00	19,00
7.00	24,00	20,50	-	18,00	16,50	18,50	18,50
7.30	23,30	20,50	-	18,00	16,50	18,50	18,50
8.00	22,70	20,50	-	19,50	18,50	19,00	19,00
25.00	18,20	17,50	-	17,00	16,50	17,00	17,00

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**PISO RADIANTE - TESTE DE SUPERFÍCIE****Pedra Natural:** Ardósia de Valongo (ARDV)**Data Ensaio:** 04/02/2013

TERMOSTATO LIGADO							
Medições (h)	Ti	Ts	TL	TT	TC	TP1	TP2
0.00	16,70	16,50	16,00	17,00	16,50	16,50	16,50
0.15	17,40	18,50	17,00	17,00	16,50	17,00	17,00
0.30	18,40	18,50	20,00	18,00	17,00	18,00	18,00
1.00	20,30	20,00	23,00	18,00	16,50	18,00	18,00
1.30	22,20	21,50	25,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.00	23,80	23,50	27,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.30	25,00	24,50	29,00	19,50	17,00	19,50	19,50
3.00	26,10	25,50	30,00	19,00	17,00	19,50	19,50
3.30	27,10	26,50	31,00	20,00	17,50	20,00	20,00
TERMOSTATO DESLIGADO							
4.00	27,90	26,00	-	20,00	17,50	20,00	20,00
4.30	28,30	25,00	-	20,00	17,50	19,50	19,50
5.00	27,40	24,50	-	19,50	17,50	19,50	19,50
5.30	26,30	24,00	-	19,00	17,00	19,00	19,00
6.00	25,20	22,00	-	18,50	17,00	19,00	19,00
6.30	24,40	21,00	-	19,00	17,00	19,00	19,00
7.00	23,70	20,00	-	18,00	16,50	18,50	18,50
7.30	23,00	20,00	-	18,00	16,50	18,50	18,50
8.00	22,50	20,00	-	19,50	18,50	19,00	19,00
25.00	18,10	17,50	-	17,00	16,50	17,00	17,00

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**PISO RADIANTE - TESTE DE SUPERFÍCIE****Pedra Natural:** Verde Donai (VD)**Data Ensaio:** 04/02/2013

TERMOSTATO LIGADO							
Medições (h)	Ti	Ts	TL	TT	TC	TP1	TP2
0.00	16,70	16,50	16,00	17,00	16,50	16,50	16,50
0.15	17,50	17,50	17,00	17,00	16,50	17,00	17,00
0.30	18,60	18,50	20,00	18,00	17,00	18,00	18,00
1.00	20,50	20,50	23,00	18,00	16,50	18,00	18,00
1.30	22,50	21,50	25,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.00	24,20	22,50	27,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.30	25,50	24,50	29,00	19,50	17,00	19,50	19,50
3.00	26,70	25,50	30,00	19,00	17,00	19,50	19,50
3.30	27,80	26,00	31,00	20,00	17,50	20,00	20,00
TERMOSTATO DESLIGADO							
4.00	28,00	26,50	-	20,00	17,50	20,00	20,00
4.30	28,00	26,00	-	20,00	17,50	19,50	19,50
5.00	26,80	24,50	-	19,50	17,50	19,50	19,50
5.30	25,80	24,00	-	19,00	17,00	19,00	19,00
6.00	24,90	22,50	-	18,50	17,00	19,00	19,00
6.30	24,20	22,00	-	19,00	17,00	19,00	19,00
7.00	23,40	21,00	-	18,00	16,50	18,50	18,50
7.30	22,80	20,50	-	18,00	16,50	18,50	18,50
8.00	22,30	20,50	-	19,50	18,50	19,00	19,00
25.00	17,40	17,00	-	17,00	16,50	17,00	17,00

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**PISO RADIANTE - TESTE DE SUPERFÍCIE****Pedra Natural:** Branco Rosado (MBR)**Data Ensaio:** 04/02/2013

TERMOSTATO LIGADO							
Medições (h)	Ti	Ts	TL	TT	TC	TP1	TP2
0.00	16,80	16,50	16,00	17,00	16,50	16,50	16,50
0.15	17,60	18,00	17,00	17,00	16,50	17,00	17,00
0.30	18,60	19,50	20,00	18,00	17,00	18,00	18,00
1.00	20,50	22,00	23,00	18,00	16,50	18,00	18,00
1.30	22,20	22,50	25,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.00	23,70	24,00	27,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.30	25,00	26,00	29,00	19,50	17,00	19,50	19,50
3.00	26,10	26,50	30,00	19,00	17,00	19,50	19,50
3.30	27,10	28,50	31,00	20,00	17,50	20,00	20,00
TERMOSTATO DESLIGADO							
4.00	28,00	26,50	-	20,00	17,50	20,00	20,00
4.30	28,00	26,00	-	20,00	17,50	19,50	19,50
5.00	26,80	24,50	-	19,50	17,50	19,50	19,50
5.30	25,80	24,00	-	19,00	17,00	19,00	19,00
6.00	24,90	22,50	-	18,50	17,00	19,00	19,00
6.30	24,20	22,00	-	19,00	17,00	19,00	19,00
7.00	23,40	21,00	-	18,00	16,50	18,50	18,50
7.30	22,80	20,50	-	18,00	16,50	18,50	18,50
8.00	22,30	20,50	-	19,50	18,50	19,00	19,00
25.00	17,40	17,00	-	17,00	16,50	17,00	17,00

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**PISO RADIANTE - TESTE DE SUPERFÍCIE****Pedra Natural:** Moleanos Macio (MOLM)**Data Ensaio:** 04/02/2013

TERMOSTATO LIGADO							
Medições (h)	Ti	Ts	TL	TT	TC	TP1	TP2
0.00	16,80	16,50	16,00	17,00	16,50	16,50	16,50
0.15	17,90	17,50	17,00	17,00	16,50	17,00	17,00
0.30	19,20	18,50	20,00	18,00	17,00	18,00	18,00
1.00	21,20	20,50	23,00	18,00	16,50	18,00	18,00
1.30	23,20	21,50	25,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.00	24,80	23,00	27,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.30	26,00	24,50	29,00	19,50	17,00	19,50	19,50
3.00	27,30	25,00	30,00	19,00	17,00	19,50	19,50
3.30	28,30	26,50	31,00	20,00	17,50	20,00	20,00
TERMOSTATO DESLIGADO							
4.00	29,30	25,50	-	20,00	17,50	20,00	20,00
4.30	29,40	25,00	-	20,00	17,50	19,50	19,50
5.00	28,00	24,00	-	19,50	17,50	19,50	19,50
5.30	26,90	23,00	-	19,00	17,00	19,00	19,00
6.00	25,90	21,50	-	18,50	17,00	19,00	19,00
6.30	25,10	21,50	-	19,00	17,00	19,00	19,00
7.00	24,30	20,00	-	18,00	16,50	18,50	18,50
7.30	23,70	20,00	-	18,00	16,50	18,50	18,50
8.00	23,10	20,00	-	19,50	18,50	19,00	19,00
25.00	18,10	17,00	-	17,00	16,50	17,00	17,00

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**PISO RADIANTE - TESTE DE SUPERFÍCIE**

Material: Cerâmica 1 (C1)

Data Ensaio: 04/02/2013

TERMOSTATO LIGADO							
Medições (h)	Ti	Ts	TL	TT	TC	TP1	TP2
0.00	16,50	-	16,00	17,00	16,50	16,50	16,50
0.15	19,00	-	17,00	17,00	16,50	17,00	17,00
0.30	20,00	-	20,00	18,00	17,00	18,00	18,00
1.00	21,50	-	23,00	18,00	16,50	18,00	18,00
1.30	22,00	-	25,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.00	23,50	-	27,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.30	25,00	-	29,00	19,50	17,00	19,50	19,50
3.00	25,50	-	30,00	19,00	17,00	19,50	19,50
3.30	25,50	-	31,00	20,00	17,50	20,00	20,00
TERMOSTATO DESLIGADO							
4.00	24,50	-	-	20,00	17,50	20,00	20,00
4.30	23,50	-	-	20,00	17,50	19,50	19,50
5.00	22,00	-	-	19,50	17,50	19,50	19,50
5.30	21,00	-	-	19,00	17,00	19,00	19,00
6.00	20,50	-	-	18,50	17,00	19,00	19,00
6.30	20,00	-	-	19,00	17,00	19,00	19,00
7.00	19,00	-	-	18,00	16,50	18,50	18,50
7.30	19,00	-	-	18,00	16,50	18,50	18,50
8.00	18,50	-	-	19,50	18,50	19,00	19,00
25.00	17,00	-	-	17,00	16,50	17,00	17,00

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**PISO RADIANTE - TESTE DE SUPERFÍCIE**

Material: Cerâmica 2 (C2)

Data Ensaio: 04/02/2013

TERMOSTATO LIGADO							
Medições (h)	Ti	Ts	TL	TT	TC	TP1	TP2
0.00	16,50	-	16,00	17,00	16,50	16,50	16,50
0.15	18,50	-	17,00	17,00	16,50	17,00	17,00
0.30	19,00	-	20,00	18,00	17,00	18,00	18,00
1.00	20,00	-	23,00	18,00	16,50	18,00	18,00
1.30	21,50	-	25,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.00	23,50	-	27,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.30	24,00	-	29,00	19,50	17,00	19,50	19,50
3.00	24,50	-	30,00	19,00	17,00	19,50	19,50
3.30	25,00	-	31,00	20,00	17,50	20,00	20,00
TERMOSTATO DESLIGADO							
4.00	24,00	-	-	20,00	17,50	20,00	20,00
4.30	23,00	-	-	20,00	17,50	19,50	19,50
5.00	22,00	-	-	19,50	17,50	19,50	19,50
5.30	21,00	-	-	19,00	17,00	19,00	19,00
6.00	20,50	-	-	18,50	17,00	19,00	19,00
6.30	19,50	-	-	19,00	17,00	19,00	19,00
7.00	19,00	-	-	18,00	16,50	18,50	18,50
7.30	19,00	-	-	18,00	16,50	18,50	18,50
8.00	18,50	-	-	19,50	18,50	19,00	19,00
25.00	16,50	-	-	17,00	16,50	17,00	17,00

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**PISO RADIANTE - TESTE DE SUPERFÍCIE****Material:** Aglomerado de Madeira 1 (MAD1)**Data Ensaio:** 04/02/2013

TERMOSTATO LIGADO							
Medições (h)	Ti	Ts	TL	TT	TC	TP1	TP2
0.00	16,50	-	16,00	17,00	16,50	16,50	16,50
0.15	18,00	-	17,00	17,00	16,50	17,00	17,00
0.30	19,50	-	20,00	18,00	17,00	18,00	18,00
1.00	20,50	-	23,00	18,00	16,50	18,00	18,00
1.30	21,50	-	25,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.00	22,50	-	27,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.30	23,50	-	29,00	19,50	17,00	19,50	19,50
3.00	24,50	-	30,00	19,00	17,00	19,50	19,50
3.30	25,00	-	31,00	20,00	17,50	20,00	20,00
TERMOSTATO DESLIGADO							
4.00	24,00	-	-	20,00	17,50	20,00	20,00
4.30	22,50	-	-	20,00	17,50	19,50	19,50
5.00	21,50	-	-	19,50	17,50	19,50	19,50
5.30	21,00	-	-	19,00	17,00	19,00	19,00
6.00	20,00	-	-	18,50	17,00	19,00	19,00
6.30	20,00	-	-	19,00	17,00	19,00	19,00
7.00	19,50	-	-	18,00	16,50	18,50	18,50
7.30	19,50	-	-	18,00	16,50	18,50	18,50
8.00	18,50	-	-	19,50	18,50	19,00	19,00
25.00	17,00	-	-	17,00	16,50	17,00	17,00

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

Laboratório de Geotecnia e Materiais de ConstruçãoRua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto
lgmc.isep@isep.ipp.pt 228 340 545**PISO RADIANTE - TESTE DE SUPERFÍCIE**

Material: Aglomerado de Madeira 2 (MAD2)

Data Ensaio: 04/02/2013

TERMOSTATO LIGADO							
Medições (h)	Ti	Ts	TL	TT	TC	TP1	TP2
0.00	16,50	-	16,00	17,00	16,50	16,50	16,50
0.15	17,50	-	17,00	17,00	16,50	17,00	17,00
0.30	18,50	-	20,00	18,00	17,00	18,00	18,00
1.00	19,00	-	23,00	18,00	16,50	18,00	18,00
1.30	21,00	-	25,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.00	22,00	-	27,00	18,50	17,00	18,50	18,50
2.30	24,00	-	29,00	19,50	17,00	19,50	19,50
3.00	24,50	-	30,00	19,00	17,00	19,50	19,50
3.30	24,50	-	31,00	20,00	17,50	20,00	20,00
TERMOSTATO DESLIGADO							
4.00	22,00	-	-	20,00	17,50	20,00	20,00
4.30	21,50	-	-	20,00	17,50	19,50	19,50
5.00	20,50	-	-	19,50	17,50	19,50	19,50
5.30	20,00	-	-	19,00	17,00	19,00	19,00
6.00	19,50	-	-	18,50	17,00	19,00	19,00
6.30	18,50	-	-	19,00	17,00	19,00	19,00
7.00	18,50	-	-	18,00	16,50	18,50	18,50
7.30	18,50	-	-	18,00	16,50	18,50	18,50
8.00	16,50	-	-	19,50	18,50	19,00	19,00
25.00	17,00	-	-	17,00	16,50	17,00	17,00

Ensaiou:

Data: 00/00/0000

Verificou:

Data: 00/00/0000

O Director do LGMC

ANEXO 12

PISO RADIANTE – TESTE CONTINUO

PISO RADIANTE - MEDIÇÕES T_i - TESTE CONTÍNUO (DATATAKER)

Data Ensaio: 04/05 de Fevereiro de 2013

min.	horas	AVR	CPS	CAZ	RM	CAV	SNEF	NIMP	NZBW	ARDV	VD	MBR	MOLM
0	0,00	16,80	16,80	16,80	16,80	16,70	16,70	16,70	16,80	16,80	16,80	16,80	16,80
15	0,25	17,70	17,60	18,60	18,00	18,30	18,00	17,80	18,10	17,50	17,60	17,80	18,00
30	0,50	19,00	18,60	20,30	19,50	19,60	19,30	18,90	19,30	18,60	18,70	18,80	19,30
60	1,00	21,40	20,60	23,00	22,30	21,80	21,70	20,90	21,40	20,60	20,80	20,60	21,50
90	1,50	23,50	22,40	25,40	24,70	23,80	23,60	22,70	23,30	22,40	22,70	22,30	23,30
120	2,00	25,20	24,00	27,30	26,60	25,40	25,20	24,30	24,90	23,80	24,20	23,80	24,90
150	2,50	26,60	25,30	28,90	28,10	26,80	26,60	25,60	26,20	25,10	25,60	25,10	26,10
180	3,00	27,90	26,60	30,20	29,40	28,00	27,70	26,80	27,40	26,20	26,80	26,20	27,40
210	3,50	28,90	27,60	31,30	30,40	29,00	28,70	27,90	28,40	27,10	27,80	27,10	28,40
240	4,00	29,90	28,50	32,40	31,40	30,00	29,70	28,70	29,30	28,00	28,70	28,10	29,30
270	4,50	29,90	28,90	31,60	31,40	29,40	29,30	28,90	29,20	28,40	29,00	27,90	29,30
300	5,00	28,20	27,90	29,40	29,50	27,70	27,50	27,90	27,90	27,30	27,80	26,80	28,00
330	5,50	26,70	26,80	27,70	27,80	26,40	26,20	26,90	26,70	26,20	26,60	25,70	26,90
360	6,00	25,60	25,80	26,30	26,30	25,30	25,10	25,80	25,60	25,20	25,50	24,90	25,80
390	6,50	24,60	25,00	25,10	25,30	24,40	24,20	25,00	24,70	24,40	24,60	24,10	25,00
420	7,00	23,80	24,30	24,20	24,30	23,60	23,40	24,20	24,00	23,60	23,80	23,40	24,30
450	7,50	23,10	23,70	23,40	23,50	22,90	22,70	23,50	23,30	23,00	23,10	22,80	23,60
480	8,00	22,50	23,10	22,70	22,90	22,30	22,20	22,90	22,70	22,40	22,50	22,30	23,10
510	8,50	22,00	22,60	22,10	22,30	21,90	21,80	22,40	22,20	22,00	22,00	21,90	22,60
540	9,00	21,60	22,10	21,60	21,80	21,40	21,30	22,00	21,80	21,50	21,50	21,50	22,10
570	9,50	21,20	21,70	21,20	21,50	21,00	21,00	21,60	21,40	21,20	21,10	21,10	21,80
600	10,00	20,80	21,40	20,80	21,20	20,60	20,60	21,30	21,10	20,90	20,80	20,80	21,50
630	10,50	20,50	21,10	20,40	20,90	20,30	20,30	20,90	20,80	20,70	20,50	20,50	21,10
660	11,00	20,20	20,80	20,10	20,60	20,00	20,00	20,70	20,60	20,50	20,30	20,20	20,90
690	11,50	19,90	20,50	19,90	20,30	19,80	19,80	20,50	20,30	20,20	20,00	19,90	20,60
720	12,00	19,70	20,30	19,60	20,10	19,50	19,50	20,30	20,10	20,00	19,80	19,70	20,40
750	12,50	19,50	20,10	19,40	19,90	19,30	19,40	20,10	20,00	19,80	19,60	19,50	20,20
780	13,00	19,30	19,80	19,20	19,60	19,10	19,20	19,80	19,70	19,60	19,40	19,30	19,90
810	13,50	19,10	19,70	19,10	19,40	19,00	19,00	19,70	19,60	19,40	19,30	19,20	19,70
840	14,00	19,00	19,50	18,90	19,40	18,80	18,90	19,60	19,50	19,40	19,20	19,00	19,60
870	14,50	18,90	19,50	18,80	19,40	18,70	18,80	19,60	19,40	19,30	19,20	18,90	19,60
900	15,00	18,70	19,30	18,70	19,40	18,60	18,70	19,50	19,30	19,30	19,10	18,80	19,60
930	15,50	18,60	19,20	18,50	19,30	18,40	18,50	19,40	19,20	19,20	18,90	18,60	19,40

PISO RADIANTE - MEDIÇÕES T_i - TESTE CONTÍNUO (DATATAKER)

Data Ensaio: 04/05 de Fevereiro de 2013

min.	horas	AVR	CPS	CAZ	RM	CAV	SNEF	NIMP	NZBW	ARDV	VD	MBR	MOLM
960	16,00	18,50	19,20	18,50	19,20	18,30	18,40	19,30	19,10	19,10	18,90	18,50	19,40
990	16,50	18,40	19,00	18,40	19,10	18,20	18,30	19,20	19,00	19,00	18,80	18,50	19,20
1020	17,00	18,30	18,90	18,30	19,00	18,10	18,20	19,10	18,90	18,90	18,70	18,40	19,10
1050	17,50	18,20	18,90	18,20	18,90	18,10	18,10	19,00	18,90	18,90	18,60	18,30	19,00
1080	18,00	18,20	18,80	18,10	18,80	18,00	18,10	18,90	18,80	18,80	18,60	18,20	19,00
1110	18,50	18,10	18,70	18,00	18,80	17,90	18,00	18,90	18,80	18,70	18,50	18,10	18,90
1140	19,00	18,00	18,60	18,00	18,70	17,80	17,90	18,80	18,70	18,70	18,50	18,00	18,80
1170	19,50	18,00	18,50	17,90	18,60	17,80	17,90	18,80	18,60	18,60	18,40	17,90	18,80
1200	20,00	17,90	18,40	17,90	18,50	17,70	17,80	18,70	18,50	18,50	18,30	17,90	18,60
1230	20,50	17,80	18,40	17,80	18,50	17,60	17,70	18,60	18,50	18,40	18,20	17,80	18,60
1260	21,00	17,80	18,30	17,70	18,50	17,60	17,70	18,60	18,50	18,40	18,20	17,80	18,60
1290	21,50	17,70	18,30	17,70	18,40	17,60	17,60	18,60	18,40	18,40	18,20	17,70	18,50
1320	22,00	17,70	18,30	17,60	18,40	17,50	17,60	18,60	18,40	18,40	18,20	17,70	18,50
1350	22,50	17,60	18,20	17,60	18,40	17,50	17,50	18,50	18,40	18,30	18,20	17,60	18,40
1380	23,00	17,60	18,20	17,50	18,40	17,40	17,50	18,50	18,30	18,30	18,10	17,60	18,40
1410	23,50	17,60	18,00	17,50	18,20	17,40	17,50	18,40	18,20	18,20	18,00	17,50	18,30
1440	24,00	17,50	18,00	17,50	18,10	17,40	17,40	18,30	18,20	18,10	18,00	17,50	18,20
1470	24,50	17,50	18,00	17,50	18,20	17,30	17,40	18,40	18,20	18,10	18,00	17,50	18,20
1500	25,00	17,50	18,00	17,40	18,00	17,30	17,30	18,30	18,10	18,00	17,90	17,50	18,10