



Eliana do Carmo Lima Correia **Análise do comportamento de polímeros na estabilização de solos em fundações**



**Eliana do Carmo Lima
Correia** **Análise do comportamento de polímeros na
estabilização de solos em fundações**

Tese apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil, realizada em ambiente empresarial sob a orientação científica do Professor Doutor José Claudino de Pinho Cardoso, Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e do Professor Doutor Fernando Joaquim Fernandes Tavares Rocha, Professor Catedrático do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro.

Apoio financeiro da FCT no âmbito da
bolsa SFRH/BDE/33676/2009.

Apoio do Ministério da Educação e
Ciência no âmbito da equiparação a
bolseiro.

Dedico este trabalho à minha família
e aos meus amigos.

o júri

presidente

Professor Doutor Fernando Manuel dos Santos Ramos
professor catedrático da Universidade de Aveiro

Professor Doutor Victor Manuel Pissarra Cavaleiro
professor catedrático da Universidade da Beira Interior

Professor Doutor Fernando Joaquim Fernandes Tavares Rocha
professor catedrático da Universidade de Aveiro

Professora Doutora Nilza Maria Vilhena Nunes da Costa
professora catedrática da Universidade de Aveiro

Professor Doutor Paulo Jorge de Melo Matias Faria de Vila Real
professor catedrático da Universidade de Aveiro

Professor Doutor José Claudino de Pinho Cardoso
professor associado da Universidade de Aveiro

Professora Doutora Ana Paula Fernandes da Silva
professora auxiliar da Universidade Nova de Lisboa

Professora Doutora Isabel Maria Ratola Duarte
professora auxiliar da Universidade de Évora

Professora Doutora Ana Paula Gerardo Machado
professora adjunta do Instituto Politécnico de Tomar

Professora Doutora Sofia Maria Mesquita Soares
professora adjunta do Instituto Politécnico de Beja

agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido em parceria com a Universidade de Aveiro e a empresa GEO – Ground Engineering Operations, Lda (GEO), com o apoio da empresa BRASFOND Fundações Especiais S.A. (BRASFOND).

Atendendo aos diversos contributos recebidos durante a realização deste estudo, gostaria de exprimir o meu profundo agradecimento a todos quantos me encorajaram e apoiaram a realização deste trabalho, em especial:

Ao Eng.^o Jorge Capitão – Mor e ao Professor Doutor Claudino Cardoso, pelo apoio, orientação, pela paciência e sobretudo por acreditarem no projeto e pela disponibilidade com que presidiram à génese deste documento. A articulação entre ambos, empresa e universidade, possibilitou-me a experiência de explorar um novo domínio de investigação, diferente da minha formação académica inicial, repleto de desafios e extremamente aliciante.

Ao Eng.^o Jorge Correia por ter possibilitado a concretização deste projeto de investigação.

Ao Professor Doutor Fernando Rocha por me ter incutido o gosto pela investigação e por todo apoio prestado ao longo destes anos.

À Professora Doutora Nilza Costa pelo acompanhamento, pelas sugestões e pela disponibilidade prestada.

Ao Professor Doutor Eduardo Ferreira da Silva por me ter guiado após a minha dissertação de mestrado e pelo apoio prestado.

À empresa BRASFOND pela colaboração neste trabalho e à Associação Brasileira de Mecânica dos Solos pela cedência gratuita de bibliografia.

Ao Professor Doutor Paulo Frederico Monteiro que não hesitou em facultar bibliografia e esclarecimentos.

Ao Eng.^o José Lapa e ao Eng.^o André Tonim pela ajuda e disponibilidade.

Ao Hugo, à Catarina, à Regina, ao Jorge e ao Danny pelo companheirismo.

À Tânia pela partilha de opiniões sobre a componente pedagógica.

Ao Filipe, à Sofia, ao Hugo e à Joana pelo apoio informático.

Um agradecimento muito especial à Gorete e à Adriana pelo seu envolvimento no projeto pedagógico.

À direção da escola e aos meus colegas pela colaboração neste projeto.

À empresa construtora dos edifícios escolares, pela disponibilização de informação referente à obra utilizada para fins pedagógicos e à câmara municipal, pela impressão dos pósteres de divulgação dos trabalhos realizados pelos alunos e formandos.

Um agradecimento muito especial aos alunos e formandos, pelo seu empenho e dedicação e à associação de pais da escola pela comparticipação dos custos inerentes à implementação do projeto pedagógico.

E sobretudo àqueles que diariamente partilharam todos e bons e maus momentos deste longo trajeto: à Nela, ao Octávio, ao Tomás e ao Marco, e em muito especial à Ana, à Sofia e ao Diego, não só pelo apoio moral mas também pela partilha de opiniões, colaboração e participação neste trabalho.

A concretização deste projeto teve o apoio financeiro disponibilizado pela FCT, no âmbito da bolsa SFRH/BDE/33676/2009, de 2010 a 2014. O trabalho de investigação está inserido na unidade de investigação GEOBIOTEC.

A componente pedagógica do projeto de doutoramento beneficiou do apoio do Ministério da Educação e Ciência, na redução de 50% do horário semanal da docente, no âmbito da equiparação a bolseiro, desde o ano letivo 2010/11 até 2013/14.

palavras-chave

Polímeros, estacas moldadas, ensaio de carga vertical estático de compressão axial, aprendizagem baseada na resolução de problemas (ABRP).

resumo

O presente projeto de investigação em Engenharia Civil é construído em torno das necessidades atuais expressas pelos setores da construção e obras públicas em fundações. Em colaboração com a empresa GEO este trabalho pretende dar resposta em tempo útil aos empreiteiros, pondo o conhecimento científico ao serviço da indústria, colmatando a escassez de investigação académica que se verifica neste domínio.

Esta investigação, à qual se associou a empresa BRASFOND, recorre ao estudo de ensaios de carga estática à compressão realizados no Brasil, segundo a NBR 12131 (2005) e NBR 12131 (2006).

Assim, para estudar o desempenho de polímeros aplicados na estabilização de solos em fundações, foram analisados 6 ensaios de carga realizados em obras de intervenção da empresa GEO, disponibilizados pela empresa BRASFOND. Os ensaios de carga verticais estáticos de compressão axial foram realizados em estacas de 3 obras, nomeadamente a construção de uma central termoelétrica, em 2009, e de dois edifícios, em 2010.

O projeto de fundações da central termoelétrica assentou na execução de estacas com polímeros, com 1270 estacas moldadas "in loco" com 1 000 mm de diâmetro e profundidade variável de 10 m a 18 m, em solos moles e pouco compactos de 8 m a 9 m de espessura, encastradas até 3 m sobre um maciço Gnaisse medianamente alterado (W3).

Dos ensaios de carga realizados nesta obra, foram alvo deste estudo a análise dos primeiros 4 disponibilizados pela empresa. Os valores estimados por métodos semi-empíricos da capacidade resistente das estacas, considerando a recuperação da rocha nos trechos encastrados, foram comparados com a carga resistente última à compressão obtida através do ensaio de carga.

O projeto de fundações de dois edifícios de elevado número de andares (cerca de 30) no litoral do Estado de São Paulo, em Santos, assentou na execução de fundações indiretas em solos moles a muito moles, com estacas de grandes dimensões moldadas com recurso a polímeros. Para atestar a qualidade das estacas, de forma a avaliar o comportamento carga *versus* assentamento e estimar as características da capacidade de carga, procedeu-se à execução de dois ensaios de carga estática à compressão, um dos quais instrumentado em profundidade.

Os valores estimados por métodos semi-empíricos da capacidade resistente das estacas foram comparados com a carga resistente última à compressão obtida através do ensaio de carga.

Para além deste estudo se revestir de interesse académico e empresarial, o contexto inerente à aplicação de polímeros em fundações é relevante para a prática pedagógica. Assim, este projeto envolve também uma componente educacional, esta última implementada numa escola do ensino básico e secundário da região centro do país.

keywords

Polymers, drilled shafts, static axial compression load tests, problem-based learning (PBL).

abstract

The present research project in the Civil Engineering area is built around the needs, as currently articulated by the construction and public works sectors, regarding the laying of foundations. Working in tandem with the company GEO, this project aims to answer the contractors' needs in a timely manner, placing scientific knowledge in the industry's service, aiming to counter the shortage of academic research in this area.

This research, which was joined by the company BRASFOND, uses the study of static compression load tests undertaken in Brazil, as described in NBR 12131 (2005) and NBR 12131 (2006).

Therefore, to study the performance of the polymers used in the soil stabilization for foundations, we analysed six load tests conducted on intervention works by GEO, which were provided by BRASFOND. The static axial compression load tests were performed on piles from three different works, including the construction of a thermoelectric plant in 2009 and two buildings in 2010.

The project for the foundations of thermoelectric plant was based on usage of piles with polymers, with 1270 drilled shafts, with a diameter of 1000 mm and placed at a variable depth of 10 m to 18 m, on 8 m to 9 m thick, slightly compacted soft soils, embedded to 3 m over a moderately altered Gneiss massif (W3).

Of the load tests conducted in this work, we targeted for analysis the first four load tests that were provided by the company. The values, obtained through semi-empirical methods for the estimation of pile bearing capacity, taking into consideration the rock recovery in the embedded portions, were compared with the ultimate load capacity obtained through the load tests.

The projects for the foundations of two buildings, both with a high number of floors (about 30), on the coast of the State of São Paulo, Santos, were based on the implementation of deep foundations on soils ranging from soft to very soft, with piles moulded through the use of polymers. In order to certify the quality of the piles, in order to evaluate the load behaviour versus settlement behaviour and to make estimations on load capacity, we proceeded to conduct two static compression load tests, one of which was instrumented on depth.

Values obtained through semi-empirical methods for the estimation of pile bearing capacity were compared to the ultimate load capacity obtained from the load test. Besides the academic and business interest present in this study, the context inherent to the use of polymers on foundations is relevant to educational practice.

This project also includes an educational component, which has been implemented in an elementary and in a secondary school, both located in the central region of the country.

ÍNDICE GERAL

CAPÍTULO 1	3
INTRODUÇÃO GERAL	3
1. ÂMBITO E JUSTIFICAÇÃO DO TRABALHO	3
2. ENQUADRAMENTO DA INVESTIGAÇÃO	7
3. OBJETIVOS DO PROJETO	9
4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	11
CAPÍTULO 2	17
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
1. CARACTERIZAÇÃO DOS FLUIDOS DE ESTABILIZAÇÃO	17
1.1. BENTONITE	19
1.1.1. Caracterização da bentonite	20
1.1.2. Especificações para a lama bentonítica	23
1.2. POLÍMEROS DO SISTEMA G3®	25
1.2.1. Caracterização do Sistema G3®	26
1.2.2. Interação do Sistema G3® com o solo	27
1.2.2.1. Características eletroquímicas do PolyMud®	28
1.2.2.2. Formação da membrana do Sistema G3®	30
1.2.2.3. Desempenho do MicroBond®	32
1.2.2.4. Desempenho do AlfaBond®	33
1.2.2.5. Utilização do Hidróxido de Sódio	36
2. EXECUÇÃO E DESEMPENHO DE ESTACAS MOLDADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE	39
2.1. EXECUÇÃO DE ESTACAS MOLDADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE	40
2.1.1. Execução de estacas moldadas com fluido estabilizante segundo a norma europeia e a norma brasileira	41
2.1.1.1. Execução de estacas moldadas com fluido estabilizante segundo a norma europeia	41
2.1.1.2. Execução de estacas moldadas com fluido estabilizante segundo a norma brasileira	42
2.1.2. Procedimento de operação e elementos de obra para execução de estacas moldadas com polímero do Sistema G3®	43
2.1.2.1. Instalação dos tanques e equipamentos	43
2.1.2.2. Hidratação e técnicas de mistura	45
2.1.3. Procedimento de execução de estacas moldadas de grande diâmetro com polímero do Sistema G3®	47
2.1.3.1. Características gerais	47
2.1.3.2. Escavação, colocação da armadura e betonagem	47
2.1.3.3. Controle do processo executivo	48

2.1.4. Gestão do fluido em obra.....	49
2.1.5. Controlo de qualidade.....	50
2.1.6. Meio Ambiente, tratamento do fluido e descarga	51
2.2. ANÁLISE DO DESEMPENHO DAS ESTACAS	51
2.2.1. Experiência portuguesa em ensaios de carga em estacas	52
2.2.2. Experiência brasileira em ensaios de carga em estacas	53
CAPÍTULO 3	59
CASOS DE OBRA	59
1. FUNDAÇÕES DE UMA PONTE EM DEPÓSITOS ALUVIONARES	59
1.1. LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA OBRA	60
1.1.1. Localização.....	60
1.1.2. Descrição da obra	61
1.1.2.1. Estudos geológicos e geotécnicos	61
1.1.2.2. Enquadramento geológico geral	61
1.1.2.3. Prospeção e ensaios	62
1.1.2.4. Condições de fundação	63
1.1.2.5. Ensaios de carga	63
1.1.2.6. Processos e métodos construtivos	64
1.2. IMPACTO AMBIENTAL.....	64
1.3. APLICAÇÃO DE POLÍMEROS DO SISTEMA G3®	65
2. FUNDAÇÕES DE UMA CENTRAL TERMOELÉTRICA EM ROCHA GNAISSE.....	69
2.1. DESEMPENHO DE ESTACAS ENCASTRADAS 1,90 M E 2,90 M EM MACIÇO GNAISSE	71
2.1.1. Resultados obtidos no ensaio de carga.....	71
2.1.2. Relação dos valores obtidos no ensaio de carga com os estimados.....	73
2.2. DESEMPENHO DE ESTACA ENCASTRADA 0,5 M EM MACIÇO GNAISSE.....	76
2.2.1. Resultados obtidos no ensaio de carga.....	76
2.2.2. Relação dos valores obtidos no ensaio de carga com os estimados.....	77
2.3. DESEMPENHO DE ESTACA ASSENTE EM MACIÇO GNAISSE	80
2.3.1. Resultados obtidos no ensaio de carga.....	80
2.3.2. Relação dos valores obtidos no ensaio de carga com os estimados.....	81
2.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
3. FUNDAÇÕES DE EDIFÍCIOS EM SOLOS MOLES A MUITO MOLES	85
3.1. DESEMPENHO DE ESTACAS ESCAVADAS EM SOLOS MOLES A MUITO MOLES_EDIFÍCIO 1	86
3.1.1. Descrição da obra	86

3.1.2.	Resultados obtidos no ensaio de carga.....	89
3.1.3.	Relação dos valores obtidos no ensaio de carga com os estimados.....	91
3.1.4.	Considerações finais.....	96
3.2.	DESEMPENHO DE ESTACAS ESCAVADAS EM SOLOS MOLES A MUITO MOLES_EDIFÍCIO 2	97
3.2.1.	Descrição da obra	97
3.2.2.	Resultados obtidos no ensaio de carga.....	100
3.2.3.	Relação dos valores obtidos no ensaio de carga com os estimados.....	102
3.2.4.	Dados obtidos da leitura dos relógios comparadores	107
3.2.5.	Dados obtidos da leitura dos extensómetros elétricos	111
3.2.6.	Considerações finais	116
	CAPÍTULO 4.....	121
	PROJETO PEDAGÓGICO	121
1.	INTRODUÇÃO.....	121
1.1.	CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO	123
1.2.	OBJETIVOS DO PROJETO PEDAGÓGICO.....	124
1.3.	METODOLOGIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM.....	125
2.	PROJETO PEDAGÓGICO IMPLEMENTADO NO ENSINO BÁSICO	128
2.1.	SELEÇÃO DO TEMA	128
2.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	129
2.3.	METODOLOGIA.....	129
2.4.	IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO.....	133
2.5.	BALANÇO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO	144
2.5.1.	Apresentação dos resultados obtidos com a ficha de trabalho	144
2.5.1.1.	Resultados obtidos com a ficha de trabalho_Parte I.....	145
2.5.1.2.	Resultados obtidos com a ficha de trabalho_Parte II	148
2.5.2.	Apresentação dos resultados da ficha de trabalho laboratorial.....	155
2.5.3.	Apresentação dos resultados obtidos com o trabalho de pesquisa.....	159
2.5.4.	Apresentação dos resultados obtidos com o questionário aos alunos.....	162
2.5.5.	Análise da opinião dos docentes à implementação do projeto	169
2.6.	APRECIACÃO DOS RESULTADOS	170
3.	PROJETO PEDAGÓGICO IMPLEMENTADO DO ENSINO SECUNDÁRIO	173
3.1.	SELEÇÃO DO TEMA	174
3.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	175
3.3.	METODOLOGIA.....	175

3.4.	IMPLEMENTAÇÃO DO <i>WORKSHOP</i>	185
3.4.1.	Implementação da primeira parte do <i>workshop</i> – Atividade “Polímeros”.....	186
3.4.2.	Implementação da segunda parte do <i>workshop</i> – Atividade “Como estabilizar os solos para a construção de edifícios?”	188
3.5.	BALANÇO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO	198
3.5.1.	Apresentação dos resultados obtidos com as questões do questionário	198
3.5.2.	Análise da opinião dos alunos à implementação do projeto.....	200
3.5.3.	Apreciação dos resultados	205
4.	PROJETO PEDAGÓGICO IMPLEMENTADO NA EDUCAÇÃO E FORMAÇÃO DE ADULTOS	209
4.1.	SELEÇÃO DO TEMA	210
4.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	210
4.3.	METODOLOGIA.....	211
4.4.	IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO	212
4.4.1.	Implementação da primeira parte da formação – problema “Como estabilizar os solos para a construção de edifícios?”	212
4.4.2.	Implementação da segunda parte da formação – problema “Quais os principais aspetos a ter em conta na conceção da estrutura de edifícios?”	218
4.5.	BALANÇO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO	223
4.5.1.	Análise da opinião dos alunos à implementação do projeto.....	223
4.5.2.	Apreciação dos resultados	227
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	230
	CAPÍTULO 5.....	237
	CONCLUSÃO E PERSPETIVAS FUTURAS	237
1.	CONCLUSÃO.....	237
2.	PERSPETIVAS FUTURAS	239
	BIBLIOGRAFIA GERAL	240
	ANEXOS	245

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

INTRODUÇÃO GERAL	3
1. ÂMBITO E JUSTIFICAÇÃO DO TRABALHO	3
2. ENQUADRAMENTO DA INVESTIGAÇÃO.....	7
3. OBJETIVOS DO PROJETO	9
4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	11

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

1. ÂMBITO E JUSTIFICAÇÃO DO TRABALHO

A utilização de polímeros na estabilização de solos em fundações é atualmente uma prática recorrente à escala mundial. Os polímeros sintéticos do Sistema G3[®] foram introduzidos em Portugal em 2004, pela empresa GEO - Ground Engineering Operations, Lda (GEO). A empresa dedica-se à comercialização de um sistema de produtos para estabilização de solos em fundações, cujo componente principal é um polímero sintético (PolyMud[®]). Trata-se de um polímero ambientalmente inócuo, altamente concentrado e concebido especificamente para interagir quimicamente com todos os tipos de solo [1:1].

A introdução no mercado de polímeros de estabilização de solos em fundações é “recente”, quando comparada com a utilização de outros fluidos de estabilização, como a bentonite. Para este último, existem diretrizes específicas de utilização introduzidas nas normas, como a norma europeia Eurocódigo 7 e a norma brasileira NBR 6122.

No tocante aos polímeros de estabilização, o Eurocódigo 7 [1:2] remete a preparação, manutenção e o controle das soluções de polímeros para as instruções do fabricante, caso não se aplique as respetivas normas ou requisitos nacionais.

Relativamente à NBR 6122 [1:3] só recentemente, no ano de 2010, foram introduzidas as propriedades características de preparação em obra dos polímeros de estabilização.

Os métodos de previsão da capacidade resistente de estacas moldadas também apresentam parâmetros, “mais ou menos” definidos, consoante o fluido utilizado na estabilização do solo. Assim, caso se utilize bentonite, o projetista tem à sua disposição alguns métodos com parâmetros definidos para a previsão da capacidade resistente de estacas isoladas, como o Método de Monteiro (1997) [1:4] e Décourt e Quaresma (1996) [1:5]. Atualmente, a utilização de polímeros não é contemplada na definição dos parâmetros de nenhum método vulgarmente utilizado para previsão da capacidade resistente de estacas isoladas.

Encontram-se documentados relatos da experiência em ensaios de carga de estacas moldadas com bentonite, em alguns tipos de solos. Estes documentos auxiliam os profissionais de geotecnia no seu trabalho em obra. Esta situação contrasta com a pouca

divulgação da experiência em geotecnia da aplicação de polímeros na estabilização de solos em fundações.

No entanto, a escassa investigação divulgada nesta área contrasta com a vasta utilização deste tipo de produtos por parte dos empreiteiros em obras, algumas das quais de elevado desafio em geotecnia e de distinto interesse na área da construção civil e arquitetura. Como, por exemplo, a construção do Burj Khalifa no Dubai, considerado atualmente como o maior edifício do mundo, cujas fundações foram executadas com recurso a polímeros [1:6].

O presente projeto de investigação em Engenharia Civil é construído em torno das necessidades atuais expressas pelos setores da construção e obras públicas em fundações. Em colaboração com a empresa GEO, este trabalho pretende dar resposta em tempo útil aos empreiteiros, pondo o conhecimento científico ao serviço da indústria, colmatando a escassez de investigação académica que se verifica neste domínio.

Atendendo à grande diversidade de produtos comercializados e de projetos em curso, será objeto de estudo neste doutoramento as seguintes obras realizadas com polímeros do Sistema G3[®]:

- Fundações da Travessia do Rio Tejo no Carregado (Portugal_2005)
- Fundações de uma central termoelétrica (Brasil_2009)
- Fundações de dois edifícios (Brasil_2010)

A Travessia do Rio Tejo no Carregado (sublanço A1/Benavente, A10 – autoestrada Bucelas/Carregado/IC3) compreende o viaduto norte (1697 m), a ponte (972 m) e o viaduto sul (9230 m) [1:7]. Considerado como a maior obra pública da primeira década do século XXI, é a 9ª ponte mais extensa do mundo e a 2ª da Europa [1:8].

Este trabalho de investigação contempla o enquadramento geral e os desafios geotécnicos da aplicação dos polímeros do Sistema G3[®] na execução das fundações do viaduto sul na Travessia do Rio Tejo no Carregado.

Esta investigação, à qual se associou a empresa BRASFOND Fundações Especiais S.A. (BRASFOND), recorre ao estudo de ensaios de carga estática à compressão realizados no Brasil, segundo a NBR 12131 (2005) [1:9] e NBR 12131 (2006) [1:10].

Assim, para estudar o desempenho de polímeros aplicados na estabilização de solos em fundações, foram analisados 6 ensaios de carga realizados em obras de intervenção da empresa GEO, disponibilizados pela empresa BRASFOND. Os ensaios de carga vertical

estático de compressão axial foram realizados em estacas de 3 obras, nomeadamente a construção de uma central termoelétrica, em 2009, e de dois edifícios, em 2010.

O projeto de fundações da central termoelétrica assentou na execução de estacas com polímero do sistema G3[®], com 1270 estacas moldadas “in loco” com 1 000 mm de diâmetro e profundidade variável de 10 m a 18 m, em solos moles e pouco compactos de 8 m a 9 m de espessura, encastradas até 3 m sobre um maciço Gnaisse medianamente alterado (W3).

Dos ensaios de carga realizados nesta obra, foram alvo deste estudo a análise dos primeiros 4 disponibilizados pela empresa.

Os valores da capacidade resistente das estacas foram estimados pelos métodos semi-empíricos de Aoki e Velloso (1975) [1:11] e de Décourt e Quaresma (1978, 1996) [1:5], considerando a recuperação da rocha nos trechos encastrados. Os resultados estimados foram comparados com a capacidade resistente última à compressão obtida através do ensaio de carga.

O projeto de fundações de dois edifícios de elevado número de andares (cerca de 30) no litoral do Estado de São Paulo, em Santos, assentou na execução de fundações indiretas em solos moles a muito moles, com estacas de grandes dimensões moldadas com recurso a fluido de estabilização (polímero Polymud[®]).

Para atestar a qualidade das estacas, de forma a avaliar o comportamento carga *versus* assentamento e estimar as características da capacidade de carga, procedeu-se à execução de dois ensaios de carga estática à compressão, um dos quais instrumentado em profundidade.

Os valores da capacidade resistente das estacas foram estimados pelos métodos semi-empíricos de Aoki e Velloso (1975) [1:11], Monteiro (1997) [1:4], Décourt e Quaresma (1978, 1996) [1:5], Teixeira (1996) [1:17] e o pelo método empírico Bustamante e Ganeselly (1998) [1:12].

Os resultados estimados foram comparados com a capacidade resistente última à compressão obtida através do ensaio de carga.

Para além deste estudo se revestir de interesse académico e empresarial, o contexto inerente à aplicação de polímeros em fundações é relevante para a prática pedagógica.

Assim, este projeto envolve também uma componente educacional, esta última implementada numa escola pública do ensino básico e secundário da região centro do país.

O contexto Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) que incorpora a componente científica do doutoramento, foi implementado no 3º Ciclo do Ensino Básico (8º ano de escolaridade), no Ensino Secundário (12º ano de escolaridade) e na Educação e Formação de Adultos (Curso EFA nível 4).

O tema/problema de partida é o mesmo para todos os níveis de ensino “Como construir um edifício?” e a abordagem interdisciplinar com recurso à Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas é o fio condutor. A abordagem foi realizada num contexto problemático real: a construção e requalificação dos edifícios da escola no âmbito do Programa de Modernização do Parque Escolar.

A implementação do projeto ao Ensino Básico e Secundário foi realizada em articulação com a 1ª fase do programa de construção dos novos edifícios da escola. A implementação do projeto à Educação e Formação de Adultos ocorreu durante a 2ª fase do programa, com a recuperação e modernização dos restantes edifícios escolares.

Ao nível do 3º Ciclo do Ensino Básico, foi implementado a uma turma do 8º ano de escolaridade, o Projeto de Investigação – Ação “Uma Abordagem Didática ao Subtema: Gestão Sustentável dos Recursos”. A temática central foi a estabilização dos solos para a construção de edifícios, introduzida pela professora investigadora que assumiu também o papel de professora de Ciências Físico-Químicas.

No Ensino Secundário foi abordado o contexto CTSA que incorpora a componente científica do doutoramento a 2 turmas do 12º ano de escolaridade do curso Científico-Humanístico (Ciências e Tecnologias). Foi feita uma abordagem ampla com natureza interdisciplinar envolvendo as disciplinas de Física, Química, Geologia e Biologia do 12º ano de escolaridade, visando a realização do Workshop “Construção de edifícios: uma abordagem interdisciplinar”.

A implementação do contexto CTSA que incorpora a componente científica do doutoramento estendeu-se ao curso de Técnico de Desenho de Construções Mecânicas (TDCM) da Educação e Formação de Adultos (Curso EFA nível 4).

O contexto, implementado neste nível de ensino, teve como tónica dominante a 2ª fase do projeto de requalificação dos edifícios do parque escolar. Esta fase do projeto incidiu na recuperação e modernização dos antigos edifícios escolares.

2. ENQUADRAMENTO DA INVESTIGAÇÃO

A utilização da bentonite para estabilizar os solos é um procedimento comum em geotecnia. No entanto, foi com a indústria do petróleo que a bentonite deu os primeiros passos como material de referência na estabilização dos solos em escavações.

A utilização de lamas para a estabilização de solos em escavações foi muito utilizado por povos ancestrais, como os Egípcios (3 000 A.C.) ou os Chineses (1 500 A.C) [1:13].

A utilização de fluidos à base de argilas em perfurações petrolíferas sofreu um impulso, como prática de referência, na década de 1890. Este incremento deveu-se à exploração de petróleo nas regiões do Texas e Louisiana [1:14], com a utilização de um engenho de perfuração rotativa, que permitia um bom desempenho das escavações efetuadas.

A crescente aposta no aperfeiçoamento de equipamentos, associado à descoberta de petróleo na Costa do Golfo e na Califórnia nos Estado Unidos da América em 1901, permitiu a expansão desta prática, onde a bentonite misturada com água desempenhava um papel fundamental na técnica utilizada [1:15].

A bentonite foi introduzida na área de Geotecnia em 1951 na execução de cortinas de estacas justapostas de betão escavas com fluido de estabilização [1:13], tendo desde então sido amplamente difundida como prática de excelência na estabilização de solos em fundações [1:13].

No entanto, à medida que as exigências ambientais aumentaram, houve necessidade de utilizar outro tipo de produtos, pois a bentonite pode revelar-se potencialmente perigosa para o meio ambiente. Assim, surgem os primeiros polímeros naturais, tais como o polímero XC, produzido pelo microrganismo “Xanthomonas Campestris” [1:15].

A crescente procura por produtos ambientalmente inócuos conduz a uma aposta na inovação da síntese de polímeros específicos para interagir com o solo e compatíveis com o meio ambiente. A primeira obra de grande envergadura onde se utilizou este tipo de produtos, em Portugal, foi a construção da Ponte Vasco da Gama, devido à necessidade de preservar o Parque Natural do Estuário do Tejo.

O investimento em tecnologia permitiu, a partir de 2004, a comercialização de um sistema inovador de estabilização de solos para fundações (Sistema G3[®]) pela empresa GEO, cujo componente principal é um polímero sintético não prontamente biodegradável,

altamente concentrado e concebido especificamente para interagir quimicamente com todos os tipos de solo [1:1].

Associado ao componente principal existe uma variada gama de aditivos capazes de fazer face aos desafios geotécnicos que a indústria da atualidade enfrenta.

A aplicação do Sistema G3[®] é uma realidade crescente presente em projetos na Europa, África, Ásia e América.

A execução de estacas, para a construção do viaduto e da ponte das Lezírias da A10 em 2005, foi uma das primeiras obras realizadas em Portugal com o Sistema G3[®] comercializado pela empresa GEO. O dono de obra era composto por um consórcio de empresas e pela Brisa Engenharia e Gestão S. A. (BEG) responsável pela gestão e fiscalização da empreitada.

No Brasil, o Sistema G3[®] foi introduzido pela primeira vez em 2007 na execução de estacas escavadas em Guarujá, litoral do Estado de São Paulo. A obra esteve a cargo do empreiteiro RT Construtora e Empreendimentos Imobiliários Ltda e as fundações foram executadas pela BRASFOND [1:16]. Os resultados promissores experimentados pela indústria da construção civil no Brasil, perspetivam uma franca expansão da aplicação do Sistema G3[®] no país [1:16].

Sendo a GEO uma empresa que aposta na exigência e excelência em engenharia dos seus produtos e técnicas, tem vindo a apoiar estudos de investigação nos países onde exerce a sua atividade. Em Portugal, a seleção de investigadores para se dedicarem a projetos de investigação do Sistema G3[®] ocorreu em 2002.

O presente projeto de investigação foi acolhido em 2006 pela Universidade de Aveiro, como parceiro privilegiado, pelo Professor Doutor Eduardo Anselmo Ferreira da Silva, Professor Catedrático no Departamento de Geociências. O projeto desenvolveu-se em parceria com a empresa GEO e sob a coordenação do Professor Doutor Fernando Tavares Rocha, Professor Catedrático no Departamento de Geociências.

No ano de 2008, sob presidência do Professor Doutor José Claudino de Pinho Cardoso, Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil, o projeto assume uma vertente de aplicação no âmbito da Geotecnia.

O presente doutoramento contou com o apoio da empresa BRASFOND, tendo-se proporcionado uma estreita colaboração entre a equipa de investigação da Universidade de

Aveiro e a equipa de engenharia da GEO, que acompanhou no terreno as obras em curso no Brasil.

A relevância do contexto CTSA da aplicação de polímeros em fundações para o ensino suscitou a criação de um projeto pedagógico a implementar no Ensino Básico, Secundário e na Educação e Formação de Adultos (EFA).

A inserção da componente pedagógica no projeto de investigação, beneficiou da supervisão pedagógica da Professora Doutora Nilza Maria Vilhena Nunes da Costa, Professora Catedrática do Departamento de Educação.

Em 2009 o projeto de investigação é integrado na Unidade de Investigação Geociências, Geotecnologias e Geo-engenharias (GEOBIOTEC) da Universidade de Aveiro.

O projeto recebeu em 2009 o apoio por parte da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), com a atribuição da bolsa de doutoramento em empresa SFRH/BDE/33676/2009. Com a duração prevista de 4 anos, o apoio financeiro atribuído pela FCT decorreu de 2010 a 2014.

Em 2010 a componente pedagógica do projeto de investigação alcança o reconhecimento por parte do Ministério da Educação e Ciência (MEC), tendo sido atribuído à doutoranda o estatuto de equiparação a bolseiro com a redução de 50% do horário semanal da docente. O estatuto de equiparação a bolseiro vigorou desde o ano letivo 2010/11 até ao ano letivo 2013/14.

Assim, a presente dissertação é o culminar do trabalho desenvolvido desde 2005 pela doutoranda, com a empresa GEO em parceria com a Universidade de Aveiro e o apoio da empresa BRASFOND, em articulação com uma escola de ensino público da região centro do país.

3. OBJETIVOS DO PROJETO

Atendendo aos pressupostos anteriormente referidos, foram delineados para esta investigação os seguintes objetivos gerais:

1. Analisar o desempenho de estacas escavadas com polímeros do Sistema G3[®].
2. Implementar o contexto CTS da tecnologia de fundações ao ensino.
3. Divulgar o trabalho científico realizado.

De forma concretizar o propósito deste trabalho de investigação, foram planeados objetivos específicos por cada objetivo geral. Estes encontram-se descritos de seguida:

1. Para analisar o desempenho de estacas escavadas com polímeros do Sistema G3[®], procedeu-se ao acompanhamento de obras de intervenção da GEO, tendo-se estruturado os seguintes objetivos específicos:
 - 1.1. Fazer uma revisão bibliográfica sobre as características, execução e desempenho de estacas escavadas com fluido estabilizante.
 - 1.2. Analisar os desafios geotécnicos específicos de cada obra alvo deste trabalho de investigação.
 - 1.3. Interpretar os ensaios estáticos de carga à compressão das estacas ensaiadas.
 - 1.4. Estimar a capacidade de carga das estacas ensaiadas através de métodos de previsão da capacidade resistente de estacas isoladas.
 - 1.5. Comparar os resultados estimados com a capacidade resistente última à compressão das estacas ensaiadas.
 - 1.6. Confrontar a aplicabilidade dos diversos métodos de previsão da capacidade resistente de estacas executadas com recurso aos polímeros do Sistema G3[®].

2. A implementação do contexto CTS da tecnologia de fundações ao Ensino Básico, Secundário e à Educação e Formação de Adultos, envolveu a planificação dos seguintes objetivos específicos:
 - 2.1. Implementar práticas pedagógicas inovadoras com a aplicação de novas tecnologias, que promovam a resolução de problemas abertos e formas diversificadas de intervenção/participação dos alunos nas aulas.
 - 2.2. Promover o trabalho colaborativo no desenvolvimento profissional docente.
 - 2.3. Desenvolver competências da professora-investigadora ao nível da pós-graduação, no sentido de elevar o perfil de formação.

3. De forma a divulgar o trabalho científico realizado, pretende-se no âmbito deste projeto:

3.1. Publicar os principais componentes constituintes do projeto, em revistas científicas da especialidade.

3.2. Promover ações de divulgação do trabalho realizado.

4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O trabalho desenvolvido no âmbito deste doutoramento encontra-se estruturado em 5 capítulos descritos, de forma sucinta, a seguir:

Capítulo 1: Introdução geral

A introdução da dissertação aborda o âmbito e justificação deste trabalho de investigação, assim como o seu enquadramento, objetivos propostos e estruturação da tese.

Capítulo 2: Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica relata a caracterização da bentonite e dos polímeros, como fluidos de estabilização do solo em fundações. Descreve-se o método de execução das estacas moldadas “in loco” com o fluido estabilizante. Faz-se ainda referência aos métodos de previsão da capacidade resistente de estacas isoladas abordados neste trabalho de investigação.

Capítulo 3: Casos de obra

Neste capítulo analisam-se os desafios geotécnicos que envolve cada caso de obra, alvo de estudo deste projeto de investigação.

São interpretados os ensaios estáticos de carga à compressão e procede-se à estimativa da capacidade de carga das estacas ensaiadas. São tecidas considerações resultantes da comparação entre os resultados estimados e a capacidade resistente última à compressão das estacas ensaiadas.

Capítulo 4: Projeto pedagógico

A descrição da implementação do projeto pedagógico contempla uma contextualização e descrição do estudo efetuado no 8º ano de escolaridade, no 12º ano de escolaridade e na Educação e Formações de Adultos. São tecidas considerações aos resultados da aplicação deste estudo por nível de ensino.

Capítulo 5: Conclusões e perspectivas futuras

Neste capítulo procede-se a uma apreciação global do trabalho realizado, confrontando os objetivos propostos com os resultados obtidos. É feita uma reflexão sobre os casos de obra apresentados e a implementação do projeto pedagógico. Faz-se uma breve referência a possíveis tópicos para investigação futura.

CAPÍTULO 1

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1:1]

Capitão-Mor, J.; Ferreira, J.; Correia, J. (2005). *Manual de Formação Técnica*. Manual interno da GEO, pp. 9-75.

[1:2]

EN 1997-1 (2004). *Eurocode 7 – Geotechnical design Part 1: General rules*. Comité Européen de Normalisation. Brussels. EN 1536:1999 Bored Piles, pp 22.

[1:3]

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2010). NBR 6122 – *Projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro, pp 65.

[1:4]

Monteiro, P. F. (1997). *Capacidade de carga das estacas – Método Aoki-Velloso*, Relatório Interno de Estacas Franki Ltda.

[1:5]

Décourt, L.; Albiero, J. H.; Cintra, J. C. A. (1998). *Análise e Projeto de Fundações Profundas*. Fundações Teoria e Prática. ABMS/ABEF. Editora Pini Ltda. 2ª Edição. Cap.8, pp 265-327.

[1:9]

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005). NBR 12131 – *Estacas Prova de Carga estática – Método de Ensaio*. Rio de Janeiro.

[1:10]

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2006). NBR 12131 – *Estacas Prova de Carga estática – Método de Ensaio*. Rio de Janeiro.

[1:11]

Velloso, D. A.; Lopes, F. R. (2002). *Fundações*. Volume 2 Fundações profundas, COPPE-UFRJ, pp 115-117.

[1:12]

Bustamante, M.; Gianceselli, L. (1998). *Installation parameters and capacity of screwed piles*, International Geotechnical Seminar on deep foundations on bored and Auger piles, 3rd, Ghent-Belgium. Proceedings. Rotterdam, A.A. Balkema, pp.95-108.

[1:13]

Hachich, W.; Falconi, F.; Saes, J.; Frota, R.; Carvalho, C.; Niyama, S. (1998). *Fundações Teoria e Prática*. ABMS/ABEF. Editora Pini Ltda. 2^a Edição, pp. 348-407.

[1:14]

Brantley, J. E. (1961). *History of Petroleum Engineering*. Carter, D. V., ed. Boyd Printing Co. Dallas, pp 227 - 278.

[1:15]

Darley, H. C. H; Gray, G.R. (1988). *Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids*. GPC Gulf.1^a Edition.

[1:16]

Bonezi, C. N. M. (2010). *Estudo comparativo do impacto ambiental produzido pelo uso de lama bentonítica e de polímero em obras de fundações na construção civil*. Tese de Mestrado. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

[1:17]

Teixeira, A. H. (1996). *Projeto e Execução de Fundações*. 3^o Seminário de Fundações Especiais e Geotecnia. São Paulo.

SITES CONSULTADOS

[1:6] http://www.ritchiewiki.com/wiki/index.php/Burj_Khalifa [Consult. 12 Janeiro.2012]

[1:7] <http://www.brisa.pt/PresentationLayer/textosnoticiadetail.aspx?menuid=25&textoid=639>
[Consult. 15 Fevereiro.2012]

[1:8] http://pt.wikipedia.org/wiki/Ponte_da_Lez%C3%ADria [Consult. 22 Fevereiro.2012]

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
1. CARACTERIZAÇÃO DOS FLUIDOS DE ESTABILIZAÇÃO	17
1.1. BENTONITE	19
1.1.1. Caracterização da bentonite	20
1.1.2. Especificações para a lama bentonítica	23
1.2. POLÍMEROS DO SISTEMA G3®	25
1.2.1. Caracterização do Sistema G3®	26
1.2.2. Interação do Sistema G3® com o solo.....	27
1.2.2.1. Características eletroquímicas do PolyMud®	28
1.2.2.2. Formação da membrana do Sistema G3®	30
1.2.2.3. Desempenho do MicroBond®	32
1.2.2.4. Desempenho do AlfaBond®	33
1.2.2.5. Utilização do Hidróxido de Sódio.....	36
2. EXECUÇÃO E DESEMPENHO DE ESTACAS MOLDADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE	39
2.1. EXECUÇÃO DE ESTACAS MOLDADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE.....	40
2.1.1. Execução de estacas moldadas com fluido estabilizante segundo a norma europeia e a norma brasileira.....	41
2.1.1.1. Execução de estacas moldadas com fluido estabilizante segundo a norma europeia	41
2.1.1.2. Execução de estacas moldadas com fluido estabilizante segundo a norma brasileira	42
2.1.2. Procedimento de operação e elementos de obra para execução de estacas moldadas com polímero do Sistema G3®	43
2.1.2.1. Instalação dos tanques e equipamentos.....	43
2.1.2.2. Hidratação e técnicas de mistura	45
2.1.3. Procedimento de execução de estacas moldadas de grande diâmetro com polímero do Sistema G3®	47
2.1.3.1. Características gerais	47
2.1.3.2. Escavação, colocação da armadura e betonagem.....	47
2.1.3.3. Controle do processo executivo	48
2.1.4. Gestão do fluido em obra.....	49
2.1.5. Controlo de qualidade.....	50

2.1.6. Meio Ambiente, tratamento do fluido e descarga	51
2.2. ANÁLISE DO DESEMPENHO DAS ESTACAS	51
2.2.1. Experiência portuguesa em ensaios de carga em estacas	52
2.2.2. Experiência brasileira em ensaios de carga em estacas	53

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. CARACTERIZAÇÃO DOS FLUIDOS DE ESTABILIZAÇÃO

Os fluidos de perfuração destinados à geotecnia podem ter diversas composições e destinam-se a auxiliar o processo executivo das escavações. De um modo geral, o fluido de perfuração é utilizado para estabilizar o solo e evitar a intrusão de água subterrânea na escavação [2:1].

Os fluidos de estabilização aplicados em geotecnia classificam-se, geralmente, em 3 tipos: água, lamas e polímeros [2:1].

Água

Segundo Caltrans (2008) [2:1], a água pode ser usada como fluido de perfuração se as condições do solo assim o permitirem. Sendo um recurso relativamente barato, esta é uma prática que deverá ter em conta o nível da água, que deverá ser mantido pelo menos a 2,5 m acima do nível freático, de forma a manter uma tensão efetiva positiva nas paredes da escavação.

A experiência tem demonstrado que a utilização de água como fluido de perfuração deverá ser evitada em situações de solos instáveis ou quando não é possível recorrer a um invólucro temporário usado em todo o comprimento da escavação.

A água tem a capacidade de suspender areias e lodos por curtos períodos de tempo, sensivelmente durante 30 minutos. Atendendo a que o pH da água não é relevante e que esta não sofre alterações de viscosidade, salvo introdução de contaminantes, é frequente inscrever nas especificações apenas os parâmetros para a densidade e o teor de areia.

Assim, é prática comum proceder-se à leitura destes parâmetros de forma a verificar a limpeza da escavação antes da betonagem.

Devido ao seu carácter inócuo o fluido pode ser facilmente eliminado, exceto se houver materiais incorporados suscetíveis de comprometer a qualidade do meio ambiente.

Lamas

Segundo Caltrans (2008) [2:1], embora exista um variado número de diferentes tipos de formações argilosas, as mais comuns em geotecnia são a bentonite e a atapulgite.

O principal componente da bentonite é a montmorilonite, que hidrata em água proporcionando a suspensão de areias e outros sólidos. A lama bentonítica é o resultado da mistura de bentonite sólida e água. A lama bentonítica na presença de ácidos e sais ionizados poderá flocular comprometendo o seu desempenho. Assim, geralmente não se recomenda a sua utilização em formações do solo onde haja contacto com a água salgada, salvo se forem adicionados aditivos químicos.

A atapulgite tem uma composição semelhante à bentonite, no entanto esta não hidrata em água nem flocula na presença de ácidos e sais ionizados pelo que, geralmente, não existem restrições da sua utilização em formações geológicas em contacto com a água salgada. No entanto o desempenho da atapulgite fica um pouco aquém da bentonite pelo que esta última costuma ser a mais utilizada em geotecnia.

Polímeros

Os polímeros aplicados em geotecnia podem classificar-se, quanto à sua composição, em vários tipos, dos quais se destacam os polímeros naturais, semi-sintéticos e sintéticos. Os polímeros naturais tais como *Guar Gum*, *Xantham Gum* e *Starch* provém de plantas [2:2].

Geralmente os polímeros semi-sintéticos são sintetizados a partir dos polímeros naturais, como por exemplo o carboximetilcelulose obtido por reação entre a celulose, o ácido cloroacético e o hidróxido de sódio [2:3].

Os polímeros sintéticos podem classificar-se em acrílicos ou vinílicos. Os polímeros acrílicos têm na sua composição o esqueleto do ácido acrílico e os polímeros vinílicos têm na sua composição o esqueleto de dupla ligação entre carbonos semelhante ao radical vinil [2:2].

A empresa GEO comercializa polímeros sintéticos vinílicos biodegradáveis (não prontamente) cuja ação em conjunto se designa de Sistema G3[®].

A designação de não prontamente biodegradável prende-se com o facto de no momento que precede a eliminação do fluido da obra, este deverá ser neutralizado para que as ligações entre os monómeros sejam destruídas. Assim o fluido pode ser eliminado de forma ambientalmente seguro como água residual. Existem vários processos para o efeito, no entanto o mais usual é a adição de ácido clorídrico e hipoclorito de cálcio [2:4].

1.1. BENTONITE

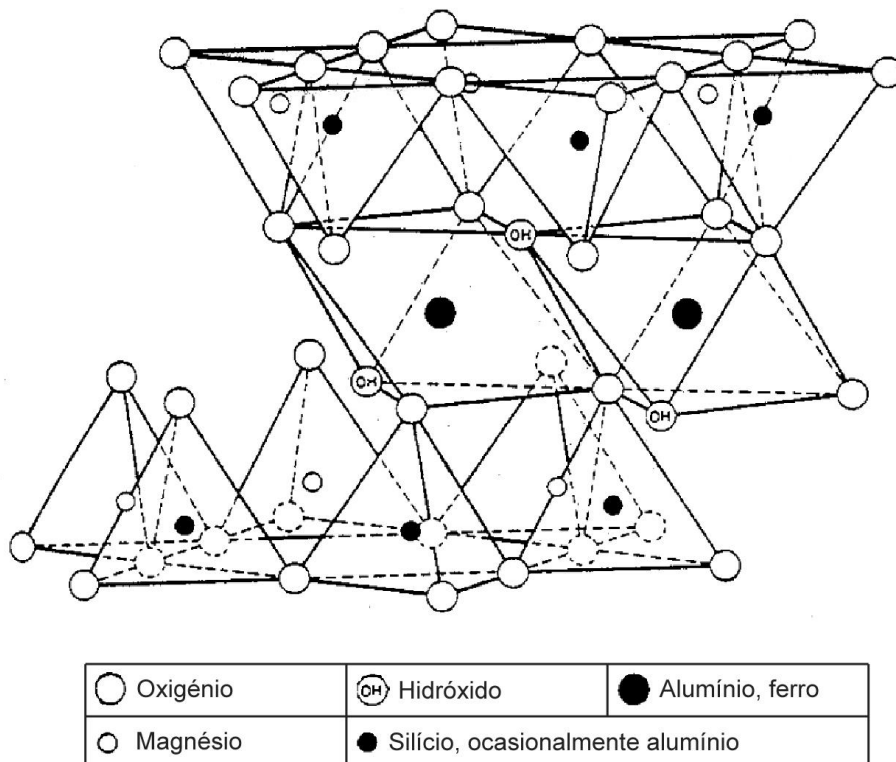
A utilização da bentonite para impedir a instabilidade dos solos em escavações é um procedimento comum no meio geotécnico. A bentonite tem a capacidade de suspender as partículas pesadas através do aumento de viscosidade e conseqüentemente exercer uma pressão hidráulica de encontro às paredes da escavação, fornecendo um desempenho de elevada qualidade na estabilização de solos em escavações.

A bentonite, também designada por bentonita, é a denominação indicada para uma mistura de argilas. Apesar do componente principal ser a montmorilonite, pode conter outras argilas em quantidades variáveis. Existem vários tipos de bentonites e a sua designação aparece associada ao elemento químico predominante, como o potássio (K), alumínio (Al), cálcio (Ca) ou sódio (Na). Em Engenharia Civil a bentonite sódica é a mais utilizada na estabilização da superfície de uma escavação para a construção de estacas e paredes moldadas no solo [2:5].

Segundo Santos (1975) [2:6] a bentonite é “uma argila de granulação muito fina, composta por minerais do grupo montmorilonite. A maioria dos depósitos é considerada como tendo sido formada pela alteração das partículas vítreas da cinza vulcânica ácida.” O mesmo autor refere ainda que “algumas das bentonites incham naturalmente pela adsorção de água, outras não incham e outras apresentam graus intermédios de inchamento (metabentonites)”.

O autor revela a existência de depósitos de bentonite no Brasil, ao denunciar pequenas ocorrências em Ponte Alta, e alguns jazigos de caulinos provenientes da decomposição de pegmatitos nas imediações da cidade de São Paulo, estas últimas sem valor comercial. No entanto, segundo o autor, as argilas montmoriloníticas provenientes das regiões do Sacramento, Carmo do Paranaíba, Pára de Minas e em Boa Vista para poderem ser corretamente designadas de bentonites necessitam de confirmar se a sua origem resulta de cinzas vulcânicas.

Majano e O'Neil (1993) [2:7] referem que a bentonite, abundante em camadas cretáceas no Sul de Dakota, Montana e em Wyoming, é composta por montmorilonite com íons incorporados, responsáveis pela troca iônica, cuja estrutura se encontra representada na figura [1].



[1] Estrutura da montmorilonite (adaptado de Grimm, 1962 *in* Majano e O'Neil, 1993 [2:7]).

1.1.1. Caracterização da bentonite

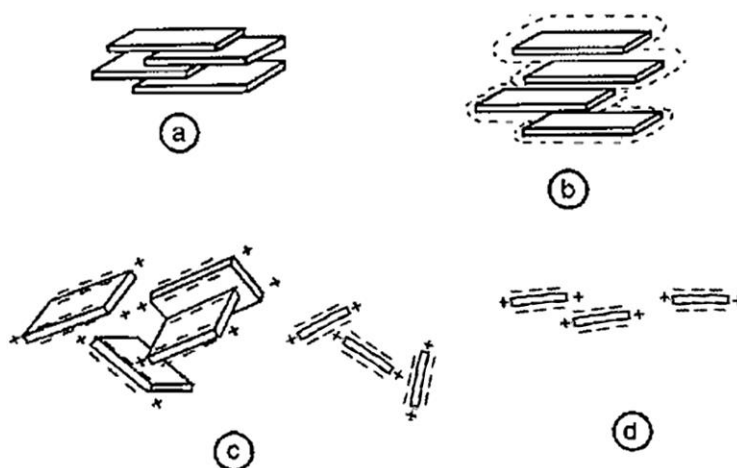
O comportamento da bentonite em suspensão (lama) é abordado por Fleming e Sliwinski (1977) [2:5]. Os autores referem que devido ao contacto com água, a montmorilonite sódica sofre uma expansão intracristalina, acompanhada de rápida e extensa absorção de água.

Assim, este comportamento deve-se às forças repulsivas que são criadas entre as superfícies das partículas, provocando o seu afastamento devido à interação das camadas difusas elétricas duplas, associadas à distribuição de cátions permutáveis na superfície, e desenvolvidas pela presença de água. Os cátions têm tendência a difundirem-se a partir da superfície ao mesmo tempo que são atraídos pela malha carregada. Consequentemente, a concentração de cátions decresce gradualmente à medida que aumenta a distância à superfície.

A ação das forças repulsivas fortes provocam a quebra dos cristais de argila causando a separação das camadas unitárias, fomentando a suspensão de partículas lamelares com uma carga negativa na superfície (face) e uma carga positiva na aresta, envolvidas em cátions. As partículas em suspensão orientam-se numa estrutura

tridimensional com as faces negativas em associação com as arestas positivas, vulgarmente designada por “castelo de cartas”, assemelhando-se a um gel com propriedades tixotrópicas. As ligações aresta/face são relativamente fracas pelo que quando se efetua a agitação, as ligações são quebradas e o gel torna-se fluído, ao passo que quando o gel se encontra em repouso dá-se a formação do gel por reposição das ligações.

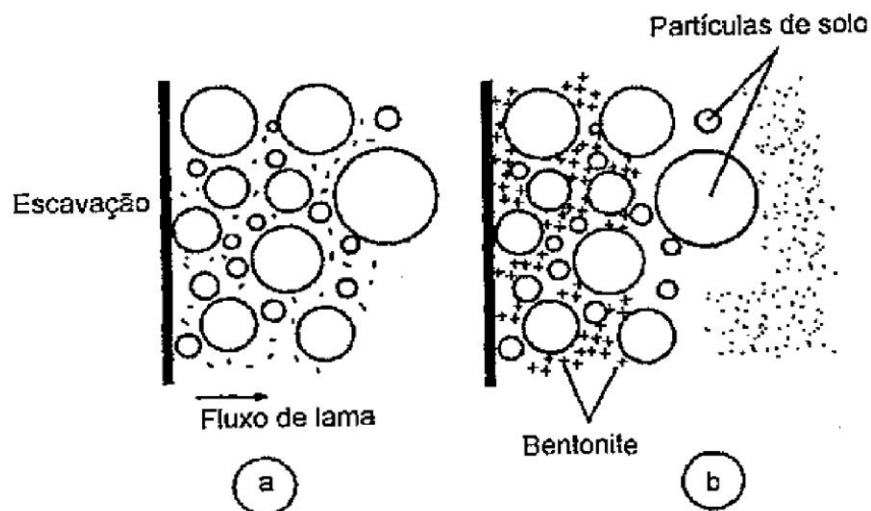
A figura [2] representa as fases de hidratação da bentonite.



[2] Hidratação da bentonite: a) partículas de bentonite; b) bentonite hidratada; c) estrutura “castelo de cartas”; d) estrutura rompida por agitação (adaptado de Hachich, W. *et al.*, 2009 [2:8]).

Fleming e Sliwinski (1977) [2:5] afirmam ainda que a bentonite em suspensão forma uma película impermeável, vulgarmente designada por *cake*, que funciona como barreira à perda de água através do meio utilizado.

A figura [3] representa a formação do *cake*.



[3] Formação do *cake*: a) Infiltração da lama; b) *cake* formado (adaptado de Hachich, W. *et al.*; 2009 [2:8]).

A lama bentonítica, após um tempo de repouso até 24 horas, apresenta as seguintes características [2:8]:

- Estabilidade: não decantação das partículas de bentonite durante um longo período de tempo;
- Tixotropia: capacidade reversível de tornar-se líquida quando agitada ou bombeada e de gelificar (estrutura “castelo de cartas”) quando cessa o movimento.
- Formação rápida do *cake*: formação de uma película impermeável sobre uma superfície porosa como o solo;

Durante a execução das estacas escavadas, a lama bentonitica terá que [2:8]:

- Estabilizar o fundo e as paredes da escavação pela ação da pressão hidrostática;
- Manter em suspensão os resíduos da escavação de forma a evitar a sua deposição;
- Ser facilmente bombeável e substituível pelo betão durante a betonagem;

Segundo Velloso (2002) [2:9] as limitações à execução de estacas escavadas com lama bentonítica são:

- Camadas muito permeáveis que poderão permitir uma perda apreciável da lama bentonítica, inviabilizando a manutenção de um nível de suspensão adequado;
- Cavidades que podem conduzir a perdas repentinas ou excessivas da lama bentonítica;
- Presença de argilas muito moles que podem dificultar a contenção do betão fresco, pelo que pode ser necessário recorrer a um revestimento.
- Presença de água artesianas.

O’Neil e Reese (1999) [2:10] relatam as preocupações de alguns órgãos ambientais relacionados com a utilização de materiais contendo bentonite ou aditivos capazes de causar problemas ambientais. Os autores referem ainda que, de forma a minimizar o impacto ambiental, os empreiteiros optam por manusear a bentonite num ciclo fechado para minimizar a quantidade de dejetos eliminados, o que poderá contribuir para um aumento do custo da obra.

Bonezi (2010) [2:11] após um estudo de 3 casos de obras no Brasil (uma obra no Guarujá e duas obras em Santos) concluiu que o polímero do Sistema G3[®] apesar de ter um maior custo de aquisição por m³ apresenta um menor consumo, traduzindo-se numa diminuição do custo da obra. A autora refere ainda no seu estudo que, apesar do polímero ser reutilizável, este não é um processo interessante pelo custo do transporte, pelo que se opta no final da obra, após tratamento, pela sua eliminação sem perigo de contaminação ambiental. Relativamente à lama bentonítica a autora refere que, por não haver tratamento, a sua eliminação em aterros autorizados implica um aumento do custo da obra.

1.1.2. Especificações para a lama bentonítica

Os parâmetros da lama bentonítica analisados em obra permitem avaliar o desempenho do fluido e equacionar a estabilidade da escavação. Hachich (2009) [2:8] faz referência aos parâmetros avaliados em obra:

Cake

O *cake* deve ser fino e impermeável com uma espessura inferior a 2 mm, capaz de passar um volume de água filtrada inferior a 20 cm³, para o estado de expansão máxima, considerando uma lama bentonítica preparada em condições usuais.

Densidade

Durante a escavação, a densidade da lama bentonítica tende a aumentar gradualmente com a introdução das partículas do solo. Apesar da densidade elevada melhorar a estabilização da escavação, esta poderá também dificultar o deslocamento da lama bentonítica durante a introdução do betão.

A densidade é determinada em obra com recurso a uma balança baróide, também designada por balança de fluídos.

Viscosidade

O ensaio utilizado usualmente em obra para determinar a viscosidade do fluido é constituído pelo cone de Marsh, segundo a prática recomendada pela API (American Petroleum Institute) [2:13]. Segundo Hachich (2009) [2:8] “este ensaio não mede a viscosidade da lama mas sim uma propriedade da mesma relacionada com a sua viscosidade, densidade e resistência do gel”. Este ensaio é de grande aplicabilidade em

obra, sendo alvo de referência em normas e especificações da execução de estacas escavadas com fluídos de estabilização.

Teor de areia

O teor de areia em obra é determinado com recurso a um elutriómetro e a uma rede com uma malha de 200 mesh.

O teor de areia pretende determinar a percentagem de partículas superiores a 200 mesh em suspensão no fluido. A presença de partículas no fluido pode comprometer a integridade do betão assim como a formação do *cake* tornando-o espesso, resistente e permeável.

pH

Os métodos mais comuns para determinação do pH em obra são o recurso a fitas de papel impregnado com indicador universal ou a utilização do medidor de pH.

Segundo Hachich (2009) [2:8] “o pH é um indicador da contaminação química da lama pelo cálcio do cimento. Lamas contaminadas pelo cimento ($\text{pH} > 11$) produzem “cakes” espessos e permeáveis. O pH também é um indicador da contaminação da lama pela matéria orgânica (geralmente ácida) que pode causar floculação da suspensão da bentonite”.

Para assegurar o desempenho da lama bentonítica é necessário efetuar um controle dos parâmetros nos tanques e na escavação. Assim, salvo recomendações específicas da obra em causa, dever-se-á recolher a amostras na mistura inicial do fluido, no fluido reciclado e antes da betonagem. Em obra, é frequente medir os parâmetros antes e depois de introduzida a armadura, precedendo a betonagem.

A recolha de fluido deverá ser realizada por um amostrador que permite recolher amostras de qualquer ponto da coluna de fluido, sendo frequente a recolha de amostras contemplar um ponto situado na base da secção da estaca e um ponto médio da coluna da escavação.

A recolha de fluido deverá conter um volume suficiente para fazer os ensaios de viscosidade, densidade, pH e teor de areia.

1.2. POLÍMEROS DO SISTEMA G3®

A primeira obra de grande envergadura onde se utilizou polímeros em fundações, em Portugal, foi a construção da Ponte Vasco da Gama, devido à necessidade de preservar o Parque Natural do Estuário do Tejo.

O investimento em tecnologia permitiu a partir de 2004 a comercialização de um sistema de estabilização de solos em escavações inovador. O componente principal é um polímero sintético biodegradável (não prontamente) altamente concentrado, concebido especificamente para interagir quimicamente com todos os tipos de solo designado por polímero do Sistema G3®, comercializado pela empresa GEO. Associado ao componente principal existe uma variada gama de aditivos capazes de fazer face aos desafios geotécnicos que a indústria da atualidade enfrenta [2:4].

A aplicação de polímeros sintéticos é uma realidade crescente presente em projetos na Europa, Ásia e América.

No Brasil, este tipo de polímeros foi introduzido pela primeira vez em 2007 na execução de estacas escavadas em Guarujá, litoral do Estado de São Paulo [2:11]. Os resultados promissores experimentados pela indústria da construção civil no Brasil permitiram uma franca expansão da aplicação de polímeros sintéticos [2:11] o que conduziu, no ano de 2010, à introdução dos parâmetros de qualidade do polímero sintético na norma ABNT NBR 6122 (2010).

A construção da central termoelétrica, alvo deste estudo, concluída em 2011, é um caso de obra de grande envergadura executado com recurso a fundações com estacas escavadas com polímero do Sistema G3®, assim como a execução de fundações profundas em solos moles de Santos para a construção de edifícios de elevado número de pisos (superior a 30 andares).

O Sistema G3® é composto por uma gama de produtos destinados à estabilização de solos em geotecnia, de forma a proporcionar perfurações seguras em condições geomorfológicas instáveis.

A informação seguinte, referente aos polímeros do Sistema G3®, é baseada no Manual de Formação Técnico [2:4] e na informação disponibilizada pela empresa GEO.

1.2.1. Caracterização do Sistema G3[®]

O Sistema G3[®] é constituído por um polímero base (PolyMud[®]) e por aditivos (AlfaBond[®] e MicroBond[®]).

O Sistema G3[®] é constituído por polímeros biodegradáveis (não prontamente), tendo sido aprovado pela Environmental Protection Agency (EPA- United States) e pelo Instituto do Ambiente, em Portugal, que verificaram a inocuidade do sistema para o meio ambiente.

PolyMud[®]

O PolyMud[®] é a base do Sistema G3[®]. É um polímero granulado de elevada concentração, ambientalmente inócuo, que atua com diversos perfis geológicos, adequado a interagir com água doce ou água salgada. Possui um elevado peso molecular e uma elevada densidade de cargas que proporcionam uma alta viscosidade.

Este polímero está adaptado para interagir quimicamente com qualquer aditivo do Sistema G3[®].



[4] PolyMud[®] (fonte: GEO [2:12]).

MicroBond[®]

O MicroBond[®] é um polímero desenvolvido para auxiliar a limpeza do fundo da escavação e da coluna de fluido. Permite acelerar o processo de sedimentação dos fragmentos de solo em suspensão, facilitando a sua remoção e contribuindo desta forma para a limpeza do fundo da escavação e da coluna de fluido.



[5] MicroBond® (fonte: GEO [2:12]).

AlfaBond®

O AlfaBond® é um polímero desenvolvido para interagir com os produtos do Sistema G3® de forma a consolidar e a reforçar a sua matriz. Aumenta localmente a viscosidade do fluido, prevenindo a perda de fluido em solos muito porosos, conferindo um aumento das características tixotrópicas do Sistema G3®.



[6] AlfaBond® (fonte: GEO [2:12]).

1.2.2. Interação do Sistema G3® com o solo

Os diferentes tipos de solo apresentam características distintas, respondem de forma diferente a estímulos provocados pela sua interação com os diferentes fluidos de estabilização e aditivos.

Genericamente, a distribuição de cargas numa partícula de solo envolve uma maior concentração de cargas negativas na sua área de contato e uma maior concentração das cargas positivas em zonas com arestas, depressões ou irregularidades.

1.2.2.1. Características eletroquímicas do PolyMud®

PolyMud® é um polímero granulado que funciona como base de todo o Sistema G3®. É altamente concentrado e está concebido para interagir quimicamente com todos os tipos de solo.

Apresenta uma estrutura molecular solúvel em água, sem alterar a sua função primária de ligação química ativa na estabilização das partículas de solo.

A fórmula molecular do polímero possui um elevado peso molecular que quando dissolvido em água, resulta numa solução aquosa viscosa.

O PolyMud® é um polímero aniónico solúvel em água, composto por monómeros de carbono e hidrogénio, ambientalmente inócuo.

De uma forma geral, os polímeros são caracterizados por apresentarem uma cadeia principal constituída por átomos de carbono. Associados à cadeia principal encontram-se as ramificações, compostas por grupos de carga positiva, negativa ou hidrofóbicos, estes últimos caracterizados por repelirem as moléculas de água.

O primeiro contacto do polímero com o solo surge no início da escavação. Deste contacto resulta a ligação entre as cargas positivas da matriz de polímero e as cargas negativas do solo, impedindo a libertação das moléculas de água que conferem viscosidade ao polímero.

Os diversos filamentos de polímero envolvem o solo, impedindo a sua fragmentação, fenómeno vulgarmente designado por encapsulamento.

Este fenómeno exige, no entanto, que a concentração do polímero se encontre acima do valor mínimo de referência. Caso contrário, pode iniciar-se um processo cíclico, tendencialmente irreversível, vulgarmente designado de inversão do sistema, que poderá culminar no colapso da escavação.

Este processo pode iniciar-se quando a quantidade de ligações químicas estabelecidas entre o solo e o polímero são insuficientes, dificultando a captura das moléculas de água. Este facto propicia a livre circulação das moléculas de água e acrescente absorção destas pelo solo.

A crescente absorção das moléculas de água pelo solo permite atingir o ponto de rutura que se traduz na inevitável fragmentação do solo.

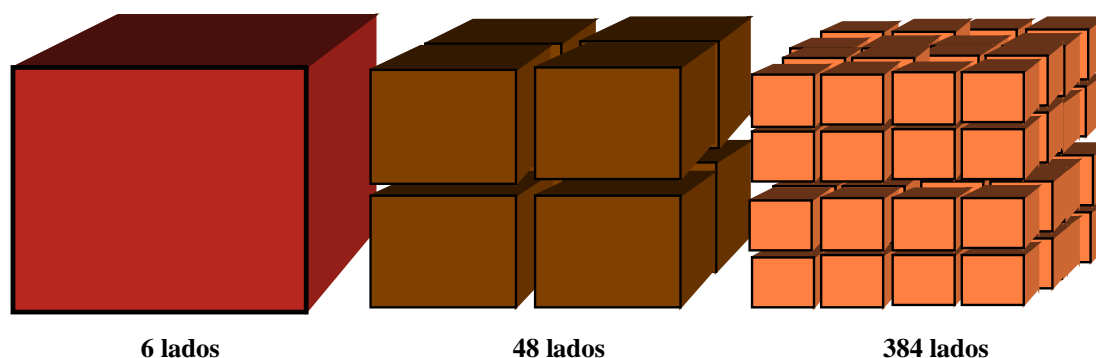
Apesar do pouco polímero disponível tentar sucessivamente envolver cada vez mais os fragmentos do solo, este processo conduz a uma diminuição dos seus parâmetros

mínimos de referência, o que dificulta cada vez mais a captação de moléculas de água, permitindo tendencialmente que esta circule de uma forma livre e penetre no solo. Este processo conduz a um aumento da pressão interna nos poros do solo que gera micro colapsos e coloca mais solo em suspensão.

Este ciclo vicioso leva a um aumento da densidade e à diminuição da viscosidade. Assiste-se à inversão do sistema com a introdução de alterações na geometria da escavação. Esta situação é irreversível e independente da quantidade de polímero que se adicione.

Este processo traduz-se nos seguintes resultados visualmente detetáveis:

- Escavações sujas
- Teores de areia elevados
- Geometria da escavação irregular
- Sobre-consumo, conhecido como *overbreaking* elevado do betão
- Contaminação do betão
- Aumento do consumo de polímero
- Sujidade nos tanques
- Áreas de escavações mais sujas
- Contaminação do meio ambiente pelo solo
- Eliminação tóxica



[7] Representação da fragmentação do solo (fonte: GEO [2:4]).

Como se pode verificar na figura [7], à medida que o solo se fragmenta exige-se uma maior quantidade de polímero para fazer face a este descontrole, ou seja a quantidade de polímero necessário para recobrir cada novo fragmento de solo é proporcional à sua fragmentação.

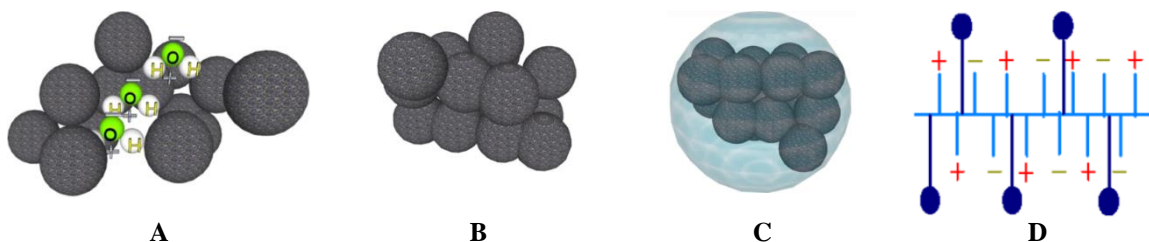
Ao evitar que a área de contacto do polímero com o solo aumente de forma contínua, torna-se possível manter o solo compacto.

Assim, quando os parâmetros do polímero estão de acordo com as referências, o fenómeno do encapsulamento, permite diversas vantagens:

- Evitar o excesso de sólidos em suspensão na coluna de fluido
- Consolidar a formação, garantindo a estabilização da escavação
- Reduzir o consumo de polímero
- Permitir a utilização de trados helicoidais em terrenos arenosos
- Facilitar a remoção dos fragmentos da escavação que se apresentam secos
- Manter escavações limpas
- Manter teores de areia baixos
- Conservar uma geometria de escavação regular
- Garantir um sobre consumo de betão baixo
- Assegurar uma betonagem sem contaminar o betão
- Controlar os parâmetros de consumo
- Manter tanques limpos
- Manter uma área de trabalho limpa
- Garantir a manutenção de um fluido ambientalmente seguro
- Eliminar de forma segura o fluido após a sua utilização

1.2.2.2. Formação da membrana do Sistema G3[®]

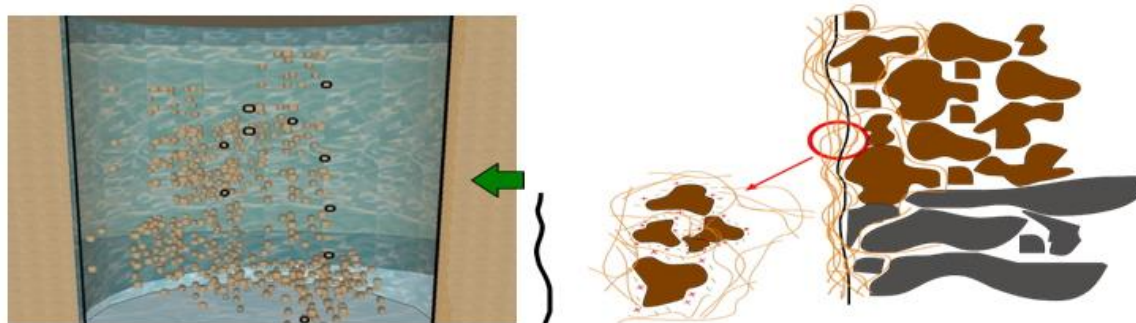
O fluido inicia a sua interação com o solo, recobrando-o até que seja atingida uma determinada concentração desejável, momento a partir do qual as cadeias de polímero passam a apresentar um número considerável de polos associativos livres.



[8] A) solo com água a desfragmentar B) solo intacto C) solo envolvido com PolyMud[®] D) Representação genérica do PolyMud[®] (fonte: GEO [2:4]).

Estes polos têm como finalidade interligar as diversas cadeias de polímero entre si. A partir do momento em que as ligações entre as várias cadeias estejam asseguradas, as cargas positivas das cadeias de polímero estabelecem ligações com as cargas negativas do solo.

A acumulação das cadeias que envolvem o solo na face e dentro das paredes de escavação formam uma membrana, à semelhança do *cake* criado pela lama bentonítica. A membrana é composta pela matriz que envolve o solo. Esta membrana, embora consideravelmente mais fina que o *cake* (da bentonite), evita a livre circulação de água, uma vez que estas moléculas estão associadas aos carbonos da cadeia principal do polímero.



[9] Representação genérica da formação da membrana do Sistema G3® (fonte: GEO [2:4]).

A membrana funciona como uma barreira que permite a aplicação da transferência de pressão hidrostática para as paredes de escavação. A membrana, uma vez formada, está sujeita ao desgaste por ação da ferramenta de corte que a dissipa sempre que passa pela escavação. No entanto, esta é continuamente regenerada, evitando perda de fluidos ou desequilíbrio na estabilização da escavação.

Ao invés do *cake* que cresce de forma contínua, a membrana do polímero uma vez atingida determinada espessura, interrompe o processo de crescimento.

A membrana do polímero apresenta microscopicamente o aspeto de uma “teia” tridimensional que contribui para a estabilização do solo.

Para além de estabilizar o solo, o polímero, devido à sua estrutura, consolida os espaços vazios e porosos nas irregularidades do solo, criando uma “matriz” que ajuda a prevenir a perda de fluido.

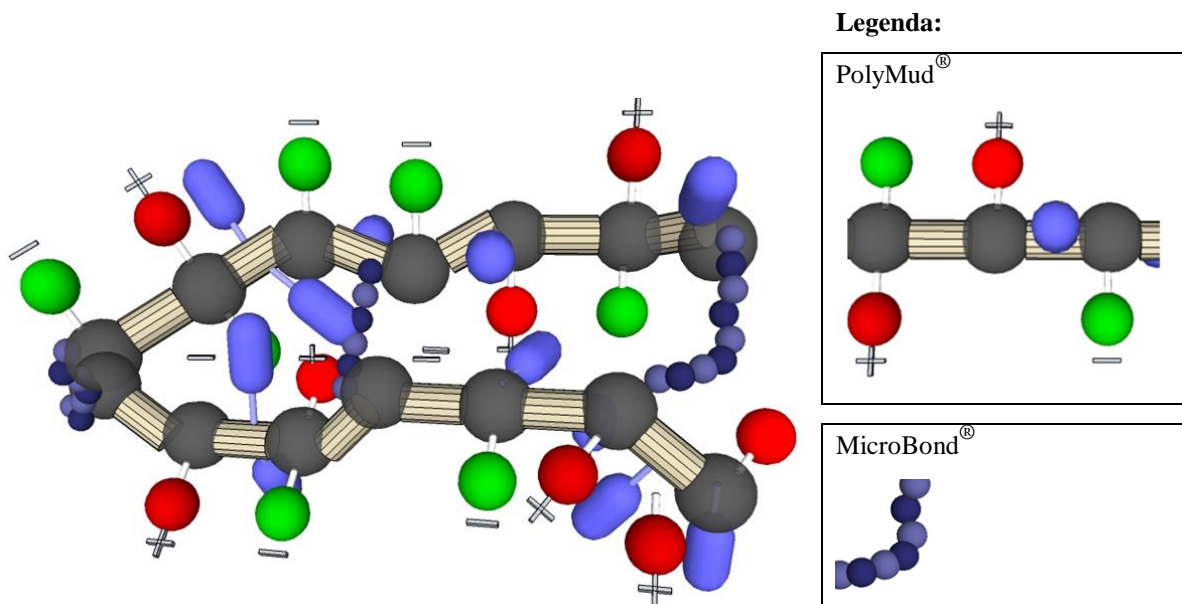
1.2.2.3. Desempenho do MicroBond®

O MicroBond® é um catalisador que tem como funções fortalecer os grupos aniônico e do polímero base do Sistema G3®, assim como facilitar o processo de decantação do fluido, como limpeza da escavação ou dos tanques de sedimentação.

Encontra-se disponível no estado líquido e mistura-se com água. A quantidade de produto usado varia com a aplicação pretendida. A adição destas soluções é feita diretamente à escavação ou colocada em sacos plásticos com um peso, no interior da escavação, para em caso de necessidade de uma aplicação mais localizada.

O Micro-Bond® é solúvel em água, no entanto não absorve as moléculas de água nem interage diretamente com o solo.

Este polímero é formado maioritariamente por cargas positivas, pelo que interage com a estrutura da matriz do polímero base, criando “pontes” nas cadeias do polímero, reforçando a membrana.

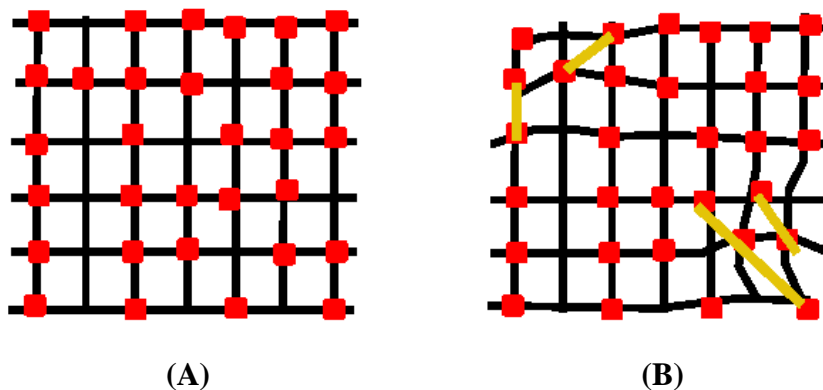


[10] Representação genérica das ligações estabelecidas entre o PolyMud® e o MicroBond® (fonte: GEO [2:4]).

No entanto, após a formação da membrana, poderão existir situações em que seja necessário reforçá-la. A entrada de água ou contaminação química causam ruturas pontuais na membrana, pelo que o MicroBond® interage reforçando-a, tornando-a mais resistente e elástica.

Estas ligações reforçadas pelo MicroBond® são agora mais estáveis, mais fortes e resistentes do que as ligações estabelecidas pela matriz.

Por analogia, estas ligações podem ser representadas por um conjunto de ligações simples, no caso do polímero base, e um conjunto de ligações reforçadas estabelecidas com a adição do MicroBond[®].



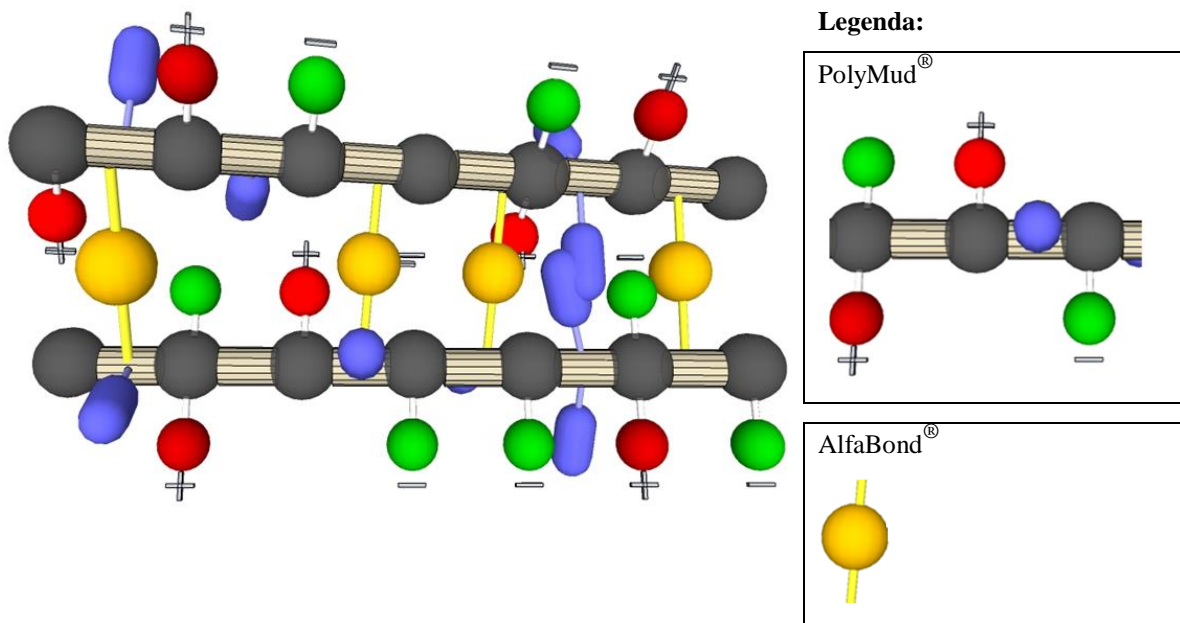
[11] Representação genérica das ligações estabelecidas no polímero base (A) e com a adição do MicroBond[®] (B) (fonte: GEO [2:4]).

O desempenho do MicroBond[®] depende da dosagem utilizada. Dosagens mais baixas permitem o reforço da membrana do polímero base. Dosagens mais elevadas possibilitam um reforço extra da membrana, que possibilita aprisionar os sólidos em suspensão. Estes tornam-se mais pesados possibilitando a sua decantação para serem facilmente recolhidos pela ferramenta de limpeza. Salienta-se a importância da ação da ferramenta de corte, que ao criar agitação, possibilita a dispersão do produto.

Assim, o MicroBond[®] é utilizado em diferentes circunstâncias conforme o resultado pretendido, pelo que é considerado um polímero de multifunções. Tem a função de reforçar a membrana do polímero, mas a sua aplicação mais corrente é a de limpeza da escavação ou tratamentos por aplicação direta nos tanques de sedimentação.

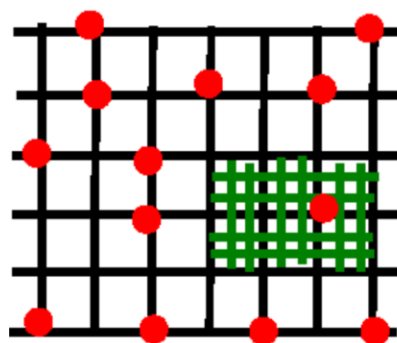
1.2.2.4. Desempenho do AlfaBond[®]

O AlfaBond[®] é comercializado no estado líquido ou no estado sólido em “flocos”. O AlfaBond[®] destina-se a colmatar a baixa viscosidade e perda de fluido. Quando introduzido na coluna de fluido, estabelece ligações moleculares com os diferentes produtos do Sistema G3[®], favorecendo a estabilização da escavação ao penetrar na matriz polímero/solo.

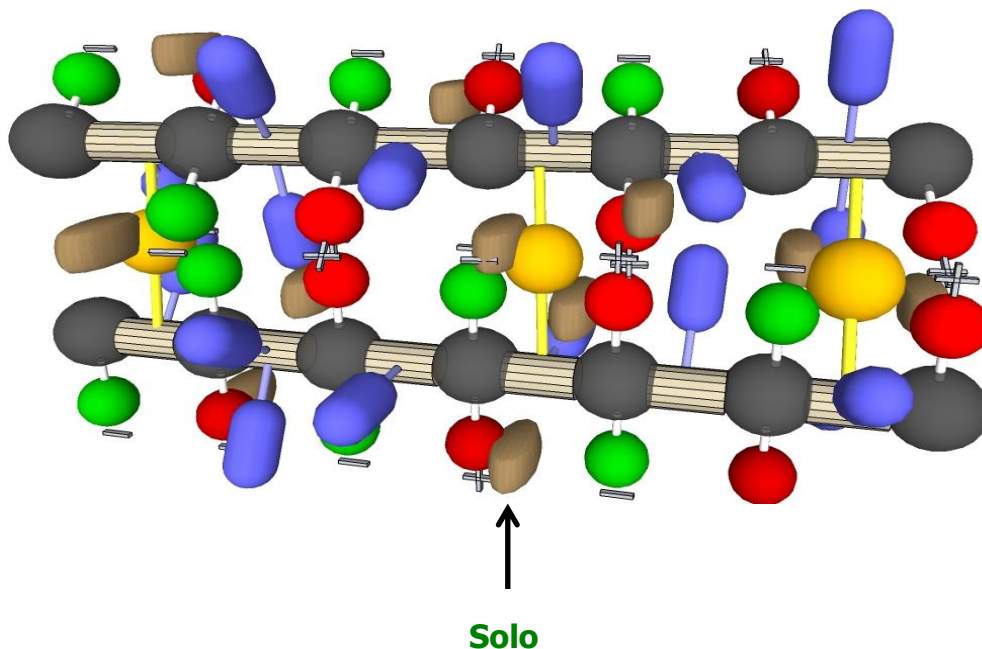


[12] Representação genérica das ligações estabelecidas entre o PolyMud® e o AlfaBond® (fonte: GEO [2:4]).

O AlfaBond® é um co-polímero que apresenta uma cadeia principal com cargas positivas e mais curta do que o polímero base do Sistema G3®. Quando utilizado, a sua ação na matriz promove ligações intercalares tornando a matriz mais densa. No entanto, independentemente da dosagem utilizada, a malha não sofre distorção. O aumento de dosagem proporciona um aumento de ligações intercalares contribuindo, desta forma, para um aumento progressivo da densidade da rede.



[13] Representação genérica das ligações intercalares estabelecidas entre a malha e o AlfaBond® (fonte: GEO [2:4]).



[14] Representação genérica da atuação conjunta do PolyMud® e AlfaBond® envolvendo o solo suspenso (fonte: GEO [2:4]).

Dependendo do tipo de solo, o AlfaBond® pode ser incorporado na mistura inicial como medida de prevenção em situações prováveis de perda de fluido.

A aplicação de dosagens elevadas do AlfaBond® propicia uma interação contínua com a matriz do polímero base do Sistema G3®. Esta torna-se progressivamente mais densa, proporcionando um aumento da suspensão dos sólidos e potencializando as capacidades tixotrópicas do fluido. Em dosagens muito elevadas, esta capacidade pode conduzir, de uma forma controlada, à suspensão de sedimentos por longos períodos de tempo, proporcionando um fluido mais viscoso e mais pesado.

A adição de Hidróxido de Sódio no Sistema G3® está relacionada com controlo do pH. No entanto, a combinação do AlfaBond® com o Hidróxido de Sódio proporciona o endurecimento gradual da membrana do polímero. Esta técnica, vulgarmente designada de plastificação da membrana, é utilizada para resolver problemas relacionados com a perda de fluido em formações geológicas mais porosas, ou mesmo colapsos, quando combinado com outros estabilizadores.

1.2.2.5. Utilização do Hidróxido de Sódio

O Hidróxido de Sódio (NaOH) é uma base forte capaz de neutralizar ácidos fortes e de aumentar o pH de um meio, tornando-o alcalino. É vulgarmente comercializado sob a forma de um sólido branco translúcido.

O Hidróxido de Sódio é solúvel em água, muito reativo e corrosivo pelo que é necessário tomar medidas específicas de segurança durante a sua manipulação.

Possui inúmeras aplicações na indústria e é utilizado no Sistema G3[®] para ajustar o pH da água entre 11 e 12, permitindo garantir o desempenho da membrana do polímero.

CAPÍTULO 2
SUBCAPÍTULO 1

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[2:1]

CALTRANS – Offices of Structure Constructions (2008). *Foundation Manual State of California Department of Transportation*.

[2:2]

Correia, J.; Capitão-Mor, J.; Ferreira, J. (2008). *Novas soluções em estabilização de solos- Aplicação de polímeros em estacas e paredes moldadas*. Apresentação na Ordem dos Engenheiros a 17 de novembro de 2008.

[2:3]

Darley, H. C. H; Gray, G.R. (1988). *Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids*. GPC Gulf.1ª Edition.

[2:4]

Capitão-Mor, J.; Ferreira, J.; Correia, J. (2005). *Manual de Formação Técnica*. Manual interno da GEO.

[2:5]

Fleming, W. K.; Sliwinski, Z. J. (1977). *The use and influence of bentonite in bored pile construction*. CIRIA – Construction Industry Research and Information Association, London.

[2:6]

Santos, P.S. (1975). *Tecnologia de argilas*. Volume 1 Fundamentos. Editora Edgard Blucher, São Paulo.

[2:7]

Majano, R. E.; O'Neil, M. W. (1993). *Effect of mineral and polymer slurries on perimeter load transfer in drilled shafts*. Report to ADSC: The International Association of Foundation Drilling, University of Houston.

[2:8]

Hachich, W.; Falconi, F.; Saes, J.; Frota, R.; Carvalho, C.; Niyama, S. (2009). *Fundações Teoria e Prática*. ABMS/ABEF. Editora Pini Ltda. 2ª Edição.

[2:9]

Velloso, D. A.; Lopes, F. R. (2002). *Fundações*. Volume2 Fundações profundas, COPPE-UFRJ.

[2:10]

O'Neil, M. W.; Reese, L. C. (1999). *Drilled Shafts: Construction Procedures and Design Methods*. Federal Highway Administration. Report No FHWA-IF-99-025.

[2:11]

Bonezi, C. N. M. (2010). *Estudo comparativo do impacto ambiental produzido pelo uso de lama bentonítica e de polímero em obras de fundações na construção civil*. Tese de Mestrado. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

[2:13]

American Petroleum Institute (1990). *Recommended Standard Procedure for Field Testing Water-Based Drilling Fluids*. Dallas.

SITES CONSULTADOS

[2:12] www.geosoil.com [Consult. 18 Janeiro.2012]

2. EXECUÇÃO E DESEMPENHO DE ESTACAS MOLDADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

A execução de fundações em obra obedece a determinados requisitos, consoante a tecnologia utilizada. A verificação do desempenho das estacas executadas permite avaliar se a prática construtiva é compatível com o comportamento previsto em projeto.

Os ensaios de carga estáticos assumem grande importância na engenharia de fundações. Este ensaio submete a estaca à aplicação de cargas, repercutindo assim o comportamento do solo-fundação.

Existem vários métodos para estimar a capacidade de carga de fundações, alguns dos quais fazem uso dos parâmetros do solo obtidos nos ensaios geotécnicos de prospeção.

A norma brasileira NBR 6122 (2010) [2:1] alerta que o emprego dos métodos semi-empíricos deve ter em consideração os domínios de validade das suas aplicações, bem como as limitações regionais associadas a cada um dos métodos.

Com o mesmo intuito, Velloso e Alonso (2000) [2:2] acautelam que a aplicação destes métodos não é genérica, uma vez que é o resultado de ensaios em solos específicos de regiões distintas do Brasil.

As validações da aplicabilidade dos métodos semi-empíricos têm-se baseado na comparação entre as previsões do comportamento das estacas e os resultados obtidos dos ensaios de carga pela análise da curva carga-assentamento.

Em Portugal, destaca-se recentemente o trabalho desenvolvido por António Viana da Fonseca e Jaime A. Santos (2008) [2:3], em solos residuais na cidade do Porto, que envolveu um exercício internacional de previsão do comportamento de alguns tipos de estacas: moldada com recurso a tubo metálico recuperado, moldada com recurso à técnica de trado contínuo e pré-fabricada cravada dinamicamente.

As previsões, elaboradas por 33 participantes de 17 países, revelaram uma grande dispersão, “o que demonstra que a avaliação da capacidade resistente última à compressão de uma estaca é ainda uma tarefa difícil” (Jaime A. Santos *et al*, 2006) [2:4], como aliás, foi também confirmado no evento 2002 ASCE Geoinstitute’s Deep Foundation Conference (Fellenius *et al*, 2004 *in* Jaime A. Santos *et al*, 2006) [2:4].

O presente trabalho de investigação propõe a previsão da capacidade resistente de estacas isoladas, moldadas *in loco* com o polímero do Sistema G3[®], submetidas a esforços de compressão axial.

As estacas foram realizadas em solo brasileiro, os métodos selecionados são amplamente utilizados no Brasil (Albiero, J.H., 1990 *in* Albuquerque, P.J.R, 1996) [2:5] e foram selecionados de acordo com as necessidades da indústria associada a este projeto.

Os métodos selecionados estão descritos, de forma sucinta, no Anexo [A]:

- Método de Aoki e Velloso (1975);
- Método de Monteiro (1997);
- Método de Décourt e Quaresma (1978, 1996);
- Método de Teixeira (1996);
- Método de Bustamante e Gianceselli (1998).

Os valores da capacidade resistente das estacas estimados pelos diferentes métodos, que utilizam os resultados dos ensaios *Standart Penetration Test* (SPT) e *Cone Penetration Test* (CPT), são comparados com os obtidos nos ensaios estáticos de carga verticais à compressão.

A execução das estacas e a realização dos ensaios de carga ficaram a cargo da empresa BRASFOND, com o apoio técnico da empresa GEO para a aplicação do polímero.

2.1. EXECUÇÃO DE ESTACAS MOLDADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Depois da realização e análise dos resultados das sondagens realizadas no local da obra, procede-se à elaboração de um projeto preliminar. Estima-se o comprimento e o diâmetro das estacas de forma a suportar a estrutura. As dimensões obtidas são calculadas e revistas por métodos de previsão da capacidade de carga até serem determinadas as dimensões definitivas das estacas que serão executadas na obra.

Após este processo dá-se início à execução das estacas de acordo com o estipulado no projeto.

A NBR 6122 (ABNT, 2010) [2:1] define estaca escavada com fluido estabilizante como uma “estaca moldada *in loco*, sendo a estabilidade da parede de perfuração assegurada pelo uso de fluido estabilizante ou água quando tiver revestimento metálico.”

2.1.1. Execução de estacas moldadas com fluido estabilizante segundo a norma europeia e a norma brasileira

A execução de estacas moldadas com fluido estabilizante rege-se pelos códigos e normas de vários países. Nesta tese, dar-se-á destaque à norma europeia, o Eurocódigo 7 (EN 1997-1:2004) [2:6] e à norma brasileira, a NBR 6122 (2010) [2:1].

2.1.1.1. Execução de estacas moldadas com fluido estabilizante segundo a norma europeia

O Eurocódigo 7 (EN 1997-1:2004), elaborado pelo Technical Committee CEN/TC250 “Structural Eurocodes”, rege os critérios gerais do projeto geotécnico.

O Eurocódigo 7 remete para a EN 1536: 2010 [2:7] a normalização do processo de execução de estacas moldadas com fluido estabilizante.

Bentonite

Relativamente à execução de estacas com lama bentonítica, a norma menciona que, de uma forma geral, à exceção de alguns casos particulares referenciados, a lama bentonítica “fresca” deve respeitar as características apresentadas na tabela [1], a lama bentonítica reutilizável ou no momento que precede a betonagem deve respeitar as características apresentadas na tabela [2].

Tabela [1] – Valores característicos para a lama bentonítica “fresca” (fonte EN 1536, 2010) [2:7].

Propriedades	Valores
Densidade	< 1,10 g/cm ³
Viscosidade	32 s a 50 s
Perda de fluido	< 30 cm ³
pH	7 a 11
“Filter cake”	< 3 mm

Tabela [2] – Valores característicos para a lama bentonítica reutilizável e no momento que precede a betonagem (fonte EN 1536, 2010) [2:7].

Propriedades	Valores	
	Reutilização	Antes da betonagem
Densidade	Não aplicável	< 1,15 g/cm ³
Viscosidade	32 s a 60 s	32 s a 50 s
Perda de fluido	< 50 cm ³	Não aplicável
pH	7 a 12	Não aplicável
Teor de areia	Não aplicável	< 4 %
“Filter cake”	< 6 mm	Não aplicável

Polímeros

A EN 1536: 2010 [2:7] refere que os polímeros podem ser concebidos para trabalhar em conjunto com a bentonite ou podem ser utilizados como fluidos de suporte autónomo.

Apesar de a norma estabelecer algumas indicações para a utilização de polímeros, a indisponibilidade das respetivas normas europeias, leva a EN 1536: 2010 [2:7] a remeter a preparação, manutenção e o controle das soluções de polímeros para as respetivas normas ou requisitos nacionais, ou caso estes não se apliquem, para as instruções do fabricante.

2.1.1.2. Execução de estacas moldadas com fluido estabilizante segundo a norma brasileira

A norma NBR 6122 de 2010, elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) [2:1], rege os critérios gerais do projeto e execução de fundações de todas as estruturas convencionais de engenharia civil do Brasil.

A norma NBR 6122 (2010) [2:1] referente ao projeto e execução de fundações remete para o seu Anexo I as especificações referentes à execução de estacas com recurso a fluído estabilizante.

Bentonite

Relativamente à execução de estacas com lama bentonítica, a norma menciona que, após a mistura e depois de ficar em repouso por 12 h para hidratação completa, a lama bentonítica deve possuir as características da tabela [3].

Tabela [3] – Valores característicos para a lama bentonítica (fonte ABNT NBR 6122, 2010).

Propriedades	Valores	Equipamento para ensaio
Densidade	1,025 g/cm ³ a 1,10 g/cm ³	Densímetro
Viscosidade	30 s a 90 s	Funil de Marsh
pH	7 a 11	Indicador de pH
Teor de areia	Até 3%	<i>Baroid sand content</i> ou similar

Polímeros

Relativamente à execução de estacas com polímero, a norma menciona que o fluido deve possuir as características da tabela [4].

Tabela [4] – Valores característicos para o polímero (fonte ABNT NBR 6122, 2010).

Propriedades	Valores	Equipamento para ensaio
Densidade	1,005 g/cm ³ a 1,05 g/cm ³	Densímetro
Viscosidade	35 s a 120 s	Funil de Marsh
pH	8 a 12	Indicador de pH
Teor de areia	Até 3%	<i>Baroid sand content</i> ou similar

2.1.2. Procedimento de operação e elementos de obra para execução de estacas moldadas com polímero do Sistema G3[®]

A informação seguinte referente ao procedimento de operação e elementos de obra de estacas moldadas com polímero do Sistema G3[®] é baseada no Manual de Formação Técnico [2:8] e na informação disponibilizada pela empresa GEO.

2.1.2.1. Instalação dos tanques e equipamentos Instalação do tanque de mistura

O tanque de mistura deve ser instalado tendo em conta a necessidade de permanente agitação do fluido por ar comprimido e/ou circulação com o auxílio de uma

bomba. O tanque de mistura deverá ter capacidade suficiente para exceder pelo menos uma vez e meio as necessidades de produção, caso não haja condições, em geral, como espaço ou disponibilidade para tanques de armazenamento.

Se o fluxo de água ou agitação do fluido forem insuficientes em função da velocidade de adição do granulado de polímero, formar-se-ão aglomerados inertes, resultando num consumo de polímero superior ao inicialmente previsto.

Seleção do equipamento de bombagem

As bombas ideais para a execução dos processos de mistura e hidratação não deverão interferir com a integridade estrutural do fluido, pelo que é aconselhável a utilização de bombas que operam por membranas, ar e esmagamento.

As bombas centrífugas que operam por rotação de pás ou "lâminas" danificam o polímero, podendo quebrar as cadeias estruturais, provocando uma perda acentuada da viscosidade e conseqüentemente um aumento do consumo muito superior ao inicialmente previsto. Existem no entanto, soluções práticas para contornar situações em que a aplicação destas bombas é inevitável, tais como processar a mistura à boca da escavação.

Tanques de armazenamento e sedimentação

A capacidade dos tanques de armazenamento terá de suportar um volume de acordo com as dimensões do projeto e a produção diária pretendida, de forma a evitar interrupções na produção. Uma instalação ideal dos tanques deverá permitir que se misture, envie e receba fluído ao mesmo tempo, de forma a não interferir com o ritmo de produção.

Sempre que possível e em condições ideais, os tanques de armazenamento deverão estar equipados com um sistema por ar comprimido para garantir que o fluido armazenado se encontra devidamente agitado e em perfeitas condições de utilização.



[1] Tanque de armazenamento (fonte: GEO [2:8]).

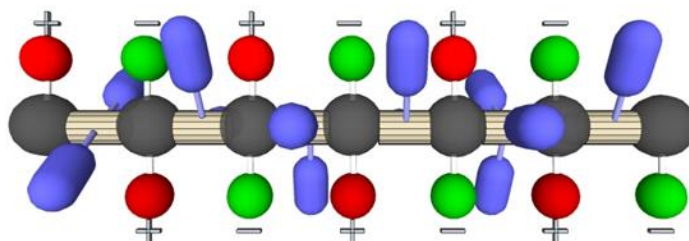
O tanque de sedimentação deverá ser aberto no topo de forma a permitir fácil acesso para limpeza e remoção de sólidos. Os tanques de sedimentação são imprescindíveis para o processo de auto limpeza do fluido por decantação.



[2] Tanque de armazenamento (fonte: GEO [2:8]).

2.1.2.2. Hidratação e técnicas de mistura

Genericamente, o Polymud[®] é composto por uma “coluna dorsal”, composta por moléculas de carbono, à qual estão ligados grupos hidrófobos, grupos aniônicos (carga negativa) e grupos catiónicos (carga positiva). Estes grupos são determinantes para o comportamento do polímero e para a manutenção da sua estabilidade ao longo da aplicação.



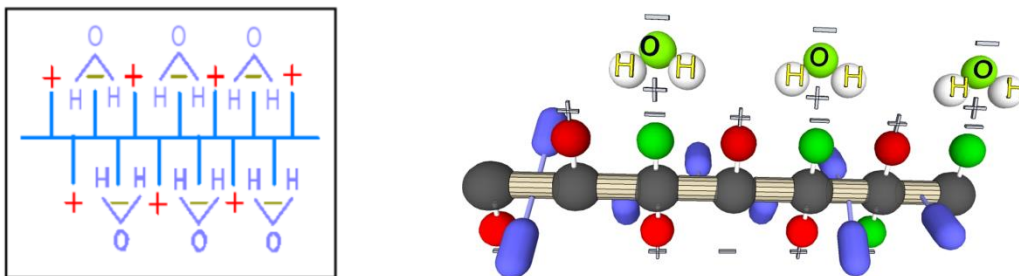
[3] Representação genérica dos grupos aniônicos e catiónicos na “coluna dorsal” do PolyMud[®] (fonte: GEO [2:8]).

Os grupos hidrófobos que existem em menor quantidade na estrutura molecular são ambivalentes. Desempenham uma função primária, ao serem responsáveis pela ligação das cadeias de polímero entre si e uma função secundária, ao responderem pela formação de uma membrana que tem uma espessura pequena e que se repõe constantemente sobre as paredes da escavação formando uma estrutura tridimensional.

Os grupos hidrófobos reagem entre si ou com grupos compatíveis presentes nos aditivos do Sistema G3[®], repelem as moléculas de água e as partículas do solo. O grupo

catiônico tem como principal função estabelecer a interação com o solo. O grupo aniônico tem a função de hidratação, ou seja, vai captar as moléculas de água livres o que provoca um aumento gradual da viscosidade.

Para que a hidratação ocorra corretamente, a concentração de polímero deverá ser suficiente para inibir por completo a livre circulação da água. Deste modo, a adição do Polymud[®] deve ser feita de uma forma lenta e constante.



[4] Representação genérica da hidratação do Polymud[®] a 2D e a 3D (fonte: GEO [2:8]).

O Polymud[®] deve ser inicialmente adicionado segundo uma razão de $1 \text{ kg/m}^3_{\text{água}}$. Antes de adicionar o polímero, o pH da água deve ser ajustado entre 11 e 12. Para o correto ajuste do pH da água, utiliza-se Hidróxido de Sódio ou Hidróxido de Potássio, preferencialmente no estado líquido. A dosagem padrão da solução de Hidróxido de Sódio (solução de 45% a 50%) é de $1 \text{ L/m}^3_{\text{água}}$. Se o Hidróxido de Sódio for adquirido no estado sólido, a dosagem aconselhada será de $0,5 \text{ kg/m}^3_{\text{água}}$.

Se o fluxo de água ou agitação do fluido forem insuficientes em função da velocidade de adição do granulado de polímero, formar-se-ão aglomerados de polímero inertes resultando numa viscosidade inferior à inicialmente esperada e conseqüentemente num maior consumo de polímero do que o inicialmente previsto.

Com a dosagem inicial recomendada e após o tratamento inicial da água, a viscosidade obtida variará entre 60 s e 70 s (cone de Marsh). O Polymud[®] mantém as suas propriedades ao longo do tempo desde que não seja exposto a elevadas concentrações de contaminantes químicos, tais como: carbonatos de cálcio, magnésio, cálcio e cloro entre outros.

Sempre que possível, a mistura deverá ser feita no tanque, no entanto, dependendo das condições da obra em geral, como falta de espaço ou o tipo de solo, pode ser necessário adicionar o Polymud[®] diretamente à escavação. A adição do Polymud[®] diretamente à escavação pode revelar-se vantajosa uma vez que poderá provocar o

aumento da viscosidade local e melhorar a estabilização da formação geológica, ajudando a prevenir a perda de fluido.

2.1.3. Procedimento de execução de estacas moldadas de grande diâmetro com polímero do Sistema G3®

Uma vez que nesta tese, dar-se-á destaque a obras realizadas no Brasil, o procedimento de execução de estacas escavadas de grande diâmetro com polímero do Sistema G3® basear-se-á, maioritariamente, na NBR 6122 (2010) [2:1].

2.1.3.1. Características gerais

As estacas são escavadas com polímero sintético “para sustentação das paredes de escavação. A concretagem é submersa, com o concreto deslocando o fluido estabilizante em direção ascendente para fora” (NBR 6122, 2010) [2:1].

2.1.3.2. Escavação, colocação da armadura e betonagem

Segundo a NBR 6122 (2010) [2:1], inicialmente pode ser cravada uma camisa metálica para guiar a ferramenta de escavação. Esta, deverá ter um diâmetro interno de pelo menos 5 cm a mais do que a estaca projetada, devendo ser embutida no solo com um comprimento não inferior a 2 m.

Ao mesmo tempo que ocorre a escavação com remoção do solo pela ferramenta de corte, é enviado fluido estabilizante. Este deverá estar sempre pelo menos a 1,50 m acima do lençol freático.

É desejável que a perfuração seja contínua até à sua conclusão, em contrário, deverão ser adotadas medidas que garantam a carga do projeto.

Terminada a escavação, deverá ser verificada a viscosidade, densidade, pH e teor de areia em suspensão no fluido. Se os parâmetros do fluido recolhido no “pé” da escavação não estiverem de acordo com o especificado, proceder-se-á à decantação das partículas em suspensão. Utilizando-se o polímero do Sistema G3®, recorre-se à aplicação de MicroBond® para esse efeito. Após a atuação do aditivo, as partículas decantadas serão removidas com auxílio do balde de limpeza.

Se o fluido estiver de acordo com as especificações indicadas para a densidade, viscosidade, pH e teor de areia, procede-se à colocação da armadura.

De seguida, procede-se à betonagem submersa e contínua com tubo *tremie* até atingir no mínimo 50 cm acima da cota de arrasamento.

2.1.3.3. Controle do processo executivo

De acordo com NBR 6122 (2010) [2:1], durante a execução de uma estaca com fluido estabilizante devem ser controlados:

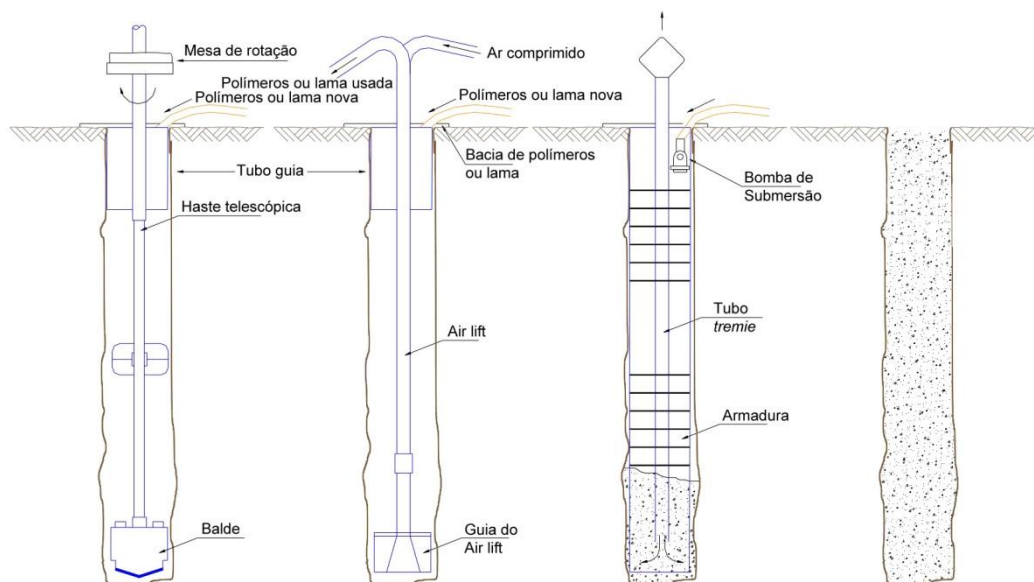
- a ferramenta de escavação quanto a folgas e dimensões
- o nivelamento e o prumo do equipamento de escavação
- o nível do fluido em relação ao nível do lençol freático
- as características do fluido antes da betonagem
- as características do betão

A norma destaca ainda que pelo menos 1% das estacas, e no mínimo uma por obra, deve ser exposta abaixo da cota de arrasamento e, se possível, até ao nível de água, para verificação da sua integridade e qualidade do fuste.

O procedimento de execução de estacas escavadas compreende, genericamente, as seguintes etapas:

- a) Colocação do tubo guia e escavação. A escavação com remoção do solo pela ferramenta de corte é compensada pela introdução em simultâneo do fluido estabilizante.
- b) Após atingir a profundidade de projeto, controla-se a densidade, viscosidade, teor de areia e pH de acordo com a NBR 6122 (2010).
- c) Colocação da armadura, do tubo *tremie* e bomba de submersão ou sucção.
- d) Terminada a betonagem, procede-se ao reaterro e à retirada do tubo guia.

A figura [19] resume o procedimento de execução de estacas escavadas.



[5] Procedimento de execução de estacas escavadas (adaptado de Brasfond, 2009 *in* Bonezi, 2010 [2:9]).

2.1.4. Gestão do fluido em obra

A informação seguinte referente à gestão do fluido em obra para a execução de estacas escavadas com polímero do Sistema G3[®] é baseada no Manual de Formação Técnico [2:8] e na informação disponibilizada pela empresa GEO.

A gestão eficaz do fluido deverá estar organizada de forma a responder de forma prioritária às necessidades do projeto.

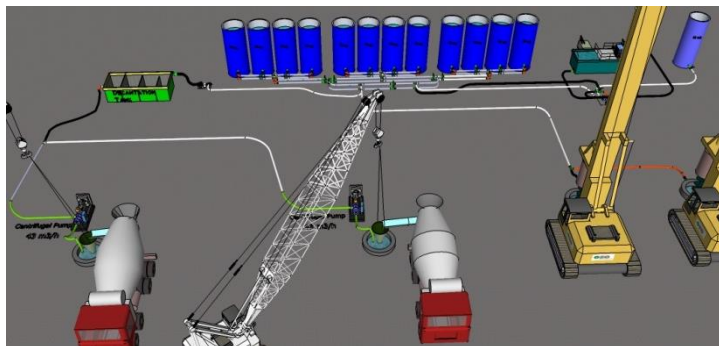
A central de fluido, em condições ideais deve ser composta por vários tipos de tanques com diferentes funções, para garantir que o fluido se encontra sempre dentro dos parâmetros de funcionamento ideais, de acordo com as especificações do projeto e o tipo de solo.

As várias operações devem ser efetuadas ao mesmo tempo sem incorrer em paragens ou interrupções, pelo que deverão existir dois circuitos independentes um do outro (um circuito de envio de fluido e outro de retorno).

Os tanques de armazenagem servem exclusivamente para armazenamento, garantindo que existe sempre fluido em quantidade suficiente e condições de utilização ideais, para que não seja necessário interromper a escavação.

O tanque de mistura, para além de ser utilizado para misturar, também serve para fazer correções ao fluido recebido do tanque de sedimentação, enviando-o após serem feitos os necessários ajustes para os tanques de armazenagem.

O tanque de sedimentação recebe fluido diretamente da betonagem, acelerando o processo de decantação e permitindo que os tratamentos relacionados com a limpeza do fluido possam ser feitos no próprio tanque. O fluido será em seguida enviado para o tanque de mistura para que sejam feitas as correções necessárias aos parâmetros de viscosidade e pH.



[6] Representação de uma central de polímero (fonte: GEO [2:8]).



[7] Central de polímero (fonte: GEO [2:8]).

2.1.5. Controlo de qualidade

A informação seguinte referente ao controlo de qualidade para a execução de estacas escavadas com polímero do Sistema G3[®] é baseada no Manual de Formação Técnico [2:8] e na informação disponibilizada pela empresa GEO.

Para garantir que o fluido se encontra em boas condições de utilização, de forma a não comprometer a qualidade do trabalho, é necessário proceder à avaliação dos seguintes parâmetros: viscosidade, pH, densidade e conteúdo de areia.

Estes testes não são indicadores completos para prever qual será o comportamento do fluido numa escavação, mas podem ajudar a prevenir e se possível planear a sua interação com os diferentes tipos de solo.

A maioria dos fluidos de escavação são misturas complexas de diversos componentes que interagem entre si e com propriedades distintas, que alteram o seu comportamento dentro da escavação enquanto esta progride.

A composição do fluido altera-se à medida que este se mantém em circulação dentro das escavações, com adições constantes de componentes provenientes da formação geológica.

É importante conseguir testar o fluido enquanto estas alterações decorrem com um conjunto de equipamentos simples que permitam intervenções rápidas em obra.

2.1.6. Meio Ambiente, tratamento do fluido e descarga

A informação seguinte referente ao impacto do Sistema G3[®] no meio ambiente, o tratamento adequado e descarga após a utilização do fluido é baseada no Manual de Formação Técnico [2:8] e na informação disponibilizada pela empresa GEO.

O Sistema G3[®] é constituído por polímeros sintéticos biodegradáveis (não prontamente) considerados não poluentes nem contaminantes para o meio ambiente pela *United States Environmental Protection Agency* (EPA).

Em Portugal, os ensaios realizados pelo Instituto do Ambiente confirmaram a inocuidade do Sistema G3[®] para o ambiente.

Existem vários métodos de tratamento do fluido após sua utilização sendo o mais comum a adição de Hipoclorito de Cálcio ou Ácido Clorídrico. Este tratamento neutraliza os níveis de pH convertendo o fluido em água residual que pode ser despejada, sem perigo de contaminação, diretamente no meio ambiente ou sistema de esgotos, de acordo com as leis locais. Este procedimento só é aplicado uma vez no fim do projeto, salvo se o cliente decidir pela reutilização do fluido em uma outra obra.

2.2. ANÁLISE DO DESEMPENHO DAS ESTACAS

Durante o ensaio de carga estática são aplicadas cargas pré-definidas no topo da estaca e conseqüentemente são registados os assentamentos produzidos. A análise da curva carga-assentamento obtida permite averiguar a capacidade de carga da estaca ensaiada.

Atendendo a que grande parte dos ensaios de carga são utilizados para analisar o desempenho de estacas de uma obra específica, nessas situações, é frequente optar-se por um ensaio não-destrutivo.

Genericamente, a NBR 6122 (2010) [2:1] obriga à execução de ensaios de carga estáticos em obras que tenham mais de 75 escadas escavadas com fluido estabilizante.

Salvo alguns casos particulares, segundo esta norma, deve ser executado no mínimo 1% da quantidade total de estacas, número que terá de contemplar ensaios de carga não destrutivos executados na fase de elaboração ou adequação do projeto para obtenção da carga admissível das estacas (ou carga resistente de projeto).

A realização de ensaios de carga estáticos tem-se revelado fulcral para a verificação do desempenho de elementos isolados de fundações. A contribuição de investigadores e profissionais de geotecnia tem sido relevante para esta prática de engenharia, assim como a colaboração entre Portugal e o Brasil.

Atendendo ao interesse e à importância do trabalho realizado por investigadores e profissionais de ambos os países, a Revista Luso-Brasileira de Geotecnia (2007) na edição nº 111 destaca um relato geral sobre a experiência portuguesa e brasileira sobre campos experimentais de fundações indiretas, no âmbito do XIII COBRAMSEG, III CLBG e IV SBMR.

2.2.1. Experiência portuguesa em ensaios de carga em estacas

A experiência portuguesa em ensaios de carga é relatada na Revista Luso-Brasileira de Geotecnia por Viana da Fonseca (2007) – ações verticais [2:10] e por Jaime Santos (2007) – ações horizontais [2:11].

Uma vez que esta tese apenas incidirá sobre ensaios de carga estáticos em estacas sujeitas a ações verticais, serão brevemente mencionadas os casos de estudo mais recentes apresentadas no trabalho exaustivo de Viana da Fonseca (2007) [2:10], dos quais destacam-se as seguintes obras:

- Oceanário EXPO'98, Lisboa
- Ponte Vasco da Gama, Lisboa
- Pavilhão de Portugal da EXPO'98, Lisboa
- Ponte Salgueiro Maia, Santarém
- Casa da Música, Porto
- IP6 Viadutos na ligação Peniche – A8 (IEP)
- Campo experimental de Santo Estêvão

- Viaduto de Santana do Cartaxo
- Edifícios altos e infra-estruturas em Macau
- Nova travessia do Tejo no Carregado – ponte e viaduto_ Brisa
- Campo experimental da FEUP (ISC'2) – International Prediction Event

2.2.2. Experiência brasileira em ensaios de carga em estacas

A experiência em campos experimentais realizados no Brasil é relatada na Revista Luso-Brasileira de Geotecnia por Erinaldo H. Cavalcante *et al* (2007) [2:12].

O trabalho tem a colaboração de inúmeros investigadores de diversas universidades brasileiras e segundo os autores, a abundância de informação inviabiliza a descrição pormenorizada de todas as atividades desenvolvidas em campos experimentais do Brasil.

Assim, serão brevemente mencionados os campos experimentais mais evidenciados no trabalho exaustivo de Erinaldo H. Cavalcante *et al* (2007), dos quais destacam-se:

- Campo experimental do Sarapuí
- Campo experimental da EPUSP
- Campo experimental da EESC/USP
- Campo experimental da UNICAMP
- Campo experimental da UNESP – Bauru
- Campo experimental da UNESP – Ilha Solteira
- Campo experimental da UNB
- Campo experimental da UFPR
- Campo experimental da UEL
- Campo experimental da UEM
- Campo experimental da UEPE

CAPÍTULO 2
SUBCAPÍTULO 2

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[2:1]

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2010). NBR 6122 – *Projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro.

[2:2]

Velloso, D. A.; Alonso, U.R. (2000). *Previsão, controle e desempenho de Fundações*. In: *Previsão de desempenho x Comportamento Real*. São Paulo: ABMS/NRSP, 2000, pp 95-139.

[2:3]

Viana da Fonseca, A.; Santos, J. A. (2008). *International Prediction Event – Behaviour of bored, CFA and Driven Piles in Residual Soil*. ISC'2 Experimental Site.

[2:4]

Santos, J. A.; Viana da Fonseca, A.; Esteves, E.C. (2006). *Campo experimental do ISC'2 – Previsão e desempenho de estacas instrumentadas solicitadas axialmente*. Revista Geotecnia nº 107, pp79-90.

[2:5]

Albuquerque, P. J. R. (1996). *Análise do comportamento de estaca pré-moldada de pequeno diâmetro, instrumentada, em solo residual de diabásio da região de Campinas*. Tese de Mestrado – FEAGRI, Unicamp, Campinas, pp 12.

[2:6]

EN 1997-1 (2004). *Eurocode 7 – Geotechnical design Part 1: General rules*. Comité Européen de Normalisation. Brussels.

[2:7]

EN 1536 (2010). *Execution of special geotechnical work – Bored piles. European Standard*. Comité Européen de Normalisation. Brussels, pp 21-22.

[2:8]

Capitão-Mor, J.; Ferreira, J.; Correia, J. (2005). *Manual de Formação Técnica*. Manual interno da GEO.

[2:9]

Bonezi, C. N. M. (2010). *Estudo comparativo do impacto ambiental produzido pelo uso de lama bentonítica e de polímero em obras de fundações na construção civil*. Tese de Mestrado. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

[2:10]

Viana da Fonseca, A. (2007). *Relato da experiência portuguesa em ensaios de carga em estacas*. Parte I: ações verticais. *Revista Luso-Brasileira de Geotecnia*, nº 111, pp 5-57.

[2:11]

Santos, J. A. (2007). *Relato da experiência portuguesa em ensaios de carga em estacas*. Parte II: ações horizontais. *Revista Luso-Brasileira de Geotecnia*, nº 111, pp 59-98.

[2:12]

Erinaldo, H. C. *et al* (2007). *Campos experimentais brasileiros*. *Revista Luso-Brasileira de Geotecnia* 111, pp 99-205.

CAPÍTULO 3

CASOS DE OBRA

CASOS DE OBRA	59
1. FUNDAÇÕES DE UMA PONTE EM DEPÓSITOS ALUVIONARES	59
1.1. LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA OBRA	60
1.1.1. Localização.....	60
1.1.2. Descrição da obra	61
1.1.2.1. Estudos geológicos e geotécnicos.....	61
1.1.2.2. Enquadramento geológico geral	61
1.1.2.3. Prospeção e ensaios	62
1.1.2.4. Condições de fundação	63
1.1.2.5. Ensaio de carga	63
1.1.2.6. Processos e métodos construtivos.....	64
1.2. IMPACTO AMBIENTAL.....	64
1.3. APLICAÇÃO DE POLÍMEROS DO SISTEMA G3®	65
2. FUNDAÇÕES DE UMA CENTRAL TERMOELÉTRICA EM ROCHA GNAISSE	69
2.1. DESEMPENHO DE ESTACAS ENCASTRADAS 1,90 M E 2,90 M EM MACIÇO GNAISSE	71
2.1.1. Resultados obtidos no ensaio de carga.....	71
2.1.2. Relação dos valores obtidos no ensaio de carga com os estimados.....	73
2.2. DESEMPENHO DE ESTACA ENCASTRADA 0,5 M EM MACIÇO GNAISSE.....	76
2.2.1. Resultados obtidos no ensaio de carga.....	76
2.2.2. Relação dos valores obtidos no ensaio de carga com os estimados.....	77
2.3. DESEMPENHO DE ESTACA ASSENTE EM MACIÇO GNAISSE	80
2.3.1. Resultados obtidos no ensaio de carga.....	80
2.3.2. Relação dos valores obtidos no ensaio de carga com os estimados.....	81
2.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
3. FUNDAÇÕES DE EDIFÍCIOS EM SOLOS MOLES A MUITO MOLES	85

3.1. DESEMPENHO DE ESTACAS ESCAVADAS EM SOLOS MOLES A MUITO MOLES_EDIFÍCIO 1	86
3.1.1. Descrição da obra	86
3.1.2. Resultados obtidos no ensaio de carga.....	89
3.1.3. Relação dos valores obtidos no ensaio de carga com os estimados.....	91
3.1.4. Considerações finais.....	96
3.2. DESEMPENHO DE ESTACAS ESCAVADAS EM SOLOS MOLES A MUITO MOLES_EDIFÍCIO 2	97
3.2.1. Descrição da obra	97
3.2.2. Resultados obtidos no ensaio de carga.....	100
3.2.3. Relação dos valores obtidos no ensaio de carga com os estimados.....	102
3.2.4. Dados obtidos da leitura dos relógios comparadores	107
3.2.5. Dados obtidos da leitura dos extensómetros elétricos	111
3.2.6. Considerações finais.....	116

CAPÍTULO 3

CASOS DE OBRA

Foi objeto de estudo neste doutoramento as seguintes obras realizadas com polímero do Sistema G3®:

- Fundações de uma ponte em depósitos aluvionares (Portugal)
- Fundações de uma central termoelétrica em rocha gnaisse (Brasil)
- Fundações de edifícios em solos moles a muito moles (Brasil)

A execução das fundações da ponte foi acompanhada pessoalmente pela doutoranda. A execução de fundações das obras no Brasil foi assistida pela equipa técnica de engenharia da GEO e foram acompanhadas de forma não presencial pela doutoranda, tendo-se estabelecido reuniões periódicas de 2009 a 2011 entre a investigadora e a equipa de engenharia no terreno.

1. FUNDAÇÕES DE UMA PONTE EM DEPÓSITOS ALUVIONARES

A Travessia do Rio Tejo no Carregado (sublanço A1/Benavente, A10 – autoestrada Bucelas/Carregado/IC3) compreende o viaduto norte (1697 m), a ponte (972 m) e o viaduto sul (9230 m) [3:1].

Considerado como a maior obra pública da primeira década do século XXI, é a 9ª ponte mais extensa do mundo e a 2ª da Europa [3:2].



[1] Travessia no Rio Tejo no Carregado (fonte: Brisa [3:1]).

Inaugurada a 8 de julho de 2007 pela Brisa, a construção da ponte da Lezíria ficou a cargo do consórcio “TACE- Construção da travessia Rodoviária do Tejo, ACE” fundado pelas empresas Lena Construções, BPC, Construtora do Tâmega, MSF, Zagope e Novopca, tendo como projetista a empresa COBA, SA [3:3].

A dimensão do empreendimento pode ser elucidada por alguns factos e números divulgados pela Brisa [3:1], nomeadamente:

- Maior empreendimento público em território nacional em curso à época
- Empreendimento português
- 12 km de estrutura sobre uma das mais sensíveis zonas do território nacional
- 200 milhões de euros investidos
- 23 meses de execução
- 400 000 m³ de betão
- 40 000 toneladas de aço
- 7 milhões de horas trabalhadas
- 1500 trabalhadores diretos à obra

Considerada como um marco na engenharia portuguesa, esta obra reveste-se de grande importância no meio empresarial e académico.

1.1. LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA OBRA

1.1.1. Localização

A ponte da Lezíria representa o último troço da A10 – Autoestrada Bucelas/Carregado/IC13. A A10 interliga a A1 – Autoestrada do Norte, a A13 – Autoestrada Almeirim / Marateca e a A9 – CREL [3:1].

A infraestrutura permite o escoamento do tráfego para o Alentejo/Algarve (através da A2) proveniente do Norte e Oeste, e da Área Metropolitana de Lisboa, sem atravessar a capital.



[2] Travessia no Rio Tejo no Carregado (fonte: Brisa [3:1]).

1.1.2. Descrição da obra

1.1.2.1. Estudos geológicos e geotécnicos

A informação seguinte, referente ao estudo geológico e geotécnico do local da travessia do Tejo no Carregado, tem como fonte o artigo de Portugal, A. *et al* (2006) [3:4] apresentado nas 4^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas no LNEC.

1.1.2.2. Enquadramento geológico geral

Segundo Portugal, A. *et al* (2006) [3:4] “o local da nova travessia do Tejo no Carregado insere-se na grande unidade morfo-estrutural designada por Bacia Cenozóica do Baixo Tejo. Esta bacia é constituída por uma depressão tectónica subsidente, de contorno retangular, alongada na direção NE-SW, preenchida por formações sedimentares detríticas de idade Miocénica e Paleogénica.

A unidade morfológica correspondente à baixa aluvionar do Tejo que constitui a lezíria ribatejana, caracteriza-se por uma morfologia aplanada, a cotas da ordem de 4 a 5 m. À escala regional, as formações terciárias caracterizam-se por se apresentarem pouco deformadas, com estratificação em regra sub-horizontal, pontualmente afetada por inclinações suaves.”

Ainda segundo Portugal, A. *et al* (2006) [3:4], a origem continental das formações leva a “prever que apresentem variações verticais e laterais de composição e textura e, localmente, irregularidades da estratificação, com camadas descontínuas do tipo lenticular ou em bisel, mas sempre com uma disposição geral horizontal ou sub-horizontal.”

Desta forma, o local da travessia do rio Tejo no Carregado pode ser representado pelo seguinte modelo geológico [3:4]:

- Ocorrência de depósitos superficiais recentes (as aluviões Holocénicas) assentes num substrato Terciário.
- As aluviões ocorrem em toda a extensão do traçado da nova travessia, com uma espessura variável entre os 35 e os 55 metros, ao longo de cerca de 9 km (a espessura máxima identificada foi da ordem dos 62 m).
- O enchimento aluvionar é constituído por lodos mais ou menos arenosos, anegrados, areias mais ou menos lodosas e areias médias por vezes silto-argilosas.
- Na transição da série aluvionar para o substrato Miocénico subjacente ocorre um nível de carácter areno-cascalhento, constituído por areias grosseiras a médias com abundantes passagens de seixos e calhaus siliciosos rolados a sub-rolados de dimensões variáveis.
- A formação terciária (substrato) subjacente aos depósitos superficiais recentes (aluviões) é constituída por um complexo argilo-gresoso de génese fluvio-deltaica, atribuído ao Miocénico. Esta formação não aflora no sítio da nova travessia do Carregado, tendo sido reconhecida pelas sondagens.

Segundo Portugal, A. *et al* (2006) [3:4] o enquadramento geológico geral da obra permitiu ainda “antecipar os principais problemas geotécnicos a enfrentar: a ocorrência de espessos depósitos aluvionares holocénicos, implicando a necessidade de recorrer a fundações profundas, a avaliação do potencial de liquefação dos níveis aluvionares arenosos e a interação solo-estrutura decorrente da análise da resposta sísmica dos depósitos aluvionares.”

O modelo geológico-geotécnico foi definido com base na interpretação da informação disponível.

1.1.2.3. Prospeção e ensaios

Segundo Portugal, A. *et al* (2006) [3:4] os trabalhos de prospeção incluíram a realização dos seguintes ensaios:

- ensaios de penetração dinâmica (SPT)
- ensaios de penetração estática (CPT)

- ensaios de penetração estática com piezocone (CPTU)
- ensaios de penetração estática com cone sísmico (SCPT)
- ensaios de corte rotativo
- ensaios sísmicos entre e ao longo de furos de sondagem (*crosshole* e *downhole*)
- ensaios laboratoriais realizados sobre amostras intactas e remexidas.

1.1.2.4. Condições de fundação

De acordo com Portugal, A. *et al* (2006) [3:4] foram adotadas as seguintes soluções de fundação:

- Viadutos Norte e Sul - fundação baseada em 4 pilares-estaca com diâmetro 1,5 m agrupados em alinhamentos transversais.
- Ponte sobre o Rio Tejo - grupos de estacas (de 8 ou 10 estacas) com diâmetros de 2,2 m cada, solidarizadas entre si através de um maciço de encabeçamento.

A execução das estacas compreendeu [3:4]:

1. Cravação de entubamento metálico por meio de “vibrofonneur” ou por martelo hidráulico.
2. Furação através de vara telescópica “kelly”.

Para a execução das estacas, cujo comprimento varia entre os 20 m e os 56 m, optou-se por o entubamento perdido nas estacas de fundação dos pilares da ponte, tendo-se procedido à sua recuperação nas fundações dos restantes elementos estruturais.

1.1.2.5. Ensaio de carga

A validação dos pressupostos de dimensionamento adotados em fase de Projetos de Execução realizou-se com base em 3 ensaios de carga vertical estáticos e em 9 ensaios de carga dinâmicos verticais de compressão. Estes foram descritos e interpretados em relatório próprio (Santos *et al.*, 2006 citado em Viana da Fonseca, A., 2007) [3:3].

1.1.2.6. Processos e métodos construtivos

Resume-se de seguida alguns aspetos relevantes relacionados com os processos e métodos construtivos utilizados [3:4]:

- Viaduto Norte

As estacas foram executadas com encamisamento integral com tubo moldador recuperado.

- Ponte sobre o Tejo

Inicialmente foram executadas estacas dotadas de encamisamento metálico. As estacas dos pilares de transição foram executadas com tubo moldador recuperado.

- Viaduto Sul

A execução das estacas realizou-se através de dois processos, nomeadamente o encamisamento integral com tubo moldador recuperado e a utilização de fluidos estabilizadores.

1.2. IMPACTO AMBIENTAL

A primeira proposta para a construção da Travessia do Rio Tejo no Carregado foi alvo de contestação por parte dos ambientalistas, tendo sido chumbada pelo Ministério do Ambiente devido ao impacto ambiental na travessia do rio e na lezíria do Norte, no concelho de Benavente [3:5].

Após a análise de propostas alternativas veiculadas pela Brisa, a Comissão de Avaliação de Impacte Ambiental (CAIA) pronunciou-se a favor do corredor sul, solução protagonizada pelas associações ambientalistas [3:5].

O facto da construção da nova ponte se situar na planície aluvial da Lezíria Grande de Vila Franca de Xira, detentora de uma das zonas com os solos mais ricos do país, induziu a Brisa a assumir o compromisso de garantir a inocuidade ambiental da área de implementação do projeto [3:5].

Segundo a Brisa [3:1], a construção da Travessia do Rio Tejo no Carregado representa um novo paradigma da construção sustentável, com um forte investimento na componente ambiental do projeto e da construção da infraestrutura.

Pretendeu-se assim, respeitar os condicionalismos ambientais característicos da área de implementação do projeto. Desta forma, a Brisa [3:1] destaca 10 medidas ambientais que considerou fundamentais:

1. Investimento em medidas de gestão ambiental total: 2,9 M€.
2. Aplicação das melhores técnicas de construção disponíveis, assegurando uma menor intrusão no rio, numa área sensível como a Lezíria.
3. Acompanhamento arqueológico integral, nas vertentes aquática e terrestre, de todo o empreendimento.
4. Localização e características dos estaleiros desenvolvidas de forma a minimizar os impactes ambientais e arqueológicos.
5. Acompanhamento ambiental do empreendimento por uma Comissão constituída por diversas entidades (APA (ex-IA), INAG, IGESPAR (ex-IPA), CCDR-LVT e DGADR - (ex-IDRHA)) com intervenção em todos os processos de decisão.
6. Monitorização ambiental de diversos descritores ambientais (fases de projeto, construção e operação).
7. Integração e recuperação paisagística de todas as áreas afetadas pelos trabalhos.
8. Compatibilização do empreendimento com o Aproveitamento Hidroagrícola da Lezíria, incluindo a proteção de valas e diques existentes.
9. Implementação de um sistema de tratamento das águas de escorrência da plataforma.
10. Constituição de um acesso temporário à obra, de forma a confinar a intervenção na Lezíria.

1.3. APLICAÇÃO DE POLÍMEROS DO SISTEMA G3[®]

A utilização dos métodos construtivos inicialmente previstos conduziu a que o nível de produção de estacas fosse mais lento que o desejável [3:6].

A aplicação do polímero do Sistema G3[®], como fluido estabilizador, surge como alternativa viável para recuperar o calendário de produção. Assim, foi requerido pelo dono de obra a execução de 1000 estacas, com diâmetro de 1500 mm e profundidade variável entre 42 m a 60 m, para a fundação de 11 km de viaduto, num prazo de 12 meses [3:6].

A execução de estacas da Travessia do Rio Tejo no Carregado com a aplicação do polímero do Sistema G3[®] representou um desafio, caracterizado pelos seguintes aspetos relevantes [3:6]:

- Cumprimento do prazo do projeto estipulado

A necessidade de recuperar o calendário de produção, de forma a cumprir os prazos estipulados, fomentou o aumento de produção de estacas.

- Preservação do meio ambiente

A preocupação em preservar o meio ambiente determinou, por parte do dono de obra, o controlo de análises químicas ao fluido de estabilização antes e depois de utilizado, à água de mistura e aos detritos da escavação, assegurando assim a ausência de contaminação nos terrenos agrícolas circunstantes.

- Condições geotécnicas adversas

O tipo de solo, caracterizado em alguns segmentos com SPT zero, dificultava a escavação nos primeiros 25 m. Seguiu-se 15 a 20 m de areias com alguma compacidade terminando a escavação em cascalheiras grosseiras com alguma areia, permitindo o encastramento das estacas em 4 m de profundidade.

De forma a controlar a qualidade do fluido de estabilização no interior da escavação foram realizados ensaios à viscosidade, densidade, pH e teor de areia.

Tabela [1] – Parâmetros de qualidade do polímero antes da betonagem.

Viscosidade (s)	Densidade (g/cm ³)	pH	Teor de Areia (%)
> 55	1,00 a 1,04	11 a 12	< 1,5 %

A alteração do método construtivo permitiu triplicar a produção diária de estacas, permitindo assim recuperar o calendário de produção e cumprir os prazos estipulados [3:6]. As análises químicas ao fluido de estabilização permitiram aferir a inocuidade ambiental do Sistema G3[®] [3:6].

CAPÍTULO 3
SUBCAPÍTULO 1

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[3:3]

Viana da Fonseca, A. (2007). *Relato da experiência Portuguesa em ensaios de carga em estacas*. Parte I: ações verticais. Revista da Sociedade Portuguesa de Geotecnia, nº111, pp 5-57.

[3:4]

Portugal, A.; Câmara, A.P.; Virtuoso, F.; Rebelo, V. (2006). *Nova travessia do rio Tejo no Carregado*. 4^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas. LNEC.

SITES CONSULTADOS

[3:1]

<http://www.brisa.pt/PresentationLayer/textosnoticiadetail.aspx?menuid=25&textoid=639>

[Consult. 12 Janeiro.2012]

[3:2]

http://pt.wikipedia.org/wiki/Ponte_da_Lez%C3%ADria [Consult. 18 Março.2012]

[3:5]

<http://semanal.omirante.pt/index.asp?idEdicao=190&id=18548&idSeccao=2457&Action=noticia> [Consult. 23 Março.2012]

[3:6]

www.geosoil.com [Consult. 27 Fevereiro.2012]

2. FUNDAÇÕES DE UMA CENTRAL TERMOELÉTRICA EM ROCHA GNAISSE

O projeto da central termoelétrica iniciou-se em 2009 e está implementado no Nordeste do Brasil, numa região ambientalmente sensível, com uma ocupação do projeto de 100 hectares prolongada, no seu todo, por cerca de 300 hectares.

O projeto de fundações assentou na execução de fundações indiretas com recurso a fluido de estabilização biodegradável (não prontamente) do sistema G3[®]. O projeto de fundações contemplou a execução de 1270 estacas moldadas “in loco” com 1 000 mm de diâmetro e profundidade variável de 10 m a 18 m, em solos moles e pouco compactos de 8 m a 9 m de espessura, encastradas até 3 m sobre um maciço Gnaiss medianamente alterado (W3) [3:1].

Para garantir a qualidade das estacas, de forma a avaliar o comportamento carga *versus* assentamento e estimar as características de capacidade de carga, procedeu-se à execução de ensaios de carga estática à compressão segundo a NBR 12131 (2005) [3:2].

O número de ensaios de carga excedeu 1% das escacas executadas cumprido as recomendações da NBR 6122 (2010) [3:3], tendo sido alvo deste estudo a análise dos primeiros 4 ensaios de carga disponibilizados pela empresa.

A capacidade resistente das estacas foi prevista por métodos semi-empíricos, tendo em consideração a recuperação da rocha no trecho encastrado. Os valores estimados foram comparados com a capacidade resistente última à compressão obtida nos ensaios de carga da obra.

A tabela seguinte indica o encastramento em maciço Gnaiss de cada estaca de ensaio alvo deste estudo.

Tabela [1] – Encastramento em maciço Gnaiss das estacas de ensaio.

Estaca de ensaio	Encastramento em maciço Gnaiss (m)
Estaca 1	1,90
Estaca 2	2,90
Estaca 3	0,5
Estaca 4	0

Os perfis geotécnicos das estacas ensaiadas, alvos deste estudo, encontram-se no Anexo [B].

De forma a controlar a qualidade do fluido de estabilização no interior da escavação, foram realizados ensaios à viscosidade, densidade, pH e teor de areia. O quadro seguinte resume o intervalo de valores obtidos para os parâmetros analisados antes da betonagem das 4 estacas ensaiadas objeto deste estudo.

Tabela [2] – Parâmetros de qualidade do polímero analisado antes da betonagem.

Viscosidade (s)	Densidade (g/cm ³)	pH	Teor de Areia (%)
> 50	1,00 a 1,06	11 a 12	3 %

O encastramento até 3 m em Gnaisse medianamente alterado fomenta a suspensão no fluido de estabilização de areias de granulometria fina.

Os ensaios de carga foram executados de acordo com as recomendações da NBR 12131 (2005) [3:2]. O procedimento adotado para a execução do ensaio de carga foi realizado de acordo com a capacidade de carga de trabalho prevista (3530 kN), com carregamento lento de 10 estágios iguais e sucessivos de 706 kN.

Cada ensaio de carga compreendeu uma estaca de ensaio e duas estacas de reação.



[1] Instalação do sistema de medição do ensaio de carga (fonte: GEO, 2009 [3:4]).

2.1. DESEMPENHO DE ESTACAS ENCASTRADAS 1,90 M E 2,90 M EM MACIÇO GNAISSE

2.1.1. Resultados obtidos no ensaio de carga

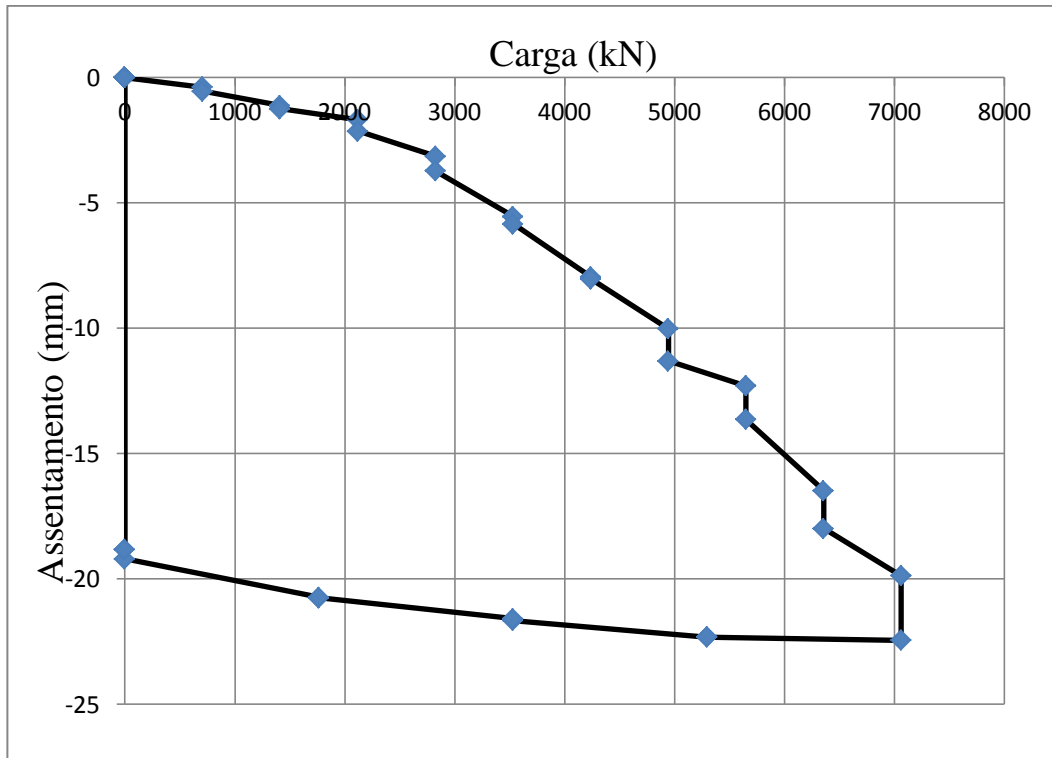
Os resultados obtidos no ensaio de carga estática à compressão da estaca 1 e da estaca 2 estão expressos nos gráficos carga *versus* assentamento, tendo sido estimada a carga de rutura pelo Método Gráfico de Mazurkiewicz [3:5] [3:6].

Tabela [3] – Resultados obtidos durante o ensaio de carga da estaca 1 [3:5].

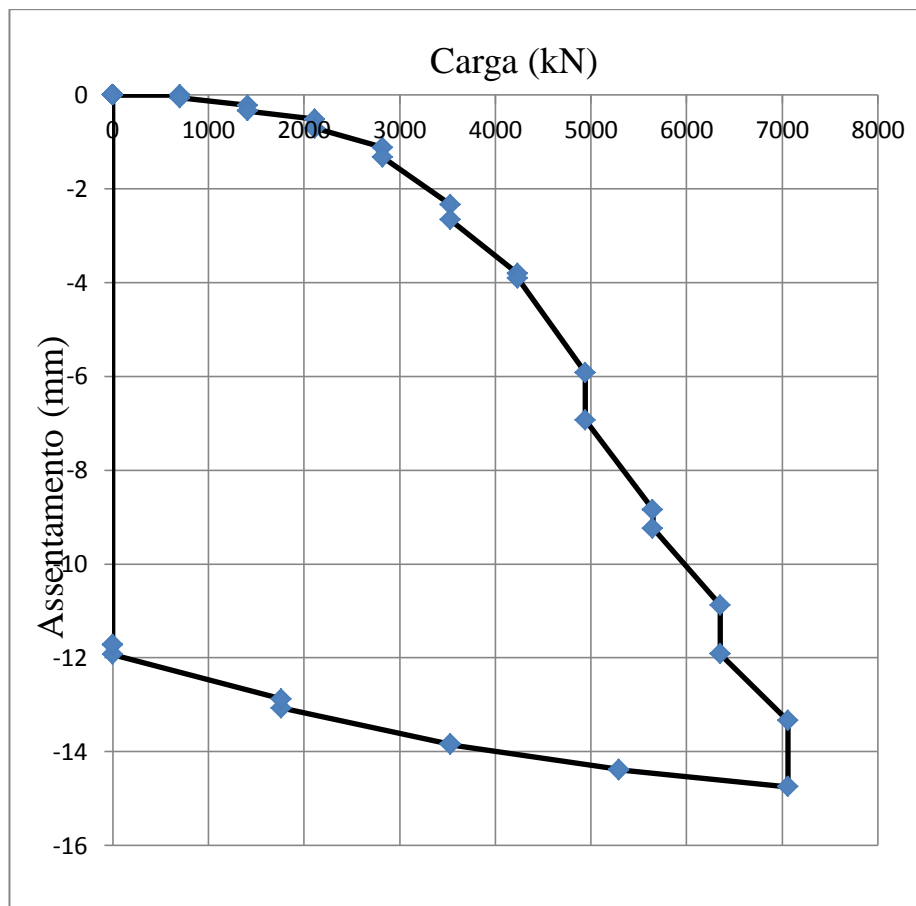
Carga (kN)	Assentamento (mm)
0	0
706	0,38
706	0,54
1412	1,11
1412	1,24
2118	1,68
2118	2,14
2824	3,13
2824	3,72
3530	5,54
3530	5,84
4236	7,94
4236	8,03
4943	10,02
4943	11,30
5649	12,29
5649	13,63
6355	16,47
6355	17,99
7061	19,87
7061	22,44
5296	22,31
5296	22,31
3530	21,66
3530	21,58
1765	20,75
1765	20,73
0	19,20
0	18,82
0	18,82

Tabela [4] – Resultados obtidos durante o ensaio de carga da estaca 2 [3:6].

Carga (kN)	Assentamento (mm)
0	0
706	0
706	0,06
1412	0,22
1412	0,34
2118	0,52
2118	0,71
2824	1,12
2824	1,33
3530	2,34
3530	2,66
4236	3,81
4236	3,91
4943	5,92
4943	6,93
5649	8,84
5649	9,24
6355	10,88
6355	11,92
7061	13,34
7061	14,75
5296	14,39
5296	14,38
3530	13,85
3530	13,84
1765	13,07
1765	12,88
0	11,93
0	11,72
0	11,72



[1] – Gráfico carregamento *versus* assentamento da escava de ensaio 1.



[2] – Gráfico carregamento *versus* assentamento da escava de ensaio 2.

A tabela seguinte apresenta os principais parâmetros evidenciadas durante o ensaio de carga da estaca 1 e da estaca 2.

Tabela [5] – Parâmetros das estacas 1e 2 evidenciados durante o ensaio de carga.

	Estaca ensaiada	
	Estaca 1	Estaca 2
Carga de trabalho prevista (kN)	3530,40	3530,40
Deformação originada pela carga de trabalho prevista de 3530 kN (mm)	entre 5,54 e 5,84	entre 2,34 e 2,66
Carga máxima atingida pelo ensaio (kN)	7060,80	7060,80
Deformação originada pela carga máxima aplicada de 7060,80 kN (mm)	entre 19,87 e 22,44	entre 13,34 e 14,75
Recuperação após 12h de estabilização e após descarregamento (mm)	até 18,82	até 11,72
Deformação total (mm)	22,44	14,75
Deformação elástica (mm)	3,62	3,03
Deformação permanente (mm)	18,82	11,72

2.1.2. Relação dos valores obtidos no ensaio de carga com os estimados

Para o cálculo da resistência última das estacas utilizou-se o método semi-empírico de Aoki e Velloso (1975) [3:7] (Anexo [A]) considerando a recuperação da rocha nos 1,90 m e 2,90 m de encastramento das estacas 1 e 2, respetivamente.

Resistência da estaca em solo

Relativamente ao cálculo do atrito lateral em solo das estacas utilizou-se a expressão proposta pelo método semi-empírico de Aoki e Velloso (1975) [3:7]:

$$Q_{ult} = A \frac{k N}{F_1} + U \sum \frac{\alpha k N}{F_2} \Delta l$$

Com a aplicação da componente de atrito lateral da expressão, considerando os resultados do ensaio SPT para ambas as estacas (Anexo [B]), obtém-se os valores apresentados na tabela seguinte.

Tabela [6] – Parâmetros utilizados e obtenção do atrito lateral em solo (Aoki Velloso, 1975) [3:7].

		Estaca ensaiada	
		Estaca 1	Estaca 2
Características da estaca	Diâmetro da estaca (m)	1	1
	Profundidade da estaca (m)	14	14,9
	Perímetro da estaca, U (m)	3,1415	3,1415
	Área transversal da ponta da estaca, A_p (m ²)	0,785375	0,785375
	Encastramento em rocha (m)	1,90	2,90
Parâmetros utilizados	α (%)	De acordo com o tipo de solo do SPT	
	K (MPa)	De acordo com o tipo de solo do SPT	
	N	De acordo com o N do SPT	
	F ₂ (estacas escavadas)	6	6
Resultado	Atrito lateral em solo (kN)	1098,02	1098,02

Resistência da estaca em rocha

Relativamente ao cálculo do atrito lateral no trecho encastrado e da resistência de ponta, considerou-se a recuperação da rocha nos 1,90 m e 2,90 m de encastramento das estacas 1 e 2, respetivamente, com base nos resultados do ensaio SPT (Anexo [B]).

Tabela [7] – Parâmetros utilizados e obtenção da resistência da estaca em rocha.

		Estaca ensaiada	
		Estaca 1	Estaca 2
Características da estaca	Diâmetro da estaca (m)	1	1
	Profundidade da estaca (m)	14	14,9
	Perímetro da estaca, U (m)	3,1415	3,1415
	Área transversal da ponta da estaca, A_p (m ²)	0,785375	0,785375
	Encastramento em rocha (m)	1,90	2,90
Parâmetros utilizados	Recuperação da rocha de 12 m a 13 m (%)	42	42
	Recuperação da rocha de 13 m a 14 m (%)	50	50
	Recuperação da rocha de 14 m a 14,9 m (%)	-	46
	Recuperação da rocha em 14,9 m (%)	-	100
Resultado	Atrito lateral em rocha (kN)	1700,59	2465,84
	Resistência de ponta (kN)	3850,95	3850,95

Resistência última da estaca

Considerando os resultados obtidos anteriormente, obtém-se a resistência última de cada estaca e a contribuição de cada componente.

Os resultados obtidos encontram-se na tabela seguinte.

Tabela [8] – Valores estimados para a resistência última de cada estaca.

	Valor estimado (kN)		Contribuição para a resistência última (%)	
	Estaca 1	Estaca 2	Estaca 1	Estaca 2
Atrito lateral_solo (Aoki Velloso 1975)	1098,02	1098,02	16,5	14,8
Atrito lateral_rocha	1700,59	2465,84	25,6	33,3
Resistência de ponta	3850,95	3850,95	57,9	51,9
Resistência última da estaca	6649,56	7414,81		

Analisando a tabela [8] estima-se que a contribuição do atrito lateral em solo, determinada pelo método de Aoki Velloso (1975) é relativamente baixa. O trecho encastrado em rocha e a ponta, considerando a recuperação da rocha, representam a maior contribuição para a resistência última estimada de cada estaca.

A carga de rutura extrapolada pelo Método Gráfico de Mazurkiewicz é de $10,6 \times 10^3$ kN para a estaca 1 [3:5] e $10,8 \times 10^3$ kN para a estaca 2 [3:6].

A tabela seguinte apresenta a relação entre os valores obtidos no ensaio de carga com os alcançados pelo método semi-empírico de Aoki e Velloso (1975) [3:7] tendo em consideração a recuperação da rocha nos trechos encastrados.

Tabela [9] – Relação entre os valores obtidos no ensaio de carga e os estimados.

Estacas de ensaio	Q última estimado (kN)	Q' última obtida/Q última estimado
Estaca 1	6649,56	1,59
Estaca 2	7414,81	1,46

Com base no que foi apresentado neste estudo conclui-se:

- A carga de rutura obtida por extrapolação pelo Método Gráfico de Mazurkiewicz ($10,6 \times 10^3$ kN e $10,8 \times 10^3$ kN) atingiu, em ambos os ensaios, o triplo da carga nominal de serviço (3530 kN).
- Ambas as estacas ensaiadas revelam uma boa capacidade resistente para a carga máxima atingida no ensaio 7060,80 kN.
- A aplicação do método semi-empírico de Aoki e Velloso (1975) [3:7] no trecho em solo, conjugado com a recuperação da rocha nos trechos encastrados em rocha, revela ser conservador para ambas as estacas executadas com recurso a polímero de estabilização. Salienta-se que a contribuição do método semi-empírico de Aoki e Velloso (1975) [3:7] representa apenas 16,5% e 14,8% da resistência última estimada para as estacas 1 e 2, respetivamente.

2.2. DESEMPENHO DE ESTACA ENCASTRADA 0,5 M EM MACIÇO

GNAISSE

2.2.1. Resultados obtidos no ensaio de carga

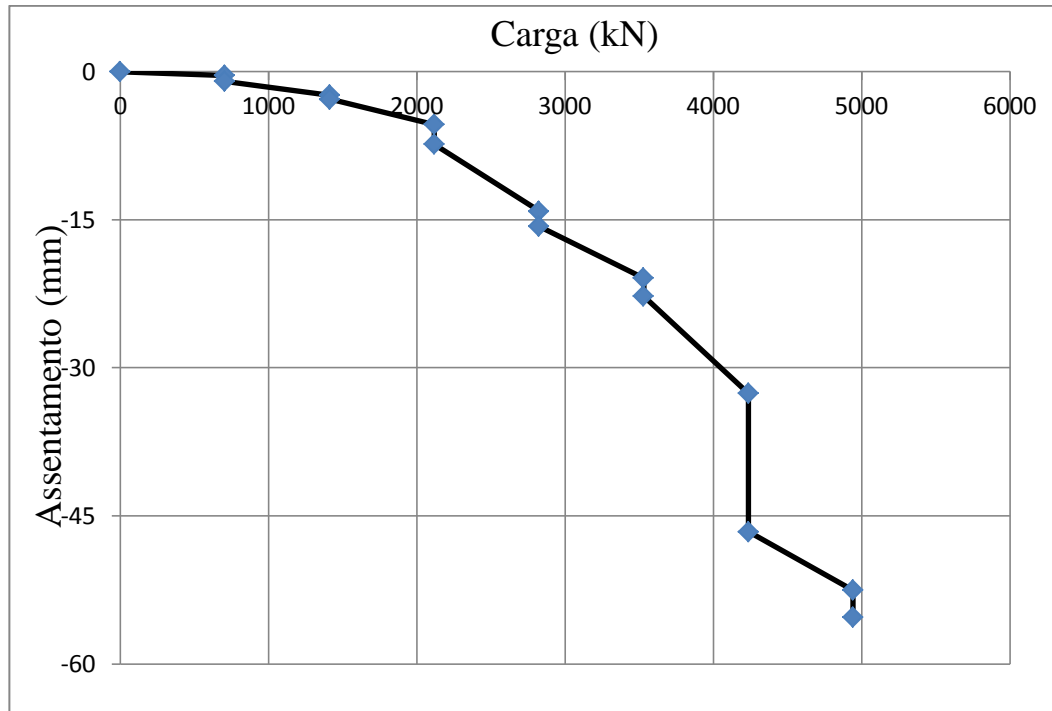
Os resultados obtidos no ensaio de carga estática à compressão da estaca 3 estão expressos no gráfico carga *versus* assentamento.

Tabela [10] – Resultados obtidos durante o ensaio de carga da estaca 3 [3:8].

Carga (kN)	Assentamento (mm)
0	0
706	0,38
706	0,97
1412	2,37
1412	2,78
2118	5,33
2118	7,35
2824	14,12
2824	15,66
3530	20,92
3530	22,75
4236	32,57
4236	46,62
4943	52,54
4943	55,29

Através da análise dos resultados obtidos no ensaio de carga constata-se:

- A carga aplicada correspondente à capacidade de carga de trabalho prevista 3530 kN originou um deslocamento entre 20,92 mm e 22,75 mm;
- A carga máxima atingida pelo ensaio de 4943 kN originou deformações que variaram entre 52,54 mm e 55,29 mm (tendo ficado carregada durante 8 min.);
- Os deslocamentos excessivos e o facto da estaca, após descarregamento, não ter recuperado, ditou a rutura geotécnica com uma deformação total de 55,29 mm.



[3] – Gráfico carregamento *versus* assentamento da escava de ensaio 3.

2.2.2. Relação dos valores obtidos no ensaio de carga com os estimados

Para o cálculo da resistência última da estaca utilizou-se o método semi-empírico de Aoki e Velloso (1975) [3:7] (Anexo [A]) considerando a recuperação da rocha no trecho encastrado.

Resistência da estaca em solo

Relativamente ao cálculo do atrito lateral em solo da estaca utilizou-se a expressão proposta pelo método semi-empírico de Aoki e Velloso (1975) [3:7]:

$$Q_{ult} = A \frac{k N}{F_1} + U \sum \frac{\alpha k N}{F_2} \Delta l$$

Com a aplicação da componente de atrito lateral da expressão, considerando os resultados do ensaio SPT da estaca (Anexo [B]), obtém-se os valores apresentados na tabela seguinte.

Tabela [11] – Parâmetros utilizados e obtenção do atrito lateral em solo (Aoki Velloso, 1975) [3:7].

		Estaca 3
Características da estaca	Diâmetro da estaca (m)	1
	Profundidade da estaca (m)	12,7
	Perímetro da estaca, U (m)	3,1415
	Área transversal da ponta da estaca, A_p (m ²)	0,785375
	Encastramento em rocha (m)	0,5
Parâmetros utilizados	α (%)	Tipo solo SPT
	K (MPa)	Tipo solo SPT
	N	N do SPT
	F_2 (estacas escavadas)	6
Resultado	Atrito lateral em solo (kN)	502,45

Resistência da estaca em rocha

Relativamente ao cálculo do atrito lateral no trecho encastrado e da resistência de ponta, considerou-se a recuperação da rocha nos 0,50 m de encastramento, com base nos resultados do ensaio SPT (Anexo [B]).

Tabela [12] – Parâmetros utilizados e obtenção da resistência da estaca em rocha.

		Estaca 3
Características da estaca	Diâmetro da estaca (m)	1
	Profundidade da estaca (m)	12,7
	Perímetro da estaca, U (m)	3,1415
	Área transversal da ponta da estaca, A_p (m ²)	0,785375
	Encastramento em rocha (m)	0,5
Parâmetros	Recuperação da rocha de 12,2 m a 12,7 m (%)	42
Resultado	Atrito lateral em rocha (kN)	5,43
	Resistência de ponta (kN)	1386,35

Resistência última da estaca

Considerando os resultados obtidos anteriormente, obtém-se a resistência última de cada estaca e a contribuição de cada componente.

Os resultados obtidos encontram-se na tabela seguinte.

Tabela [13] – Valores estimados para a resistência última da estaca.

	Valor estimado (kN)	Contribuição para a resistência última (%)
Atrito lateral_solo (Aoki Velloso 1975)	502,45	26,53
Atrito lateral_rocha	5,43	0,29
Resistência de ponta	1386,35	73,19
Resistência última da estaca	1894,23	

Analisando a tabela [13] estima-se que a maior contribuição para a capacidade de carga da estaca deve-se à resistência da ponta (encastrada em rocha).

A tabela seguinte apresenta a relação entre os valores obtidos no ensaio de carga com os alcançados pelo método semi-empírico de Aoki e Velloso (1975), tendo em consideração a recuperação da rocha nos trechos encastrados.

Tabela [14] – Relação entre os valores obtidos no ensaio de carga e os estimados.

Estaca de ensaio	$Q_{\text{última estimado}}$ (kN)	$Q'_{\text{última obtida}}/Q_{\text{última estimado}}$
Estaca 3	1894,23	2,6

Com base no que foi apresentado neste estudo conclui-se:

- A carga de rutura obtida 4943 kN é superior à carga nominal de serviço 3530 kN.
- A aplicação do método semi-empírico de Aoki e Velloso (1975) no trecho em solo, conjugado com a recuperação da rocha no trecho encastrado em rocha, revela ser conservador para a estaca executada com recurso a polímero de estabilização. Salienta-se que a contribuição do atrito lateral em solo determinado pelo método semi-empírico de Aoki e Velloso (1975) representa sensivelmente ¼ da resistência última da estaca estimada.

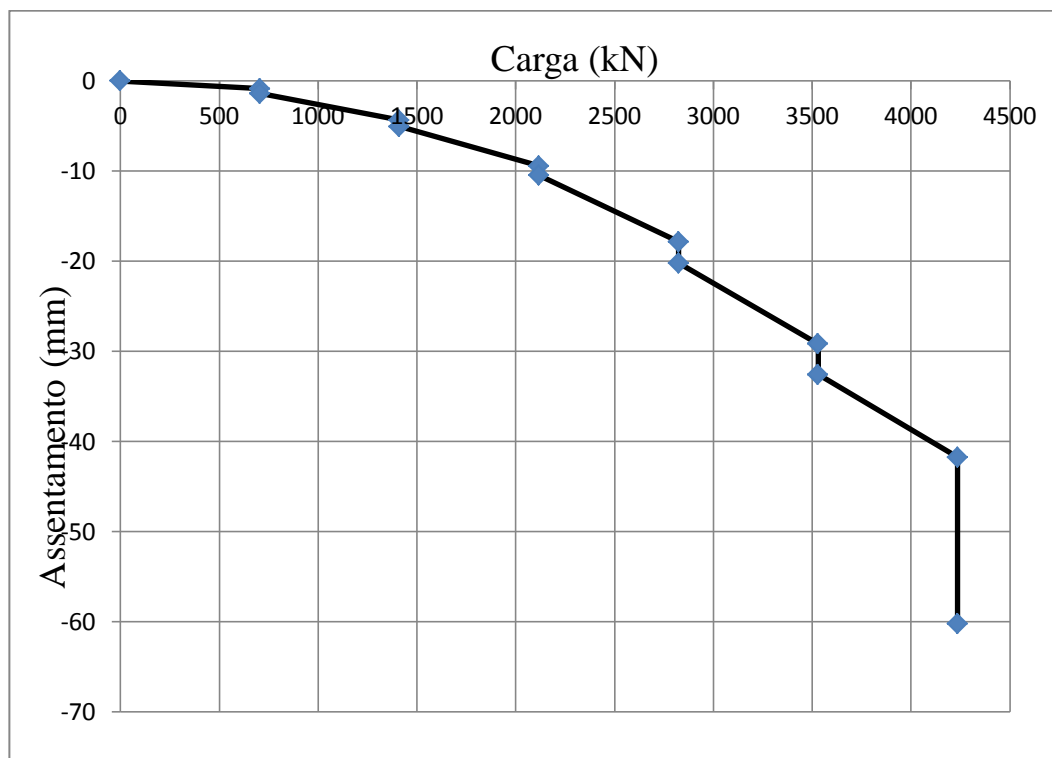
2.3. DESEMPENHO DE ESTACA ASSENTE EM MACIÇO GNAISSE

2.3.1. Resultados obtidos no ensaio de carga

Os resultados obtidos no ensaio de carga estática à compressão da estaca 4 estão expressos no gráfico carga *versus* assentamento.

Tabela [15] – Resultados obtidos durante o ensaio de carga da estaca 4 [3:9].

Carga (kN)	Assentamento (mm)
0	0
706	0,84
706	1,39
1412	4,34
1412	5,04
2118	9,44
2118	10,47
2824	17,84
2824	20,22
3530	29,18
3530	32,59
4236	41,75
4236	60,23



[4] – Gráfico carregamento *versus* assentamento da estaca de ensaio 4.

Através da análise dos resultados obtidos no ensaio de carga constata-se:

- A carga aplicada correspondente à capacidade de carga de trabalho prevista 3530 kN originou um deslocamento entre 29,18 mm e 32,59 mm;
- A carga máxima atingida pelo ensaio de 4236 kN originou deformações que variaram entre 41,75 mm e 60,23 mm (tendo ficado carregada durante 150 min.);
- Os deslocamentos excessivos e o facto da estaca, após descarregamento, não ter recuperado, ditou a rutura geotécnica com uma deformação total de 60,23 mm.

2.3.2. Relação dos valores obtidos no ensaio de carga com os estimados

Para o cálculo da resistência última da estaca optou-se por utilizar os métodos de Aoki e Velloso (1975) [3:7] (Anexo [A]) e Décourt e Quaresma (1978, 1996) [3:10] (Anexo [A]).

- **Método semi-empírico de Aoki e Velloso (1975) [3:7]**

$$Q_{ult} = A \frac{k N}{F_1} + U \sum \frac{\alpha k N}{F_2} \Delta l$$

Com a aplicação da expressão, considerando os resultados do ensaio SPT da estaca (Anexo [B]), obtém-se os valores apresentados na tabela seguinte.

Tabela [16] – Parâmetros utilizados e obtenção da resistência última da estaca pelo método de Aoki Velloso, 1975 [3:7].

		Estaca 4
Características da estaca	Diâmetro da estaca (m)	1
	Profundidade da estaca (m)	12,8
	Perímetro da estaca, U (m)	3,1415
	Área transversal da ponta da estaca, A _p (m ²)	0,785375
	Encastramento em rocha (m)	-
Atrito lateral	α (%)	Tipo solo SPT
	K (MPa)	Tipo solo SPT
	N	N do SPT
	F ₂ (estacas escavadas)	6
Resist. de ponta	K (MPa)	0,35
	N	60
	F ₁ (estacas escavadas)	3
Resultado	Resistência última da estaca (kN)	6912,35

- **Método semi-empírico de Décourt e Quaresma (1978, 1996) [3:10]**

$$Q_{ult} = \alpha K N_p A_p + U \beta \sum 10 \left(\frac{N_m}{3} + 1 \right) \Delta l$$

Com a aplicação da expressão, considerando os resultados do ensaio SPT da estaca (Anexo [B]), obtém-se os valores apresentados na tabela seguinte.

Tabela [17] – Parâmetros utilizados e obtenção da resistência última da estaca pelo método de Décourt e Quaresma (1978, 1996) [3:10].

		Estaca 4
Características da estaca	Diâmetro da estaca (m)	1
	Profundidade da estaca (m)	12,8
	Perímetro da estaca, U (m)	3,1415
	Área transversal da ponta da estaca, A _p (m ²)	0,785375
	Encastramento em rocha (m)	-
Atrito lateral	β (para estaca escavada com bentonite)	Tipo solo SPT
	N _m	Tipo solo SPT
Resist. de ponta	α	0,85
	K (MPa)	0,10
	N _p	50
Resultado	Resistência última da estaca (kN)	5049,96

A tabela seguinte apresenta a relação entre os valores obtidos no ensaio de carga com os alcançados pelos métodos semi-empíricos.

Tabela [18] – Relação entre os valores obtidos no ensaio de carga da estaca 4 e os estimados.

Método	Q_{última estimado} (kN)	Q_{última obtida}/Q_{última estimado}
Aoki Velloso (1975)	6912,35	0,61
Décourt e Quaresma (1978, 1996)	5049,96	0,84

Com base no que foi apresentado neste estudo conclui-se:

- A carga de rutura obtida 4236 kN é superior à carga nominal de serviço 3530 kN.
- A estimativa da capacidade resistente da estaca, resultante da aplicação do método de Décourt e Quaresma (1978, 1996), aproxima-se mais da carga de rutura obtida pelo ensaio de carga do que o método semi-empírico de Aoki e Velloso (1975).

2.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Relativamente à análise dos quatro ensaios de carga de compressão estática fornecidos até ao momento pela indústria, o espetro de resultados obtidos permite concluir que o encastramento em rocha Gnaisse exerce grande influência na capacidade resistente da estaca. Verifica-se um aumento acentuado da capacidade resistente da estaca com a profundidade do encastramento em rocha.

Relativamente aos métodos de previsão da capacidade de carga das estacas encastradas (estaca 1, 2 e 3), a aplicação do método semi-empírico de Aoki e Velloso (1975) no trecho em solo, conjugado com a recuperação da rocha nos trechos encastrados, revela ser conservador. Salienta-se contudo que a contribuição do método semi-empírico de Aoki e Velloso (1975) para a estimativa da capacidade de carga da estaca é diminuta, quando comparado com a contribuição da recuperação da rocha nos trechos encastrados.

Relativamente à única estaca não encastrada (estaca 4), o método de Décourt e Quaresma (1978, 1996) apresenta uma estimativa para a capacidade de carga da estaca mais próxima da obtida na rutura geotécnica. No entanto, ambos os métodos estimam uma capacidade resistente da estaca superior à obtida no ensaio de carga.

CAPÍTULO 3
SUBCAPÍTULO 2

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[3:2]

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005). NBR 12131 – *Prova de carga estática – Método de ensaio*. Rio de Janeiro.

[3:3]

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2010). NBR 6122 – *Projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro.

[3:4]

GEO (2009). *Ensaaios de carga em estacas – Polímero*. Relatório Interno. Julho de 2009.*

[3:5]

BRASFOND (2009). *Relatório de provas de carga PC-01*. Relatório Interno.*

[3:6]

BRASFOND (2009). *Relatório de provas de carga PC-02*. Relatório Interno.*

[3:7]

Velloso, D. A.; Lopes, F. R. (2002). *Fundações*. Volume2 Fundações profundas, COPPE-UFRJ, pp 115-117.

[3:8]

BRASFOND (2009). *Relatório de provas de carga PC-05*. Relatório Interno.*

[3:9]

BRASFOND (2009). *Relatório de provas de carga PC-06*. Relatório Interno.*

[3:10]

Décourt, L.; Albiero, J. H.; Cintra, J. C. A. (1998). *Análise e Projeto de Fundações Profundas*. Fundações Teoria e Prática. ABMS/ABEF. Editora Pini Ltda. 2ª Edição. Cap.8, pp 265-327.

SITES CONSULTADOS

[3:1] www.geosoil.com [Consult. 22 Janeiro.2012]

* Documento fornecido pela empresa GEO – Ground Engineering Operations, Lda.

3. FUNDAÇÕES DE EDIFÍCIOS EM SOLOS MOLES A MUITO MOLES

A execução de obras em Santos é um desafio para a Engenharia Geotécnica devido ao solo altamente compressível, levando a um elevado assentamento, verificado em vários edifícios e documentado por vários autores da especialidade (Maffei et al., 2001; Massad, 2006; Ranzini, 2001; Teixeira, 1994) [3:1-4]. A existência de camadas de argilas muito compressíveis, onde as estruturas dos edifícios são apoiados em fundações diretas, é um problema à muito por solucionar [3:2].

Em termos gerais, a Baixada Santista apresenta um quadro geológico formado por uma camada de solo de areia compacta apoiada numa camada argilosa compressível.

Segundo Ranzini [3:3], devido às sobrecargas aplicadas, cada camada compressível mais profunda sofre consolidação, o que leva a deslocamentos verticais dos edifícios. São várias as razões apontadas pelo autor como estando na origem do problema, tais como: edificações com plantas assimétricas, influência de construções vizinhas ou a heterogeneidade geológica.

Durante muitos anos, estiveram restritas as alternativas à utilização das fundações diretas na Baixada Santista. As fundações profundas, por motivos económicos e devido às dificuldades e impossibilidades técnicas de atravessar as camadas de argilas compressíveis e atingir estrato firme, surgiram durante muito tempo como uma opção inviável (Teixeira, 1960 e 1994 citado por Massad, 1999) [3:5].

A realização de fundações profundas em edifícios localizados em Santos, superiores a 12 andares, esteve durante muito tempo longe de gerar consenso, e só a partir de 1986 este tipo de construção teve maior aceitação (Teixeira, 1994 *in* Massad, 1999) [3:5].

No entanto, a cidade de Santos, com uma população de 419 757 habitantes (censo 2010) e 280 300 km² de área, apresenta atualmente a necessidade de implementação de complexos habitacionais, para albergar uma densidade demográfica de 1 499 habitantes/km² [3:6].

Iniciou-se no ano de 2010 na Baixada Santista, a execução de fundações indiretas para a construção de edifícios de elevado número de andares (cerca de 30), com estacas de grandes dimensões moldadas “in loco” com fluido de estabilização (polímero Polymud®).

Para atestar a qualidade das estacas, de forma a avaliar o comportamento carga *versus* assentamento e estimar as características de capacidade de carga, procedeu-se à

execução de dois ensaios de carga estática à compressão, um dos quais instrumentado em profundidade, que serão alvo deste estudo.

3.1. DESEMPENHO DE ESTACAS ESCAVADAS EM SOLOS MOLES A MUITO MOLES_EDIFÍCIO 1

3.1.1. Descrição da obra

O projeto de fundações do edifício assentou na execução de fundações indiretas, com estacas de grandes dimensões moldadas “in loco” com recurso a polímero do Sistema G3[®].

A estaca de ensaio foi executada em solo com perfil obtido da sondagem SPT até à profundidade de 56,10 m, cujo extrato encontra-se no Anexo [B] [3:7].

De forma a controlar a qualidade do fluido de estabilização no interior da escavação foram realizados ensaios à viscosidade, densidade, pH e teor de areia.

Tabela [1] – Parâmetros de qualidade do polímero “à boca” da escavação.

Estaca	Viscosidade (s)	Densidade (g/cm ³)	pH
Estaca de reação A	74	1,04	11
Estaca de ensaio B	52	1,03	10
Estaca de reação C	64	1,04	10

Tabela [2] – Parâmetros de qualidade do polímero no fundo da escavação.

Estaca	Viscosidade (s)	Densidade (g/cm ³)	pH	Teor de Areia (%)
Estaca de reação A	74	1,04	11	2,00
Estaca de ensaio B	52	1,03	10	2,00
Estaca de reação C	64	1,04	10	2,25



[1] Colocação da armadura (fonte: GEO, 2010 [3:16]).

O ensaio de carga envolveu uma estaca de ensaio e duas estacas de reação, cujas dimensões encontram-se na tabela seguinte.

Tabela [3] – Dimensões da estaca de ensaio e das estacas de reação.

Estaca	Diâmetro (mm)	Profundidade (m)
Estaca de reação A	1100	50,5
Estaca de ensaio B	1000	51,0
Estaca de reação C	1100	50,2

O procedimento adotado para a execução do ensaio de carga foi realizado de acordo com a capacidade de carga de trabalho prevista de 4016 kN e segundo a NBR 12131 (2005) [3:13]. O ensaio foi realizado com carregamento misto (lento seguido de rápido):

1. Ensaio com carregamento lento até à carga 1,2 vezes a carga de trabalho da estaca de 4825 kN em estágios iguais e sucessivos de 804 kN;
2. Ensaio com carregamento rápido, executado em doze estágios iguais e sucessivos de 402 kN;
3. Descarregamento em quatro estágios;

4. Leituras contínuas dos deslocamentos, após o descarregamento total, até estabilização e por um período mínimo de 30 min.



[2] Instalação do sistema de medição do ensaio de carga (fonte: GEO, 2010 [3:16]).



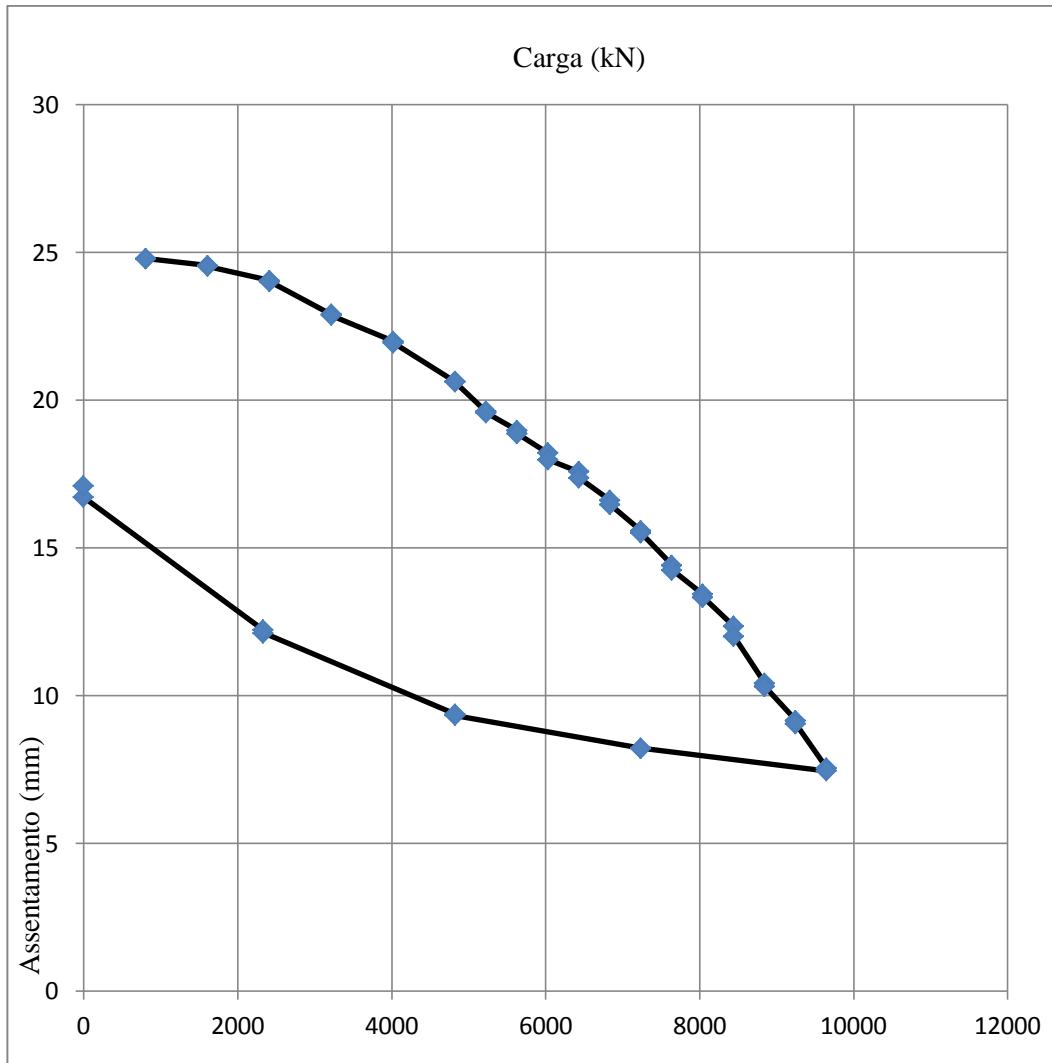
[3] Sistema de medição do ensaio de carga (fonte: GEO, 2010 [3:16]).

3.1.2. Resultados obtidos no ensaio de carga

Os resultados obtidos no ensaio de carga estática à compressão da estaca ensaiada estão expressos no gráfico carga *versus* assentamento.

Tabela [4] – Resultados obtidos durante o ensaio de carga da estaca ensaiada [3:7].

Carga (kN)	Assentamento (mm)	Carga (kN)	Assentamento (mm)
804	24,79	7237	15,58
804	24,79	7237	15,51
1608	24,55	7639	14,41
1608	24,53	7639	14,25
2412	24,05	8041	13,43
2412	24,01	8041	13,33
3217	22,90	8444	12,34
3217	22,87	8444	12,00
4021	21,99	8846	10,41
4021	21,94	8846	10,30
4825	20,63	9248	9,16
4825	20,61	9248	9,04
5227	19,62	9650	7,54
5227	19,57	9650	7,45
5629	18,98	7237	8,22
5629	18,87	7237	8,22
6031	18,21	4825	9,33
6031	17,98	4825	9,37
6433	17,58	2334	12,12
6433	17,37	2334	12,22
6835	16,61	0	16,71
6835	16,47	0	17,10



[1] – Gráfico carregamento *versus* assentamento da escava de ensaio.

Como complemento ao relatório do ensaio de carga, refere-se que durante o ensaio foi possível registar as seguintes características físicas de deformação da estaca ensaiada [3:7]:

- A carga aplicada correspondente à capacidade de carga de trabalho prevista de 4016 kN originou um deslocamento entre 3,01 mm e 3,06 mm;
- A carga máxima atingida pelo ensaio de 9650 kN originou uma deformação máxima de 17,55 mm;
- Após o descarregamento (em 4 estágios) observou-se uma recuperação de 9,65 mm e uma deformação permanente de 7,90 mm.

3.1.3. Relação dos valores obtidos no ensaio de carga com os estimados

Para a previsão da capacidade de carga optou-se por utilizar os métodos semi-empíricos de Aoki e Velloso (1975) [3:8], Monteiro (1997) [3:9], Teixeira (1996) [3:10], Décourt e Quaresma (1978, 1996) [3:11] e o método empírico Bustamante e Ganeselly (1998) [3:12], apresentados do Anexo [A].

- Método semi-empírico de Aoki e Velloso (1975) [3:8]:

$$Q_{ult} = A \frac{k N}{F_1} + U \sum \frac{\alpha k N}{F_2} \Delta l$$

Com a aplicação da expressão, considerando os resultados do ensaio SPT da estaca (Anexo [B]), obtém-se os valores apresentados na tabela seguinte.

Tabela [5] – Parâmetros utilizados e obtenção da resistência última da estaca pelo método de Aoki Velloso, 1975 [3:8].

		Estaca ensaiada	
Características da estaca	Diâmetro da estaca (m)		1
	Profundidade da estaca (m)		51
	Perímetro da estaca, U (m)		3,1415
	Área transversal da ponta da estaca, A _p (m ²)		0,785375
Atrito lateral	α (%)		Tipo solo SPT
	K (MPa)		Tipo solo SPT
	N		N do SPT
	F ₂ (estacas escavadas)		6
Resist. de ponta	K (MPa)		0,80
	N		28
	F ₁ (estacas escavadas)		3
Resultado	Resistência última da estaca (kN)		10910,27

- Método semi-empírico de Monteiro (1997) [3:9]:

$$Q_{ult} = A \frac{k N}{F_1} + U \sum \frac{\alpha k N}{F_2} \Delta l$$

Tabela [6] – Parâmetros utilizados e obtenção da resistência última da estaca pelo método de Monteiro, 1997 [3:9].

		Estaca ensaiada
Características da estaca	Diâmetro da estaca (m)	1
	Profundidade da estaca (m)	51
	Perímetro da estaca, U (m)	3,1415
	Área transversal da ponta da estaca, A_p (m ²)	0,785375
Atrito lateral	α (%)	Tipo solo SPT
	K (MPa)	Tipo solo SPT
	N	N do SPT
	F_2 (estacas escavadas com lama bentonítica)	4,5
Resistência de ponta	K (MPa)	Tipo solo SPT de 7x acima e 3,5 x abaixo da base
	N (q_{ps})	N do SPT de 7x acima da base
	N (q_{pi})	N do SPT de 3,5x abaixo da base
	F_1 (estacas escavadas com lama bentonítica)	3,5
Resultado	Resistência última da estaca (kN)	10155,25

- Método semi-empírico de Teixeira (1996) [3:10]:

$$Q_{ult} = \alpha N_p A_p + \beta N_1 \Delta l$$

Tabela [7] – Parâmetros utilizados e obtenção da resistência última da estaca pelo método de Teixeira, 1996 [3:10].

		Estaca ensaiada
Características da estaca	Diâmetro da estaca (m)	1
	Profundidade da estaca (m)	51
	Perímetro da estaca, U (m)	3,1415
	Área transversal da ponta da estaca, A_p (m ²)	0,785375
Atrito lateral	β (kN/m ²) (estaca escavada a céu aberto)	4
	N	N do SPT
Resist. de ponta	N_p	Valor médio do N do ensaio SPT (medido 4m acima e 1m abaixo da ponta)
	α (kN/m ²)	240
Resultado	Resistência última da estaca (kN)	20871,86

- Método semi-empírico de Décourt e Quaresma (1978, 1996) [3:11]:

$$Q_{ult} = \alpha K N_p A_p + U \beta \sum 10 \left(\frac{N_m}{3} + 1 \right) \Delta l$$

Com a aplicação da expressão para estacas escavadas em geral e para estacas escavadas com lama bentonítica, considerando os resultados do ensaio SPT da estaca (Anexo [B]), obtém-se os valores apresentados nas tabelas seguintes.

Tabela [8] – Parâmetros utilizados e obtenção da resistência última da estaca pelo método de Décourt e Quaresma (1978, 1996) _ estaca escavada em geral [3:11].

		Estaca ensaiada
Características da estaca	Diâmetro da estaca (m)	1
	Profundidade da estaca (m)	51
	Perímetro da estaca, U (m)	3,1415
	Área transversal da ponta da estaca, A _p (m ²)	0,785375
Atr. Lat.	β (estaca escavada em geral)	Tipo solo SPT
	N _m	Valor médio do SPT
Resist. de ponta	α	0,60
	K (MPa)	0,14
	N _p	Valores N do ensaio SPT (medido 1m acima e 1m abaixo da ponta)
Resultado	Resistência última da estaca (kN)	6476,20

Tabela [9] – Parâmetros utilizados e obtenção da resistência última da estaca pelo método de Décourt e Quaresma (1978, 1996) _ estaca escavada com lama bentonítica [3:11].

		Estaca ensaiada
Características da estaca	Diâmetro da estaca (m)	1
	Profundidade da estaca (m)	51
	Perímetro da estaca, U (m)	3,1415
	Área transversal da ponta da estaca, A _p (m ²)	0,785375
Atr. Lat.	β (estaca escavada com lama bentonítica)	Tipo solo SPT
	N _m	Valor médio do SPT
Resist. de ponta	α	0,60
	K (MPa)	0,14
	N _p	Valores N do ensaio SPT (medido 1m acima e 1m abaixo da ponta)
Resultado	Resistência última da estaca (kN)	7296,13

- Método empírico Bustamante e Gianeselly (1998) [3:12] (Anexo [A]):

A capacidade de carga do fuste é determinada pela seguinte equação:

$$R_{sk} = \sum \left(\frac{q_{ci}}{\alpha_i} \cdot A_{si} \right)$$

A capacidade de carga da ponta é determinada pela seguinte equação:

$$R_{bk} = K_c \cdot q_c \cdot A_{base}$$

Tabela [10] – Parâmetros utilizados e obtenção da resistência última da estaca pelo método Bustamante e Gianeselly (1998) [3:12].

		Estaca ensaiada	
Características da estaca	Díâmetro da estaca (m)	1	
	Profundidade da estaca (m)	51	
	Perímetro da estaca, U (m)	3,1415	
	Área transversal da ponta da estaca, A _p (m ²)	0,785375	
Atr. Lat.	q _{ci}	Tipo solo SPT	
	α _i	Tipo solo SPT	
Resist. de ponta	K _c	Fator de suporte penetrométrico	
	q _c (kPa)	8370	
Resultado	Resistência última da estaca (kN)	2735,67	

A tabela seguinte apresenta a relação entre os valores obtidos no ensaio de carga com os alcançados pelos métodos empregues.

Tabela [11] – Valores estimados da capacidade de carga da estaca pelos métodos utilizados.

Método	Valor estimado (kN)	Resistência Lateral (%)	Atrito de Ponta (%)
Aoki Velloso (1975)	10,91x10 ³	46	54
Monteiro (1997)	10,16x10 ³	65	35
Teixeira (1996)	20,87x10 ³	80	20
Décourt e Quaresma (1978, 1996)_escavada	6,48x10 ³	74	26
Décourt e Quaresma (1978, 1996)_bentonite	7,30x10 ³	77	23
Bustamante e Gianeselly (1998)	2,74x10 ³	4	96

Pela análise da tabela [11] verifica-se que os métodos considerados apresentaram uma grande disparidade de valores, sendo os Métodos de Décourt e Quaresma (1978, 1996) e Bustamante e Ganeselly (1998) o que apresentam a menor estimativa da capacidade de carga e o Método de Teixeira (1996) o que apresenta um valor mais elevado.

À exceção dos métodos de Aoki e Velloso (1975) e Bustamante e Ganeselly (1998), os métodos em estudo estimam uma maior contribuição da resistência lateral em detrimento da resistência de ponta.

Os valores estimados foram comparados com o obtido pelo Método Gráfico de Mazurkiewicz (1972) por extrapolação da curva carga *versus* assentamento do ensaio de carga da estaca executada com polímero.

A carga de rutura extrapolada pelo Método Gráfico de Mazurkiewicz situa-se entre $12,7 \times 10^3$ kN a $13,2 \times 10^3$ kN [3:7].

Tabela [12] – Valores estimados pelos métodos utilizados admitindo $Q'_{\text{última obtida}} = 12,99 \times 10^3$ kN.

Método	Q última estimado (kN)	Q' última obtida/Q última estimado
Aoki Velloso (1975)	$10,91 \times 10^3$	1,19
Monteiro (1997)	$10,16 \times 10^3$	1,28
Teixeira (1996)	$20,87 \times 10^3$	0,62
Décourt e Quaresma (1978, 1996)_escavada	$6,48 \times 10^3$	2,00
Décourt e Quaresma (1978, 1996)_bentonite	$7,30 \times 10^3$	1,78
Bustamante e Ganeselly (1998)	$2,74 \times 10^3$	4,74

Pela análise da tabela [12] verifica-se que os métodos considerados apresentaram valores conservadores, à exceção do Método de Teixeira (1996) que apresentou valores superiores aos obtidos no ensaio de carga.

Observa-se que o método que forneceu o valor mais próximo da média obtida no ensaio de carga foi o método de Aoki e Velloso (1975), com uma relação de $Q'_{\text{última obtida}}/Q_{\text{estimado}} = 1,19$.

Relativamente ao Método de Décourt e Quaresma (1978, 1996) verifica-se que o valor estimado com os parâmetros das estacas escavas com bentonite se aproxima mais da média obtida no ensaio de carga por extrapolação da curva carga *versus* assentamento

(obtido pelo Método Gráfico de Mazurkiewicz, 1972) do que a utilização dos parâmetros das estacas escavadas em geral.

3.1.4. Considerações finais

Com base no que foi apresentado neste trabalho, conclui-se:

- O ensaio de carga confirma a qualidade da execução de fundações indiretas com polímero para construção de edifícios de grandes dimensões em solos moles da Baixada de Santista, destacando-se:
 - a) A capacidade resistente da estaca ensaiada, tomando em consideração a carga máxima atingida no ensaio 9650 kN, é superior ao dobro da carga nominal de serviço 4016 kN.
 - b) A carga de rutura obtida por extrapolação pelo Método Gráfico de Mazurkiewicz de $12,7 \times 10^3$ kN a $13,2 \times 10^3$ kN atingiu mais do triplo da carga nominal de serviço de 4016 kN.

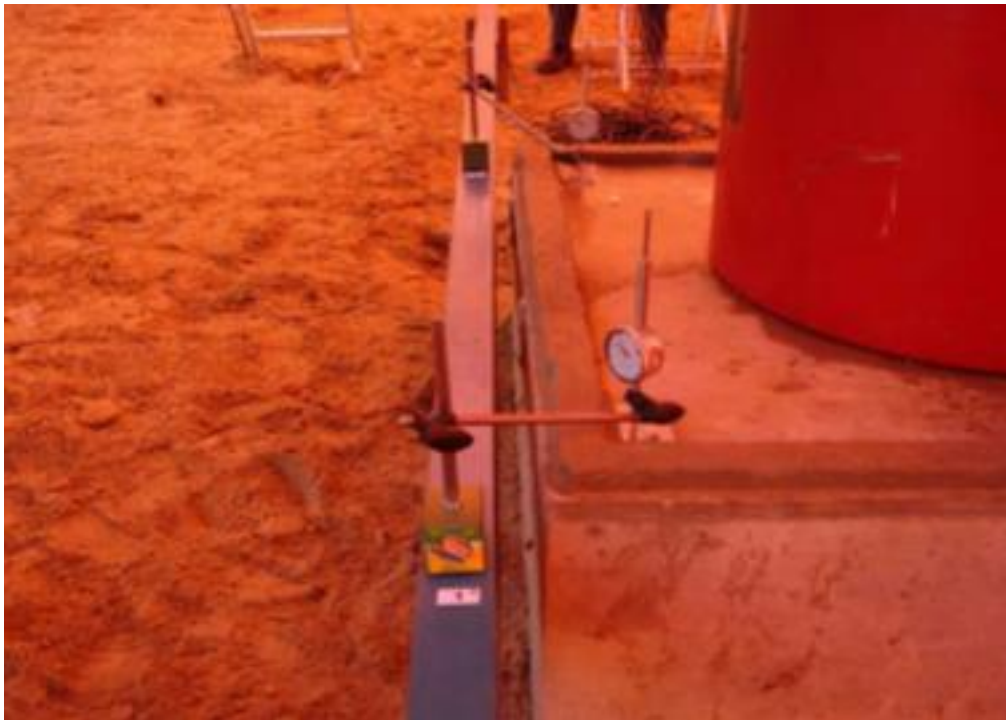
- De entre os métodos selecionados, para a previsão da capacidade de carga de estacas escavadas, o método semi-empírico de Aoki e Velloso (1975) é aquele que se aproxima mais da carga de rutura extrapolada pelo Método Gráfico de Mazurkiewicz. Todavia, deve ser-se criterioso na seleção do método de previsão da capacidade de carga, pois existe disparidade de resultados consoante o método utilizado.

3.2. DESEMPENHO DE ESTACAS ESCAVADAS EM SOLOS MOLES A MUITO MOLES_EDIFÍCIO 2

3.2.1. Descrição da obra

O projeto de fundações para a construção do edifício assentou na execução de fundações indiretas, com estacas de grandes dimensões moldadas “in loco” com recurso a polímero.

O ensaio de carga estática com carregamento misto realizou-se com uma estaca de ensaio e duas estacas de reação. Para medir o assentamento de topo da estaca de ensaio utilizou-se 6 relógios comparadores, dos quais 4 (R1, R2, R3 e R4) foram utilizados na estaca ensaiada e 1 em cada estaca de reação (R5 e R6).



[4] Posicionamento dos relógios comparadores R1 e R4 (fonte: BRASFOND, 2010 [3:15]).

A estaca de ensaio foi instrumentada com extensómetros eléctricos (*strain gages*) ao longo da armadura. Dos extensómetros eléctricos instalados, os que forneceram leituras durante o ensaio situaram-se à profundidade de 14,8 m, 30,1 m, 43,3 m e 46,3 m [3:15].



[5] Instalação dos extensómetros eléctricos na armadura (fonte: BRASFOND, 2010 [3:15]).

A estaca foi executada em solo com perfil obtido da sondagem SPT até à profundidade de 51,0 m. O esquema com o resultado do ensaio SPT, o perfil geotécnico e a localização definida em projeto dos extensómetros eléctricos encontra-se no Anexo [B][3:15].



[6] Colocação da armadura (fonte: BRASFOND, 2010 [3:15]).

De forma a controlar a qualidade do fluido de estabilização no interior da escavação foram realizados ensaios à viscosidade, densidade, pH e teor de areia.

Os parâmetros de qualidade apresentados pelas estacas de ensaio e de reação estão em conformidade com os limites definidos pela ABNT NBR 6122 (2010) [3:17].

Tabela [13] – Parâmetros de qualidade do polímero antes da betonagem.

Estaca	Viscosidade (s)	Densidade (g/cm ³)	pH	Teor de areia (%)
Estaca de reação A	62	1,02	10	2,00
Estaca de ensaio B	70	1,02	11	2,00
Estaca de reação C	60	1,02	10	0,75

O ensaio de carga envolveu uma estaca de ensaio e duas estacas de reação, cujas dimensões encontram-se na tabela seguinte:

Tabela [14] – Dimensões da estaca de ensaio e das estacas de reação.

Estaca	Diâmetro (mm)	Profundidade (m)
Estaca de reação A	1100	54,1
Estaca de ensaio B	1000	48,0
Estaca de reação C	1100	54,2

O procedimento adotado para a execução do ensaio de carga foi realizado de acordo com a NBR 12131 (2006) [3:14].

O ensaio de carga foi executado com carregamento misto com intervalos entre estágios de 764,92 kN até atingir 4589,51 kN (1,2 vezes a carga de trabalho da estaca de 3824,59 kN) para a fase de carregamento lento, e intervalos de 382,46 kN até atingir 9943,94 kN durante a fase de carregamento rápido.

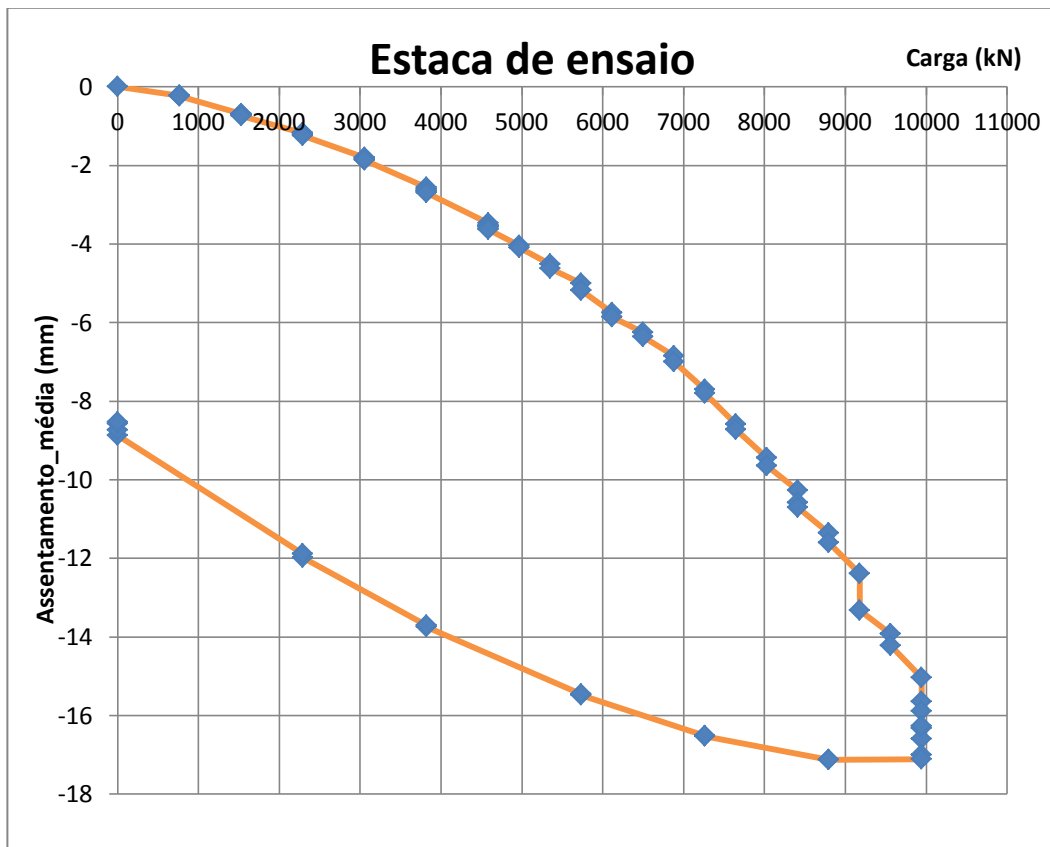
O descarregamento foi executado em 6 estágios de 8796,57 kN; 7266,73 kN; 5736,89 kN; 3824,59 kN; 2294,76 kN e 0 kN.



[7] Instalação do sistema de medição do ensaio de carga (fonte: BRASFOND, 2010 [3:15]).

3.2.2. Resultados obtidos no ensaio de carga

Os resultados obtidos pelo ensaio de carga estática à compressão estão expressos no gráfico carga *versus* assentamento.

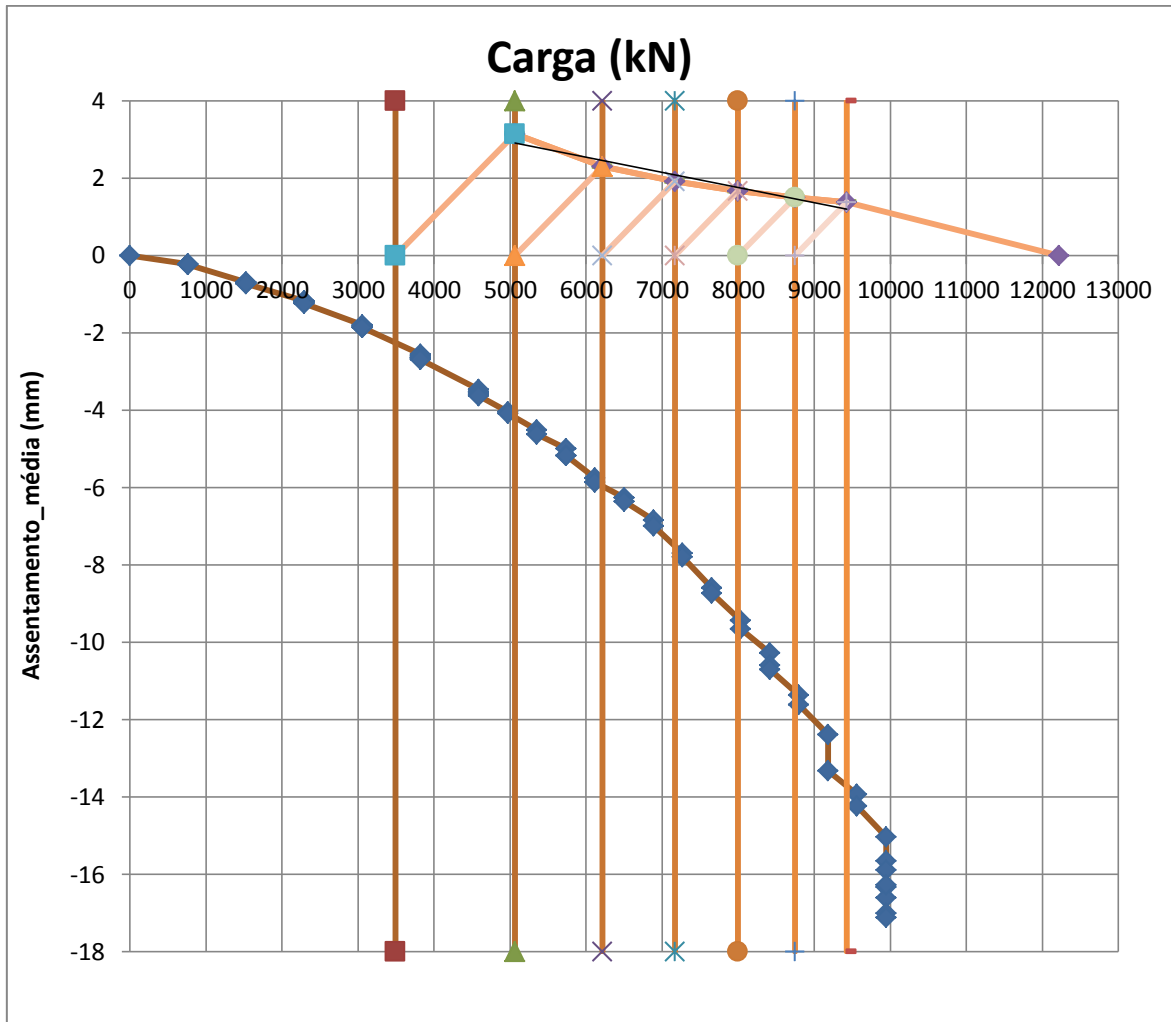


[2] – Gráfico carregamento *versus* assentamento da escava de ensaio.

Tabela [15] – Resultados obtidos durante o ensaio de carga da estaca ensaiada [3:15].

Carga (kN)	Assentamento (mm)	Carga (kN)	Assentamento (mm)	Carga (kN)	Assentamento (mm)
0,00	0	4589,51	3,63	9943,94	17,11
764,92	0,23	4971,97	4,04	8796,57	17,13
764,92	0,23	4971,97	4,09	8796,57	17,13
764,92	0,23	5354,43	4,51	7266,73	16,53
764,92	0,23	5354,43	4,62	7266,73	16,52
764,92	0,23	5736,89	5,00	5736,89	15,49
764,92	0,24	5736,89	5,18	5736,89	15,46
1529,84	0,69	5736,89	5,18	3824,59	13,75
1529,84	0,70	6119,35	5,75	3824,59	13,71
1529,84	0,70	6119,35	5,86	2294,76	11,98
1529,84	0,72	6501,81	6,26	2294,76	11,89
1529,84	0,72	6501,81	6,36	0,00	8,88
1529,84	0,74	6884,27	6,85	0,00	8,74
2294,76	1,17	6884,27	7,00	0,00	8,58
2294,76	1,19	7266,73	7,70	0,00	8,53
2294,76	1,18	7266,73	7,80		
2294,76	1,21	7649,19	8,59		
2294,76	1,22	7649,19	8,73		
2294,76	1,24	8031,65	9,44		
3059,67	1,80	8031,65	9,65		
3059,67	1,82	8414,11	10,27		
3059,67	1,83	8414,11	10,59		
3059,67	1,85	8414,11	10,71		
3059,67	1,86	8796,57	11,36		
3059,67	1,87	8796,57	11,61		
3824,59	2,56	9179,02	12,39		
3824,59	2,60	9179,02	13,33		
3824,59	2,64	9561,48	13,93		
3824,59	2,64	9561,48	14,23		
3824,59	2,67	9943,94	15,04		
3824,59	2,69	9943,94	15,65		
4589,51	3,47	9943,94	15,89		
4589,51	3,52	9943,94	16,33		
4589,51	3,54	9943,94	16,60		
4589,51	3,56	9943,94	16,27		
4589,51	3,60	9943,94	17,01		

A carga de rutura foi extrapolada pelo Método Gráfico de Mazurkiewicz tendo-se obtido o valor de $12,22 \times 10^3$ kN.



[3] – Método Gráfico de Mazurkiewicz na determinação da carga de rutura ($12,22 \times 10^3$ kN).

3.2.3. Relação dos valores obtidos no ensaio de carga com os estimados

Para a previsão da capacidade de carga optou-se por utilizar os métodos semi-empíricos de Aoki e Velloso (1975) [3:8], Monteiro (1997) [3:9], Teixeira (1996) [3:10], método de Décourt e Quaresma (1978, 1996) [3:11] e o método empírico Bustamante e Gianeselly (1998) [3:12] apresentados no Anexo [A].

- Método semi-empírico de Aoki e Velloso (1975) [3:8]:

$$Q_{ult} = A \frac{kN}{F_1} + U \sum \frac{\alpha kN}{F_2} \Delta l$$

Com a aplicação da expressão, considerando os resultados do ensaio SPT da estaca (Anexo [B]), obtém-se os valores apresentados na tabela seguinte.

Tabela [16] – Parâmetros utilizados e obtenção da resistência última da estaca pelo método de Aoki Velloso, 1975 [3:8].

		Estaca ensaiada
Características da estaca	Diâmetro da estaca (m)	1
	Profundidade da estaca (m)	48
	Perímetro da estaca, U (m)	3,1415
	Área transversal da ponta da estaca, A _p (m ²)	0,785375
Atrito lateral	α (%)	Tipo solo SPT
	K (MPa)	Tipo solo SPT
	N	N do SPT
	F ₂ (estacas escavadas)	6
Resist. de ponta	K (MPa)	1,00
	N	33
	F ₁ (estacas escavadas)	3
Resultado	Resistência última da estaca (kN)	11248,46

- Método semi-empírico de Monteiro (1997) [3:9]:

$$Q_{ult} = A \frac{k N}{F_1} + U \sum \frac{\alpha k N}{F_2} \Delta l$$

Tabela [17] – Parâmetros utilizados e obtenção da resistência última da estaca pelo método de Monteiro, 1997 [3:9].

		Estaca ensaiada
Características da estaca	Diâmetro da estaca (m)	1
	Profundidade da estaca (m)	48
	Perímetro da estaca, U (m)	3,1415
	Área transversal da ponta da estaca, A _p (m ²)	0,785375
Atrito lateral	α (%)	Tipo solo SPT
	K (MPa)	Tipo solo SPT
	N	N do SPT
	F ₂ (estacas escavadas com lama bentonítica)	4,5
Resistência de ponta	K (MPa)	Tipo solo SPT de 7x acima e 3,5 x abaixo da base
	N (q _{ps})	N do SPT de 7x acima da base
	N (q _{pi})	N do SPT de 3,5x abaixo da base
	F ₁ (estacas escavadas com lama bentonítica)	3,5
Resultado	Resistência última da estaca (kN)	5484,53

- Método semi-empírico de Teixeira (1996) [3:10]:

$$Q_{ult} = \alpha N_p A_p + \beta N_1 \Delta l$$

Tabela [18] – Parâmetros utilizados e obtenção da resistência última da estaca pelo método de Teixeira, 1996 [3:10].

		Estaca ensaiada
Características da estaca	Diâmetro da estaca (m)	1
	Profundidade da estaca (m)	48
	Perímetro da estaca, U (m)	3,1415
	Área transversal da ponta da estaca, A_p (m ²)	0,785375
Atrito lateral	β (kN/m ²) (estaca escavada a céu aberto)	4
	N	N do SPT
Resist. de ponta	N_p	Valor médio do N do ensaio SPT (medido 4m acima e 1m abaixo da ponta)
	α (kN/m ²)	310
Resultado	Resistência última da estaca (kN)	17578,26

- Método semi-empírico de Décourt e Quaresma (1978, 1996) [3:11]:

$$Q_{ult} = \alpha K N_p A_p + U \beta \sum 10 \left(\frac{N_m}{3} + 1 \right) \Delta l$$

Com a aplicação da expressão para estacas escavadas em geral e para estacas escavadas com lama bentonítica, considerando os resultados do ensaio SPT da estaca (Anexo [B]), obtém-se os valores apresentados nas tabelas seguintes.

Tabela [19] – Parâmetros utilizados e obtenção da resistência última da estaca pelo método de Décourt e Quaresma (1978, 1996) _ estaca escavada em geral [3:11]:

		Estaca ensaiada
Características da estaca	Diâmetro da estaca (m)	1
	Profundidade da estaca (m)	48
	Perímetro da estaca, U (m)	3,1415
	Área transversal da ponta da estaca, A_p (m ²)	0,785375
Atr. Lat.	β (estaca escavada em geral)	Tipo solo SPT
	N_m	Valor médio do SPT
Resist. de ponta	α	0,50
	K (MPa)	0,20
	N_p	Valores N do ensaio SPT (medido 1m acima e 1m abaixo da ponta)
Resultado	Resistência última da estaca (kN)	4537,37

Tabela [20] – Parâmetros utilizados e obtenção da resistência última da estaca pelo método de Décourt e Quaresma (1978, 1996) _ estaca escavada com lama bentonítica [3:11]:

		Estaca ensaiada
Características da estaca	Diâmetro da estaca (m)	1
	Profundidade da estaca (m)	48
	Perímetro da estaca, U (m)	3,1415
	Área transversal da ponta da estaca, A_p (m ²)	0,785375
Atr. Lat.	β (estaca escavada com lama bentonítica)	Tipo solo SPT
	N_m	Valor médio do SPT
Resist. de ponta	α	0,50
	K (MPa)	0,20
	N_p	Valores N do ensaio SPT (medido 1m acima e 1m abaixo da ponta)
Resultado	Resistência última da estaca (kN)	5042,11

- Método empírico Bustamante e Gianeselly (1998) [3:12] (Anexo [A]):

A capacidade de carga do fuste é determinada pela seguinte equação:

$$R_{sk} = \sum \left(\frac{q_{ci}}{\alpha_i} \cdot A_{si} \right)$$

A capacidade de carga da ponta é determinada pela seguinte equação:

$$R_{bk} = K_c \cdot q_c \cdot A_{base}$$

Tabela [21] – Parâmetros utilizados e obtenção da resistência última da estaca pelo método Bustamante e Gianeselly (1998) [3:12]:

		Estaca ensaiada
Características da estaca	Diâmetro da estaca (m)	1
	Profundidade da estaca (m)	48
	Perímetro da estaca, U (m)	3,1415
	Área transversal da ponta da estaca, A_p (m ²)	0,785375
Atr. Lat.	q_{ci}	Tipo solo SPT
	α_i	Tipo solo SPT
Resist. de ponta	K_c	Fator de suporte penetrométrico
	q_c (kPa)	4440
Resultado	Resistência última da estaca (kN)	1496,93

A tabela seguinte apresenta a relação entre os valores obtidos no ensaio de carga com os alcançados pelos métodos empregues.

Tabela [22] – Valores estimados da capacidade de carga da estaca pelos métodos utilizados.

Método	Valor estimado (kN)	Resistência Lateral (%)	Atrito de Ponta (%)
Aoki Velloso (1975)	$11,25 \times 10^3$	23	77
Monteiro (1997)	$5,48 \times 10^3$	68	32
Teixeira (1996)	$17,58 \times 10^3$	84	16
Décourt e Quaresma (1978, 1996)_escavada	$4,54 \times 10^3$	69	31
Décourt e Quaresma (1978, 1996)_bentonite	$5,04 \times 10^3$	72	28
Bustamante e Gianceselly (1998)	$1,50 \times 10^3$	7	93

Pela análise da tabela [22] verifica-se que os métodos considerados apresentaram uma grande disparidade de valores, sendo o método proposto por Teixeira (1996) o que apresenta a maior estimativa da capacidade de carga e o Bustamante e Gianceselly (1998) o que apresenta um valor mais baixo.

À exceção dos métodos de Aoki e Velloso (1975) e Bustamante e Gianceselly (1998), os métodos em estudo estimam uma maior contribuição da resistência lateral em detrimento da resistência de ponta.

Os valores estimados foram comparados com o obtido pelo Método Gráfico de Mazurkiewicz (1972) por extrapolação da curva carga *versus* assentamento do ensaio de carga da estaca executada com polímero.

A carga de rutura extrapolada pelo Método Gráfico de Mazurkiewicz é de $12,22 \times 10^3$ kN.

Tabela [23] – Valores estimados pelos métodos utilizados admitindo $Q'_{\text{última obtida}} = 12,22 \times 10^3$ kN.

Método	$Q_{\text{última estimado}}$ (kN)	$Q'_{\text{última obtida}}/Q_{\text{última estimado}}$
Aoki Velloso (1975)	$11,25 \times 10^3$	1,09
Monteiro (1997)	$5,48 \times 10^3$	2,23
Teixeira (1996)	$17,58 \times 10^3$	0,70
Décourt e Quaresma (1978, 1996)_escavada	$4,54 \times 10^3$	2,69
Décourt e Quaresma (1978, 1996)_bentonite	$5,04 \times 10^3$	2,42
Bustamante e Gianceselly (1998)	$1,50 \times 10^3$	8,15

Pela análise da tabela [23] verifica-se que os métodos considerados apresentaram valores conservadores, à exceção do Método de Teixeira (1996) que apresentou valores superiores aos obtidos no ensaio de carga. Observa-se que o método que forneceu o valor mais próximo da média obtida no ensaio de carga foi o método de Aoki e Velloso (1975), com uma relação de $Q'_{\text{última obtida}}/Q_{\text{estimado}} = 1,09$.

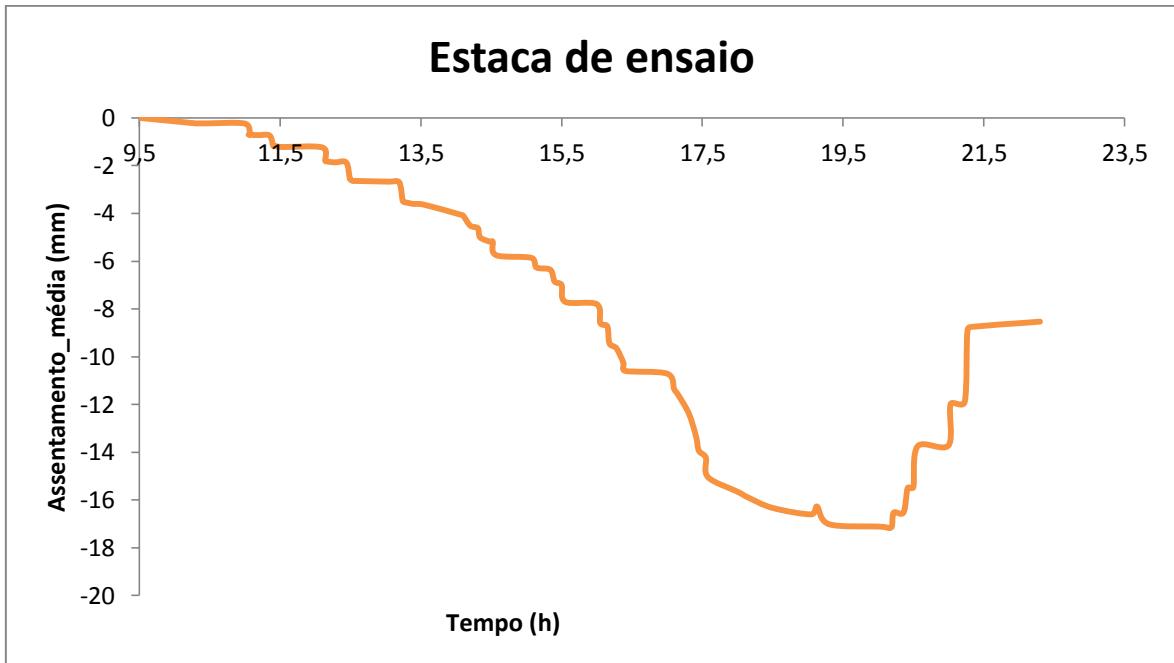
Relativamente ao Método de Décourt e Quaresma (1978, 1996) verifica-se que a capacidade de carga estimada com os parâmetros das estacas escavas com bentonite se aproxima mais do valor obtido no ensaio de carga pelo Método Gráfico de Mazurkiewicz (1972) por extrapolação da curva carga *versus* assentamento, do que a utilização dos parâmetros das estacas escavadas em geral. No entanto, em ambas as situações, os valores estimados afastam-se de forma considerável em relação ao obtido no ensaio de carga.

3.2.4. Dados obtidos da leitura dos relógios comparadores

Para além dos resultados analisados anteriormente, os dados obtidos pela leitura dos 4 relógios comparadores (R1, R2, R3 e R4), utilizados na estaca de ensaio, permitiram a elaboração do gráfico do assentamento médio em função do tempo ocorrido durante o ensaio de carga.

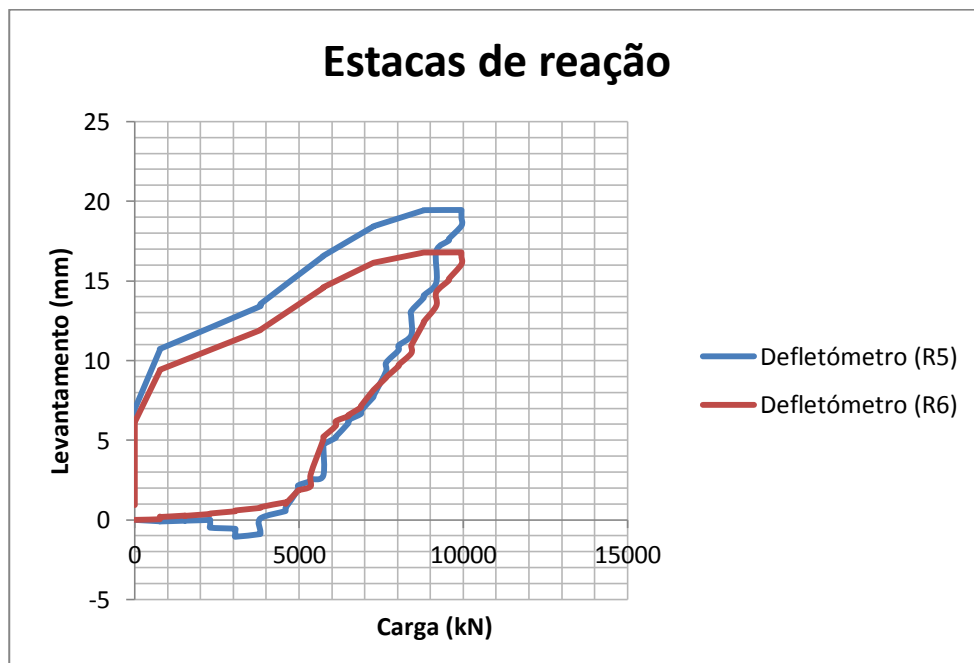
Tabela [24] – Resultados obtidos durante o ensaio de carga [3:15].

Tempo (h)	Assenta-mento(mm)	Tempo (h)	Assenta-mento(mm)	Tempo (h)	Assenta-mento(mm)	Tempo (h)	Assenta-mento(mm)	Tempo (h)	Assenta-mento(mm)
9:50	0	12:10	-1,24	13:54	-3,63	16:18	-9,44	20:00	-17,11
10:30	-0,23	12:14	-1,80	14:05	-4,04	16:28	-9,65	20:09	-17,13
10:32	-0,23	12:16	-1,82	14:10	-4,09	16:38	-10,27	20:19	-17,13
10:34	-0,23	12:18	-1,83	14:20	-4,51	16:40	-10,59	20:22	-16,53
10:38	-0,23	12:22	-1,85	14:31	-4,62	17:00	-10,71	20:36	-16,52
10:45	-0,23	12:29	-1,86	14:34	-5,00	17:10	-11,36	20:42	-15,49
11:00	-0,24	12:44	-1,87	14:48	-5,18	17:16	-11,61	20:50	-15,46
11:07	-0,69	12:49	-2,56	14:52	-5,18	17:31	-12,39	20:56	-13,75
11:05	-0,70	12:51	-2,60	14:57	-5,75	17:41	-13,33	21:00	-13,71
11:09	-0,70	12:53	-2,64	15:07	-5,86	17:45	-13,93	21:03	-11,98
11:13	-0,72	12:57	-2,64	15:14	-6,26	17:55	-14,23	21:23	-11,89
11:20	-0,72	13:04	-2,67	15:34	-6,36	17:58	-15,04	21:27	-8,88
11:35	-0,74	13:19	-2,69	15:40	-6,85	18:00	-15,65	21:37	-8,74
11:40	-1,17	13:24	-3,47	15:50	-7,00	18:15	-15,89	22:08	-8,58
11:42	-1,19	13:26	-3,52	15:55	-7,70	18:50	-16,33	22:30	-8,53
11:44	-1,18	13:28	-3,54	16:00	-7,80	19:05	-16,60		
11:48	-1,21	13:32	-3,56	16:05	-8,59	19:13	-16,27		
11:55	-1,22	13:39	-3,60	16:15	-8,73	19:30	-17,01		



[4] – Assentamento médio em função do tempo decorrido durante o ensaio de carga.

Os dados obtidos a partir da leitura dos relógios comparadores (R5 e R6) utilizados nas estacas de reação permitiram a elaboração dos gráficos [5] e [6].



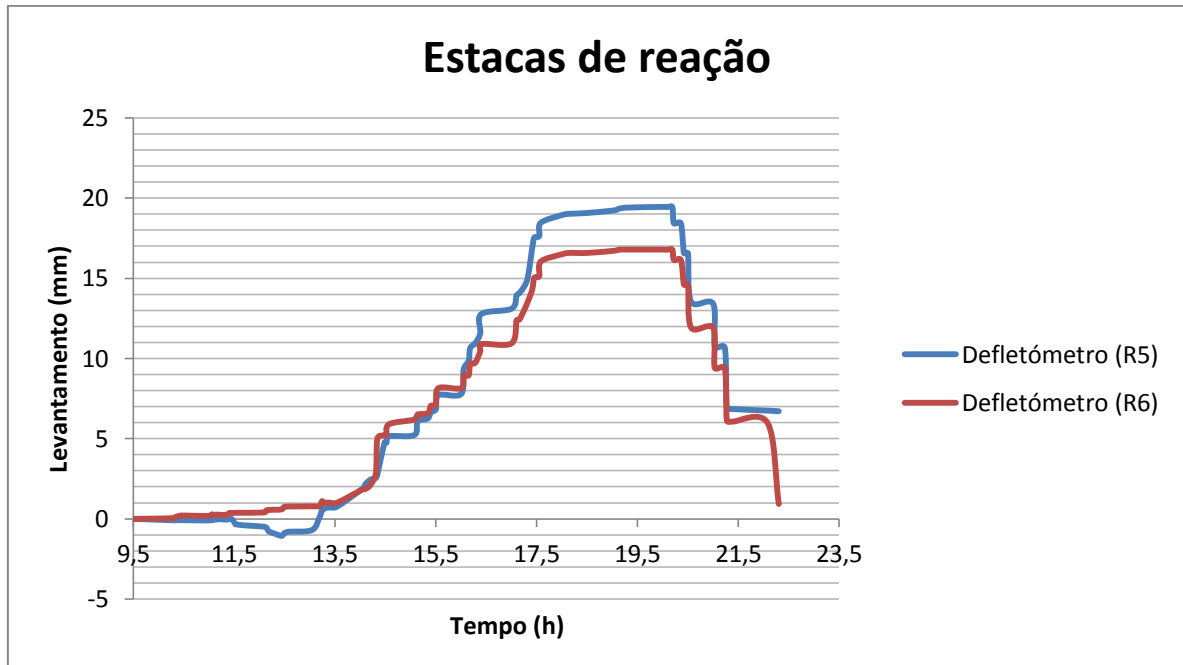
[5] – Levantamento das estacas de reação em função da carga aplicada durante o ensaio de carga.

Tabela [25] – Resultados obtidos durante o ensaio de carga [3:15].

Carga (kN)	Levanta-mento (mm) R5	Levanta-mento (mm) R6	Carga (kN)	Levanta-mento (mm) R5	Levanta-mento (mm) R6	Carga (kN)	Levanta-mento (mm) R5	Levanta-mento (mm) R6
0,00	0,00	0,00	5354,43	2,55	2,86	3824,59	13,41	11,91
764,92	-0,09	0,04	5736,89	2,77	5,02	764,92	10,73	9,42
764,92	-0,09	0,09	5736,89	4,75	5,21	764,92	10,67	9,38
764,92	-0,09	0,12	5736,89	4,75	5,21	0,00	6,96	6,14
764,92	-0,08	0,15	6119,35	5,15	5,90	0,00	6,85	6,06
764,92	-0,08	0,21	6119,35	5,22	6,19	0,00	6,75	5,97
764,92	-0,10	0,18	6501,81	6,07	6,51	0,00	6,71	0,93
1529,84	-0,05	0,27	6501,81	6,26	6,58			
1529,84	-0,05	0,27	6884,27	6,65	7,05			
1529,84	-0,05	0,25	6884,27	6,84	7,15			
1529,84	-0,05	0,26	7266,73	7,71	8,15			
1529,84	-0,02	0,26	7266,73	7,78	8,15			
1529,84	-0,05	0,25	7649,19	9,32	8,92			
2294,76	0,00	0,37	7649,19	9,86	8,95			
2294,76	0,01	0,37	8031,65	10,65	9,65			
2294,76	0,01	0,37	8031,65	10,95	9,73			
2294,76	-0,10	0,37	8414,11	11,58	10,45			
2294,76	-0,35	0,38	8414,11	12,77	10,90			
2294,76	-0,49	0,40	8414,11	13,10	10,94			
3059,67	-0,56	0,54	8796,57	13,94	12,37			
3059,67	-0,66	0,54	8796,57	14,09	12,44			
3059,67	-0,77	0,55	9179,02	14,90	13,44			
3059,67	-0,83	0,56	9179,02	16,88	14,29			
3059,67	-0,91	0,57	9561,48	17,53	15,03			
3059,67	-1,06	0,59	9561,48	17,64	15,13			
3824,59	-0,89	0,75	9943,94	18,46	16,04			
3824,59	-0,86	0,76	9943,94	18,94	16,50			
3824,59	-0,85	0,76	9943,94	19,02	16,58			
3824,59	-0,80	0,77	9943,94	19,07	16,58			
3824,59	-0,70	0,78	9943,94	19,24	16,72			
3824,59	0,09	0,80	9943,94	19,34	16,79			
4589,51	0,55	1,10	9943,94	19,41	16,79			
4589,51	0,59	1,00	9943,94	19,45	16,79			
4589,51	0,62	1,01	8796,57	19,44	16,78			
4589,51	0,68	1,01	8796,57	19,43	16,78			
4589,51	0,71	1,01	7266,73	18,43	16,14			
4589,51	0,76	1,01	7266,73	18,42	16,14			
4971,97	1,90	1,84	5736,89	16,57	14,60			
4971,97	2,16	1,86	5736,89	16,55	14,56			
5354,43	2,44	2,11	3824,59	13,55	11,93			

Tabela [26] – Resultados obtidos durante o ensaio de carga [3:15].

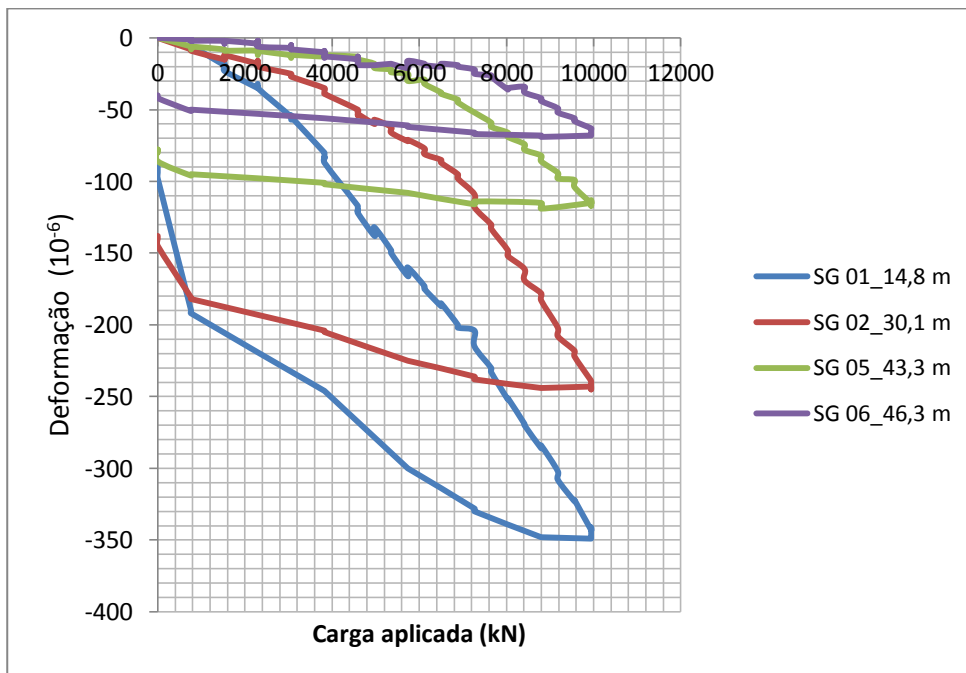
Tempo (h)	Levantamento (mm) R5	Levantamento (mm) R6	Tempo (h)	Levantamento (mm) R5	Levantamento (mm) R6	Tempo (h)	Levantamento (mm) R5	Levantamento (mm) R6
9:50	0,00	0,00	14:20	2,44	2,11	20:50	16,55	14,56
10:30	-0,09	0,04	14:31	2,55	2,86	20:56	13,55	11,93
10:32	-0,09	0,09	14:34	2,77	5,02	21:00	13,41	11,91
10:34	-0,09	0,12	14:48	4,75	5,21	21:03	10,73	9,42
10:38	-0,08	0,15	14:52	4,75	5,21	21:23	10,67	9,38
10:45	-0,08	0,21	14:57	5,15	5,90	21:27	6,96	6,14
11:00	-0,10	0,18	15:07	5,22	6,19	21:37	6,85	6,06
11:07	-0,05	0,27	15:14	6,07	6,51	22:08	6,75	5,97
11:05	-0,05	0,27	15:34	6,26	6,58	22:30	6,71	0,93
11:09	-0,05	0,25	15:40	6,65	7,05			
11:13	-0,05	0,26	15:50	6,84	7,15			
11:20	-0,02	0,26	15:55	7,71	8,15			
11:35	-0,05	0,25	16:00	7,78	8,15			
11:40	0,00	0,37	16:05	9,32	8,92			
11:42	0,01	0,37	16:15	9,86	8,95			
11:44	0,01	0,37	16:18	10,65	9,65			
11:48	-0,10	0,37	16:28	10,95	9,73			
11:55	-0,35	0,38	16:38	11,58	10,45			
12:10	-0,49	0,40	16:40	12,77	10,90			
12:14	-0,56	0,54	17:00	13,10	10,94			
12:16	-0,66	0,54	17:10	13,94	12,37			
12:18	-0,77	0,55	17:16	14,09	12,44			
12:22	-0,83	0,56	17:31	14,90	13,44			
12:29	-0,91	0,57	17:41	16,88	14,29			
12:44	-1,06	0,59	17:45	17,53	15,03			
12:49	-0,89	0,75	17:55	17,64	15,13			
12:51	-0,86	0,76	17:58	18,46	16,04			
12:53	-0,85	0,76	18:00	18,94	16,50			
12:57	-0,80	0,77	18:15	19,02	16,58			
13:04	-0,70	0,78	18:50	19,07	16,58			
13:19	0,09	0,80	19:05	19,24	16,72			
13:24	0,55	1,10	19:13	19,34	16,79			
13:26	0,59	1,00	19:30	19,41	16,79			
13:28	0,62	1,01	20:00	19,45	16,79			
13:32	0,68	1,01	20:09	19,44	16,78			
13:39	0,71	1,01	20:19	19,43	16,78			
13:54	0,76	1,01	20:22	18,43	16,14			
14:05	1,90	1,84	20:36	18,42	16,14			
14:10	2,16	1,86	20:42	16,57	14,60			



[6] – Levantamento das estacas de reação em função do tempo decorrido durante o ensaio de carga.

3.2.5. Dados obtidos da leitura dos extensómetros elétricos

Dos 14 extensómetros elétricos (*strain gages*) instalados na estaca de ensaio, apenas 4 forneceram resultados, os restantes foram danificados durante o processo de betonagem. Assim, os dados obtidos referem-se aos extensómetros elétricos a 14,8 m (SG01); 30,1 m (SG02); 43,3 m (SG03) e 46,3 m (SG04) de profundidade.



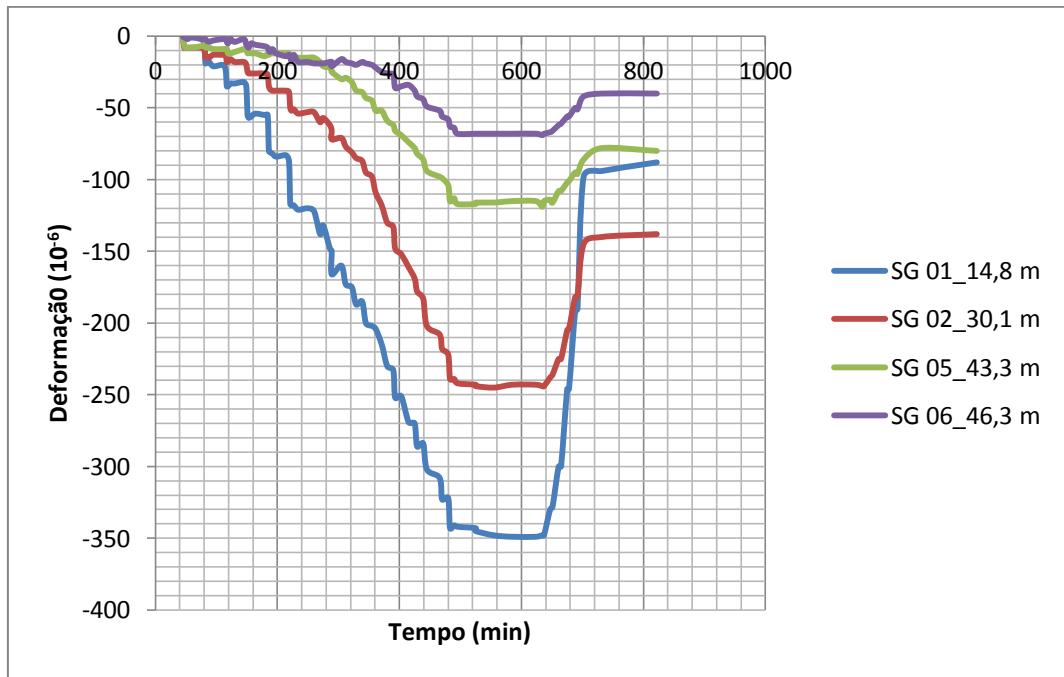
[7] – Deformação em profundidade (por extensómetro eléctrico) em função da carga aplicada no ensaio.

Tabela [27] – Resultados obtidos durante o ensaio de carga [3:15].

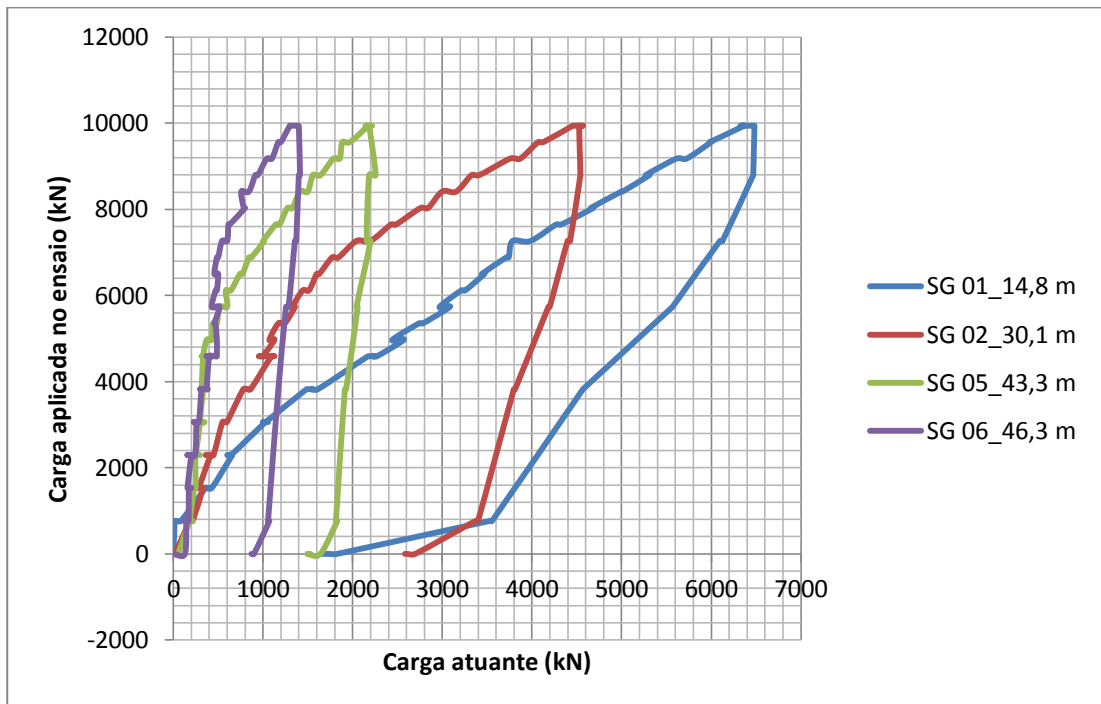
Carga (kN)	Deformação SG01 (10 ⁻⁶)	Deformação SG02 (10 ⁻⁶)	Deformação SG03 (10 ⁻⁶)	Deformação SG04 (10 ⁻⁶)	Carga (kN)	Deformação SG01 (10 ⁻⁶)	Deformação SG02 (10 ⁻⁶)	Deformação SG03 (10 ⁻⁶)	Deformação SG04 (10 ⁻⁶)
0,00	0	0	0	0	5736,89	-160	-71	-30	-16
764,92	-1	-8	-6	-1	6119,35	-173	-77	-29	-18
764,92	-1	-8	-8	-1	6119,35	-175	-81	-32	-19
764,92	-1	-8	-8	-2	6501,81	-187	-85	-38	-20
764,92	-1	-8	-8	0	6501,81	-185	-87	-39	-18
764,92	-2	-8	-7	-2	6884,27	-200	-95	-43	-19
764,92	-5	-9	-6	-2	6884,27	-202	-98	-45	-20
1529,84	-19	-15	-8	-2	7266,73	-204	-109	-52	-22
1529,84	-18	-14	-8	-3	7266,73	-215	-118	-52	-25
1529,84	-18	-15	-8	-4	7649,19	-230	-130	-59	-26
1529,84	-21	-13	-9	-3	7649,19	-233	-133	-62	-27
1529,84	-20	-13	-9	-2	8031,65	-252	-148	-66	-36
1529,84	-23	-12	-9	-2	8031,65	-251	-152	-69	-35
2294,76	-35	-18	-9	-4	8414,11	-269	-161	-74	-34
2294,76	-35	-18	-12	-5	8414,11	-270	-169	-78	-38
2294,76	-33	-16	-12	-2	8796,57	-286	-178	-82	-42
2294,76	-33	-18	-11	-4	8796,57	-284	-183	-86	-44
2294,76	-32	-18	-9	-2	9179,02	-302	-202	-94	-49
2294,76	-35	-20	-9	-6	9179,02	-308	-208	-98	-52
3059,67	-55	-25	-12	-7	9561,48	-323	-218	-99	-56
3059,67	-57	-26	-11	-8	9561,48	-322	-222	-104	-58
3059,67	-56	-26	-12	-5	9943,94	-343	-239	-115	-63
3059,67	-54	-26	-12	-6	9943,94	-341	-239	-113	-64
3059,67	-55	-26	-14	-7	9943,94	-342	-242	-117	-68
3059,67	-55	-27	-12	-8	9943,94	-343	-243	-117	-68
3824,59	-80	-35	-13	-10	9943,94	-345	-244	-116	-68
3824,59	-81	-37	-12	-11	9943,94	-348	-245	-116	-68
3824,59	-82	-38	-12	-9	9943,94	-349	-243	-115	-68
3824,59	-84	-38	-12	-12	9943,94	-349	-243	-115	-68
3824,59	-83	-38	-12	-14	8796,57	-348	-244	-119	-69
3824,59	-87	-39	-12	-13	8796,57	-348	-244	-115	-68
4589,51	-117	-50	-13	-15	7266,73	-330	-238	-114	-67
4589,51	-118	-52	-14	-17	7266,73	-328	-236	-116	-66
4589,51	-118	-51	-14	-13	5736,89	-300	-225	-108	-62
4589,51	-121	-54	-15	-18	5736,89	-300	-225	-108	-61
4589,51	-120	-53	-15	-18	3824,59	-246	-205	-102	-56
4589,51	-122	-53	-15	-19	3824,59	-246	-204	-101	-56
4971,97	-138	-60	-18	-19	764,92	-192	-182	-95	-50
4971,97	-132	-57	-21	-19	764,92	-190	-181	-96	-51
5354,43	-148	-62	-22	-18	0,00	-98	-145	-86	-42
5354,43	-150	-66	-24	-18	0,00	-94	-140	-78	-40
5736,89	-166	-72	-25	-21	0,00	-88	-138	-80	-40

Tabela [28] – Resultados obtidos durante o ensaio de carga [3:15].

Tempo (min)	Deformação SG01 (10^{-6})	Deformação SG02 (10^{-6})	Deformação SG03 (10^{-6})	Deformação SG04 (10^{-6})	Tempo (h)	Deformação SG01 (10^{-6})	Deformação SG02 (10^{-6})	Deformação SG03 (10^{-6})	Deformação SG04 (10^{-6})
45	0	0	0	0	305	-160	-71	-30	-16
47	-1	-8	-6	-1	312	-173	-77	-29	-18
49	-1	-8	-8	-1	322	-175	-81	-32	-19
53	-1	-8	-8	-2	329	-187	-85	-38	-20
60	-1	-8	-8	0	339	-185	-87	-39	-18
75	-2	-8	-7	-2	345	-200	-95	-43	-19
80	-5	-9	-6	-2	355	-202	-98	-45	-20
82	-19	-15	-8	-2	361	-204	-109	-52	-22
84	-18	-14	-8	-3	371	-215	-118	-52	-25
88	-18	-15	-8	-4	380	-230	-130	-59	-26
95	-21	-13	-9	-3	390	-233	-133	-62	-27
110	-20	-13	-9	-2	393	-252	-148	-66	-36
115	-23	-12	-9	-2	403	-251	-152	-69	-35
117	-35	-18	-9	-4	415	-269	-161	-74	-34
119	-35	-18	-12	-5	425	-270	-169	-78	-38
123	-33	-16	-12	-2	429	-286	-178	-82	-42
130	-33	-18	-11	-4	439	-284	-183	-86	-44
145	-32	-18	-9	-2	445	-302	-202	-94	-49
149	-35	-20	-9	-6	466	-308	-208	-98	-52
151	-55	-25	-12	-7	470	-323	-218	-99	-56
153	-57	-26	-11	-8	480	-322	-222	-104	-58
157	-56	-26	-12	-5	483	-343	-239	-115	-63
164	-54	-26	-12	-6	490	-341	-239	-113	-64
179	-55	-26	-14	-7	495	-342	-242	-117	-68
184	-55	-27	-12	-8	525	-343	-243	-117	-68
186	-80	-35	-13	-10	525	-345	-244	-116	-68
188	-81	-37	-12	-11	555	-348	-245	-116	-68
192	-82	-38	-12	-9	585	-349	-243	-115	-68
198	-84	-38	-12	-12	624	-349	-243	-115	-68
214	-83	-38	-12	-14	634	-348	-244	-119	-69
219	-87	-39	-12	-13	637	-348	-244	-115	-68
221	-117	-50	-13	-15	647	-330	-238	-114	-67
223	-118	-52	-14	-17	651	-328	-236	-116	-66
227	-118	-51	-14	-13	661	-300	-225	-108	-62
234	-121	-54	-15	-18	665	-300	-225	-108	-61
249	-120	-53	-15	-18	675	-246	-205	-102	-56
260	-122	-53	-15	-19	678	-246	-204	-101	-56
270	-138	-60	-18	-19	688	-192	-182	-95	-50
275	-132	-57	-21	-19	692	-190	-181	-96	-51
286	-148	-62	-22	-18	702	-98	-145	-86	-42
289	-150	-66	-24	-18	732	-94	-140	-78	-40
289	-166	-72	-25	-21	822	-88	-138	-80	-40



[8] – Deformação obtida em profundidade (por cada extensômetro elétrico) em função do tempo decorrido durante o ensaio de carga.



[9] – Carga aplicada durante o ensaio de carga em função da carga atuante em profundidade.

Tabela [29] – Resultados obtidos durante o ensaio de carga [3:15].

Carga aplicada(kN)	Carga atuante SG01(kN)	Carga atuante SG02(kN)	Carga atuante SG03(kN)	Carga atuante SG04(kN)	Carga aplicada(kN)	Carga atuante SG01(kN)	Carga atuante SG02(kN)	Carga atuante SG03(kN)	Carga atuante SG04(kN)
0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	5736,89	3084,2	1356,3	513,9	513,9
0,00	0,0	16,7	50,0	128,5	5736,89	2969,5	1327,8	600,2	428,6
764,92	14,7	182,4	182,4	143,2	6119,35	3212,7	1442,6	585,5	470,7
764,92	14,7	182,4	215,7	143,2	6119,35	3255,8	1513,2	642,3	485,4
764,92	14,7	182,4	215,7	156,9	6501,81	3469,6	1599,5	742,4	500,1
764,92	14,7	199,1	215,7	128,5	6501,81	3441,2	1627,9	770,8	457,0
764,92	43,1	199,1	199,1	156,9	6884,27	3712,8	1770,1	842,4	485,4
764,92	85,3	215,7	182,4	171,6	6884,27	3741,2	1841,7	870,8	500,1
1529,84	357,0	331,5	232,4	171,6	7266,73	3783,4	2041,7	1014,0	542,3
1529,84	342,3	314,8	232,4	185,3	7266,73	3983,5	2198,7	999,3	600,2
1529,84	342,3	331,5	215,7	200,1	7649,19	4268,8	2427,1	1142,5	613,9
1529,84	385,4	298,1	249,1	185,3	7649,19	4326,7	2484,0	1184,6	628,6
1529,84	371,7	298,1	249,1	156,9	8031,65	4683,7	2755,7	1270,9	799,2
1529,84	428,6	282,4	249,1	156,9	8031,65	4654,2	2841,0	1327,8	785,5
2294,76	657,0	414,8	249,1	200,1	8414,11	4997,5	2998,9	1413,1	757,1
2294,76	657,0	398,1	298,1	213,8	8414,11	5011,2	3155,8	1499,4	842,4
2294,76	613,9	364,8	298,1	156,9	8796,57	5311,3	3326,4	1556,3	914,0
2294,76	613,9	398,1	282,4	200,1	8796,57	5269,1	3412,7	1641,6	942,4
2294,76	600,2	414,8	249,1	171,6	9179,02	5611,4	3755,0	1784,8	1042,4
2294,76	642,3	448,2	249,1	243,2	9179,02	5725,1	3869,7	1856,4	1099,3
3059,67	1027,7	547,2	298,1	256,9	9561,48	5996,8	4068,8	1884,8	1170,9
3059,67	1056,2	580,6	282,4	271,6	9561,48	5982,1	4126,6	1970,2	1199,4
3059,67	1042,4	580,6	314,8	228,5	9943,94	6368,4	4455,2	2170,2	1299,4
3059,67	999,3	580,6	298,1	243,2	9943,94	6325,3	4455,2	2141,8	1313,1
3059,67	1014,0	580,6	348,1	256,9	9943,94	6339,0	4497,3	2213,4	1384,7
3059,67	1027,7	597,2	298,1	285,4	9943,94	6368,4	4525,8	2213,4	1384,7
3824,59	1484,7	779,6	331,5	313,8	9943,94	6396,9	4540,5	2198,7	1399,4
3824,59	1499,4	813,0	314,8	328,5	9943,94	6468,5	4568,9	2198,7	1399,4
3824,59	1513,2	846,3	314,8	300,1	9943,94	6482,2	4525,8	2184,9	1399,4
3824,59	1556,3	846,3	314,8	342,3	9943,94	6482,2	4525,8	2184,9	1399,4
3824,59	1541,6	829,6	298,1	385,4	8796,57	6468,5	4540,5	2255,5	1413,1
3824,59	1613,2	863,0	314,8	371,7	8796,57	6468,5	4540,5	2184,9	1399,4
4589,51	2170,2	1094,4	331,5	400,1	7266,73	6125,2	4425,7	2156,5	1371,0
4589,51	2184,9	1127,8	348,1	442,3	7266,73	6096,8	4397,3	2198,7	1356,3
4589,51	2198,7	956,1	348,1	371,7	5736,89	5568,2	4198,2	2041,7	1284,7
4589,51	2241,8	1014,0	364,8	457,0	5736,89	5568,2	4183,5	2056,5	1256,2
4589,51	2227,1	999,3	313,8	470,7	3824,59	4568,9	3811,8	1928,0	1170,9
4589,51	2270,2	999,3	328,5	485,4	3824,59	4568,9	3798,1	1913,3	1170,9
4971,97	2570,3	1127,8	371,7	485,4	764,92	3554,9	3398,0	1813,2	1056,2
4971,97	2441,9	1070,9	428,6	485,4	764,92	3526,5	3369,6	1828,0	1070,9
5354,43	2741,0	1170,9	442,3	470,7	0,00	1828,0	2698,8	1641,6	899,3
5354,43	2784,1	1242,5	485,4	457,0	0,00	1741,7	2612,5	1499,4	870,8
					0,00	1641,6	2584,1	1527,9	870,8

3.2.6. Considerações finais

Com base no que foi apresentado neste trabalho, conclui-se:

- O ensaio de carga confirma a qualidade da execução de fundações indiretas com polímero para construção de edifícios de grandes dimensões em solos moles da Baixada de Santista, destacando-se:
 - a) A capacidade resistente da estaca ensaiada, tomando em consideração a carga máxima atingida no ensaio 9943,94 kN, é superior ao dobro da carga nominal de serviço 3824,59 kN.
 - b) A carga de rutura obtida por extrapolação pelo Método Gráfico de Mazurkiewicz de 12 220 kN atingiu mais do triplo da carga nominal de serviço de 3824,59 kN.
- De entre os métodos selecionados, para a previsão da capacidade de carga de estacas escavadas, o método semi-empírico de Aoki e Velloso (1975) é aquele que se aproxima mais da carga de rutura extrapolada pelo Método Gráfico de Mazurkiewicz. Todavia, deve ser-se criterioso na seleção do método de previsão da capacidade de carga, pois existe disparidade de resultados consoante o método utilizado.

CAPÍTULO 3
SUBCAPÍTULO 3

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[3:1]

Maffei, C. E. M.; Gonçalves, H. H. S.; Pimenta, P. M.; Murakami, C. A. (2001). *The Plumbing of 2.2o Inclined Tall Building*. 15th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Istambul, vol. 3, pp 1799-1802.

[3:2]

Massad, F. (2006). *Os Edifícios de Santos e a História Geológica Recente da Baixada Santista*. Porto Alegre. V Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica da Região Sul GEOSUL, vol. I, pp 1-10.

[3:3]

Ranzini, S. M. T. (2001). *Reaprumo de Edifícios (com vistas aos casos que ocorrem em nossas baixadas litorâneas)*. Revista Solos e Rochas. São Paulo, 24, vol. 3, pp 51-55.

[3:4]

Teixeira, A.H. (1994). *Fundações Rasas na Baixada Santista*. Solos do Litoral Paulista, ABMS – NRSP, pp 137-154.

[3:5]

Massad, F. (1999). *Baixada Santista: Implicações da História Geológica no Projeto de Fundações*. Revista Solos e Rochas, São Paulo, 22, vol.1, pp 3-49.

[3:7]

BRASFOND (2010). *Relatório de prova de carga estática à compressão*. Relatório Interno. (edifício 1).*

[3:8]

Velloso, D. A.; Lopes, F. R. (2002). *Fundações*. Volume 2 Fundações profundas, COPPE-UFRJ, pp 115-117.

[3:9]

Monteiro, P. F. (1997). *Capacidade de carga das estacas – Método Aoki-Velloso*, Relatório Interno de Estacas Franki Ltda.

[3:10]

Teixeira, A. H. (1996). *Projeto e Execução de Fundações*. 3º Seminário de Fundações Especiais e Geotecnia. São Paulo.

[3:11]

Décourt, L.; Albiero, J. H.; Cintra, J. C. A. (1998). *Análise e Projeto de Fundações Profundas*. Fundações Teoria e Prática. ABMS/ABEF. Editora Pini Ltda. 2ª Edição. Cap.8, pp 265-327.

[3:12]

Bustamante, M.; Gianceselli, L. (1998). *Installation parameters and capacity of screwed piles*. International Geotechnical Seminar on Deep Foundations on Bored and Auger piles, 3 rd, Ghent-Belgium. Proceedings. Rotterdam, A.A. Balkema, pp.95-108.

[3:13]

NBR 12131 ABNT (2005). *Estacas – prova de carga estática – método de ensaio*. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

[3:14]

NBR 12131 ABNT (2006). *Estacas – prova de carga estática – método de ensaio*. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

[3:15]

BRASFOND (2010). *Relatório de prova de carga estática à compressão*. Relatório Interno (edifício 2).*

[3:16]

GEO (2010). *Ensaio de carga em estacas – Polímero*. Relatório Interno.*

[3:17]

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2010). NBR 6122 – *Projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro.

SITES CONSULTADOS

[3:6]

<http://www.sidra.ibge.gov.br/> [Consult. 06 Agosto.2012]

http://www.suapesquisa.com/cidadesbrasileiras/cidade_santos.htm [Consult. 06 Agosto.2012]

* Documento fornecido pela empresa GEO – Ground Engineering Operations, Lda.

CAPÍTULO 4

PROJETO PEDAGÓGICO

PROJETO PEDAGÓGICO	121
1. INTRODUÇÃO.....	121
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO	123
1.2. OBJETIVOS DO PROJETO PEDAGÓGICO.....	124
1.3. METODOLOGIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM.....	125
2. PROJETO PEDAGÓGICO IMPLEMENTADO NO ENSINO BÁSICO	128
2.1. SELEÇÃO DO TEMA	128
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	129
2.3. METODOLOGIA.....	129
2.4. IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO	133
2.5. BALANÇO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO	144
2.5.1. Apresentação dos resultados obtidos com a ficha de trabalho	144
2.5.1.1. Resultados obtidos com a ficha de trabalho_Parte I.....	145
2.5.1.2. Resultados obtidos com a ficha de trabalho_Parte II	148
2.5.2. Apresentação dos resultados da ficha de trabalho laboratorial.....	155
2.5.3. Apresentação dos resultados obtidos com o trabalho de pesquisa.....	159
2.5.4. Apresentação dos resultados obtidos com o questionário aos alunos.....	162
2.5.5. Análise da opinião dos docentes à implementação do projeto	169
2.6. APRECIÇÃO DOS RESULTADOS	170
3. PROJETO PEDAGÓGICO IMPLEMENTADO DO ENSINO SECUNDÁRIO	173
3.1. SELEÇÃO DO TEMA	174
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	175
3.3. METODOLOGIA.....	175
3.4. IMPLEMENTAÇÃO DO <i>WORKSHOP</i>	185
3.4.1. Implementação da primeira parte do <i>workshop</i> – Atividade “Polímeros”	186
3.4.2. Implementação da segunda parte do <i>workshop</i> – Atividade “Como estabilizar os solos para a construção de edifícios?”	188

3.5.	BALANÇO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO	198
3.5.1.	Apresentação dos resultados obtidos com as questões do questionário	198
3.5.2.	Análise da opinião dos alunos à implementação do projeto.....	200
3.5.3.	Apreciação dos resultados	205
4.	PROJETO PEDAGÓGICO IMPLEMENTADO NA EDUCAÇÃO E FORMAÇÃO DE ADULTOS.....	209
4.1.	SELEÇÃO DO TEMA	210
4.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	210
4.3.	METODOLOGIA.....	211
4.4.	IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO	212
4.4.1.	Implementação da primeira parte da formação – problema “Como estabilizar os solos para a construção de edifícios?”	212
4.4.2.	Implementação da segunda parte da formação – problema “Quais os principais aspetos a ter em conta na conceção da estrutura de edifícios?”	218
4.5.	BALANÇO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO	223
4.5.1.	Análise da opinião dos alunos à implementação do projeto.....	223
4.5.2.	Apreciação dos resultados	227
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	230

CAPÍTULO 4

PROJETO PEDAGÓGICO

1. INTRODUÇÃO

O projeto de doutoramento incorpora uma componente científica e educacional, esta última aplicada numa escola básica e secundária do ensino público da região centro, nos anos letivos 2010/11, 2011/12 e 2012/13.

Implementou-se o contexto Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) que incorpora a componente científica do doutoramento, no 3º Ciclo do Ensino Básico (8º ano de escolaridade), no Ensino Secundário (12º ano de escolaridade) e na Educação e Formação de Adultos (Curso EFA nível 4).

O tema/problema de partida é o mesmo para todos os níveis de ensino “Como construir um edifício?” e a abordagem interdisciplinar com recurso à Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas (ABRP) é o fio condutor. A abordagem foi realizada num contexto problemático real: a construção e requalificação dos edifícios da escola no âmbito do Programa de Modernização do Parque Escolar.

A aplicação do estudo ao Ensino Básico e Secundário foi realizada em articulação com a 1ª fase do programa de construção dos novos edifícios da escola. A aplicação à Educação e Formação de Adultos ocorreu durante a 2ª fase do programa, com a recuperação e modernização dos restantes edifícios escolares.

Ao nível do 3º Ciclo do Ensino Básico implementou-se o Projeto de Investigação – Ação “Uma Abordagem Didática ao Subtema: Gestão Sustentável dos Recursos”. A temática central foi a estabilização dos solos para a construção de edifícios, introduzida pela professora investigadora que assumiu também o papel de professora de Ciências Físico-Químicas da turma.

O Projeto de Investigação – Ação, implementado numa turma do 8º ano de escolaridade, foi de encontro com os Princípios Orientadores do Projeto Educativo da escola e integrou-se no Projeto Curricular da Turma (PCT).

A implementação em sala de aula da abordagem didática do subtema “Gestão Sustentável dos Recursos” privilegiou a perspetiva interdisciplinar, envolvendo as disciplinas de Ciências Físico-Químicas, Ciências Naturais, Educação Visual e as áreas

curriculares não disciplinares de Estudo Acompanhado (Língua Portuguesa e Tecnologias da Informação e da Comunicação) e de Formação Cívica.

Realizou-se um Ensino por Pesquisa, assente na Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas, explorando problemas do “mundo real”, como contexto para o desenvolvimento de competências, de acordo com as Orientações Curriculares do Ensino Básico (3º ciclo), em vigor à data do estudo [4:1].

No Ensino Secundário, o contexto CTSA que incorpora a componente científica do doutoramento, foi abordado em 2 turmas do 12º ano de escolaridade do curso Científico-Humanístico (Ciências e Tecnologias). Foi feita uma abordagem ampla com natureza interdisciplinar envolvendo as disciplinas de Física, Química, Geologia e Biologia do 12º ano de escolaridade, visando a realização do Workshop “Construção de edifícios: uma abordagem interdisciplinar”.

O projeto desenvolveu-se em torno do problema aglutinador “Como estabilizar solos para a construção de edifícios?” e envolveu a colaboração da empresa GEO e da empresa responsável pela construção dos edifícios escolares.

A implementação do contexto CTSA que incorpora a componente científica do doutoramento estendeu-se ao curso de Técnico de Desenho de Construções Mecânicas (TDCM) da Educação e Formação de Adultos (Curso EFA nível 4).

O contexto, implementado neste nível de ensino, teve como tónica dominante a 2ª fase do projeto de requalificação dos edifícios do parque escolar. Esta fase do projeto incidiu na recuperação e modernização dos antigos edifícios escolares.

A implementação da 2ª fase do programa de requalificação do parque escolar serviu como contexto à abordagem do tema “Construção e Arquitetura” do Domínio de Referência 1 (DR1) – Sociedade, Tecnologia e Ciência no contexto privado da Unidade de Formação de Curta Duração (UFCD) 6 – Urbanismo e Mobilidade.

A temática central foi a construção e arquitetura dos edifícios escolares, introduzida pela professora investigadora, que assumiu também o papel de formadora de Física e Química da área de competência-chave de Sociedade, Tecnologia e Ciência (STC). Para além da professora investigadora, a implementação das estratégias envolveu também a formadora de STC da área da Biologia e Geologia, um representante da área de engenharia da empresa construtora dos edifícios escolares e a colaboração da empresa GEO no fornecimento de polímero para a realização de atividades laboratoriais.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO

O Livro Branco da Física e da Química [4:2] apresenta um diagnóstico da situação do ensino-aprendizagem das disciplinas da área da Física e Química que integram o ensino Básico e Secundário, tecendo recomendações para uma efetiva melhoria do ensino das ciências.

Considerado como um documento de referência, o estudo envolveu os professores de Física e Química, a colaboração da Sociedade Portuguesa de Química (SPQ) e da Sociedade Portuguesa de Física (SPF), Instituições do Ensino Superior, Conselho Nacional de Educação, Conselho Nacional da Formação Contínua, equipas de Desenvolvimento Curricular da Área das Ciências, o Ministério da Educação e o Ministério do Ensino Superior e da Ciência e Tecnologia (atual Ministério da Educação e Ciência).

De entre várias recomendações provenientes do estudo, solicita-se o reforço do trabalho cooperativo entre os docentes sobretudo para discutir as “planificações gerais, quer da mesma disciplina para turmas diferentes, quer de diferentes disciplinas para a mesma turma” [4:2].

A baixa percentagem de professores de Física e da Química com grau superior ao de licenciatura leva a que se recomende um maior investimento “ao nível da pós-graduação, no sentido de elevar o perfil de formação” dos docentes [4:2].

No tocante às práticas pedagógicas este documento realça que estas devem promover o pensamento científico dos alunos, por exemplo através da resolução de problemas abertos e da elaboração de trabalhos de investigação.

Solicita-se ainda que as formas de intervenção/participação dos alunos nas aulas sejam diversificadas, “criando oportunidades de discussão entre estes através de trabalho de grupo e de projeto, tanto nas aulas normais como no laboratório.” [4:2].

As práticas pedagógicas devem assim “promover a utilização de novas tecnologias aplicadas ao ensino experimental, materiais e equipamentos diversos” [4:2] devidamente contextualizados com uma abordagem que privilegie as relações entre a Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

O contexto inerente à aplicação de polímeros em fundações possui um contexto CTSA relevante para a prática pedagógica. Assim, tendo como contexto “real” a construção dos edifícios escolares, pretende-se com este projeto implementar estratégias em sala de aula que respondam às solicitações do Livro Branco da Física e da Química.

1.2. OBJETIVOS DO PROJETO PEDAGÓGICO

Pretende-se com este projeto implementar estratégias de ensino-aprendizagem transversais ao Ensino Básico, Secundário e à Educação e Formação de Adultos em conformidade com as recomendações do Livro Branco da Física e da Química [4:2].

Assim, foram delineados os seguintes objetivos gerais:

- Implementar práticas pedagógicas inovadoras com a aplicação de novas tecnologias, que promovam a resolução de problemas abertos e formas diversificadas de intervenção/participação dos alunos nas aulas;
- Promover o trabalho colaborativo no desenvolvimento profissional docente;
- Desenvolver competências da professora-investigadora ao nível da pós-graduação, no sentido de elevar o perfil de formação;

De forma a atingir os objetivos gerais propostos, foram delineados os objetivos específicos por nível de ensino.

- Objetivos específicos para o Ensino Básico:
 - a) Promover nos alunos competências direcionadas para atitudes potenciadoras do desenvolvimento sustentável.
 - b) Contribuir para o desenvolvimento do conhecimento didático do subtema “Gestão Sustentável dos Recursos”.
 - c) Desenvolver competências dos professores envolvidos (Diretor de Turma, professor de Ciências Físico-Químicas, Ciências Naturais, Educação Visual, Formação Cívica e Estudo Acompanhado), no sentido de inovarem e aperfeiçoarem a sua prática profissional.
- Objetivos específicos para o Ensino Secundário:
 - a) Conceber, desenvolver e implementar práticas pedagógicas inovadoras, relacionadas com as áreas de interesse pessoal e/ou vocacional dos alunos, que promovam a resolução de problemas abertos em contexto real.
 - b) Utilizar metodologias de trabalho de forma a articular, numa dimensão interdisciplinar, os saberes teóricos e práticos nas áreas de interesse pessoal e/ou vocacional dos alunos, nomeadamente na área da Física, Química, Biologia e Geologia.

- Objetivos específicos para a Educação e Formação de Adultos:
 - a) Conceber e desenvolver experiências concretas no âmbito da UFCD 6- DR1, adequadas às inserções regionais, profissionais e sociais dos adultos, com ênfase em conceitos-chaves relevantes para a formação de Técnico de Desenho de Construções Mecânicas.
 - b) Promover a interação entre a escola e diferentes atores educativos, visando a melhoria da qualidade de ensino.

1.3. METODOLOGIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM

A implementação deste projeto privilegiou um Ensino por Pesquisa, assente na Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas, explorando problemas do “mundo real” numa perspetiva interdisciplinar.

Segundo Cachapuz (2002) [4:3], o Ensino Por Pesquisa (EPP) encontra-se ligado “aos interesses quotidianos e pessoais dos alunos, socialmente e culturalmente situada e geradora de maior motivação”.

Ao nível da investigação, as linhas que regem o EPP vão ganhando cada vez mais consistência, das quais se destacam [4:3]:

- apelo à inter e transdisciplinaridade;
- apelo à abordagem de situações-problema do quotidiano, com enfoque em ciência e tecnologia e as suas inter-relações com a sociedade e o ambiente;
- apelo ao pluralismo metodológico, com ênfase para as novas orientações sobre o trabalho experimental;
- apelo a uma avaliação não classificatória, mas formadora.

Segundo esta abordagem, a reflexão ao nível das finalidades da formação científica dos jovens realça como objetivo primordial a “compreensão da ciência, da tecnologia e do ambiente, das relações entre umas e outras e das suas implicações na sociedade” [4:3], traduzindo-se num ensino - aprendizagem de enfoque CTSA.

O ensino - aprendizagem CTSA assenta na convicção, de que o currículo deve enfatizar uma “compreensão pública da ciência” e tem como objetivo atender aos interesses sociais e culturais da comunidade e preparar os alunos para participarem de forma ativa e informada na sociedade [4:6].

Deste ponto de vista, o ensino das ciências passa de objetivos confinados ao ensino dos conteúdos disciplinares, para objetivos que pretendem a formação integral do indivíduo, ocorrendo assim a destruição da lógica monodisciplinar.

Assim, o movimento CTSA integra orientações para o processo de ensino-aprendizagem, das quais se destacam:

- Aproximação cultural. A aproximação cultural surge como uma consequência da troca de prioridades da educação científica, que passa de preparar os mais capacitados para a universidade até uma formação científica para todos os cidadãos, o que se tem vindo a designar-se como “alfabetização científica”;
- Educação política para a ação. De acordo com a orientação da educação política para a ação, o novo ensino das ciências deve centrar-se na formação de cidadãos preparados para uma adequada ação política, de tal maneira que a própria ação seria um dos objetivos fundamentais;
- Educação interdisciplinar. Neste sentido, frente à focagem disciplinar que apresenta habitualmente a educação científica, a orientação CTSA estende-se até outros domínios do conhecimento, pretendendo-se a “cooperação de várias disciplinas científicas no exame de um mesmo e único objeto” (Marion, citado por Pombo, 2003) [4:4].
- Aprendizagem através de questões-problema. Esta dimensão requer que o processo de ensino-aprendizagem se foque na busca de soluções com uma orientação atrativa, uma vez que habitualmente se ocupa de problemas locais que afetam a comunidade de estudantes e por isso geradora de maior motivação;
- A orientação vocacional ou tecnocrática centrada na visão da ciência e da tecnologia como um produto da indústria.
- A implementação de estratégias capazes de promover a importância da educação ambiental voltada para a sustentabilidade.

A perspetiva CTSA do ensino das ciências implica que os alunos compreendam as suas experiências diárias integrando elementos do seu meio social (sociedade), natural (ciência) e artificialmente construído (tecnologia) e que adotem práticas que promovam a sustentabilidade (ambiente). No entanto, é necessário também que tomem conhecimento dos processos de tomada de decisão e negociação, que planifiquem e levem a cabo ações,

individualmente ou em grupo, que vão para além do tema específico, em direção a considerações CTSA mais amplas, no domínio da ética e dos valores. E, neste sentido, ela constitui uma abordagem com grandes potencialidades quer no que respeita a uma Educação em Ciências quer numa Educação para a Cidadania.

A promoção da literacia científica e o desenvolvimento de um currículo do ensino secundário de enfoque CTSA foram também prioritárias para o Ministério da Educação e Ciência, na medida em que esta instituição defende que no Ensino Básico e Secundário se tomem como orientações para o ensino das Ciências as perspetivas de literacia científica dos alunos. A formação específica no domínio das ciências, ao nível do Ensino Secundário, tem como intenção final uma consolidação de saberes no domínio científico que confira competências de cidadania, que promova igualdade de oportunidades e que desenvolva em cada aluno um quadro de referências, de atitudes, de valores e de capacidades que o ajudem a crescer a nível pessoal, social e profissional.

A APBR é um modelo de ensino-aprendizagem através do qual se pretende desenvolver competências de resolução de problemas. Este modelo recorre a problemas reais, a partir dos quais os alunos aprendem conteúdos e desenvolvem competências de pensamento crítico.

A APBR tem várias características que a definem enquanto modelo de desenvolvimento do currículo [4:5]:

“1. Os problemas conduzem o currículo – os problemas não testam competências, apoiam o seu desenvolvimento.

2. Os problemas estão realmente pouco estruturados – não se pretende que haja uma só solução e, quando, ao longo do processo, se reúne nova informação, a perceção do problema e, conseqüentemente, a sua solução, alteram-se.

3. Os alunos resolvem os problemas, aos professores é atribuído o papel de “tutores” ou “facilitadores” do processo de ensino-aprendizagem.

4. Aos alunos são dadas apenas linhas orientadoras para abordarem os problemas – não existe uma fórmula para o fazer.

5. A avaliação é autêntica (contextualizada e integrada nas atividades de aprendizagem) e baseada no desempenho.”

2. PROJETO PEDAGÓGICO IMPLEMENTADO NO ENSINO BÁSICO

O estudo “Uma abordagem didática ao subtema: Gestão Sustentável dos Recursos” realizou-se em contexto de sala de aula, em que a investigadora assume também, o papel de professora de Ciências Físico-Químicas da turma.

Aplicou-se uma abordagem didática, num quadro investigativo (investigação - ação), envolvendo uma turma do 8º ano de escolaridade, o Diretor de Turma e os professores que lecionam Ciências Naturais, Ciências Físico-Químicas, Educação Visual, Estudo Acompanhado (Língua Portuguesa e Tecnologias da Informação e da Comunicação) e Formação Cívica.

Esta abordagem tem um cariz interdisciplinar e as metodologias de trabalho são inseridas numa perspetiva atual sobre o Ensino das Ciências, nomeadamente de um Ensino por Pesquisa com contexto CTSA, privilegiando a ABRP. O estudo respeita igualmente as Orientações Curriculares para o Ensino Básico [4:1], em vigor à data da implementação do projeto, e os Princípios Orientadores do Projeto Educativo da escola [4:9].

Para implementação do estudo, constituiu-se como fonte de dados 16 alunos de uma turma do 8º ano de escolaridade (9 raparigas e 7 rapazes), com uma média de idade de 13 anos.

2.1. SELEÇÃO DO TEMA

A Assembleia-Geral das Nações Unidas aprovou por unanimidade a década da Literacia que decorre de 2003 a 2012, propondo o envolvimento da população (escolar e local) em atividades de Desenvolvimento Sustentável e na discussão de metodologias, problemas e soluções.

A seleção do subtema “Gestão Sustentável dos Recursos” tem em consideração os desígnios anteriores. Este subtema é favorável a uma abordagem que desenvolva o conceito de sustentabilidade a partir de problemas e de soluções que relacionam os conteúdos de várias disciplinas, com a realização de atividades diversas.

A exploração do subtema “Gestão Sustentável dos Recursos” é adequado à vivência de experiências de aprendizagem dinâmicas e contextualizadas, de cariz interdisciplinar, permitindo interligar o conhecimento científico às vivências dos alunos e colocar em evidência a orientação CTSA.

Como contexto à exploração do subtema “Gestão Sustentável dos Recursos” propôs-se o acompanhamento e discussão das etapas da construção dos novos edifícios escolares.

A construção dos novos edifícios escolares realiza-se em torno da questão central “Como serão construídos os edifícios da nova escola?”. A abordagem ao problema com enfoque para a sustentabilidade, relaciona os conteúdos das disciplinas de Ciências Físico-Químicas, Ciências Naturais e de Educação Visual, explorado nas áreas Curriculares não Disciplinares de Estudo Acompanhado e de Formação Cívica.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Esta investigação pretende:

- a) Promover nos alunos competências direcionadas para atitudes potenciadoras do desenvolvimento sustentável.
- b) Contribuir para o desenvolvimento do conhecimento didático do subtema “Gestão Sustentável dos Recursos”.
- c) Desenvolver competências dos professores envolvidos (Diretor de Turma, professor de Ciências Físico-Químicas, Ciências Naturais, Educação Visual, Formação Cívica e Estudo Acompanhado), no sentido de inovarem e aperfeiçoarem a sua prática profissional.

2.3. METODOLOGIA

A proposta de ensino-aprendizagem inicial foi alvo de reformulação e adaptação à escola, tendo sido elaborado um documento orientador que recebeu o contributo de todos docentes envolvidos no projeto.

Este documento foi alvo de reformulação ao longo de ano letivo de forma a ajustar-se à realidade da escola, da turma e do contexto em estudo, tendo recebido a colaboração da professora de Educação Visual numa fase mais tardia da implementação do projeto.

A caracterização dos alunos, assim como as atividades e estratégias implementadas foram registadas pela diretora de turma no PCT.

Como abordagem metodológica ao estudo empírico recorreu-se a um desenho de investigação-ação com um formato experimental, tendo sido utilizado como recolha de

dados os instrumentos que constam na tabela [1]. Os dados obtidos foram posteriormente tratados com recurso ao Excel.

De forma a avaliar o impacto das estratégias implementadas, privilegiou-se a recolha de dados através das seguintes fontes: os alunos alvo do estudo, os trabalhos elaborados, a diretora de turma e os professores envolvidos.

Tabela [1] – Fonte de dados, instrumentos e momentos de aplicação.

Fontes de dados	Instrumentos	Momentos de aplicação		
		Antes da abordagem 1ºP	Durante a abordagem 2ºP e 3ºP	Após a abordagem 3ºP
Professora investigadora	(1) Planificação inicial da unidade (Anexo CI)	X		
Diretora de turma	(2) Documento de caracterização da turma incluído no PCT	X		
Professora investigadora e docentes envolvidos.	(3) Documento orientador (Anexo CII)	X		
	(4) Registos da implementação das estratégias mencionadas no documento orientador (Anexo CVIII)		X	
Alunos da turma	(5) Ficha de trabalho (Anexo CIII)	X		X
	(6) Ficha de trabalho laboratorial (Anexo CIV)		X	
	(7) Ficha de trabalho de pesquisa (Anexo CV)		X	
	(8) Aplicações informáticas (Anexo CVI)		X	
	(9) Questionário de opiniões sobre o projeto implementado (Anexo CVII)			X
Docentes de CN, EV, EA e FC.	(10) Registo de opiniões sobre o projeto implementado (Anexo CVIII)			X

As técnicas de recolha de dados utilizadas abrangeram o inquérito por questionário e/ou o registo de observações dos seguintes instrumentos utilizados:

- Registos da implementação das estratégias mencionadas no documento orientador e da opinião dos docentes sobre o projeto implementado

A professora-investigadora, a diretora de turma e os docentes das várias disciplinas e áreas curriculares não disciplinares intervenientes no projeto registaram o desempenho dos alunos face às estratégias implementadas. A síntese dos registos permitiu aos docentes envolvidos sistematizar a sua

opinião face ao impacto da implementação do projeto (Anexo C VIII). O mesmo documento, entregue à professora-investigadora no final do ano letivo, contempla ainda a opinião sistematizada de cada professor quanto ao impacto da implementação do projeto na sua prática profissional docente.

- **Ficha de trabalho**

A ficha de trabalho (Anexo C III) foi aplicada no início e após a aplicação do projeto, tendo como objetivos:

- a) Conhecer o grau de interesse dos alunos

A parte I da ficha de trabalho tem como objetivo conhecer o grau de interesse dos alunos de entre várias questões propostas, associadas à “Gestão sustentável de recursos” e à construção de edifícios. As questões mais votadas foram utilizadas como introdutórias ao projeto.

- b) Servir como fator de motivação e tema introdutório à aplicação do projeto

A parte II da ficha de trabalho apresenta uma notícia de um jornal nacional que dá a conhecer a possível implementação de uma cidade tecnológica num concelho da região norte do país.

É feita referência à edificação de uma cidade “inteligente” colocando em evidência a tecnologia e a sustentabilidade.

A exploração do texto, para além de servir como motivação, é utilizada como tema introdutório ao projeto que visa acompanhar a construção dos novos edifícios escolares.

- c) Avaliar a aquisição de competências dos alunos pelo confronto dos resultados obtidos antes e após a implementação do projeto

A parte II da ficha de trabalho é constituída por questões de resposta fechada e aberta, de forma a avaliar-se a evolução da literacia científica, pelo confronto das respostas antes e após a implementação do projeto.

- **Ficha de trabalho laboratorial**

A ficha de trabalho laboratorial (Anexo C IV) é constituída por 5 partes. A primeira parte integra um texto introdutório, de forma a contextualizar a

questão colocada: “Como estabilizar o solo em escavações para a construção de edifícios?”. A segunda e terceira parte da ficha integram a componente laboratorial, com destaque para o material de laboratório, reagentes, procedimento laboratorial e registos.

A quarta parte da ficha apresenta um questionário, de forma a quantificar a aprendizagem efetuada dos conteúdos programáticos do pH das soluções aquosas e o seu carácter ácido, básico ou neutro.

O trabalho culmina com uma pesquisa, previamente preparada pelos alunos. Os tópicos da pesquisa contemplam a caracterização da região envolvente da escola e a importância da tecnologia na preservação e conservação da natureza durante a construção de edifícios.

A realização da atividade laboratorial, implementada a partir de uma ficha elaborada para o efeito tem como objetivos [4:7]:

- a) Motivar e despertar a atenção dos alunos.
- b) Desenvolver a capacidade de trabalhar em grupo.
- c) Aperfeiçoar a capacidade de observação e registo de informações.
- d) Aprender a analisar dados e a propor hipóteses para os fenómenos.
- e) Desenvolver a destreza no manuseamento de material de laboratório.
- f) Aprender conceitos científicos.
- g) Compreender a natureza da ciência e o papel do cientista numa investigação.
- h) Compreender as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

Os registos da atividade laboratorial efetuados pelos alunos na ficha elaborada para o efeito, foram posteriormente analisados pela professora-investigadora de forma a avaliar o seu conteúdo.

▪ Ficha de trabalho de pesquisa

O trabalho de pesquisa pretendeu desenvolver nos alunos a capacidade de pesquisa efetuada nas aulas de Ciências Físico-Químicas e, sobretudo, nas aulas de Ciências Naturais. Sob a responsabilidade da professora de Ciên-

cias Naturais, os alunos compilaram a pesquisa, efetuada ao longo da implementação do projeto, num trabalho único (Anexo C V).

- Aplicações informáticas

As aplicações informáticas (Anexo C VI) contemplaram a elaboração de uma apresentação em PowerPoint, um placar e um póster e pretenderam constituir-se como uma súmula do trabalho desenvolvido pelos alunos durante a implementação do projeto. As aplicações informáticas destinaram-se a promover a divulgação do trabalho realizado.

- Registo de opiniões dos alunos sobre o projeto implementado

Solicitou-se aos alunos uma reflexão sobre o projeto implementado, efetuada num questionário elaborado pelo efeito (Anexo C VII), no qual os alunos individualmente responderam às questões colocadas.

2.4. IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

A proposta de ensino-aprendizagem foi discutida pelos professores intervenientes no projeto, tendo-se harmonizado os procedimentos e as formas de atuação, de forma a estabelecer uma efetiva articulação entre as várias disciplinas e as áreas curriculares não disciplinares.

A professora-investigadora e a diretora de turma começaram por informar os alunos sobre o trabalho a realizar, disciplinas envolvidas, metodologia aplicada e solicitaram a sua participação no projeto.

O projeto foi introduzido pela professora investigadora que assume também o papel de docente de Ciências Físico-Químicas, em Dezembro de 2010, coincidindo com o início da construção das novas instalações da escola.

A professora-investigadora iniciou a implementação do projeto com a aplicação de uma ficha de trabalho (Anexo C III), de forma a selecionar as questões propostas pelos alunos com mais interesse, como introdutórias ao projeto.

A planificação inicial foi conduzida tendo por base a questão central selecionada pelos alunos como mais interessante: “Como será construído o edifício da nova escola?”.

Os alunos, com a docente de Ciências Físico-Químicas, acompanharam semanalmente a construção da escola fazendo um debate sobre as fases de construção dos novos edifícios, interpretação e registo fotográfico.



[1] Fotografias das etapas de construção dos edifícios escolares, captadas durante a implementação do projeto, desde as fundações até à edificação da estrutura.

Tratando-se de uma perspectiva ligada aos interesses quotidianos e pessoais dos alunos, socialmente e culturalmente contextualizada, o acompanhamento da construção da nova escola revelou ser geradora de motivação e entusiasmo.

A discussão, em torno das etapas de construção dos novos edifícios escolares, desenvolveu-se partindo da abordagem ao ensaio SPT (realizado no ano letivo anterior), a elaboração do projeto e a realização das escavações para as fundações dos edifícios.

Os alunos, em grupo, começam a organizar as suas ideias e a levantarem questões (temas de aprendizagem), sobre aspetos do problema que não compreenderam.

Os alunos são permanentemente encorajados a definir o que sabem e o que não sabem. Atendendo à reduzida faixa etária e às dificuldades que surgiram ao pesquisarem sobre o assunto, a professora investigadora orientou os alunos na pesquisa, discutindo os recursos necessários e as fontes de pesquisa para investigar os temas de aprendizagem e esclarecendo os alunos nas dificuldades sentidas.

Assim, durante a fase das escavações do solo para a construção dos novos edifícios escolares, os alunos deparam-se com o problema: “Como estabilizar o solo em escavações para a construção de edifícios?”

Os alunos, em grupo, recorrendo a pesquisa por internet e com o apoio da docente de Ciências Físico-Químicas abordaram, de forma simplificada, a tecnologia utilizada para a estabilização do solo em escavações para a construção de edifícios. A pesquisa abrangeu o tipo de produtos existentes no mercado, as empresas que os comercializam, modo de preparação, modo de atuação, implicações ambientais (poluição do solo e da água) e os efeitos adversos na saúde humana e nos ecossistemas.

A pesquisa envolveu ainda outras variáveis propostas pelos discentes que pudessem contribuir para o conhecimento real da situação e enquadramento científico da questão: “Como estabilizar o solo em escavações para a construção de edifícios?”

Por sugestão da professora investigadora, os alunos em grupo discutiram e selecionaram, entre os materiais encontrados na pesquisa, aquele que julgaram ser o mais indicado para a estabilização de solos na construção de edifícios, tendo em conta os custos, os benefícios, as implicações ambientais e outros parâmetros sugeridos pelos discentes. Os alunos, após sintetizar a opinião do grupo, selecionam um porta-voz e fizeram uma apresentação oral.

Após a reflexão é formulada a resposta à questão “Como estabilizar o solo em escavações para a construção de edifícios?” onde é feita referência à execução de escavações utilizadas para a construção dos novos edifícios escolares e à possibilidade da aplicação de diferentes materiais: bentonite e polímero.

A pesquisa efetuada pelos alunos teve continuidade nas aulas de Ciências Naturais. A docente solicitou aos alunos que dessem continuidade à pesquisa efetuada anteriormente nas aulas de Ciências Físico-Químicas, devendo abordar os seguintes tópicos (Anexo C V):

- a) Conceito de Sustentabilidade e/ou Desenvolvimento Sustentável;
- b) Conceito de Biodiversidade;
- c) Importância da Sustentabilidade para a preservação da Biodiversidade;
- d) Conceito de Poluição e/ou Degradação Ambiental (Poluição do solo e água);
- e) Importância da tomada de decisões na opção da tecnologia a utilizar nas escavações para a construção de edifícios;
- f) Efeitos da Poluição no crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais, principalmente espécies mais sensíveis aos diferentes fatores, como, o pH do solo, quantidade de água do mesmo e toxicidade;
- g) Caracterizar a espécie mirtilo (cultivada em grande escala na região envolvente da escola) no que se refere às suas exigências em termos ambientais:
 - Solo
 - Clima
 - Água
- h) Concluir à acerca da importância de preservar o ambiente.

Os alunos, com a docente de Ciências Naturais, abordam a utilização de produtos ambientalmente inócuos (polímero), tendo como principal preocupação proteger e conservar a natureza. É feita uma abordagem aos problemas ambientais, causados pela bentonite, no tocante à poluição da água e dos solos, e aos possíveis efeitos nefastos para o ecossistema, principalmente junto de espécies sensíveis. É abordada, em forma de debate na aula de Formação Cívica, a importância de preservar as espécies ambientalmente sensíveis, dos quais se destaca o mirtilo (*Vaccinium corymbosum*).

O mirtilo é um fruto com que os alunos estão familiarizados. Segundo o livro “Mirtilo – guia de boas práticas para a produção, promoção e comercialização” [4:8], a

região envolvente à escola possui a maior área de produção de mirtilo a nível nacional. Esta atividade tem-se revelado fundamental para a diversificação do sector agrícola e para a dinamização da economia local, tornando-se uma verdadeira alternativa à agricultura tradicional e uma importante fonte de rendimento para as famílias que cultivam o minifúndio. A região reúne as condições ideais associadas às características do solo, do microclima e da disponibilidade da água atestadas na década de 90 pela Fundação Lockorn (Holanda) [4:8].

Para incentivar a proteção desta espécie, os alunos na disciplina de Educação Visual realizaram um projeto artístico (Anexo C IX). O projeto consistiu na construção de uma mascote do mirtilo que foi utilizada posteriormente na Feira do Mirtilo da região em 2011.



[2] Mascote do mirtilo elaborada pelos alunos na disciplina de Educação Visual.

A docente de Ciências Físico-Químicas solicitou aos discentes que selecionassem e pesquisassem uma indústria que executasse as escavações. Os alunos selecionaram a empresa responsável pela construção dos novos edifícios da escola.

Os alunos foram incentivados a descobrir mais sobre os produtos utilizados na estabilização de solos, nomeadamente a bentonite e os polímeros.

Tendo em consideração os conteúdos lecionados na disciplina de Ciências Físico-Químicas (ácido-base), os alunos em grupo (cada grupo constituído por 4 discentes), exploraram o modo de preparação e atuação polímeros através da realização da atividade laboratorial “Como estabilizar o solo para a construção de edifícios?” (Anexo C IV).




[3] Fotografias da atividade laboratorial.

A pesquisa realizada pelos alunos durante o mês de Janeiro e Fevereiro e as suas reflexões, culminaram num trabalho realizado em PowerPoint (anexo C VI) onde é abordado o tema “Construção de edifícios” tendo em consideração a planificação e fases da construção dos edifícios da escola, com o respetivo registo fotográfico semanal.

Este trabalho foi executado com os materiais resultantes da pesquisa realizada pelos alunos em Ciências Físico-Químicas, Ciências Naturais e em Formação Cívica e foi desenvolvido com as docentes de Estudo Acompanhado (docente de Língua Portuguesa e docente de Tecnologias da Informação e da Comunicação).


Construção de Edifícios



1ª Fase - Ensaio SPT


Objectivo:
Caracterização do solo

(Para a construção da nova escola o ensaio SPT decorreu no ano lectivo 2009/2010).




2ª Fase - Planeamento do Projecto

Fazer a maquete



Escavação simples



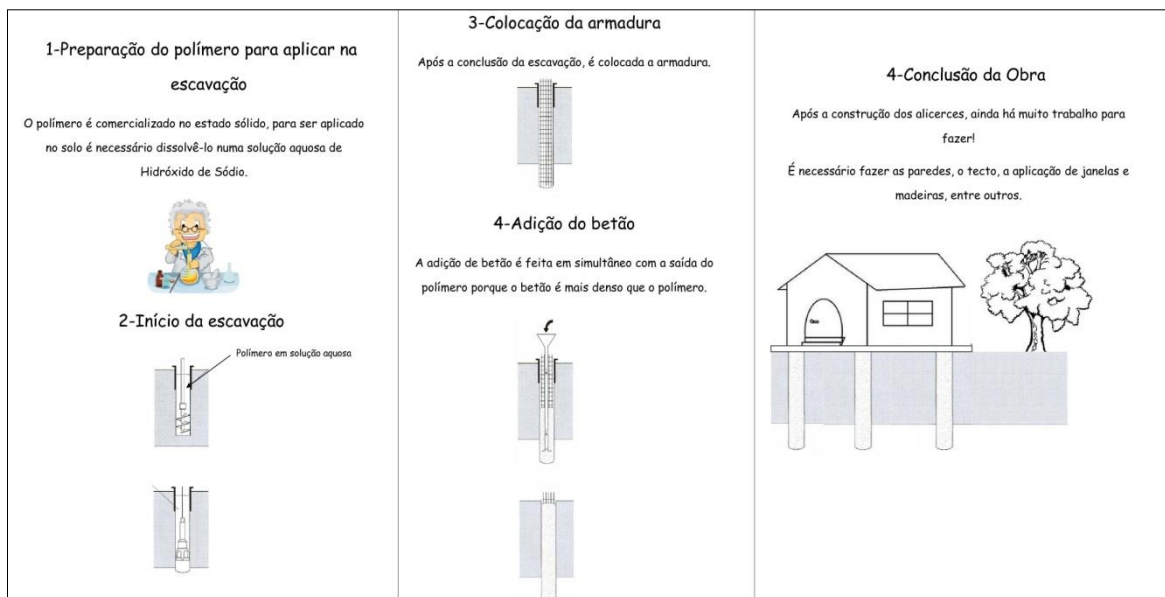
4ª Fase - Construção das Paredes



[4] Extratos do PowerPoint elaborado pelos alunos.

Com a ajuda da docente de Ciências Físico-Químicas os alunos elaboraram o placar (anexo C VI) “Etapas da construção de um edifício com a utilização de polímeros para estabilizar o solo das escavações”. A elaboração do placar consistiu na pesquisa de imagens na internet sobre as etapas da construção de um edifício e posterior organização da informação.

ETAPAS DA CONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO COM A UTILIZAÇÃO DE POLÍMEROS PARA ESTABILIZAR O SOLO DAS ESCAVAÇÕES.



[5] Placar elaborado pelos alunos sobre as etapas de construção de edifícios (imagens utilizadas obtidas por pesquisa na internet).

Os trabalhos elaborados pelos alunos foram expostos nos dias da Ciências que decorreu de 10 a 11 de Março de 2011 da responsabilidade do Departamento de Matemática e Ciências Experimentais.

Os trabalhos dos alunos foram enquadrados no tema: Novos materiais (polímeros). Este tema foi direcionado para o 8º ano de escolaridade e permitiu que diversos alunos da escola preparassem polímero para estabilizar o solo das escavações.

Todos os alunos do 8º ano de escolaridade da escola foram convidados a participar ativamente na aventura científica: “Novos materiais (polímeros)” que se realizou no laboratório de Química da escola. Esta atividade proporcionou uma abordagem estimulante e inovadora dos seguintes conteúdos programáticos:

- a) As soluções e o seu carácter ácido, básico e neutro;
- b) O pH das soluções aquosas;
- c) Os recursos naturais e a sustentabilidade.

A atividade promoveu o contacto com a experimentação científica e a aquisição de conhecimentos, numa área emergente da Química no mundo atual (polímeros), contextualizada a partir da construção dos novos edifícios da escola.

Os alunos do 8º ano de escolaridade tiveram a oportunidade de colocarem em prática os saberes adquiridos, num ambiente extra-aula, de forma contextualizada e integradora do saber, tendo-se aplicado os saberes adquiridos, num contexto real.



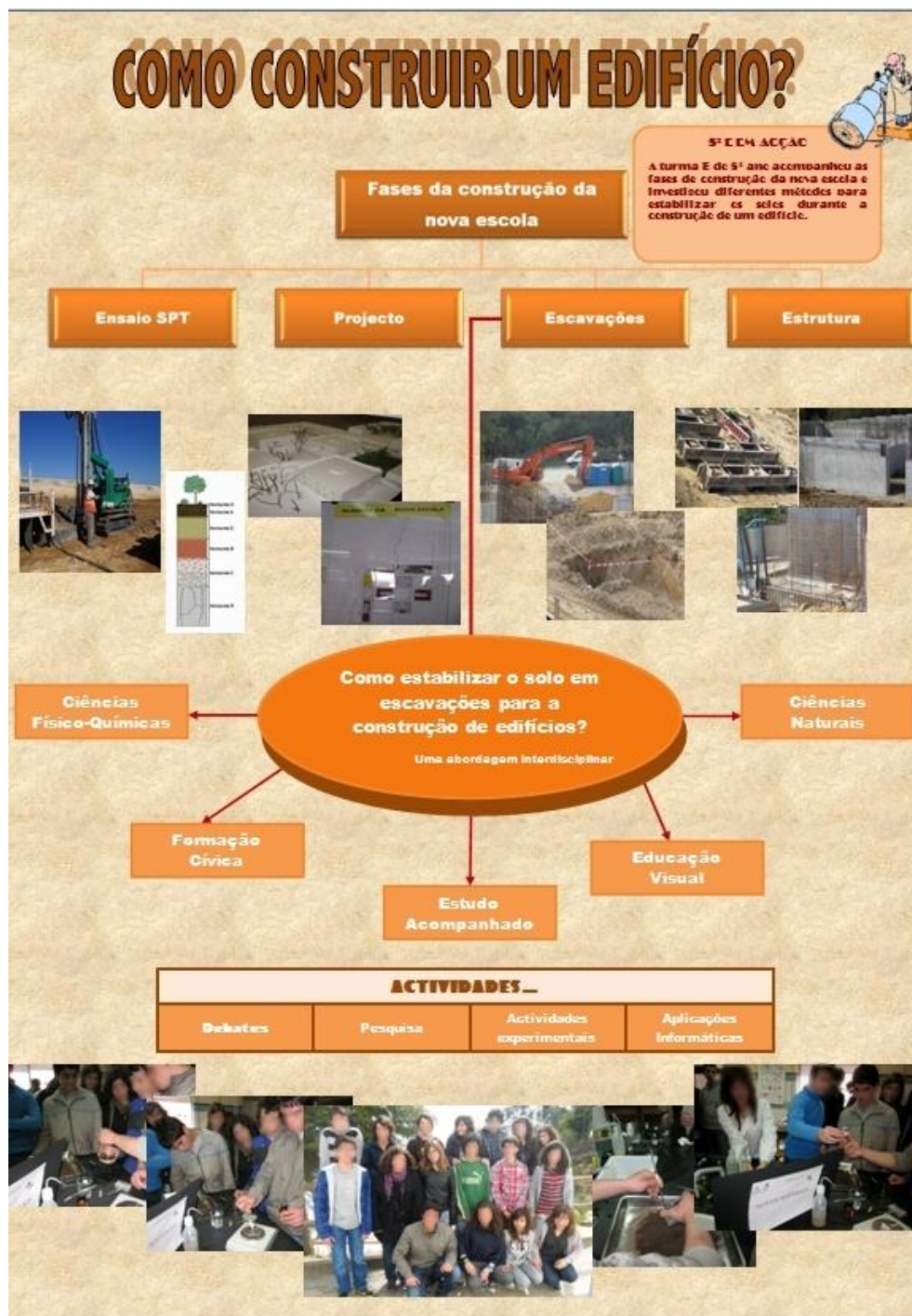
[6] Fotografias do Dia das Ciências – atividade ”Novos materiais (polímeros)”.

Os alunos da turma alvo do estudo continuaram a acompanhar a construção do edifício da nova escola até ao final do 3º Período.

A pesquisa realizada pelos alunos durante a implementação do projeto culminou num trabalho realizado em póster “Como construir um edifício?” (Anexo C VI). O póster contempla a planificação e fases da construção dos novos edifícios escolares com o respetivo registo fotográfico semanal da evolução da obra acompanhada pelos alunos.

Este trabalho foi executado com os materiais resultantes da pesquisa realizada pelos alunos em Ciências Físico-Químicas, Ciências Naturais, Educação Visual e em Formação Cívica e foi desenvolvido com as docentes de Estudo Acompanhado (docente de Língua Portuguesa e docente de Tecnologias da Informação e da Comunicação).

O póster, realizado em Estudo Acompanhado, ficou em exposição na biblioteca e no átrio da escola e teve como objetivo divulgar as atividades realizadas pelos alunos durante a primeira fase de construção dos novos edifícios escolares.



[7] Póster elaborado pelos alunos em Estudo Acompanhado.

O término da implementação do projeto coincidiu com o fim da primeira fase de construção dos novos edifícios da escola estando prevista a segunda fase no início do ano letivo 2011-12.

A tabela 2 apresenta uma síntese das atividades desenvolvidas, respetiva calendari-zação e áreas curriculares disciplinares e não disciplinares envolvidas no projeto.

Tabela [2] – Atividades desenvolvidas e respetiva calendarização.

Área Curricular/ Intervenientes	Atividade	Competências (O aluno deve ser capaz de:)	Conteúdos Programáticos	Calendarização
CFQ/CN	Informação aos alunos do trabalho a realizar, das disciplinas envolvidas, da participação dos mesmos no projeto de investigação - ação e da metodologia selecionada. Realização da ficha de trabalho.	Reconhecer que a intervenção humana na Terra, ao nível da exploração, transformação e gestão sustentável dos recursos, exige conhecimento científico e tecnológico em diferentes áreas.		1ºP
CFQ	Ácido-base (pré-requisito)	Reconhecer a existência de soluções ácidas, básicas e neutras. Identificar a escala de pH. Identificar o comportamento de alguns indicadores de ácido-base. Reconhecer a importância dos indicadores de ácido-base.	As soluções e o seu carácter ácido, básico ou neutro. O pH das soluções aquosas.	2ºP
CN	Ecosistemas (pré-requisito)	Conhecer as componentes estruturais dos ecossistemas. Compreender a evolução do ecossistema através de diversas etapas de sucessão ecológica. Situá-lo no “quadro” das transformações ambientais causadas pelo Homem.	Evolução dos ecossistemas. Interferência do Homem nos ecossistemas.	2ºP
CFQ	Acompanhamento semanalmente dos alunos na observação da construção dos novos edifícios escolares.			2º P e 3º P
CN/CFQ	Trabalho em grupo: pesquisa orientada acerca dos materiais existentes no mercado para a estabilização dos solos, na construção de edifícios. (Referência à bentonite como um recurso natural e aos polímeros como recurso resultante do progresso científico e tecnológico)	Compreender as implicações do progresso científico e tecnológico na rentabilização dos recursos.	Recursos naturais: utilização e consequências.	2ºP
CN/FQ	Trabalho em grupo (continuação): pesquisa orientada sobre o tipo de produtos existentes no mercado, destinados à estabilização dos solos para a construção de edifícios, quais as empresas que os comercializam, modo de preparação, modo de atuação, implicações ambientais (poluição do solo e da água) e os efeitos adversos na saúde humana e nos ecossistemas na região envolvente à escola com destaque para o arbusto do Mirtilo.	Reconhecer a necessidade de tratamento de materiais residuais para evitar a sua acumulação, considerando as dimensões económicas, ambientais, políticas e éticas. Compreender que o funcionamento dos ecossistemas depende de fenómenos envolvidos, de ciclos de matéria, de fluxos de energia e de atividade de seres vivos, em equilíbrio dinâmico. Conhecer as aplicações da tecnologia na pesquisa de novos materiais. Reconhecer a importância da manutenção da qualidade do ambiente.	Ecosistemas. Interação seres vivos-ambiente. Interferência do Homem nos ecossistemas.	2ºP

Área Curricular/ Intervenientes	Atividade	Competências (O aluno deve ser capaz de:)	Conteúdos Programáticos	Calendarização
FC	Debate: “A importância de preservar as espécies ambientalmente sensíveis”. Seleção, de entre os materiais pesquisados, aquele que julgam ser o mais indicado para aplicar na estabilização do solo na construção de edifícios, tendo em consideração os custos, os benefícios e as implicações ambientais da região.	Apreender a tomar decisões face a assuntos que preocupam as sociedades, tendo em conta fatores ambientais, económicos e sociais. Pesquisar sobre custos, benefícios e riscos das inovações científicas e tecnológicas para os indivíduos, para a sociedade e para o ambiente.	Proteção e conservação da Natureza	2ºP
CFQ	Atividade experimental: “Como estabilizar o solo em escavações para a construção de edifícios?” -Dissolução do polímero numa solução de NaOH (base forte) - Adição do polímero em solução aquosa ao solo	Reconhecer a existência de soluções ácidas, básicas e neutras. Identificar o comportamento de alguns indicadores de ácido-base. Identificar a escala de pH. Reconhecer a importância dos indicadores de ácido-base. Desenvolver competências laboratoriais no manuseamento do material de laboratório e dos produtos químicos utilizados. Reconhecer a importância da tecnologia na proteção e conservação da natureza.	As soluções e o seu carácter ácido, básico ou neutro. O pH das soluções aquosas. Proteção e conservação da Natureza.	2ºP
EA	Realização da aplicação informática “Construção de edifícios” (PowerPoint).	Utilizar as Tecnologias da Informação e da Comunicação.		2ºP
CFQ/EA	Realização de um placar: fases de construção de um edifício.	Utilizar as Tecnologias da Informação e da Comunicação.		2ºP
EV	Realização da mascote do Mirtilo.	Desenvolver a capacidade de produzir formas tridimensionais explorando os efeitos expressivos e plásticos. Desenvolver aptidões e técnicas manuais.	Exploração tridimensional. Construção. Estrutura / Forma.	3ºP
EA	Realização do póster “Como construir um edifício?”	Utilizar as Tecnologias da Informação e da Comunicação.		3ºP
CFQ	Realização da ficha de trabalho. Realização do questionário de opinião.			3ºP

2.5. BALANÇO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

2.5.1. Apresentação dos resultados obtidos com a ficha de trabalho

Seguidamente apresentam-se os resultados da ficha de trabalho (Anexo III) aplicada aos alunos antes e após a implementação do projeto.

2.5.1.1. Resultados obtidos com a ficha de trabalho_Parte I

Questão 1

Relativamente à questão 1 da parte I, solicita-se ao aluno que indique o seu grau de interesse utilizando uma escala de 1 a 5:

1-Muito interessante **2-Interessante** **3-Não tenho opinião**
4-Pouco interessante **5- Nada Interessante**

Pretende-se com a pergunta 1 selecionar a questão mais votada como central do projeto.

A tabela seguinte apresenta os resultados obtidos considerando apenas o grau 1 e/ou 2, isto é, as questões que foram consideradas como interessantes ou muito interessantes.

Tabela [3] – Seleção das questões mais interessantes propostas pelos alunos.

	Antes		Após	
	Nº alunos	%	Nº alunos	%
(A) Como será construído o edifício da nova escola?	15	94%	16	100%
(B) Quais as profissões necessárias para construir um edifício?	10	63%	16	100%
(C) Quais os materiais necessários para construir um edifício?	13	81%	16	100%
(D) A construção de um edifício pode ser prejudicial para o meio ambiente?	9	56%	16	100%
(E) A construção de edifícios, pontes e túneis poderá prejudicar a produção de mirtilos?	12	75%	16	100%
(F) Quais as condições ideais para produzir mirtilos em Sever do Vouga?	11	69%	15	94%
(G) Quais os problemas ambientais que poderão afetar a produção de mirtilos em Sever do Vouga?	14	88%	16	100%
(H) Quais os fatores que poderão contribuir para a poluição da água e do solo na região de Sever do Vouga?	12	75%	16	100%

Resultados

Antes da aplicação do projeto as questões mais selecionadas como interessante ou muito interessante foram a questão A – “Como será construído o edifício da nova escola?” (94%) e a questão G – “Quais os problemas ambientais que poderão afetar a produção de mirtilos em Sever do Vouga?” (88%).

Assim, a questão A foi selecionada como questão central do projeto, no entanto os problemas ambientais que poderão afetar a produção de mirtilos na região também foi alvo de reflexão durante a implementação do projeto.

As questões selecionadas estão relacionadas com a construção da nova escola (tema muito discutido no âmbito escolar) e sobre os problemas ambientais que poderão afetar a produção de mirtilos (atividade agrícola amplamente conhecida pelos alunos e que contribui como fonte de rendimento de alguns agregados familiares).

Após aplicação do projeto os alunos continuaram a selecionar como interessante ou muito interessante a questão A (100%).

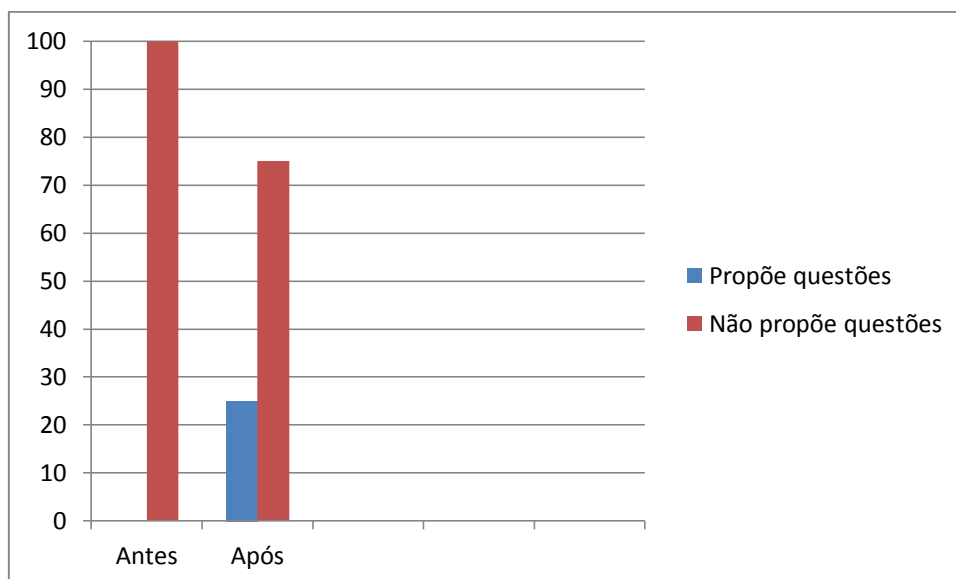
No entanto, houve um aumento significativo de interesse relativamente a todas as outras questões.

Uma possível justificação poderá ser o fato de que, apesar da questão central do estudo ter sido a construção da nova escola, todas as outras questões também foram abordadas superficialmente, tendo servido como motivação e aumento de interesse.

Acresce ainda o facto da implementação do projeto ter terminado quando o Programa de Modernização do Parque Escola estava incompleto o que poderá ter contribuído para um aumento da curiosidade relativamente a algumas questões selecionadas com o tema em estudo.

Questão 2

Na questão 2 da parte I pergunta-se ao aluno se ele gostaria de ver discutidas outras questões. Pretende-se conhecer o interesse dos alunos relativamente a outras questões que gostariam que fossem abordadas durante a implementação do projeto.



[1] Número de questões que os alunos gostariam de ver discutidas (em porcentagem).

Resultados

Verifica-se um aumento no número de questões colocadas pelos alunos após a implementação do estudo.

Uma possível explicação poderá ser o fato de que, embora o tema tenha sido trabalhado em várias disciplinas e durante os dois últimos períodos escolares, devido à abrangência do tópico abordado, é muito difícil abordar todos os detalhes que envolvem a construção de edifícios. Assim, o conhecimento que os alunos foram adquirindo ao longo do tempo, levou a outras questões que gostariam de obter resposta, como por exemplo “Como será a tecnologia da escola do futuro?” ou “Que quantidade de bentonite é necessária para levar à morte o arbusto mirtilo?”.

É importante salientar que só foram validadas as questões relativas a 4 alunos, no entanto, houve mais alunos a colocarem outras questões que refletem a curiosidade dos alunos em relação à escola: custo da nova escola, design do pavilhão desportivo, cor da pintura das paredes, etc.

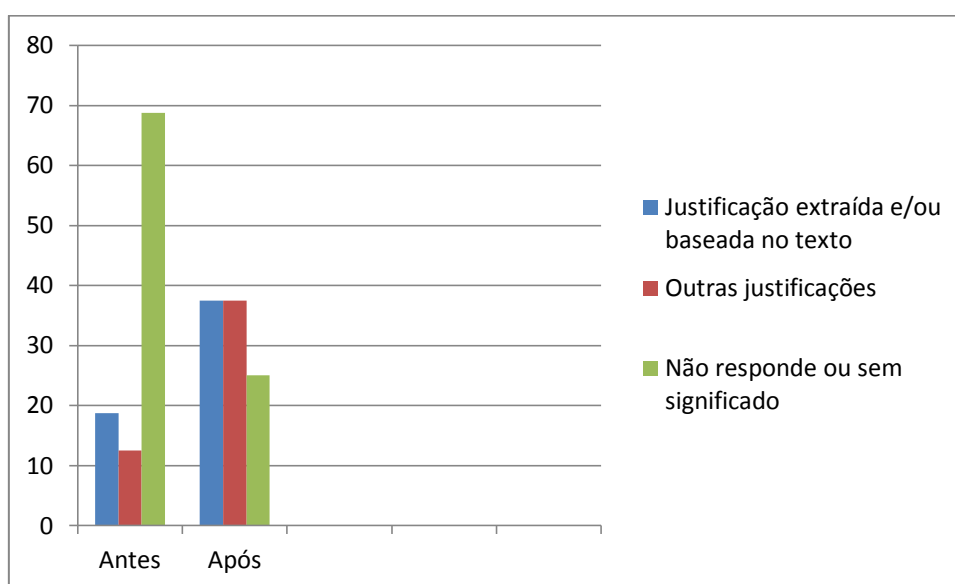
De fato, o término da implementação do projeto coincidiu com o fim da construção da primeira fase do edifício, estando prevista a segunda fase para o ano letivo 2011-12. Assim, no final do 3º Período ainda havia muita curiosidade, por parte dos alunos, sobre a aparência final dos novos edifícios escolares.

2.5.1.2. Resultados obtidos com a ficha de trabalho_Parte II

Questão 1

Na Parte II pede-se para justificar em que medida a afirmação: “A investigação científica e tecnológica pode ajudar na pesquisa de soluções para melhorar a qualidade do ambiente”, estava de acordo com o texto transcrito. Pretende-se avaliar a competência científica do aluno analisando se este consegue justificar a afirmação e acrescenta algo de novo para além dos argumentos do texto.

O gráfico seguinte apresenta os resultados.



[2] Classificação das respostas dos alunos à questão 1 (em percentagem).

Resultados

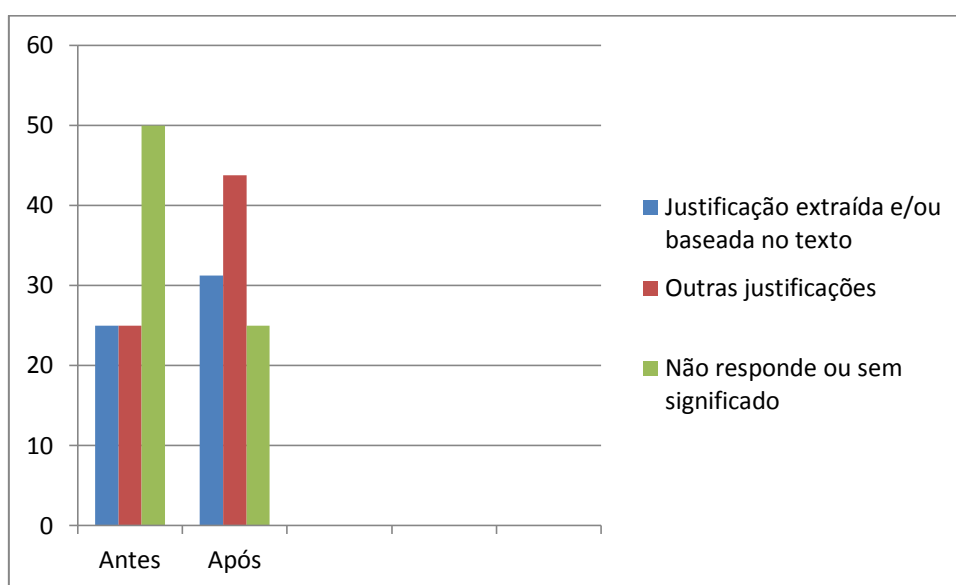
Verifica-se que após a implementação do projeto, o número de alunos que não responde ou apresenta respostas sem significado desce drasticamente, passando de 69% para 25%.

Existe também um aumento de outras justificações para além da informação contemplada no texto, passando de 12,5% para 37,5%. Este aumento poderá indicar que estes alunos adquiriram, após a implementação do projeto, uma opinião própria sobre a questão solicitada, traduzindo-se num aumento da competência científica dos alunos.

Questão 2

Relativamente à questão 2, solicita-se aos alunos que exprimissem a sua opinião sobre a aparente contradição de que “a nova cidade” terá “tecnologias que melhoram a qualidade de vida”, tendo em consideração que geralmente se associa a edificação de cidades à degradação do ambiente e, conseqüentemente, à diminuição da qualidade de vida.

Pretende-se com esta questão avaliar a literacia científica através da análise da interpretação do aluno, averiguando se este apresenta uma justificação extraída do texto ou se acrescenta algo de novo.



[3] Classificação das respostas dos alunos à questão 2 (em percentagem).

Resultados

Após a aplicação do projeto verifica-se uma diminuição do número de alunos que não responde e/ou apresenta respostas sem significado.

Existe um número significativo de alunos (31%) que, após implementação do projeto, apresenta justificações extraídas ou baseadas no texto, como por exemplo “O motivo que leva o autor do texto a afirmar é: “laboratório vivo à escala humana”, “edifícios inteligentes, soluções avançadas de mobilidade, transportes e comunicações”, como não vai haver impacto ambiental, melhorará a qualidade de vida e não haverá impacto das estruturas no ambiente””.

Também existe um número considerado de alunos (43,75%) que consegue expressar opinião própria sobre a questão formulada, como por exemplo: “Na minha opinião a

cidade vai melhorar em termos de qualidade de vida por haver transportes e melhor acesso, vai ser mais fácil se mover na cidade e haver mais zonas de comunicação e vai ser feita com tecnologias que não causam impacto ambiental. Como não vai haver impacto ambiental melhora a qualidade de vida”.

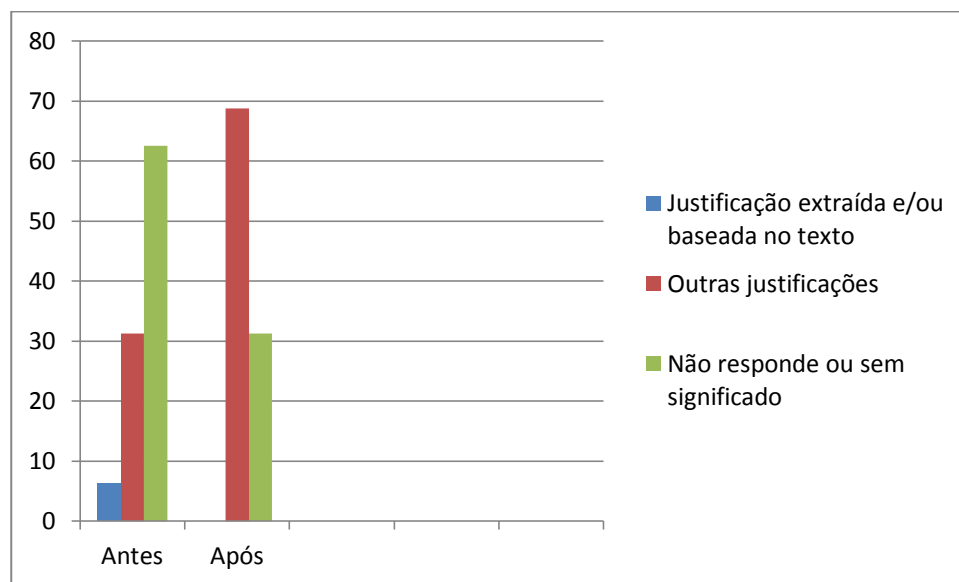
O aumento do número de alunos que consegue responder apresentando uma opinião própria sobre a questão formulada passa de 25% para 43,75%, o que poderá indiciar um aumento da competência científica dos alunos.

Questão 3

Relativamente à questão 3, solicita-se aos alunos que imaginassem que tinham um cargo político na autarquia local e que a empresa Living Planit procurava outra região para implementar uma cidade idêntica à Planit Valley.

Mediante este cenário, pede-se aos alunos que indiquem duas medidas para atrair a implementação do projecto Planit Valley para a região (questão 3.1.1) e que apresentem duas vantagens e duas desvantagens da implementação do projecto (questão 3.1.2).

Pretende-se com a questão 3 (3.1.1 e 3.1.2) aferir se os alunos adquiriram competências direccionadas para atitudes potenciadoras do desenvolvimento sustentável e avaliar a sua literacia científica.



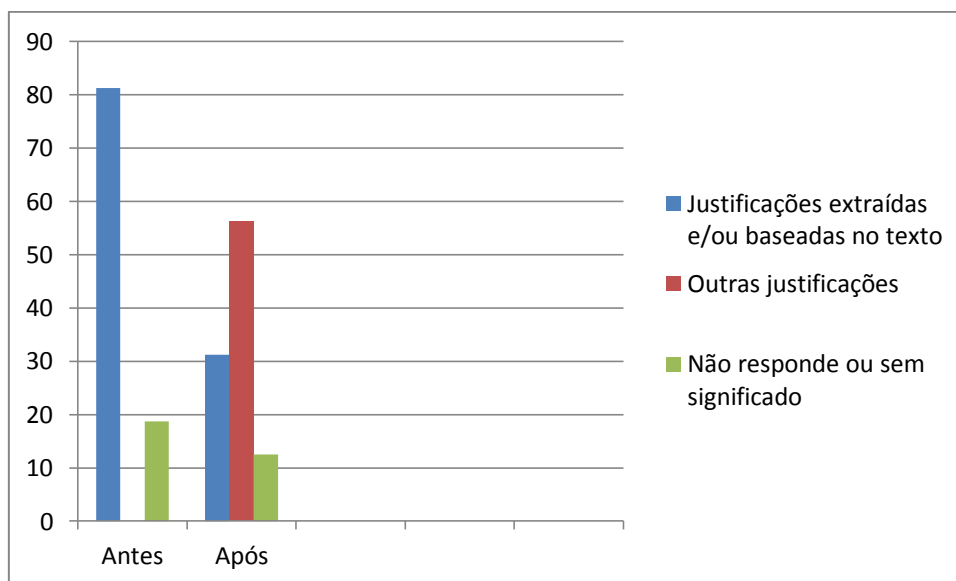
[4] Classificação das respostas dos alunos à questão 3.1.1 (em percentagem).

Resultados

Salienta-se o facto do número de alunos que apresentam outras justificações para além das extraídas e/ou baseadas no texto terem aumentado de 31,25% para 68,75%, como por exemplo “As duas medidas são: criar linhas de comboio e construção de universidades para ajudar a formação das pessoas”.

Salienta-se ainda o facto de alguns alunos apontarem soluções relacionadas com a sustentabilidade como forma de atrair novos projetos para a região, como por exemplo “... aumentar o número de transportes públicos para reduzir a emissão de CO₂”, “...investir em parques desportivos e espaços verdes”. Alguns destes alunos destacam ainda aspetos relacionados com as características da região, como por exemplo “...a criação de novos terrenos de mirtilos para atrair mais moradores e mais trabalhadores e a criação de uma praia fluvial para atrair mais turismo”; “...Sever do Vouga é a capital do mirtilo e precisamos de uma cidade que não seja poluente”; “O solo é ótimo para a plantação de mirtilos e por isso não pode ser poluído e tem muitos espaços verdes que permitem atrair a população”; “... investir em novas técnicas agrícolas”.

Esta situação poderá indiciar que os alunos adquiriram uma opinião própria sobre os assuntos alvo do estudado, nomeadamente no tocante a apreender a tomar decisões face a assuntos que preocupam as sociedades, tendo em conta fatores ambientais, económicos e sociais.



[5] Classificação das respostas dos alunos à questão 3.1.2 (em percentagem).

Resultados

Antes da aplicação do projeto, a turma apresentava 81,25% de respostas aceitáveis extraída e/ou baseada no texto. Após a aplicação do projeto a margem de respostas aceitáveis aumenta ligeiramente para 87,5% dos quais 56,25% são respostas com outras justificações sem ser obtidas com base no texto, como por exemplo “Vantagens: teremos mais turismo e com isso mais rendimento/ Desvantagens: cortar árvores e algumas espécies poderão morrer”.

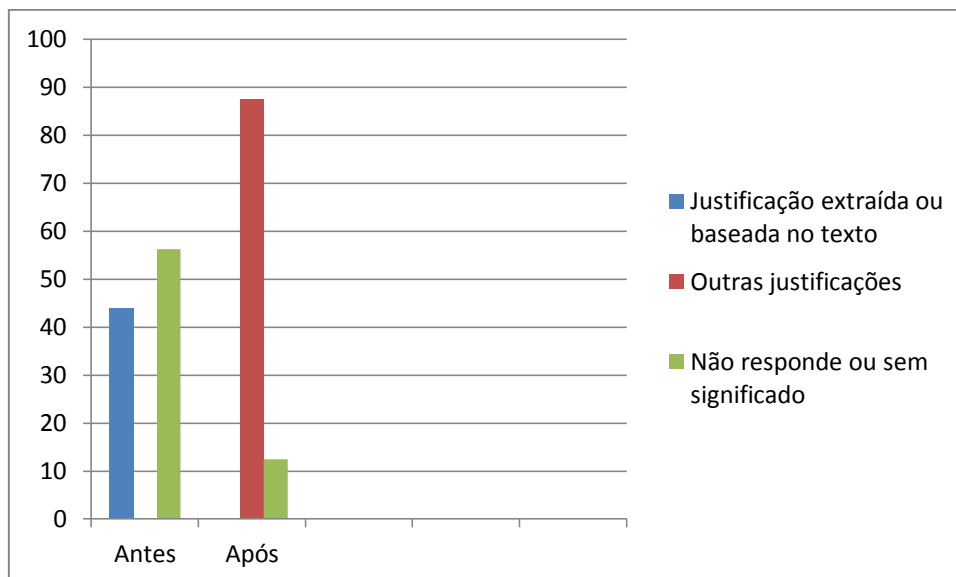
Esta situação poderá indicar que após a aplicação do projeto os alunos adquiriram competências que os permite ter uma opinião própria sobre os custos, benefícios e riscos das inovações científicas e tecnológicas para os indivíduos, para a sociedade e para o ambiente.

A análise às respostas da questão 3 (3.1.1 e 3.1.2) poderá indicar que os alunos adquiriram competências direcionadas para atitudes potenciadoras do desenvolvimento sustentável e um aumento da literacia científica.

Ainda relativamente à questão 3, solicita-se aos discentes que assumam o papel político de autarca da região. Faz-se referência à intenção da empresa Living Planit decidir implementar a cidade Planit Valley na região. Assim, solicita-se aos alunos (autarcas da região) que indiquem duas sugestões para otimizar a implementação do projecto Planit Valley na região (questão 3.2.1) e duas exigências à empresa que gere o projeto Planit Valley de forma a defender o interesse local e dos seus habitantes (questão 3.2.2).

As sugestões e as exigências seriam discutidas numa primeira reunião com Steve Lewis, presidente da empresa que iria gerir a cidade tecnológica.

Pretende-se com a questão 3 (3.2.1 e 3.2.2) aferir se os alunos adquiriram competências direcionadas para atitudes potenciadoras do desenvolvimento sustentável e avaliar a sua literacia científica.



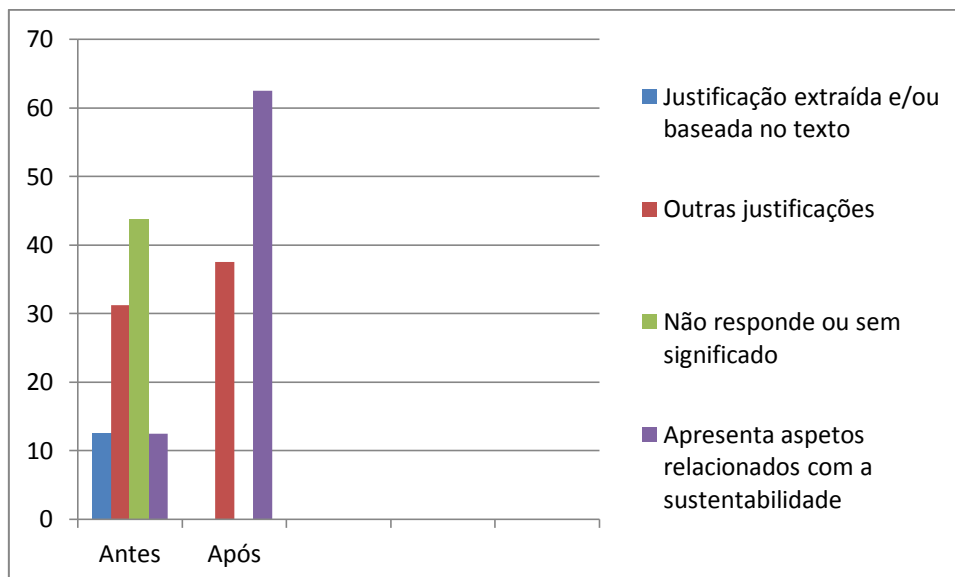
[6] Classificação das respostas dos alunos à questão 3.2.1 (em porcentagem).

Resultados

Antes da aplicação do projeto, os alunos da turma apresentaram 43,75% de respostas aceitáveis extraída e/ou baseada no texto. Após a aplicação do projeto a margem de respostas aceitáveis com outras justificações sem ser obtidas com base no texto aumenta acentuadamente para 87,5%.

Das respostas aceites, destaca-se após a implementação do projeto, que grande parte dos alunos aposta no investimento de energias alternativas/renováveis como forma de otimizar a implementação do projeto na região. Outros alunos destacam, ao nível energético, soluções relacionadas com as características da região, como por exemplo “Utilizar a energia da barragem local...”. Os alunos que nas suas respostas abordam materiais de construção, optam pela utilização dos materiais reciclados/recicláveis, como por exemplo “Usar materiais reciclados para reduzir custos”; “Apostar em materiais que não danifiquem o ambiente, construir a cidade com matérias recicláveis”.

Esta situação indicia que após a aplicação do projeto os alunos adquiriram conhecimentos que os permite ter uma opinião própria sobre o assunto abordado.



[7] Classificação das respostas dos alunos à questão 3.2.2 (em porcentagem).

Resultados

Antes da aplicação do projeto, os alunos da turma apresentavam apenas 12,5% de respostas que contemplam aspectos relacionados com a sustentabilidade. Após a aplicação do projeto esta margem aumenta para 62,5%. Esta situação poderá indicar que após a aplicação do projeto os alunos adquiriram competências direcionadas para atitudes potenciadoras do desenvolvimento sustentável, tendo algumas das respostas demonstrado a preocupação pela preservação do arbusto de mirtilo, como por exemplo “Não destruir os campos de mirtilos e construir um parque urbano”.

A análise às respostas da questão 3 (3.2.1 e 3.2.2) poderá indicar que os alunos adquiriram competências direcionadas para atitudes potenciadoras do desenvolvimento sustentável e um aumento da literacia científica.

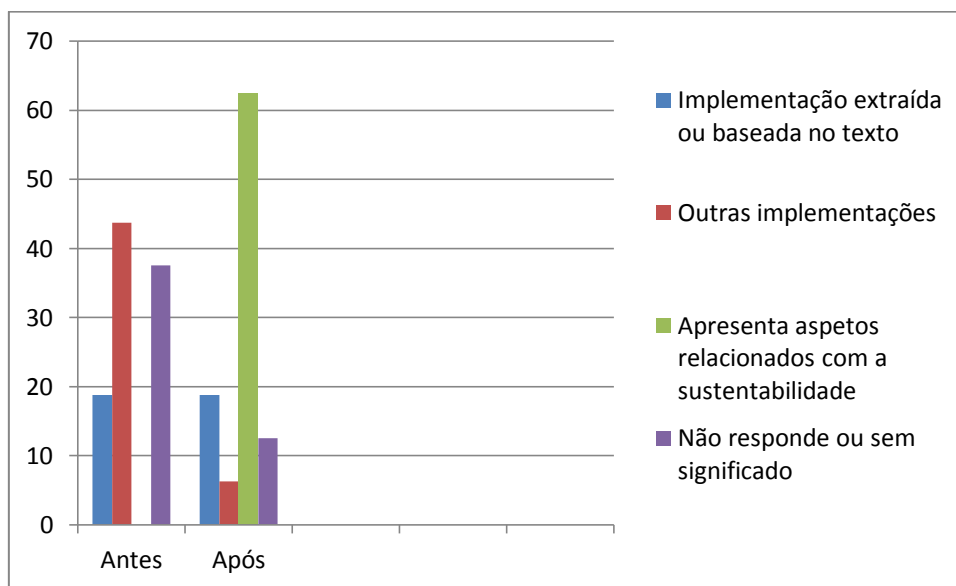
Questão 4

Relativamente à questão 4 solicita-se aos alunos que, utilizando palavras e/ou esquemas, descrevessem a implementação da cidade Planit Valley na região, fazendo referência a:

- Localização
- Infraestruturas e vias de comunicação (sistemas sanitários, de energia, de transportes e de comunicação)
- Projeto

- Serviços, etc.

Pretende-se com a questão 4 aferir se os alunos adquiriram competências direcionadas para atitudes potenciadoras do desenvolvimento sustentável.



[8] Classificação dos projetos dos alunos à questão 4 (em percentagem).

Resultados

Após a aplicação do estudo existe um aumento considerável de projetos apresentados pelos alunos que focam aspetos relacionados com a sustentabilidade (de 0% para 62,5%), como por exemplo a introdução de “... energias renováveis para não poluir o ambiente e poupar os recursos naturais, transportes ecológicos, ciclovias, ETAR...”.

Esta análise poderá levar-nos a concluir que as estratégias desenvolvidas durante a aplicação do estudo contribuirão para o desenvolvimento de competências direcionadas para atitudes potenciadoras do desenvolvimento sustentável.

2.5.2. Apresentação dos resultados da ficha de trabalho laboratorial

Os registos efetuados pelos alunos durante a atividade laboratorial “Como estabilizar o solo em escavações para a construção de edifícios?”, cujo protocolo encontra-se no Anexo C IV, foram analisados pela professora-investigadora de forma a avaliar o seu conteúdo.

Seguidamente encontram-se a avaliação dos registos, questionário e pesquisa efetuada por cada um dos grupos de trabalho.

Registos

Relativamente aos registos, solicita-se aos alunos que registassem a cor do papel indicador e o pH da água inicial e após a adição da solução de Hidróxido de Sódio.

Tabela [4] – Cotação dos registos por grupo de trabalho.

Cotação (15%)	
Grupo I	15
Grupo II	15
Grupo III	0
Grupo IV	15

Questionário

O questionário pretende quantificar a aprendizagem efetuada por cada grupo de trabalho dos conteúdos programáticos do pH das soluções aquosas e o seu carácter ácido, básico ou neutro.

O questionário é composto por 4 questões.

- **Questão 1**
Na questão 1 solicita-se aos alunos que identifiquem o carácter químico da solução aquosa de Hidróxido de Sódio.
- **Questão 2**
Na questão 2 solicita-se aos alunos que identifiquem uma alternativa à utilização do Papel Indicador Universal para determinar o pH de uma solução.
- **Questão 3**
Na questão 3 solicita-se aos alunos que indiquem qual a finalidade de se dissolver o polímero numa solução aquosa de Hidróxido de Sódio.
- **Questão 4**

A questão 4 é composta por 5 afirmações sobre o pH das soluções aquosas e o seu carácter ácido, básico ou neutro. Solicita-se aos alunos que indiquem se as afirmações são verdadeiras ou falsas.

A tabela seguinte resume a cotação atribuída a cada questão respondida pelos grupos de trabalho.

Tabela [5] – Cotações do questionário respondido pelos grupos de trabalho.

		Questões (35%)			
		Questão 1 (5%)	Questão 2 (10%)	Questão 3 (10%)	Questão 4 (10%)
Grupo	Grupo I	5	10	10	10
	Grupo II	5	10	10	10
	Grupo III	0	0	0	0
	Grupo IV	5	10	10	10

Pesquisa

A pesquisa foi previamente preparada pelos grupos de trabalho e é composta por 5 tópicos. Estes abordam aspetos relacionados com a caracterização da região e a importância da tecnologia na preservação e conservação da natureza durante o processo de estabilização dos solos em fundações, para a construção de edifícios.

- Tópico de pesquisa 1
No primeiro tópico de pesquisa solicita-se aos alunos que identifiquem os recursos naturais da sua região, fazendo um estudo pormenorizado de cada um deles.
- Tópico de pesquisa 2
No segundo tópico de pesquisa solicita-se aos alunos que caracterizem a espécie mirtilo (cultivada em grande escala na região) no que se refere às suas exigências em termos ambientais: solo, clima e água.
- Tópico de pesquisa 3

No terceiro tópico de pesquisa solicita-se aos alunos que identifiquem os efeitos da poluição no crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais, nomeadamente do mirtilo, sensível aos diferentes fatores, como, o pH do solo, quantidade de água e toxicidade.

- Tópico de pesquisa 4

No quarto tópico de pesquisa solicita-se aos alunos que refiram a importância da tomada de decisões na opção da tecnologia a utilizar nas escavações para a construção de edifícios.

- Tópico de pesquisa 5

No quinto tópico de pesquisa solicita-se aos alunos que refiram qual a importância da utilização da tecnologia no fabrico de produtos amigos do ambiente para proteger e conservar a natureza.

A tabela seguinte resume a cotação atribuída a cada tópico de pesquisa elaborada pelos grupos de trabalho.

Tabela [6] – Cotações da pesquisa elaborada pelos grupos de trabalho.

Pesquisa (50%)						
	Tópico 1 (10%)	Tópico 2 (10%)	Tópico 3 (10%)	Tópico 4 (10%)	Tópico 5 (10%)	
Grupo I	10	6,5	7,5	10	10	
Grupo II	10	10	7,5	10	10	
Grupo III	10	10	7,5	10	10	
Grupo IV	10	10	7,5	10	7,5	

De uma forma geral os alunos não revelaram dificuldades na realização da atividade laboratorial. Dos quatro grupos de trabalho, três grupos obtiveram uma classificação superior a 90% (97,5%, 95% e 94%) e um grupo obteve classificação inferior a 50%

(47,5%). Este grupo, apesar de ter realizado a atividade laboratorial, devido a falhas na organização do trabalho, apenas respondeu à pesquisa.

De uma forma geral, os alunos mostraram-se motivados e interessados no trabalho proposto. Trabalharam em grupo na realização da atividade laboratorial, registo de observações, na interpretação da informação e na pesquisa.

2.5.3. Apresentação dos resultados obtidos com o trabalho de pesquisa

Sob a responsabilidade da professora de Ciências Naturais, os alunos em grupo realizaram o trabalho de pesquisa. Este trabalho é a compilação num trabalho único da pesquisa elaborada até à data pelos alunos, que decorreu nas aulas de Ciências Físico-Químicas e nas aulas de Ciências Naturais.

Seguidamente, encontram-se os tópicos de pesquisa (Anexo C V) solicitados aos alunos e uma síntese dos principais aspetos abordados por estes, com o apoio dos docentes.

- Tópico de pesquisa: Conceito de Sustentabilidade e/ou Desenvolvimento Sustentável

Neste tópico os alunos abordaram o princípio da sustentabilidade, considerando que este deve ser “ecologicamente correto, economicamente viável, socialmente justo e culturalmente diverso”. Os discentes fizeram ainda referência ao facto de que o “conceito de sustentabilidade deve promover a exploração de áreas ou o uso de recursos, de forma a preservar o equilíbrio entre o ambiente, a comunidade e a biosfera”.

O conceito de desenvolvimento sustentável foi definido como “o desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades”.

Assim, deu-se ênfase aos facto de ser possível atingir “um nível satisfatório de desenvolvimento social e económico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da Terra e preservando as espécies e os habitats naturais”.

- Tópico de pesquisa: Conceito de Biodiversidade

O conceito de biodiversidade foi definido como “a variedade e a variabilidade existente entre os organismos vivos e as complexidades ecológicas nas quais elas ocor-

rem”. Foi feita referência à relação entre biodiversidade e os vários componentes hierárquicos e como esta varia nas diferentes regiões.

- Tópico de pesquisa: Importância da sustentabilidade para a preservação da Biodiversidade

Neste tópico os alunos fizeram referência à relação entre a sustentabilidade e os aspetos económicos, sociais, culturais e ambientais da sociedade humana.

Os alunos destacaram ainda que a “sociedade, os seus membros e as suas economias devem preencher as suas necessidades e expressar o seu maior potencial no presente, e ao mesmo tempo preservar a biodiversidade e os ecossistemas naturais”.

- Tópico de pesquisa: Conceito de Poluição e/ou Degradação Ambiental (Poluição do solo e água)

Neste tópico os alunos definiram os conceitos de poluição como sendo “a libertação de elementos, radiações, vibrações, ruídos e substâncias ou agentes contaminantes num ambiente.”

Para os alunos, o conceito de degradação ambiental “é um processo de degeneração do meio ambiente, onde as alterações biofísicas provocam alterações na fauna e flora naturais, com eventual perda de biodiversidade.”

Neste tópico de pesquisa, os alunos fizeram referência aos poluentes mais frequentes na sociedade e deram alguns exemplos de poluição atmosférica, do solo e da água.

- Tópico de pesquisa: Importância da tomada de decisões na opção da tecnologia a utilizar nas escavações para a construção de edifícios

Neste tópico os alunos fizeram uma breve caracterização dos polímeros e da bentonite relativamente ao impacto ambiental destes produtos na execução de fundações.

Relativamente aos polímeros, os alunos salientam que “a sua utilização em obras possibilita que a construção conquiste o "selo verde"” enquanto que a bentonite “poderá causar consequências nefastas para o ecossistema”.

- Tópico de pesquisa: Efeitos da poluição no crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais, principalmente espécies mais sensíveis aos diferentes fatores, como, o pH do solo, quantidade de água e toxicidade

Neste tópico foram tecidas algumas considerações sobre a necessidade de proteger as espécies ambientalmente sensíveis com destaque para o mirtilo, espécie característica da região.

- Tópico de pesquisa: Caracterizar a espécie MIRTILO (cultivada em grande escala no Conselho de Sever do Vouga) no que se refere às suas exigências em termos ambientais: Solo, Clima e Água

Neste tópico os alunos fizeram uma caracterização exaustiva da espécie mirtilo e dos seus benefícios para a saúde. Procederam à caracterização da região e fizeram referência às exigências ambientais (solo, clima e água) necessárias ao cultivo de mirtilos.

Como conclusão do trabalho de pesquisa os alunos salientaram que na região “o cultivo do Mirtilo é o meio de subsistência de muitas famílias. A manutenção da qualidade do ambiente, nomeadamente do solo e da água deve ser prioritária na região.

A utilização de produtos nefastos para o ambiente, utilizados na construção civil ou em outros sectores de atividade, deve ser alvo de ponderação tendo em conta as repercussões ambientais, sociais e económicas para a região de Sever do Vouga.

As exigências ambientais emergentes no sector da construção civil conduziram à investigação científica e tecnológica de novos materiais não poluentes destinados à estabilização do solo na construção de edifícios.”

Segundo a docente de Ciências Naturais, a cada grupo de trabalho foram atribuídos 2 tópicos para pesquisa, à exceção de um grupo de alunos ao qual foi atribuído 1 tópico e a realização da conclusão do trabalho.

Os alunos não demonstraram dificuldades na elaboração do trabalho de pesquisa, à exceção do grupo de trabalho responsável pela conclusão, que necessitou de um apoio reforçado das docentes de Ciências Físico-Químicas e de Ciências Naturais.

Após a realização da pesquisa de cada tópico, os alunos compilaram toda a informação num trabalho único e apresentaram-no à docente de Ciências Naturais.

2.5.4. Apresentação dos resultados obtidos com o questionário aos alunos

De forma a estimar a opinião dos alunos alvo do estudo em relação à implementação do projeto, foi solicitado a estes que preenchessem, no fim da implementação do projeto, um questionário elaborado para o efeito (Anexo C VII).

Questão 1

A questão 1 é constituída por 4 alíneas (1.1, 1.2, 1.3 e 1.4). Relativamente à questão 1, solicita-se ao aluno que indique o seu grau de concordância utilizando uma escala de 1 a 4:

Escala utilizada:

1- Concordo completamente 2- Concordo 3- Concordo pouco 4- Não concordo

As tabelas seguintes referem o número de alunos e respetiva percentagem que utilizaram o **1** (concordo completamente) ou **2** (concordo) para completar a afirmação.

Na questão 1.1 era solicitado a cada aluno que complete a frase: A abordagem ao subtema “Gestão sustentável dos recursos” em diversas áreas curriculares (CFQ, CN, EV, EA e FC) ajudou-me...

Tabela [7] – Número de alunos e respetiva percentagem que utilizaram o 1 ou o 2 para completar a frase da questão 1.1.

Opções	Concordo completamente ou concordo	
	Nº alunos	%
... a considerar o tema mais interessante	16	100%
... a compreender melhor o tema	16	100%
... a compreender os fenómenos abordados de um modo mais completo	16	100%
... a pensar que o mesmo conhecimento pode ser abordado tendo em consideração os conteúdos lecionados em diversas áreas curriculares	15	94%
... a estar mais motivado nas aulas onde o tema foi abordado	11	69%

Resultados

Os alunos foram unânimes (100%) ao considerarem que a abordagem ao subtema “Gestão sustentável dos recursos” em diversas áreas curriculares ajudou-os a compreender melhor o tema e de uma forma mais completa e interessante.

A maioria dos alunos (94%) considerou que a abordagem ao subtema os ajudou a ter a percepção de que o mesmo conhecimento pode ser abordado tendo em consideração os conteúdos lecionados em diversas áreas curriculares.

Na questão 1.2 era solicitado a cada aluno que complete a frase: A abordagem ao subtema “Gestão sustentável dos recursos” a partir das fases de construção da nova Escola, ajudou-me...

Tabela [8] – Número de alunos e respetiva percentagem que utilizaram o 1 ou o 2 para completar a frase da questão 1.2.

Opções	Concordo completamente ou concordo	
	Nº alunos	%
... a considerar o tema mais interessante	16	100%
... a ter consciência dos problemas que envolvem o meio onde a escola está inserida	16	100%
... a pensar que os problemas do “mundo real” podem ser abordados tendo em consideração os conteúdos lecionados em diversas áreas curriculares	16	100%
... a colocar em prática os saberes adquiridos num ambiente extra-aula	15	94%
... a desenvolver uma perspetiva integradora do saber num contexto extra-aula	15	94%

Resultados

Os alunos foram unânimes (100%) ao considerarem que a abordagem ao subtema “Gestão sustentável dos recursos” a partir das fases de construção da nova escola ajudou-os a considerar o tema mais interessante, a ter consciência dos problemas que envolvem o meio onde a escola está inserida e a pensar que os problemas do “mundo real” podem ser abordados tendo em consideração os conteúdos lecionados em diversas áreas curriculares.

A maioria dos alunos (94%) considerou que a abordagem ao subtema ajudou-os a colocar em prática os saberes adquiridos num ambiente extra-aula e a desenvolver uma perspetiva integradora do saber num contexto extra-aula.

Na questão 1.3 solicitou-se a cada aluno que completa-se a frase: A abordagem ao subtema “Gestão sustentável dos recursos” tendo em consideração a caracterização dos recursos naturais da região onde habito, ajudou-me ...

Tabela [9] – Número de alunos e respetiva percentagem que utilizaram o 1 ou o 2 para completar a frase da questão 1.3.

Opções	Concordo completamente ou concordo	
	Nº alunos	%
... a considerar o tema mais interessante	16	100%
... a compreender melhor o contexto em que se insere a região de Sever do Vouga	15	94%
... a ter consciência dos problemas que envolvem a região onde habito	15	94%
... a pensar que os problemas da região onde habito podem ser abordados tendo em consideração os conteúdos lecionados em diversas áreas curriculares	15	94%
... a adquirir uma perspetiva integradora do saber envolvendo Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente	14	88%

Resultados

Os alunos foram unânimes (100%) ao considerarem que a abordagem ao subtema “Gestão sustentável dos recursos” a partir dos recursos naturais da região onde habitam ajudou-os a considerar o tema mais interessante.

A maioria dos alunos (94%) considerou que a abordagem ao subtema ajudou-os a compreender melhor o contexto em que se insere a sua região, a ter consciência dos problemas que a envolvem e a pensar que os problemas da região podem ser abordados tendo em consideração os conteúdos lecionados em diversas áreas curriculares.

Grande parte dos alunos (88%) considerou que a abordagem ao subtema ajudou-os a adquirir uma perspetiva integradora do saber envolvendo Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

Na questão 1.4 era solicitado a cada aluno que complete a frase: A abordagem ao subtema “Gestão sustentável dos recursos” ajudou-me...

Tabela [10] – Número de alunos e respectiva percentagem que utilizaram o 1 ou o 2 para completar a frase da questão 1.4.

Opções	Concordo completamente ou concordo	
	Nº alunos	%
... a tomar de consciência das limitações dos recursos da Terra, com vista à qualidade de vida	16	100%
... a adquirir hábitos de poupança dos recursos naturais	14	88%
... a reconhecer que a utilização dos recursos pode destruir a qualidade ambiental	16	100%
... a reconhecer o papel da Ciência e da Tecnologia na transformação e utilização dos recursos existentes na Terra	16	100%
... a reconhecer que a intervenção humana na Terra afeta os indivíduos, a sociedade e o ambiente e que coloca questões de natureza social e ética	14	88%
... a compreender as consequências que a utilização dos recursos existentes na Terra tem para os indivíduos, a sociedade e o ambiente	15	94%
... a compreender a importância do conhecimento científico e tecnológico na explicação e resolução de situações que contribuam para a sustentabilidade da vida na Terra	16	100%

Resultados

Os alunos foram unânimes (100%) ao considerarem que a abordagem ao subtema “Gestão sustentável dos recursos” ajudou-os a tomar de consciência das limitações dos recursos da Terra, com vista à qualidade de vida; a reconhecer que a utilização dos recursos pode destruir a qualidade ambiental; a reconhecer o papel da Ciência e da Tecnologia na transformação e utilização dos recursos existentes na Terra e a compreender a importância do conhecimento científico e tecnológico na explicação e resolução de situações que contribuam para a sustentabilidade da vida na Terra.

A maioria dos alunos (94%) considerou que a abordagem ao subtema ajudou-os a compreender as consequências que a utilização dos recursos existentes na Terra tem para os indivíduos, a sociedade e o ambiente.

Grande parte dos alunos (88%) considerou que a abordagem ao subtema ajudou-os a adquirir hábitos de poupança dos recursos naturais e a reconhecer que a intervenção humana na Terra afeta os indivíduos, a sociedade e o ambiente e que coloca questões de natureza social e ética.

Questão 2

Na questão 2 solicitou-se aos alunos que indiquem qual a atividade realizada durante a implementação do projeto que mais gostaram e a que menos gostaram.

Tabela [11] – Respostas, número de alunos que responderam à questão 2 sobre as atividades que mais gostaram e respetiva percentagem relativa.

Resposta (atividade que mais gostaram)	Nº alunos	%
“Acompanhamento semanal da obra”	10	50%
“Trabalhos de grupo”	4	20%
“Trabalhos de pesquisa”	2	10%
“Atividade laboratorial de Ciências Físico-Química”	2	10%
“Aplicações informáticas”	2	10%
Nº de respostas = 20		

Resultados

As atividades preferidas dos alunos (70%) foram o acompanhamento semanal da obra e a realização de trabalhos de grupo.

Tabela [12] – Respostas, número de alunos que responderam à questão 2 sobre as atividades que menos gostaram e respetiva percentagem relativa.

Resposta (atividades que os alunos menos gostaram)	Nº alunos	%
Gostei de tudo	8	50%
Debate	4	25%
Aplicações informáticas	1	6,25%
Devíamos ter ido mais vezes à obra	1	6,25%
Devíamos estar mais tempo a ver a obra	1	6,25%
Não respondeu	1	6,25%
Nº de respostas = 16		

Resultados

Alguns alunos (25%) não gostaram do debate realizado durante a implementação do projeto.

Questão 3

A questão 3 é constituída por 2 alíneas (3.1 e 3.2). Relativamente à questão 3, solicitou-se aos alunos que indicassem o que gostariam que os professores alterassem ou mantivessem numa próxima aplicação do projeto.

Tabela [13] – Respostas, número de alunos que responderam à questão 3.1. e respetiva percentagem relativa.

Exemplos de resposta (sugestões para melhorar a implementação do projeto)	Nº alunos	%
“Acompanhamento da obra com mais frequência ou mais tempo”	9	53%
“Diminuir a quantidade de trabalhos escritos”	2	11,8%
“Reforçar a proteção ambiental dos mirtilos”	1	5,9%
“Não alterava nada”	5	29,4%
Nº de respostas = 17		

Resultados

Metade dos alunos (53%) sugere que o acompanhamento da obra seja mais frequente e/ou durante mais tempo.

Alguns alunos (29,4%) são da opinião que o projeto não deveria sofrer alterações.

Alguns alunos (11,8%) sugerem que o número de trabalhos escritos deveria ser reduzido.

Tabela [14] – Respostas, número de alunos que responderam à questão 3.2. e respetiva percentagem relativa.

Exemplos de respostas (atividades que gostariam de manter)	Nº alunos	%
“Acompanhamento semanal da obra”	8	47%
“Participar em projetos”	3	17,6%
“Abordar o tema em várias disciplinas”	2	11,8%
“Realizar trabalhos de grupo ou de pesquisa”	2	11,8%
“Manter tudo”	2	11,8%
Nº de respostas = 17		

Resultados

A maioria dos alunos (64,6%) é da opinião que se deveria manter o acompanhamento semanal da obra e continuar a participar em projetos.

Questão 4

Na questão 4 solicitou-se aos alunos se consideravam importante a aquisição de conhecimentos da Gestão Sustentável de Recursos para tornar uma sociedade mais justa e mais esclarecida.

Tabela [15] – Respostas, número de alunos que responderam à questão 4. e respetiva percentagem relativa.

Exemplos de resposta	Nº alunos	%
“É importante para protegermos o ambiente.”	6	37,5%
“É importante porque ficamos a conhecer melhor os recursos naturais da nossa região.”	4	25%
“É importante pois ficamos mais conscientes, esclarecidos e informados sobre a gestão sustentável dos recursos.”	4	25%
“É importante para sabermos o estado do planeta e os recursos que temos disponíveis para consumir.”	2	12,5%
Nº de respostas = 16		

Resultados

Os alunos são unânimes (100%) ao considerarem que a aquisição de conhecimentos da Gestão Sustentável de Recursos melhora as competências cívicas.

Questão 5

Na questão 5 solicitava-se aos alunos que sintetizassem a sua opinião sobre a abordagem interdisciplinar ao subtema Gestão Sustentável de Recursos.

Tabela [16] – Respostas, número de alunos que responderam à questão 5. e respetiva percentagem relativa.

Exemplos de resposta	Nº alunos	%
“Adquire-se o mesmo conhecimento com diferentes perspetivas das disciplinas envolvidas.”	3	18,75%
“Com a abordagem interdisciplinar adquirimos mais conhecimentos.”	3	18,75%
“A abordagem interdisciplinar facilita a compreensão do tema.”	3	18,75%
“Gostei da abordagem interdisciplinar.”	3	18,75%
“Gosto da abordagem interdisciplinar porque é mais fácil para estudar. “	2	12,5%
“Gosto da abordagem interdisciplinar com a distribuição de tarefas pelas várias disciplinas.”	1	6,25%
“A abordagem contribuiu para nos lembrarmos das consequências dos nossos atos e assim contribuir para um planeta melhor.”	1	6,25%
Nº de respostas = 16		

Resultados

Os alunos são unânimes (100%) ao considerarem a abordagem indisciplinar benéfica para a sua aprendizagem. Consideram que é vantajoso adquirir o mesmo conhecimento segundo perspectivas diferentes das várias disciplinas, facilitando assim a compreensão e o estudo dos conceitos envolvidos.

2.5.5. Análise da opinião dos docentes à implementação do projeto

Os professores envolvidos no projeto manifestaram a sua opinião num parecer que se encontra em anexo (Anexo C VIII).

É importante destacar o empenho da Diretora de Turma, sempre muito presente e envolvida em todas as fases do projeto. Saliento também a disponibilidade dos restantes professores envolvidos e as suas contribuições para melhorar o projeto.

A diretora de turma realça o benefício de ter trabalhado com entidades extraescolares, salientando para o efeito a partilha de saberes e a divulgação do trabalho realizado. Refere que o projeto em causa “se revestiu de grande interesse, quer para os alunos, que estiveram sempre muito empenhados e colaboradores estando totalmente adequado à faixa etária dos mesmos, quer para os docentes envolvidos, por terem, também estes saído mais enriquecidos, quer pessoal, quer profissionalmente, com o projeto”.

Na opinião da diretora de turma, este projeto devido à originalidade, empenho e curiosidade demonstrada pelos alunos e docentes envolvidos, possibilitou dar resposta a metas importantes delineadas no Projeto Educativo de Agrupamento, nomeadamente, “Continuar a fomentar formas cooperativas de trabalho docente”; “Diversificar metodologias de ensino/aprendizagem”; “Investir na inovação, no sentido de garantir a melhoria das aprendizagens”; “Intensificar a intervenção com o meio”.

A docente de Ciências Naturais e Formação Cívica destacou que o projeto privilegiou o trabalho de grupo, de debate, atividades de síntese e de reflexão crítica, o que contribuiu para que os alunos desenvolvessem uma atitude mais crítica face aos assuntos tratados e assumissem uma postura de preservação do meio ambiente.

A docente refere ainda a importância do estudo de problemas com interesse para os alunos e a possibilidade dos saberes construídos serem transferidos e mobilizados para o seu quotidiano.

A docente salienta o impacto do trabalho na sua atividade letiva destacando “a pertinência dos materiais produzidos com os alunos e restantes docentes e a partilha de experiências e de informação” e refere que “a implementação do projeto foi francamente positiva e enriquecedora e contribuiu grandemente para que os alunos apreendessem os conceitos relacionados com a Gestão Sustentável de Recursos, de uma forma totalmente inovadora”.

A docente de Educação Visual refere que na globalidade, os alunos participaram e empenharam-se na atividade proposta, tendo-se registado resultados satisfatórios no final do projeto.

A docente considerou que o projeto foi de extrema utilidade e benefício para os alunos, pois abrangeu diversas disciplinas em torno de um tema comum. A docente salienta ainda os benefícios da implementação do projeto na sua atividade docente, referindo que este contribuiu para a construção do seu próprio conhecimento tendo em consideração os saberes das outras disciplinas envolvidas.

As docentes de Estudo Acompanhado (par pedagógico de Língua Portuguesa e Tecnologias da Informação e da Comunicação) consideraram o projeto benéfico para os alunos e para os docentes envolvidos e referiram que apesar de considerarem a adequação do projeto à faixa etária dos alunos, estes sentiram dificuldades a realizar o póster, pelo que foi necessário um maior apoio da docente de Tecnologias da Informação e da Comunicação.

2.6. APRECIÇÃO DOS RESULTADOS

Esta investigação pretendeu:

- 1) Promover nos alunos competências direcionadas para atitudes potenciadoras do desenvolvimento sustentável.
- 2) Contribuir para o desenvolvimento do conhecimento didático do subtema “Gestão Sustentável dos Recursos”.
- 3) Desenvolver competências dos professores envolvidos (Diretor de Turma, professores de Ciências Físico-Químicas, Ciências Naturais, Educação Visual, Formação Cívica e Estudo Acompanhado), no sentido de inovarem e aperfeiçoarem a sua prática profissional.

Apresenta-se seguidamente a apreciação dos resultados em função dos objetivos propostos:

- 1) Promover nos alunos competências direcionadas para atitudes potenciadoras do desenvolvimento sustentável.

A análise das respostas à ficha de trabalho, administrada antes e após a aplicação do projeto, permite concluir que as estratégias aplicadas não só não prejudicaram os alunos da turma alvo do estudo como existe uma tendência de melhoria das competências de literacia científica, direcionadas para atitudes potenciadoras do desenvolvimento sustentável que permite aos alunos ter uma opinião própria, no contexto do tema em estudo.

Esta análise é corroborada pelos resultados obtidos na ficha da atividade laboratorial de Ciências Físico-Químicas e pelo trabalho escrito, resultante da pesquisa efetuada nas disciplinas de Ciências Físico-Químicas e Ciências Naturais, cuja proposta de trabalho encontra-se em anexo (Anexo C V).

Acresce ainda que, no âmbito dos resultados obtidos com o questionário aos alunos estes consideram que, a abordagem interdisciplinar ao subtema “Gestão sustentável dos recursos” a partir das fases de construção da nova escola, tendo em consideração os recursos naturais da região de Sever do Vouga, ajudou-os a compreender melhor o tema, de uma forma mais completa, interessante, inserida numa perspetiva integradora do saber envolvendo Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, potenciando atitudes de desenvolvimento sustentável.

- 2) Contribuir para o desenvolvimento do conhecimento didático do subtema “Gestão Sustentável dos Recursos”.

Com a divulgação deste trabalho pretende-se que outros docentes tenham acesso a este estudo, que constitui uma abordagem concreta ao subtema “Gestão Sustentável dos Recursos”.

Pretende-se assim que o trabalho realizado contribua para o desenvolvimento do conhecimento didático deste subtema, apesar de atualmente a “Gestão Sustentável dos Recursos” não estar contemplada nas Metas Curriculares do 3º ciclo do Ensino Básico.

- 3) Desenvolver competências da professora investigadora e dos restantes professores envolvidos (Diretor de Turma, professores de Ciências Físico-Químicas, Ciências

Naturais, Educação Visual, Formação Cívica e Estudo Acompanhado (par pedagógico de Língua Portuguesa e Tecnologias da Informação e da Comunicação), no sentido de inovarem e aperfeiçoarem a sua prática profissional

Os professores envolvidos e a professora investigadora salientam o efeito da partilha de saberes e a divulgação do trabalho realizado, considerando que o projeto implementado revestiu-se de interesse, quer para os alunos, quer para os docentes envolvidos que sentiram-se “mais enriquecidos, quer pessoal, quer profissionalmente, com o projeto”.

3. PROJETO PEDAGÓGICO IMPLEMENTADO DO ENSINO SECUNDÁRIO

O contexto Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, que incorpora a componente científica do doutoramento, foi implementado num Workshop dirigido a duas turmas do 12º ano de escolaridade do curso Científico-Humanístico, vocacionado para as Ciências e Tecnologias.

O Workshop foi estruturado tendo em consideração as orientações do Ministério da Educação e Ciência para a Área de Projeto dos Cursos Científico-Humanísticos [4:10] em vigor à data da implementação do *workshop*.

A atividade envolveu uma turma constituída por 10 alunos com componente de formação específica em Física e Química (12º FQ) e uma turma constituída por 23 alunos com componente de formação específica em Biologia e Geologia (12º BG) e contou com a colaboração das docentes de Química e Biologia das respetivas turmas.

A implementação do *workshop* deveu-se ao interesse suscitado por um grupo de alunos da turma 12º BG durante o Dia das Ciências (10 e 11 de Março de 2011) na atividade: Novos materiais (polímeros) - preparar polímero para estabilizar o solo das escavações (direcionada para o 8º ano). A professora investigadora, a pedido desse grupo de alunos e com a colaboração das docentes que lecionam as disciplinas da componente específica, planificou, desenvolveu e implementou o *workshop*: “Construção de edifícios: uma abordagem interdisciplinar”.

O *workshop* desenvolveu-se em torno do problema aglutinador “Como estabilizar os solos para a construção de edifícios?” tendo como contexto a construção dos novos edifícios escolares. O *workshop*, de cariz interdisciplinar, envolveu a colaboração da empresa GEO, da empresa responsável pela construção dos edifícios escolares e a participação de um Centro de Ciência na escola.

Desta forma, pretendeu-se contribuir positivamente para a formação pessoal e social dos alunos através de contextos reais e diversificados, articulando saberes das disciplinas de Física, Química, Geologia e Biologia numa perspetiva aberta e flexível do currículo.

Pretendeu-se igualmente que os alunos de ambas as turmas integrassem os saberes adquiridos e competências desenvolvidas nas respetivas disciplinas da formação específica durante a implementação do *workshop*, tal como preconizado pelo Ministério da Educação relativamente às orientações para Área de Projeto [4:10].

A atividade pretendeu explorar problemas do “mundo real”, utilizando-os como contexto para o desenvolvimento de competências de pensamento crítico e de resolução de problemas e para a aquisição dos conceitos essenciais das disciplinas de Física, Química, Biologia e Geologia do 12º ano de escolaridade do Curso Científico - Humanístico de Ciências e Tecnologias.

Os princípios fundamentais que constituem a tónica dominante do Workshop implementado vão de encontro ao método de ensino onde a aprendizagem é baseada na resolução de problemas.

3.1. SELEÇÃO DO TEMA

O *workshop*: “Construção de edifícios: uma abordagem interdisciplinar” visa contribuir para o desenvolvimento da educação, integrando a escola, empresas e comunidade, para a promoção do bem-estar da sociedade.

O tema selecionado foi proposto à professora investigadora por um grupo de alunos de uma turma do 12º ano de escolaridade com componente de formação específica de Biologia e Geologia (12º BG), tendo a atividade sido estendida a outra turma do 12º ano de escolaridade com componente de formação específica de Física e Química (12º FQ).

O tema selecionado assume um papel essencial ao permitir a aproximação da escola à comunidade e à sociedade em que esta se encontra inserida.

O tema, centrado na construção de edifícios, permite explorar, em contexto real e diversificado, muitas potencialidades de desenvolvimento em domínios fundamentais, como a aproximação ao mundo do trabalho, ao mundo empresarial e às instituições científicas e culturais, de suma importância na conclusão deste nível de ensino, tal como preconizado pelo Ministério da Educação relativamente às orientações para Área de Projeto [4:10].

Os alunos da turma do 12º FQ tiveram a oportunidade de participar ativamente na mini - oficina “Os Polímeros” realizada na escola por um Centro de Ciência.

Pretendeu-se proporcionar uma abordagem estimulante e inovadora dos conteúdos programáticos, fora do contexto da sala de aula; estimular o gosto pela ciência e a vontade de aprofundar conhecimentos e promover o contacto com a experimentação científica.

Os alunos puderam adquirir conhecimentos sobre polímeros, uma área emergente da Química, no mundo atual [4:12]. Pretendeu-se conhecer as propriedades dos polímeros,

em particular dos polímeros para a estabilização de solos, utilizados na execução de fundações para edifícios.

Esta atividade propôs aos alunos o estudo das propriedades físicas e químicas de diversos polímeros, dando-lhes ainda a oportunidade de efetuar a sua síntese em laboratório. Trata-se de um complemento da atividade laboratorial realizada na sala de aula no âmbito da disciplina de Química e uma forma de os alunos colocarem em prática os saberes adquiridos num ambiente extra-aula.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Esta investigação pretende:

- a) Conceber, desenvolver e implementar práticas pedagógicas inovadoras, relacionadas com as áreas de interesse pessoal e/ou vocacional dos alunos, que promovam a resolução de problemas abertos em contexto real.
- b) Utilizar metodologias de trabalho de forma a articular, numa dimensão interdisciplinar, os saberes teóricos e práticos nas áreas de interesse pessoal e/ou vocacional dos alunos, nomeadamente na área da Física, Química, Biologia e Geologia.

3.3. METODOLOGIA

A planificação do *workshop*: “Construção de edifícios: uma abordagem interdisciplinar” realizou-se com a colaboração dos professores que lecionam as disciplinas de Química e de Biologia nas turmas 12º FQ e 12º BG, respetivamente.

A metodologia do trabalho desenvolvida durante a implementação do *workshop* centrou-se numa perspetiva aberta e flexível, onde se privilegiou a articulação interdisciplinar das aprendizagens desenvolvidas nas componentes de formação específica do currículo de ambas as turmas.

Assim, pretendeu-se desenvolver uma perspetiva integradora do saber, fundamental para a formação geral dos alunos e para os seus percursos posteriores, num contexto que possibilita uma visão real do mundo do trabalho em articulação com a aprendizagem em sala de aula.

O *workshop* desenvolveu-se em torno do problema aglutinador “Como estabilizar solos para a construção de edifícios?”. Foi feita referência à pertinência do tema na atualidade no âmbito da construção dos novos edifícios escolares.

Os alunos, sob orientação da professora-investigadora, foram estimulados a formular e a resolver novos problemas no âmbito desta temática. Desta forma, ainda que integrados no problema aglutinador, os problemas emergentes vão ao encontro dos interesses dos alunos.

Os alunos, em grupo, organizaram as suas ideias, conhecimento prévio sobre o problema e tentam definir estratégias. Através da discussão, os alunos levantam questões sobre aspetos do problema que não compreenderam e tentam definir o que sabem, o que não sabem e aquilo que gostariam de saber com vista à resolução da situação problemática. A docente tenta esclarecer as questões formuladas pelos alunos e orienta-os na busca de respostas.

O *workshop*, iniciado pela professora investigadora, desenvolve-se em torno da resolução de pequenos problemas colocados aos alunos, relacionados com os conteúdos lecionados nas disciplinas de Física, Química, Biologia e Geologia [4:13].

Os alunos exploram os problemas propostos, integrando o seu novo conhecimento no contexto do problema e são encorajados a relacioná-los com conceitos das respetivas disciplinas.

À medida que progredem no problema, os alunos continuam a definir novos temas de aprendizagem que levam a novas questões, tal como preconizado pelo Ministério da Educação relativamente às orientações para Área de Projeto [4:10].

De forma a averiguar o impacto da implementação do *workshop*, solicitou-se o preenchimento de um questionário elaborado pelo efeito (Anexo C XIV), no qual os alunos individualmente responderam às questões colocadas.

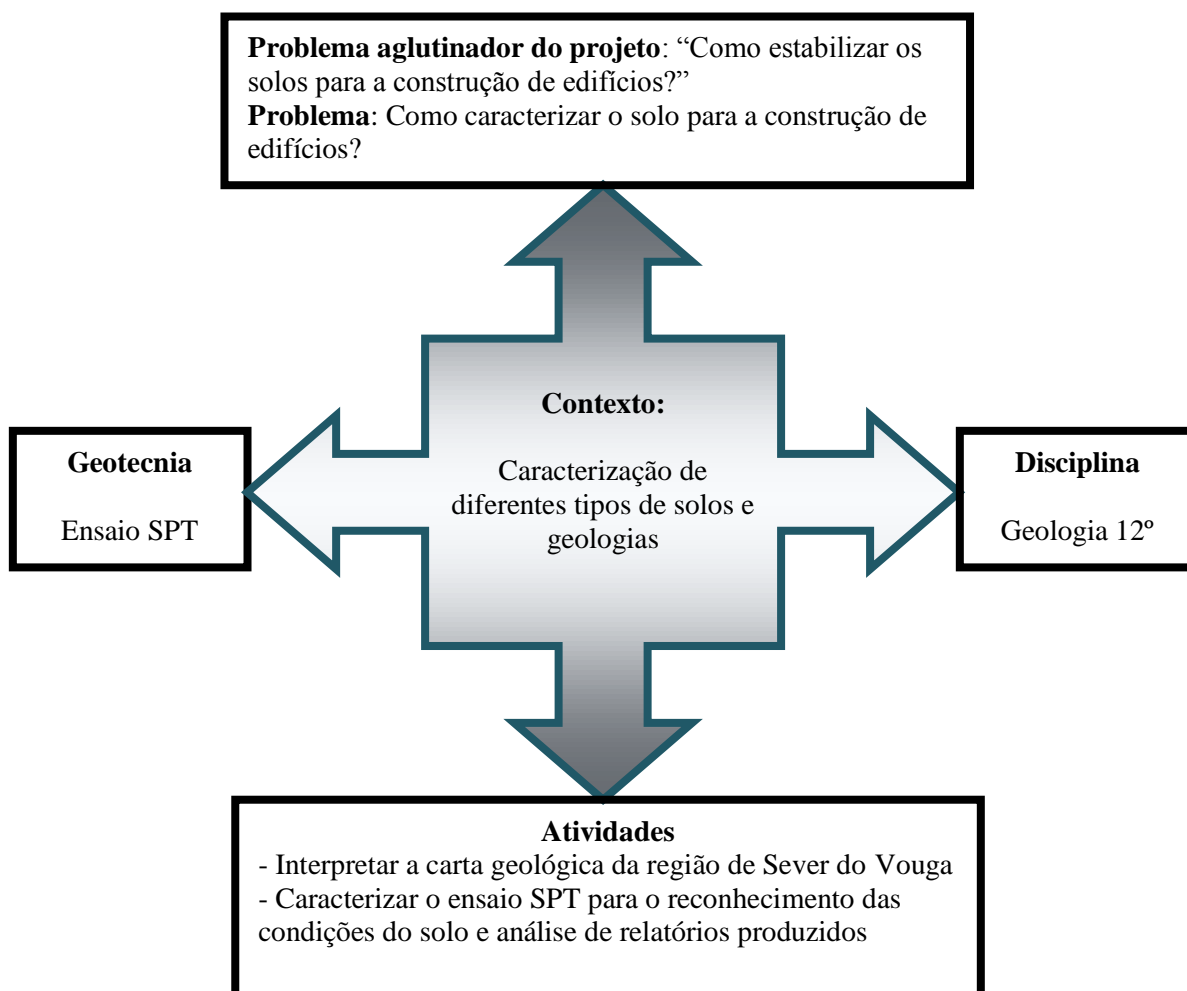
A primeira parte do questionário destinou-se a apurar a opinião dos alunos face às atividades desenvolvidas.

A segunda parte do questionário contemplou questões com o objetivo de apurar, de forma simplificada, se os alunos conseguiram relacionar os conteúdos contemplados nas várias disciplinas e os conceitos abordados no âmbito da tecnologia de fundações para a construção de edifícios.

As articulações entre os vários problemas e os conteúdos abordados nas disciplinas do 12º ano de escolaridade da componente específica de cada turma, assim como a relação entre estes e os conceitos abordados no âmbito da tecnologia de fundações para construção de edifícios, estão especificadas a seguir.

- **Articulação entre o problema aglutinador e os conteúdos da disciplina de Geologia**

O esquema seguinte apresenta, de forma sucinta, as articulações entre os vários problemas e os conteúdos abordados na disciplina do 12º ano de escolaridade de Geologia, assim como a sua relação com os conceitos abordados no âmbito da tecnologia de fundações para construção de edifícios.



Esquema [1] Articulação entre o problema aglutinador e os conteúdos da disciplina de Geologia.

Tema II A história da terra e da vida [4:13]

Conteúdos conceptuais:

4. A história geológica de uma região.

4.1 Cartografia geológica.

4.2 Interpretação a partir de uma carta dos principais aspetos geológicos da região onde a escola se insere.

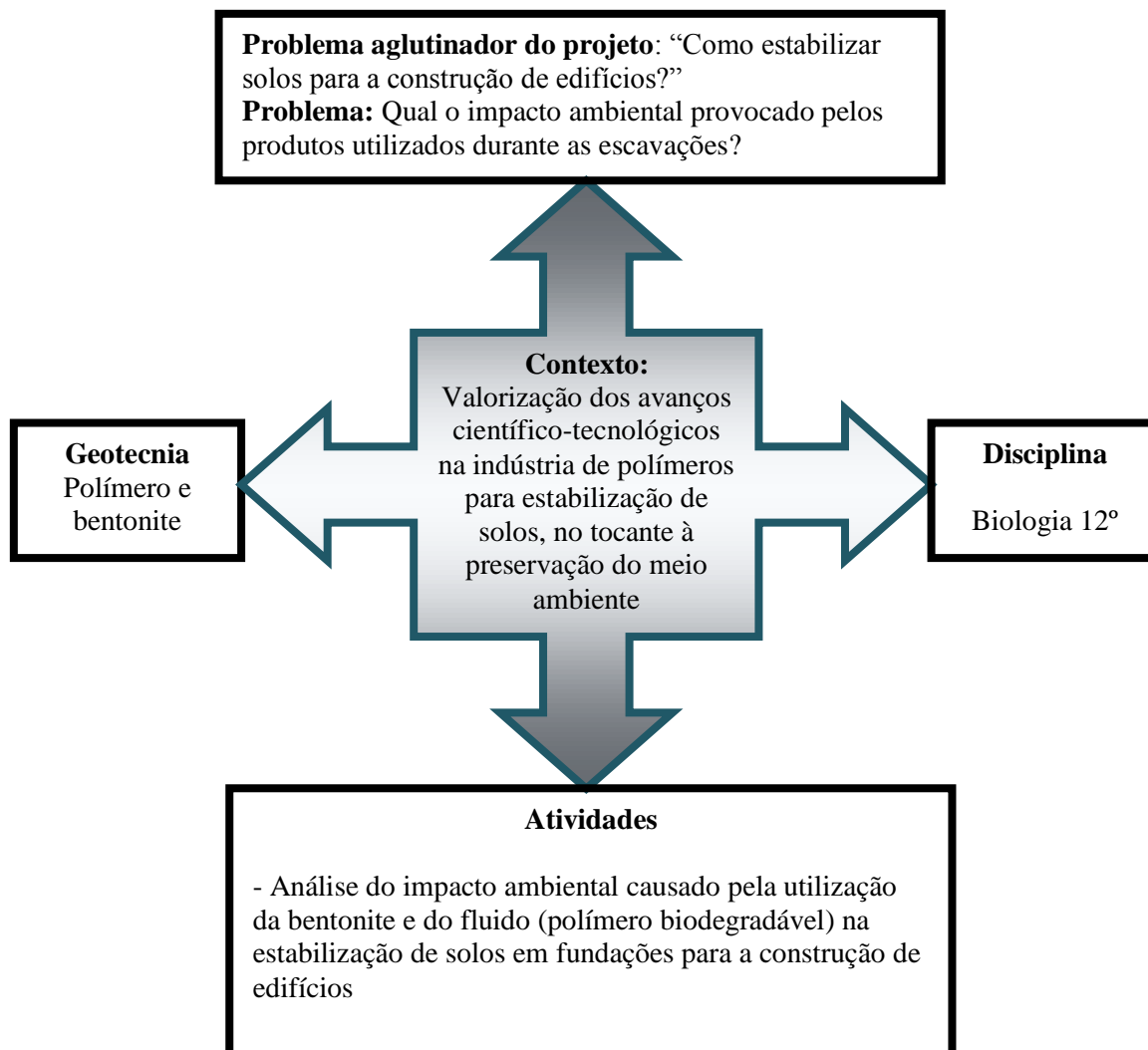
Enfatizar:

- A importância das cartas geológicas como documentos científicos e técnicos fundamentais para um melhor planeamento e ordenamento do território.

- Que as cartas geológicas são representações hipotéticas e bidimensionais de uma realidade complexa. O conhecimento dos símbolos e das regras utilizados na sua construção permite fazer reconstruções dos ambientes geológicos em termos de tempo e de espaço tridimensional.

• **Articulação entre o problema aglutinador e os conteúdos da disciplina de Biologia**

O esquema seguinte apresenta, de forma sucinta, as articulações entre os vários problemas e os conteúdos abordados na disciplina do 12º ano de escolaridade de Biologia, assim como a sua relação com os conceitos abordados no âmbito da tecnologia de fundações para construção de edifícios.



Esquema [2] Articulação entre o problema aglutinador e os conteúdos da disciplina de Biologia.

Unidade 5 – Preservar e recuperar o meio ambiente [4:13]

Conteúdos conceptuais:

1 Poluição e degradação de recursos.

1.1 Contaminantes da atmosfera, solo e água e seus efeitos fisiológicos.

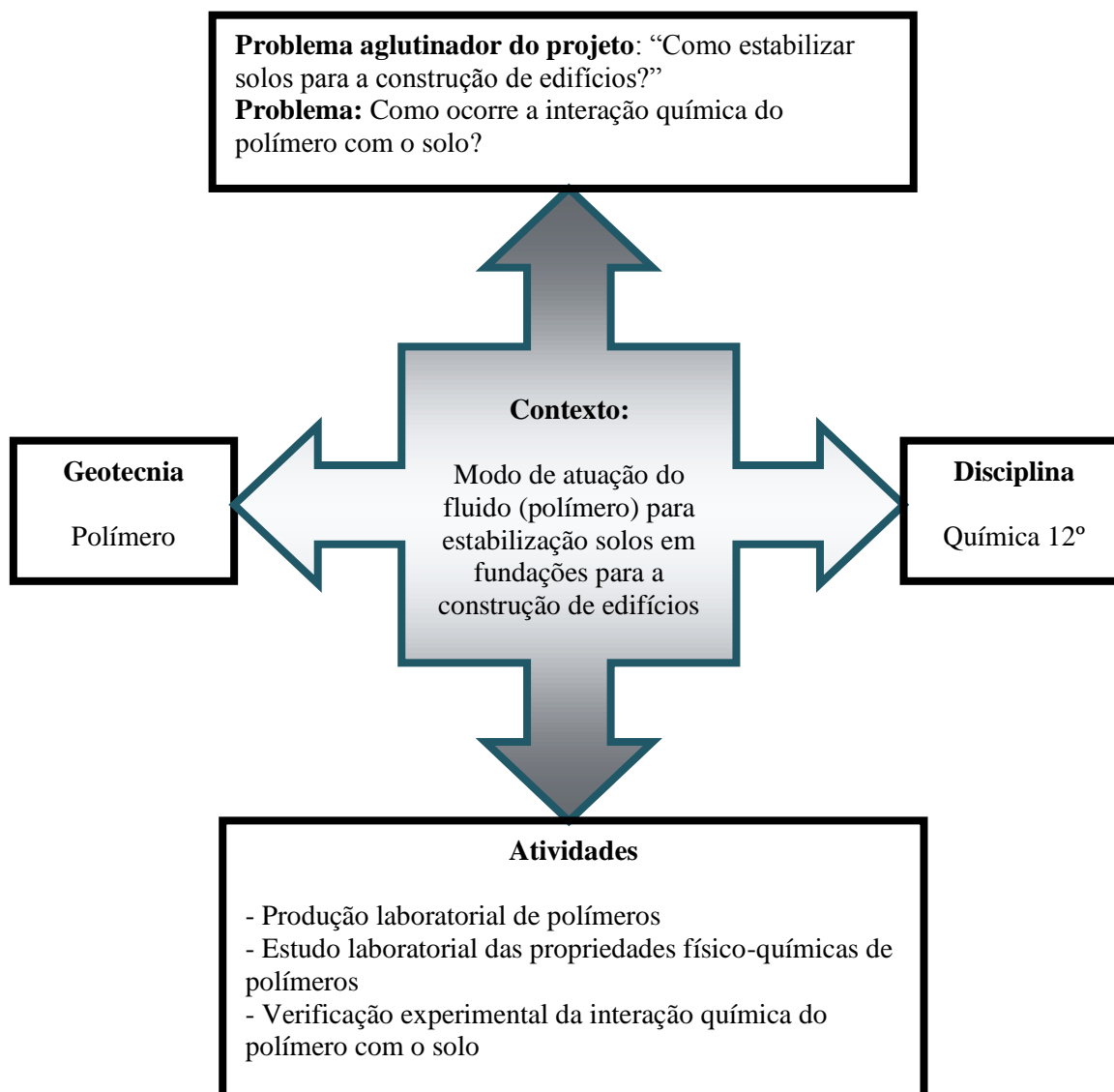
Enfatizar

- Os principais contaminantes ambientais, suas fontes e avaliação dos seus riscos para a saúde.

- Os contaminantes acarretam riscos para a saúde e degradam o meio ambiente.

- **Articulação entre o problema aglutinador e os conteúdos da disciplina de Química**

O esquema seguinte apresenta, de forma sucinta, as articulações entre os vários problemas e os conteúdos abordados na disciplina do 12º ano de escolaridade de Química, assim como a sua relação com os conceitos abordados no âmbito da tecnologia de fundações para construção de edifícios.



Esquema [3] Articulação entre o problema aglutinador e os conteúdos da disciplina de Química.

3.4. Polímeros sintéticos e a indústria dos polímeros [4:13]

Objeto de ensino

- Obtenção de polímeros sintéticos: monómeros e reações de polimerização.

- Homopolímeros e co-polímeros.
- Monómeros e grupos funcionais: álcoois, ácidos carboxílicos, cloretos de ácido, aminas, amidas, éteres, ésteres, aldeídos e cetonas.
- Reações de síntese: formação de poliésteres e de poliamidas (estudo de casos particulares) – AL 3.4
 - Polímeros de condensação: poliésteres, poliamidas e poliálcoois.
 - Reações de polimerização de condensação (iniciação, propagação e finalização).
 - Polímeros de adição.
 - Reações de polimerização de adição (iniciação, propagação e finalização).
 - Borracha natural, sintética e vulcanizada – AL 3.5
 - Grau de polimerização e massa molecular relativa média.
 - Polímeros lineares e reticulados.
 - Família de polímeros e marcas registadas.
 - A indústria dos plásticos na sociedade contemporânea (destacar produtos, marcas e utilizações para fins específicos no contexto mundial).
 - A reciclagem de plásticos (plásticos recicláveis e plásticos reciclados - vantagens e limitações dos processos e dos produtos; degradação das cadeias poliméricas).
 - Síntese de polímeros (poliamida - nylon 6.6, poliuretana, poliacrílica - polimetacrilato de metilo e poliácido láctico) – AL 3.6
 - Visita a uma instalação industrial (vidros e/ou plásticos) - APL

Objetivos de aprendizagem

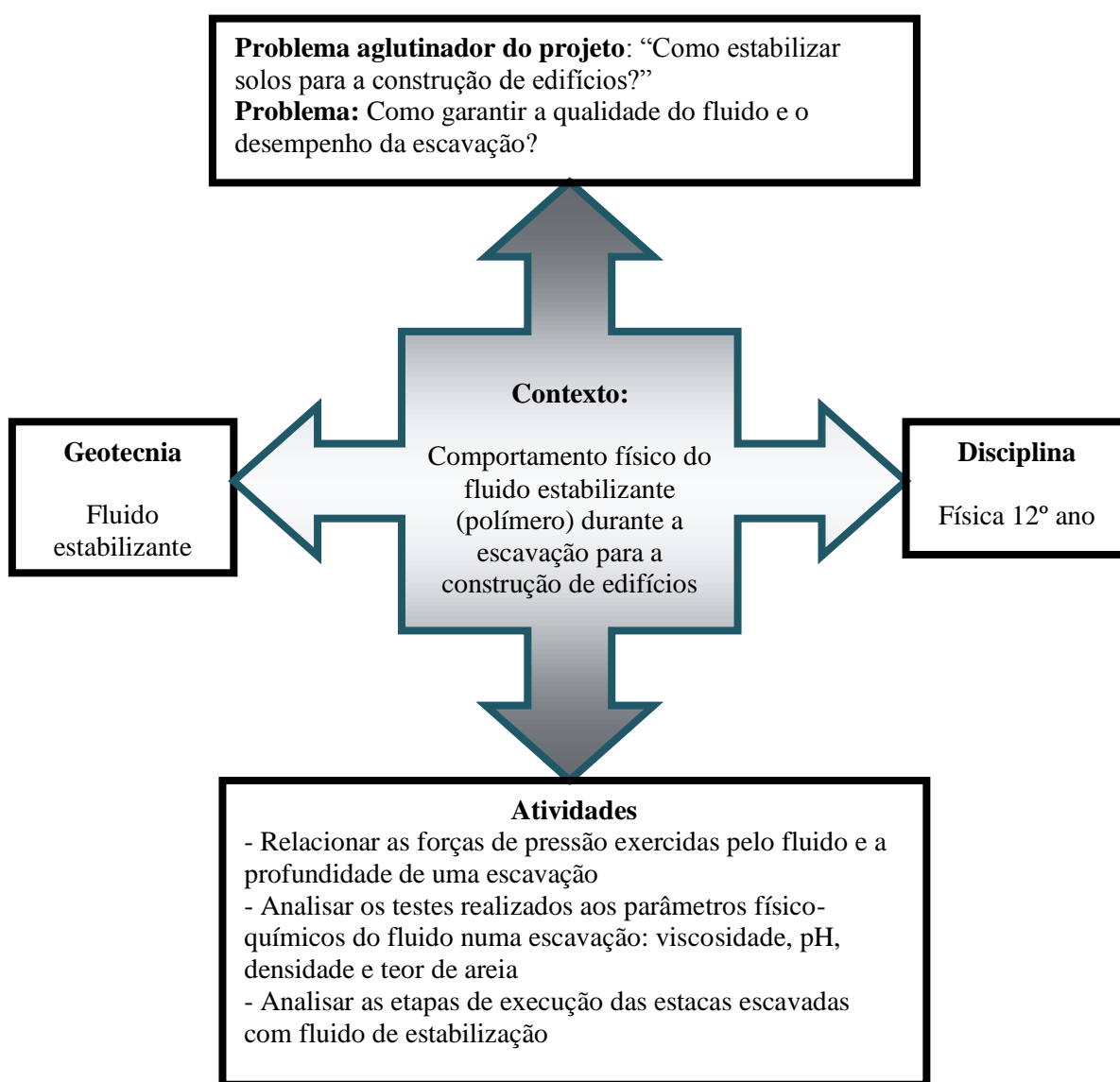
- Interpretar a síntese de um polímero como uma reação de polimerização a partir de um ou dois monómeros.
- Caracterizar uma reação de polimerização como uma reação química em cadeia entre moléculas de monómero(s).
- Diferenciar homo e co-polímeros pelo número e tipo de monómeros envolvidos na reação de polimerização: um monómero no caso de homopolímeros e dois monómeros no caso de co-polímeros e relacionar a unidade estrutural com a estrutura do(s) monómero(s).
- Distinguir unidade estrutural do polímero da unidade estrutural do(s) monómero(s).

- Associar o valor médio do comprimento de uma cadeia polimérica à impossibilidade prática de controlar a extensão da reação de polimerização correspondente a cada uma das cadeias.
- Relacionar o comprimento de uma cadeia polimérica com o grau de polimerização (número de vezes em que a unidade estrutural se repete).
- Associar uma dada amostra de polímero a uma determinada cadeia polimérica “média”.
- Caracterizar os monómeros segundo o número e a natureza dos seus grupos funcionais.
- Relacionar a estrutura da macromolécula com a estrutura molecular do(s) monómero(s) respetivo(s).
- Atribuir o nome ou a fórmula química completa a compostos orgânicos insaturados e de várias famílias químicas: álcoois, ácidos carboxílicos, cloretos de ácido, aminas, amidas, éteres, ésteres, aldeídos e cetonas.
- Identificar, a partir da estrutura do(s) monómero(s), o tipo de reação de polimerização que pode ocorrer: de condensação ou de adição.
- Interpretar a formação de um polímero de condensação para o caso de poliésteres, de poliamidas e de poliálcoois em termos da reatividade dos grupos funcionais.
- Interpretar a formação de um polímero de adição para o caso da polimerização do etileno (polietileno) e de seus derivados (poliacrílicos), tendo em conta os passos de iniciação, propagação e finalização.
- Caracterizar os polímeros segundo famílias (poliolefinas, poliacrílicos, poliuretanos, poliamidas, poliésteres) relacionando essas famílias com os grupos funcionais dos monómeros.
- Relacionar a estrutura linear ou reticulada de um polímero com a estrutura dos monómeros e as reações entre grupos funcionais.
- Diferenciar família química de polímeros (de natureza estrutural) de marca registada (de natureza comercial): o Nylon 6.10 é uma marca registada de polímeros da família das poliamidas.
- Interpretar o processo de reciclagem de plásticos como introduzindo alguma degradação das cadeias poliméricas.

- Associar a produção de materiais incorporando polímeros naturais e sintéticos a novas texturas e novos usos, por exemplo, condições extremas de pressão e de temperatura.

- **Articulação entre o problema aglutinador e os conteúdos da disciplina de Física**

O esquema seguinte apresenta, de forma sucinta, as articulações entre os vários problemas e os conteúdos abordados na disciplina do 12º ano de escolaridade de Física, assim como a sua relação com os conceitos abordados no âmbito da tecnologia de fundações para construção de edifícios.



Esquema [4] Articulação entre o problema aglutinador e os conteúdos da disciplina de Física.

Unidade 4: Mecânica dos fluidos [4:13]

4.1- Hidrostática

Conteúdos

- Noção de fluido.
- Massa volúmica, densidade relativa, pressão e força de pressão.
- Lei fundamental da hidrostática.
- Lei de Pascal.
- Impulsão e Lei de Arquimedes.
- Equilíbrio de corpos flutuantes.
- Física em ação

Objetivos

O aluno deverá ser capaz de:

- Identificar e caracterizar fluidos.
- Interpretar e aplicar os conceitos de massa volúmica e densidade relativa.
- Reconhecer que num fluido incompressível a massa volúmica é constante.
- Interpretar e aplicar o conceito de pressão.
- Identificar unidades de pressão.
- Distinguir pressão média de força de pressão.
- Reconhecer que a pressão num fluido depende da profundidade.
- Caracterizar a força de pressão exercida sobre uma superfície colocada no interior de um líquido em equilíbrio.
- Caracterizar o equilíbrio hidrostático.
- Enunciar e interpretar a Lei fundamental da hidrostática.
- Utilizar e explicar o funcionamento de medidores de pressão como os manómetros e os barómetros.
- Interpretar e aplicar a Lei de Pascal.
- Interpretar o funcionamento de uma prensa hidráulica.
- Definir impulsão exercida sobre um corpo imerso num fluido.
- Interpretar e aplicar a Lei de Arquimedes.
- Identificar as condições de equilíbrio estático de um corpo flutuante.

4.2- Hidrodinâmica

Conteúdos

- Movimento dos fluidos em regime estacionário.
 - Conservação da massa e equação da continuidade.
 - Conservação de energia mecânica e equação de Bernoulli.
 - Força de resistência em fluidos; coeficiente de viscosidade de um líquido.
- TL I.5 – Coeficiente de viscosidade de um líquido.

- Física em ação

Objetivos

O aluno deverá ser capaz de:

- Identificar regime estacionário como aquele em que o vetor velocidade do fluido em cada ponto é constante ao longo do tempo.
- Identificar linha de corrente que passa num ponto com a trajetória de uma partícula do fluido que passa nesse ponto.
- Reconhecer que duas linhas de corrente não se cruzam em nenhum ponto.
- Identificar as linhas de corrente como as linhas de um campo de velocidades.
- Interpretar o significado de caudal.
- Interpretar e aplicar a equação de continuidade.
- Interpretar a equação de Bernoulli.
- Explicar situações do dia-a-dia com base na equação de Bernoulli.
- Interpretar a dependência da força de resistência com a velocidade de um corpo no seio de um fluido.
- Reconhecer a existência de maior ou menor viscosidade num fluido.

3.4. IMPLEMENTAÇÃO DO *WORKSHOP*

A planificação do *workshop* foi elaborada em colaboração com as docentes intervenientes, nomeadamente a professora de Química e a professora de Biologia das turmas 12º FQ e do 12º BG. Pretendeu-se estabelecer uma efetiva articulação entre os conteúdos lecionados nas várias disciplinas da componente de formação específica do curso de Ciências e Tecnologias e os conceitos abordados na tecnologia de fundações, nomeadamente na estabilização de solos durante as escavações para a construção de edifícios.

As docentes de Química e Biologia informaram os alunos do *workshop* a realizar, data prevista e duração (manhã de 20 de Maio), metodologia aplicada, intervenientes (professora investigadora e colaboradores do Centro de Ciência) e solicitaram a participação dos alunos na atividade.

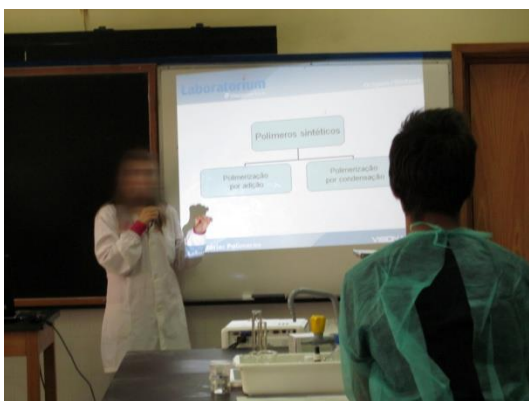
O *workshop* desenvolveu-se em duas partes. A primeira parte consistiu na implementação da atividade “Polímeros” promovida pelo Centro de Ciência à turma 12º FQ, a segunda parte consistiu na atividade “Como estabilizar os solos para a construção de edifícios?” da responsabilidade da professora investigadora e foi implementada em ambas as turmas.

3.4.1. Implementação da primeira parte do *workshop* – Atividade “Polímeros”

A atividade “Polímeros” promovida pelo Centro de Ciência englobou a realização de uma palestra e de duas atividades laboratoriais. Esta atividade foi realizada apenas para a turma 12º FQ, atendendo à especificidade da atividade, aos custos envolvidos e ao facto desta turma ter como componente de formação específica a disciplina de Química.

A palestra realizada com recurso ao PowerPoint abordou a utilização de polímeros, com relevâncias para os polímeros biodegradáveis e contemplou os seguintes tópicos:

- Definição de polímeros
- Aplicações na indústria
- Vantagens dos polímeros face aos materiais tradicionais
- Caracterização de polímeros
- Impacto ambiental dos polímeros



[8] Fotografias da palestra.

Seguidamente procedeu-se à realização das atividades laboratoriais, onde se propôs aos alunos efetuar a síntese de alguns polímeros em laboratório e estudar as propriedades físicas e químicas de várias amostras de polímeros. Tratou-se de um complemento às atividades prático-laboratoriais realizadas em sala de aula no âmbito da disciplina de Química e uma forma de os alunos colocarem em prática os saberes adquiridos num ambiente extra-aula.

A primeira atividade laboratorial consistiu na produção de polímeros, nomeadamente do Nylon.



[9] Fotografias da atividade laboratorial de produção de polímeros (Nylon).

A segunda atividade laboratorial consistiu no estudo das propriedades físico-químicas dos polímeros através da realização dos seguintes testes:

- Teste da densidade em água
- Teste da densidade em 2-propanol
- Teste de chama
- Teste de acetona
- Teste de aquecimento
- Teste de combustão
- Teste de identificação do polímero



[10] Fotografias da atividade laboratorial do estudo das propriedades físico-químicas de várias amostras de polímeros.

O estudo laboratorial das propriedades físico-químicas dos polímeros culminou no registo dos resultados obtidos dos diversos testes efetuados à amostra de polímero cedida a cada grupo de trabalho, possibilitando a sua posterior identificação.

3.4.2. Implementação da segunda parte do *workshop* – Atividade “Como estabilizar os solos para a construção de edifícios?”

A implementação da segunda parte do *workshop* iniciou-se com a atividade “Como estabilizar os solos para a construção de edifícios?”, da responsabilidade da professora investigadora em colaboração com as docentes que lecionam as disciplinas de Química e Biologia às turmas 12º FQ e 12º BG, respetivamente. A atividade realizada em cada uma das turmas do 12º ano de escolaridade englobou um debate e uma atividade laboratorial.

A atividade iniciou-se com o debate, onde a professora investigadora assumiu o papel de moderadora.

O debate desenvolve-se em torno do problema aglutinador “Como estabilizar solos para a construção de edifícios?”. É feita referência à pertinência do tema na atualidade local, pela alusão à construção dos novos edifícios escolares.

Neste contexto, realçou-se a importância dos conteúdos das respetivas disciplinas de formação específica, relacionados com o tema aglutinador do *workshop*.

Os alunos são estimulados a formular novos problemas e a encontrar possíveis soluções no âmbito desta temática. Desta forma, ainda que integrados no tema aglutinador, os problemas emergentes poderão ter várias propostas de resolução, sugeridas e discutidas pelos alunos, apoiados pela professora investigadora, e que contribuem para o conhecimento real da situação e enquadramento científico da questão colocada.

Esporadicamente, o debate foi propositadamente interrompido de forma a desenvolver pequenas atividades em grupo, que permitiram aos alunos organizarem as suas ideias, conhecimento prévio sobre o problema e a definirem estratégias de resolução face à questão elaborada. Estas atividades levaram a que os alunos levantassem outras questões para discussão.

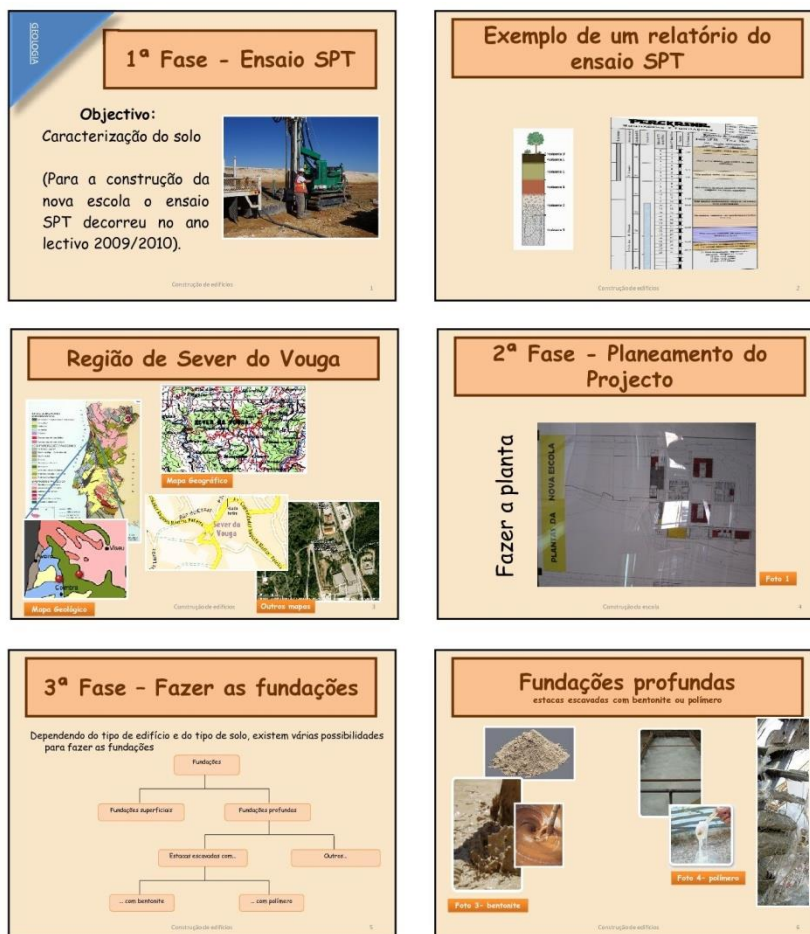
O debate desenvolveu-se com o apoio do PowerPoint (Anexo C X) e envolveu a discussão de vários problemas, alguns dos quais presentes nas tabelas [17], [18], [19] e [20].

Tabela [17] – Conteúdos abordados e atividades desenvolvidas no âmbito do problema proposto.

Problema aglutinador “Como estabilizar solos para a construção de edifícios?”				
Problema emergente	Técnicas utilizadas no âmbito da geotecnia	Disciplina	Conteúdos programáticos	Atividades desenvolvidas
Como caracterizar o solo para a construção de edifícios?	Ensaio SPT	Geologia	- Exploração e modificação dos solos. - A história geológica de uma região.	- Interpretar a carta geológica da região de Sever do Vouga - Analisar diversos relatórios do ensaio SPT.

A abordagem ao problema “Como caracterizar o solo para a construção de edifícios?”, com recurso ao PowerPoint, contemplou a exploração dos seguintes tópicos:

- Ensaio SPT para o reconhecimento das condições do solo e relatório produzido;
- Mapas geográfico e geológico da região de Sever do Vouga;
- Abordagem genérica das fases de construção de um edifício, desde a caracterização do solo e o projeto até à execução das fundações, tendo como referência os novos edifícios escolares;
- Abordagem genérica à execução de estacas escavadas com fluido estabilizante (polímero e bentonite).



[11] Extratos do PowerPoint utilizado.

De forma a permitir uma melhor exploração do problema proposto, os alunos tiveram a possibilidade de realizar as seguintes atividades:

- Interpretar a carta geológica da região de Sever do Vouga;
- Analisar diversos relatórios do ensaio SPT, cujos exemplares se encontram em anexo (Anexo C XI).



[12] Fotografias da palestra e da atividade de análise de relatórios SPT.

Após a caracterização genérica dos materiais utilizados para a estabilização de solos em fundações, nomeadamente polímero e bentonite, procedeu-se à abordagem do problema “Qual o impacto ambiental provocado pelos produtos utilizados durante as escavações?”.

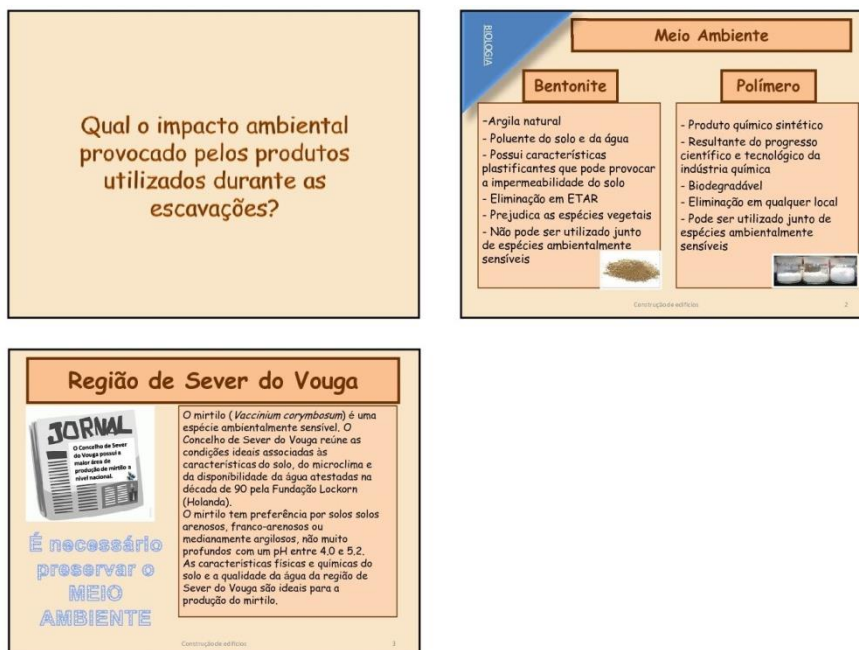
Tabela [18] – Conteúdos abordados e atividades desenvolvidas no âmbito do problema proposto.

Problema aglutinador “Como estabilizar solos para a construção de edifícios?”				
Problema emergente	Técnicas utilizadas no âmbito da geotecnia	Disciplina	Conteúdos programáticos	Atividades desenvolvidas
Qual o impacto ambiental provocado pelos produtos utilizados durante as escavações?	Reciclagem do fluido, tratamento e descarga após utilização.	Biologia	Contaminantes do solo e água e seus efeitos fisiológicos.	- Análise do impacto ambiental causado pela utilização da lama bentonítica e do fluido (polímero biodegradável) na estabilização de solos em fundações para a construção de edifícios.

A abordagem ao problema “Qual o impacto ambiental provocado pelos produtos utilizados durante as escavações?”, com recurso ao PowerPoint, contemplou a exploração do seguinte tópico:

- Impacto ambiental causado pela utilização da lama bentonítica e do fluido (polímero biodegradável) na estabilização de solos em fundações para a construção de edifícios.

De forma a permitir uma melhor exploração do problema proposto, os alunos tiveram a possibilidade de analisar algumas características genéricas do impacto ambiental provocado pela utilização do polímero e da bentonite. Foi dada ênfase para os possíveis efeitos nefastos para o ecossistema, principalmente junto de espécies sensíveis, como o mirtilo amplamente cultivado na região envolvente à escola.



[13] Extratos do PowerPoint utilizado.

Seguidamente foi abordada a interação química do polímero com o solo, partindo do problema: “Como ocorre a interação química do polímero com o solo?”

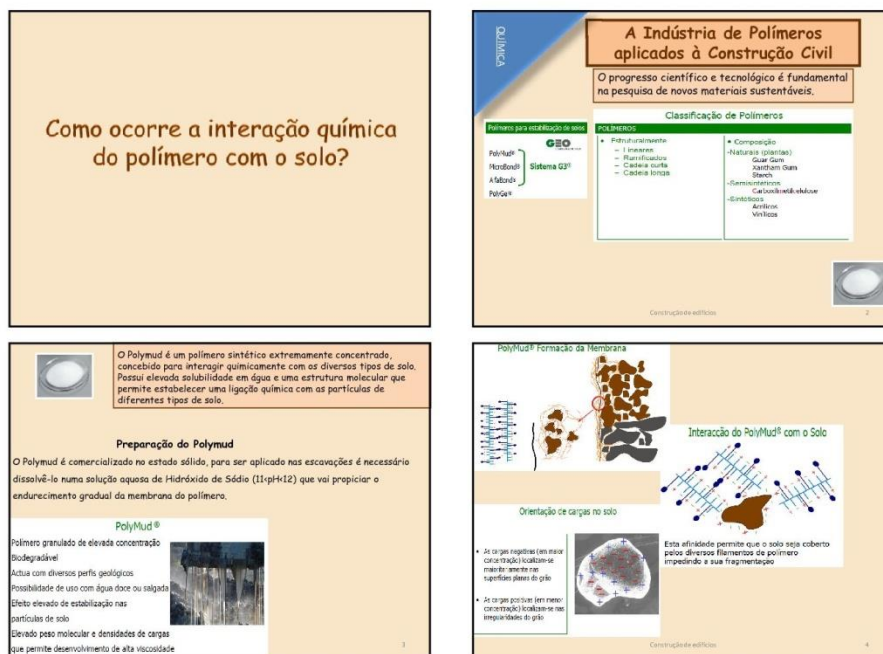
Tabela [19] – Conteúdos abordados e atividades desenvolvidas no âmbito do problema proposto.

Problema aglutinador “Como estabilizar solos para a construção de edifícios?”				
Problema emergente	Técnicas utilizadas no âmbito da geotecnia	Disciplina	Conteúdos programáticos	Atividades desenvolvidas
Como ocorre a interação química do polímero com o solo?	Modo de atuação do fluido (polímero) para estabilização dos solos em fundações	Química	Polímeros sintéticos e a indústria dos polímeros.	Verificação experimental da interação química do polímero com o solo.

A abordagem ao problema “Como ocorre a interação química do polímero com o solo?”, com recurso ao PowerPoint, contemplou a exploração dos seguintes tópicos:

- Progresso científico e tecnológico da indústria química de polímeros na pesquisa de novos materiais sustentáveis utilizados na tecnologia de fundações;
- Classificação de polímeros utilizados na tecnologia de fundações baseada na estrutura e composição;

- Caracterização de polímeros frequentemente utilizados pela indústria para estabilização dos solos em fundações;
- Preparação de polímeros para utilização em obra e sua interação com diferentes tipos de solo.



[14] Extratos do PowerPoint utilizado.

De forma a permitir uma melhor exploração do problema proposto, os alunos tiveram a possibilidade de realizar uma atividade laboratorial cujo protocolo encontra-se em anexo (Anexo XII). A atividade laboratorial compreendeu:

- Preparação de polímero para aplicação em obra - dissolução do polímero numa solução de Hidróxido de Sódio;
- Análise da interação estabelecida entre o polímero e o solo - adição do polímero em solução aquosa ao solo.

Após a realização da atividade laboratorial, procedeu-se a uma reflexão em conjunto sobre a importância da utilização da tecnologia no fabrico de produtos inócuos para o ambiente.



[15] Fotografias da atividade laboratorial.

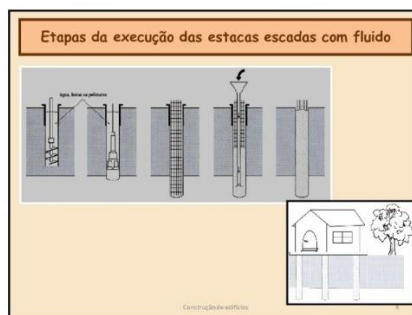
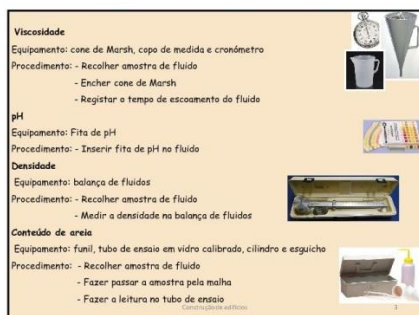
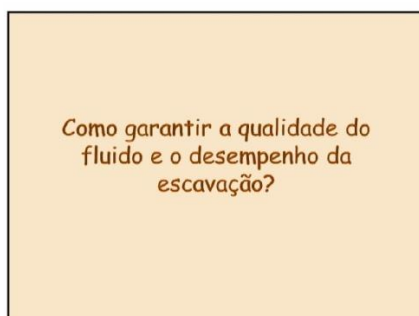
Seguidamente, foi abordado o comportamento do fluido no interior de uma escavação, partindo do problema: “Como garantir a qualidade do fluido e o desempenho da escavação?”

Tabela [20] – Conteúdos abordados e atividades desenvolvidas no âmbito do problema proposto.

Problema aglutinador “Como estabilizar solos para a construção de edifícios?”				
Problema Emergente	Técnicas utilizadas no âmbito da geotecnia	Disciplina	Conteúdos programáticos	Atividades desenvolvidas
Como garantir a qualidade do fluido e o desempenho da escavação?	Ensaio aos parâmetros físico-químicos do fluido: <ul style="list-style-type: none"> • Viscosidade • pH • Densidade • Teor de areia 	Física	Mecânica dos fluidos	- Relacionar as forças de pressão exercidas pelo fluido e a profundidade de uma escavação. - Analisar os testes realizados aos parâmetros físico-químicos do fluido numa escavação: viscosidade, pH, densidade e teor de areia. - Analisar as etapas de execução das estacas escavadas com fluido de estabilização.

A abordagem ao problema “Como garantir a qualidade do fluido e o desempenho da escavação?”, com recurso ao PowerPoint, contemplou a exploração dos seguintes tópicos:

- Forças de pressão exercidas pelo fluido sobre as paredes de uma escavação;
- Ensaios aos parâmetros físico-químicos do fluido
- Viscosidade
- pH
- Densidade
- Teor de areia
- Etapas da execução das estacas escadas com fluido.



[16] Extratos do PowerPoint utilizado.

De forma a permitir uma melhor exploração do problema proposto, os alunos tiveram a possibilidade de:

- Relacionar as forças de pressão exercidas pelo fluido e a profundidade de uma escavação;
- Analisar o equipamento e o procedimento para a realização dos ensaios vulgarmente efetuados aos parâmetros físico-químicos do fluido numa escavação, nomeadamente a viscosidade, o pH, a densidade e o teor de areia.

- Analisar, genericamente, as etapas de execução de estacas escavadas com fluido de estabilização.

Após a articulação entre os saberes das disciplinas de Física, Química, Geologia e Biologia e os conceitos abordados no âmbito da tecnologia de fundações, a professora-investigadora abordou, de forma genérica, as fases de conceção da estrutura de edifícios de betão. A abordagem baseou-se nas fases de construção da estrutura dos novos edifícios escolares e realizou-se com recurso ao PowerPoint.



[17] Extratos do PowerPoint utilizado.

De forma a permitir uma visão real do mundo do trabalho em articulação com a aprendizagem realizada em sala de aula, a professora – investigadora, com recurso ao PowerPoint, fez uma breve caracterização de algumas empresas que utilizam polímeros na execução de estacas escavadas e de algumas obras realizadas em Portugal com recurso a estes produtos.

A atividade culminou com a análise de documentação variada fornecida pela empresa construtora dos edifícios escolares. A documentação fornecida contemplou a abordagem dos seguintes tópicos:

- construção de unidades industriais;
- construção de vias de comunicação;
- desenvolvimento de cidades;

- construção de edifícios escolares;
- construção de unidades de energia e ambiente;
- construção de unidades de saúde;
- construção de complexos desportivos;
- construção de ferrovias;
- construção de unidades de turismo;
- investigação e tecnologia de âmbito empresarial.



[18] Extratos do PowerPoint utilizado e fotografias da consulta da documentação pelos alunos.

Para apurar o impacto das atividades desenvolvidas, o *workshop* culminou com o preenchimento de um questionário elaborado para o efeito (Anexo C XIV).

De forma a divulgar as atividades realizadas, foi elaborado um póster que ficou em exposição na biblioteca e no átrio da escola (Anexo C XIII).



[19] Póster.

3.5. BALANÇO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

3.5.1. Apresentação dos resultados obtidos com as questões do questionário

De forma a poder estimar, de forma simplificada, se os alunos conseguiram relacionar os conteúdos contemplados nas várias disciplinas e os conceitos abordados no âmbito da tecnologia de fundações foi solicitado, após a implementação do *workshop*, o preenchimento de um questionário (Anexo C XIV).

Tabela [21] – Respostas corretas (em percentagem) ao questionário preenchido pelos alunos das turmas 12º FQ e 12ºBG.

Questões	% de respostas corretas	
	12ºFQ	12ºBG
5- Assinala com um X a opção que completa de forma correta a frase seguinte: O ensaio realizado para caracterizar o solo para a construção da nova Escola designa-se por ...	100	100
6- Assinala com um X a opção que completa de forma correta a frase seguinte: O mapa que caracteriza o tipo de solo a nível nacional designa-se por...	90	95
7- Classifica em Verdadeiro (V) ou Falso (F) as seguintes afirmações:		
A- A bentonite é uma argila natural biodegradável.	90	68
B- O polímero pode ser eliminado em qualquer local por ser inócuo para o meio ambiente.	70	68
C- A bentonite pode contaminar o solo e a água.	60	84
D- O mirtilo é uma espécie sensível que requer características específicas do solo e qualidade da água.	100	100
E- Se houvesse necessidade de construir as fundações de uma ponte junto a culturas de mirtilos era indiferente optar-se por utilizar bentonite ou polímero.	100	84
8-Classifica em Verdadeiro (V) ou Falso (F) as seguintes afirmações:		
A- O Polymud é um polímero insolúvel em água.	60	74
B- O Polymud é um polímero sintético concebido para interagir quimicamente com diversos tipos de solo.	80	63
C- Para preparar o Polymud é necessário dissolvê-lo numa solução ácida.	80	79
D- O Polymud é comercializado no estado sólido.	90	89
E- O Polymud é um polímero natural.	100	95
9- Selecciona com um X os parâmetros físico-químicos testados para garantir a qualidade do fluido nas escavações:		
Viscosidade	80	84
Ph	90	100
Densidade	100	95
Teor de areia	80	63

Os resultados obtidos evidenciam que os alunos conseguiram, de uma forma geral, apreender novos conceitos relacionados com a tecnologia de fundações e os conteúdos abordados nas disciplinas específicas de Física, Química, Geologia e Biologia durante o *workshop*.

3.5.2. Análise da opinião dos alunos à implementação do projeto

De forma a poder estimar a opinião dos alunos face às atividades implementadas durante o *workshop* foi solicitado o preenchimento do questionário (Anexo C XIV), cujos resultados apresentam-se a seguir.

Amostra: **Turma 12º FQ**-10 alunos (Física e Química)

Turma 12º BG- 19 alunos (Biologia Geologia)

- Questão 1

Relativamente à questão 1, solicita-se ao aluno que indique o grau de interesse das atividades realizadas no âmbito do *workshop*, utilizando uma escala de 1 a 5:

Escala utilizada:

1-Muito interessante 2-Interessante 3-Pouco interessante 4-Nada interessante 5- Não tenho opinião

Tabela [22] – Número de alunos, respetiva percentagem e grau de interesse referido pelos alunos relativo às atividades realizadas durante o *workshop*.

	1.Muito Interessante		2.Interessante		3.Pouco interessante		4.Nada interessante		5.Não tenho opinião	
	nº alunos	%	nº alunos	%	nº alunos	%	nº alunos	%	nº alunos	%
12ºFQ	3	30%	7	70%	0	0%	0	0%	0	0%
12ºBG	6	31,6%	13	68,4%	0	0%	0	0%	0	0%

Os alunos de ambas as turmas foram unânimes (100 %) ao considerarem as atividades realizadas no âmbito do *workshop* como interessantes ou muito interessantes.

- Questão 2

Relativamente à questão 2, solicita-se ao aluno que indique o seu grau de concordância utilizando uma escala de 1 a 4:

Escala utilizada:

1- Concordo completamente 2- Concordo 3- Concordo pouco 4- Não concordo

A tabela seguinte refere o número de alunos e respetiva percentagem que utilizaram o 1 (concordo completamente) ou 2 (concordo) para completar a afirmação.

Na questão 2 era solicitado a cada aluno que complete a frase: A atividade “Como estabilizar os solos para a construção de edifícios?” abordada com diversas disciplinas (Geologia, Biologia, Química e Física), ajudou-me...

Tabela [23] – Número de alunos e respetiva percentagem que utilizaram o 1 ou o 2 para completar a frase da questão 2.

Opções	Concordo completamente ou concordo			
	Nº alunos		%	
	12ºFQ	12ºBG	12ºFQ	12ºBG
... a considerar o tema mais interessante	8	19	80%	100%
... a compreender os fenómenos abordados de um modo mais completo	10	19	100%	100%
... a pensar que os problemas do “mundo real” podem ser abordados tendo em consideração os conteúdos leccionados em diversas disciplinas	10	19	100%	100%
... a estabelecer a ligação entre os saberes teóricos adquiridos nas diversas disciplinas e a sua aplicação prática	10	18	100%	95%

Os alunos foram unânimes (100%) ao considerarem que “Construção de edifícios: uma abordagem interdisciplinar” abordado com diversas disciplinas (Geologia, Biologia, Física e Química) ajudou-os:

- a compreender os fenómenos abordados de um modo mais completo;
- a pensar que os problemas do “mundo real” podem ser abordados tendo em consideração os conteúdos leccionados em diversas disciplinas.

A maioria dos alunos de ambas as turmas considerou que a abordagem interdisciplinar ajudou-os a estabelecer a ligação entre os saberes teóricos adquiridos nas diversas disciplinas e a sua aplicação prática e a considerarem o tema mais interessante.

- Questão 3

Relativamente à questão 3, solicita-se ao aluno que indique o seu grau de concordância utilizando uma escala de 1 a 4:

Escala utilizada:

1- Concordo completamente 2- Concordo 3- Concordo pouco 4- Não concordo

A tabela seguinte refere o número de alunos e respetiva percentagem que utilizaram o 1 (concordo completamente) ou 2 (concordo) para completar a afirmação.

Na questão 3 era solicitado a cada aluno que complete a frase: A atividade “Como estabilizar os solos para a construção de edifícios?” foi realizada a partir de um contexto real _ a construção da nova escola. Esta atividade abordada a partir das fases de construção da nova escola ajudou-me...

Tabela [24] – Número de alunos e respetiva percentagem que utilizaram o 1 ou o 2 para completar a frase da questão 3.

Opções	Concordo completamente ou concordo			
	Nº alunos		%	
	12ºFQ	12ºBG	12ºFQ	12ºBG
... a considerar o tema mais interessante por ser abordado em articulação entre a comunidade intra e inter-escola e outros parceiros educativos, tais como o Centro de Ciência	9	-	90%	-
... a ter consciência dos problemas que envolvem o meio onde a escola está inserida	10	19	100%	100%
... a compreender que existe uma aproximação entre a escola, a comunidade, as empresas e as instituições científicas e culturais	10	18	100%	95%
... a desenvolver uma perspetiva integradora do saber num contexto que facilita a aproximação ao mundo do trabalho, empresarial e das instituições científicas e culturais	10	19	100%	100%

Os alunos foram unânimes (100%) ao considerarem que a atividade “Como estabilizar os solos para a construção de edifícios?” realizada a partir da construção dos novos edifícios escolares ajudou-os:

- a ter consciência dos problemas que envolvem o meio onde a escola está inserida;

- a desenvolver uma perspectiva integradora do saber num contexto que facilita a aproximação ao mundo do trabalho, empresarial e das instituições científicas e culturais.

A maioria dos alunos considerou que a abordagem a partir de um contexto “real” ajudou-os a compreender que existe uma aproximação entre a escola, a comunidade, as empresas e as instituições científicas e culturais.

A maioria dos alunos considerou que a abordagem a partir de um contexto “real” ajudou-os a considerar o tema mais interessante por ser abordado em articulação entre a comunidade intra e inter-escola e outros parceiros educativos, tais como o Centro de Ciência. Esta questão foi respondida apenas pelos alunos da turma 12º FQ que usufruíram da atividade “Polímeros” dinamizada pelo Centro de Ciência.

- Questão 4

Relativamente à questão 4 solicita-se aos alunos que sintetizem a sua opinião sobre as atividades realizadas no âmbito do *workshop* “Como estabilizar os solos para a construção de edifícios? – uma abordagem interdisciplinar”.

Algumas opiniões dos alunos encontram-se transcritas a seguir.

12ºFQ

“Achei a atividade relevante e enquadrada com as matérias lecionadas anteriormente”

“Deu-nos alguns conhecimentos interessantes relativamente a uma área que toda a gente pensa que conhece e afinal não é bem assim”

“Foi interessante na medida em que ficamos com uma ideia de como se inicia a construção de um edifício e tudo aquilo que envolve”

“Vi o lado mais prático dos polímeros e as suas diversas aplicações em várias áreas”

“Concordo com a atividade visto que a Química, Física, Biologia e Geologia são importantes para a Construção Civil ”

“Concordo com a atividade, conseguimos ver que várias disciplinas são utilizadas nesta matéria”

12ºBG

“É necessária uma abordagem de várias disciplinas para se perceber os convenientes e inconvenientes dos solos”

“Sendo uma aplicação que toca em múltiplas áreas do ensino secundário, esta é uma importante abordagem”

“Com ajuda das várias disciplinas é possível estabilizar os solos de forma mais eficaz”

“São necessárias várias disciplinas para compreender o que ocorre à nossa volta nomeadamente com a estabilização dos solos”

“Tem que se ter em conta aspetos físicos, químicos, biológicos e geológicos do terreno onde se vão proceder as construções”

“Esta atividade permitiu conciliar várias disciplinas, o que achei bastante interessante. Além disso, a utilização da construção da nossa escola como exemplo permitiu tornar o assunto tratado mais interessante e mais fácil de entender”

“Foi necessário conciliar a Biologia com a Física e com a Química. É necessário a Biologia, a Química e a Física para manter o ambiente estável. Foi uma experiência positiva”

“A atividade foi bastante interessante, pois aborda temas da construção do dia-a-dia aos quais temos curiosidade e que ficamos completamente esclarecidos”

“Esta atividade demonstrou-nos como várias ciências estão interligadas e postas em prática em inúmeras situações do dia-a-dia, muitas vezes sem que tomemos consciência disso”

“É necessário um saber em várias áreas do conhecimento científico como por exemplo Física, Química, Biologia e Geologia”

A análise das opiniões dos alunos permite aferir que, segundo estes, o *workshop* implementado apresentou uma abordagem bastante interessante, esclarecedora e enquadrada com as matérias lecionadas anteriormente.

Segundo a opinião dos alunos, as atividades implementadas durante o *workshop* permitiram:

- articular as aprendizagens desenvolvidas nas componentes de formação específica do currículo, nomeadamente as disciplinas de Química, Física, Biologia e Geologia;

- interligar o conhecimento científico das várias disciplinas a situações do dia-a-dia da vivência dos alunos;
- aprofundar conhecimentos relevantes no âmbito do tema em estudo.

3.5.3. Apreciação dos resultados

Esta investigação pretendeu:

- a) Conceber, desenvolver e implementar práticas pedagógicas inovadoras, relacionadas com as áreas de interesse pessoal e/ou vocacional dos alunos, que promovam a resolução de problemas abertos em contexto real.
- b) Utilizar metodologias de trabalho de forma a articular, numa dimensão interdisciplinar, os saberes teóricos e práticos nas áreas de interesse pessoal e/ou vocacional dos alunos, nomeadamente na área da Física, Química, Biologia e Geologia.

Apresenta-se de seguida a apreciação dos resultados em função dos objetivos propostos:

- a) Conceber, desenvolver e implementar práticas pedagógicas inovadoras, relacionadas com as áreas de interesse pessoal e/ou vocacional dos alunos, que promovam a resolução de problemas abertos em contexto real.

O *workshop* foi implementado a duas turmas do curso Ciências e Tecnologias, com componente de formação específica em Biologia e Geologia (12º BG) e Química e Física (12º FQ).

A proposta de trabalho centrou-se numa perspetiva aberta e flexível, onde se privilegiou a dimensão interdisciplinar, assente na resolução de problemas. De forma a articular os saberes teóricos das disciplinas da componente da formação específica de ambas as turmas com a tecnologia utilizada na estabilização dos solos em fundações para a construção de edifícios, o *workshop* englobou várias atividades práticas, das quais se destacam:

- 1) no âmbito da disciplina de Geologia
 - Interpretar a carta geológica da Região de Sever do Vouga;
 - Analisar diversos relatórios do ensaio SPT;

2) no âmbito da disciplina de Biologia

- Analisar o impacto ambiental causado pela utilização da lama bentonítica e do fluido (polímero biodegradável) na estabilização de solos em fundações para a construção de edifícios;

3) no âmbito da disciplina de Química

- Atividade laboratorial de produção de polímeros;
- Atividade laboratorial do estudo das propriedades físico-químicas dos polímeros;
- Atividade laboratorial da interação química do polímero com o solo;

4) no âmbito da disciplina de Física

- Relacionar as forças de pressão exercidas pelo fluido e a profundidade de uma escavação;
- Analisar os testes realizados aos parâmetros físico-químicos do fluido numa escavação, nomeadamente a viscosidade, o pH, a densidade e o teor de areia.
- Analisar as etapas de execução das estacas escavadas com fluido de estabilização.

De forma a permitir uma visão do mundo do trabalho no âmbito do tema em estudo, em articulação com a aprendizagem realizada durante o *workshop*, este culminou com:

- Breve caracterização de algumas empresas que utilizam polímeros na estabilização de solos em fundações;
- Apresentação de algumas obras realizadas em Portugal com recurso à utilização de polímeros para estabilizar o solo em fundações;
- Análise de documentação variada fornecida pela empresa construtora dos novos edifícios escolares com referência à construção de unidades diversas e à investigação e tecnologia realizada no âmbito empresarial.

Os alunos de ambas as turmas tiveram a oportunidade de interligar o conhecimento científico das várias disciplinas a situações do dia-a-dia, da vivência dos alunos, durante a realização de atividades práticas, num contexto “real” através de situações problemáticas reais.

Os resultados obtidos das respostas dos alunos às questões do questionário são, de uma maneira geral, considerados satisfatórios. Estes evidenciam que a realização das atividades práticas, centradas na construção dos novos edifícios escolares, permitiu que os alunos desenvolvessem uma perspectiva integradora do saber, a partir de várias situações problemáticas. Esta perspectiva permitiu que os alunos colocassem em prática os saberes lecionados nas disciplinas de formação específica e integrassem novos conceitos utilizados na tecnologia de fundações de forma a responder à questão formulada "Como estabilizar solos para a construção de edifícios?"

A análise das opiniões dos alunos permite aferir ainda que, segundo estes, o *workshop* implementado apresentou uma abordagem bastante interessante, esclarecedora e enquadrada com as matérias lecionadas anteriormente.

Segundo a opinião dos alunos, as atividades implementadas durante o *workshop* permitiram:

- articular as aprendizagens desenvolvidas nas componentes de formação específica do currículo, nomeadamente as disciplinas de Química, Física, Biologia e Geologia;
 - interligar o conhecimento científico das várias disciplinas a situações do dia-a-dia da vivência dos alunos;
 - aprofundar conhecimentos relevantes no âmbito do tema em estudo.
- b) Utilizar metodologias de trabalho de forma a articular, numa dimensão interdisciplinar, os saberes teóricos e práticos nas áreas de interesse pessoal e/ou vocacional dos alunos, nomeadamente na área da Física, Química, Biologia e Geologia.

A implementação do *workshop* "Construção de edifícios: uma abordagem interdisciplinar" deveu-se ao interesse suscitado por um grupo de alunos da turma do 12º BG, durante a realização de uma atividade realizada na escola, no âmbito do Dia das Ciências.

A atividade laboratorial, direcionada para os alunos do 8º ano de escolaridade, consistiu em preparar polímeros para estabilizar o solo das escavações. Um grupo de alunos do 12º BG quis realizar a atividade laboratorial e questionou a professora-investigadora se seria possível a realização da mesma atividade mas adaptada ao 12º ano de escolaridade.

Segundo este grupo de alunos, o facto de a atividade relacionar conteúdos de Química e Geologia para o mesmo propósito, estabilizar o solo das escavações para construções em edifícios, era algo que gostariam de explorar.

É importante referir que não é comum os alunos do curso de Ciências e Tecnologias selecionarem como disciplinas da componente específica do 12º ano de escolaridade as disciplinas de Química e Geologia em simultâneo (é mais frequente a seleção Química/Física ou Biologia/Geologia). Pelo que, segundo a professora-investigadora, poderá ter sido a imprevisível articulação destas duas áreas do conhecimento, com vista à resolução de um mesmo problema, a construção dos novos edifícios escolares, que suscitou a curiosidade dos alunos em aprofundar conhecimentos no âmbito do contexto em estudo.

Atendendo à pretensão dos alunos, a professora-investigadora, selecionou os conteúdos programáticos das várias disciplinas de forma a articulá-los com os conceitos empregues na tecnologia de fundações, relacionando-os com a estabilização de solos em fundações para a construção de edifícios.

A proposta de trabalho foi discutida com as docentes que lecionaram na escola as disciplinas de Biologia e Química do 12º ano. A proposta de trabalho abrangeu a conceção de experiências concretas relacionadas com os conteúdos das áreas de interesse pessoal e/ou vocacional dos alunos nomeadamente na área da Física, Química, Biologia e Geologia, das quais se destacam:

- 1) no âmbito da disciplina de Geologia
 - A história geológica de uma região
- 2) no âmbito da disciplina de Biologia
 - Preservar e recuperar o meio ambiente
- 3) no âmbito da disciplina de Química
 - Polímeros sintéticos e a indústria dos polímeros
- 4) no âmbito da disciplina de Física
 - Mecânica dos fluidos

4. PROJETO PEDAGÓGICO IMPLEMENTADO NA EDUCAÇÃO E FORMAÇÃO DE ADULTOS

O contexto Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente que incorpora a componente científica do doutoramento foi implementado durante a formação de uma turma do curso de Técnico de Desenho de Construções Mecânicas (TDCM) da Educação e Formação de Adultos (Curso EFA nível 4). O contexto teve como tônica dominante a 2ª fase do programa de requalificação do parque escolar, que incidiu na recuperação e modernização dos antigos edifícios escolares [4:14]:

- Corrigir problemas construtivos existentes;
- Melhorar condições de habitabilidade e de conforto ambiental, com particular ênfase na hidrotérmica, acústica, qualidade do ar, segurança e acessibilidade;
- Adequar espaços letivos e não letivos e modernizar os respetivos equipamentos;
- Garantir flexibilidade e adaptabilidade dos espaços letivos e não letivos, de modo a maximizar a sua utilização e a minimizar investimentos no futuro;
- Garantir a eficácia energética dos edifícios reduzindo os custos de operação.

A implementação da 2ª fase do programa de requalificação do parque escolar serviu como contexto à abordagem do tema “Construção e Arquitetura” do Domínio de Referência 1 (DR1) – Sociedade, Tecnologia e Ciência no contexto privado da Unidade de Formação de Curta Duração (UFCD) 6 – Urbanismo e Mobilidade, cuja planificação encontra-se em anexo (Anexo C XV).

O tema central teve como tônica dominante a construção e arquitetura dos edifícios escolares, introduzido pela professora investigadora, que assumiu também o papel de formadora de Física e Química da área de competência-chave de Sociedade, Tecnologia e Ciência (STC). Para além da professora investigadora, a implementação das estratégias envolveu também a formadora de STC da área da Biologia e Geologia, um representante da área de engenharia da empresa construtora dos edifícios escolares e a colaboração da empresa GEO, no fornecimento de polímero para a realização de atividades laboratoriais.

A implementação do projeto, com uma duração prevista de 17 tempos de 45 minutos (12,5 horas), decorreu durante a 2ª fase do programa de requalificação dos edifícios do parque escolar: a recuperação e modernização dos antigos edifícios escolares.

A atividade envolveu uma turma, constituída por 4 formandos trabalhadores-estudantes, com média de idade de 35 anos. A implementação do projeto desenvolveu-se

em torno do problema: “Como construir um edifício?”, tendo como contexto a construção dos novos edifícios e a recuperação e modernização dos antigos edifícios escolares.

Assim, pretendeu-se contribuir positivamente para a formação pessoal e social dos formandos, dando-lhes a possibilidade de adquirir competências profissionais, com vista a uma progressão no mercado de trabalho.

4.1. SELEÇÃO DO TEMA

O tema, centrado na construção de edifícios, visa contribuir para o desenvolvimento da educação e formação de adultos. O tema selecionado assume um papel essencial ao permitir a implementação de estratégias flexíveis, inovadoras e devidamente enquadradas, adequadas às inserções regionais, profissionais e sociais dos adultos, tal como preconizado pela Agência Nacional para a Qualificação [4:16].

O tema “Construção e arquitetura”, envolto no problema “Como construir um edifício?”, permite explorar, em contexto real e diversificado, muitas potencialidades de desenvolvimento em domínios fundamentais, devidamente articulados com as competências específicas da UFCD 6 - DR1, nomeadamente associar conceitos de construção e arquitetura à integração social e à melhoria do bem-estar individual.

Assim, a exploração do contexto associado à construção dos novos edifícios e à recuperação e modernização dos antigos edifícios escolares, constitui-se como um meio que permite a implementação de estratégias pedagógicas adequados às características regionais e locais, com ênfase em conceitos-chaves relevantes para a formação de Técnico de Desenho de Construções Mecânicas.

4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Esta investigação pretende:

- a) Conceber e desenvolver experiências concretas no âmbito da UFCD 6 - DR1, adequadas às inserções regionais, profissionais e sociais dos adultos, com ênfase em conceitos-chaves relevantes para a formação de Técnico de Desenho de Construções Mecânicas.
- b) Promover a interação entre a escola e diferentes atores educativos, visando a melhoria da qualidade de ensino.

4.3. METODOLOGIA

A planificação a médio prazo da área de competência-chave de STC da UFCD 6 – DR1 “Urbanismo e Mobilidade” foi elaborada pelas formadoras de STC e encontra-se em anexo (Anexo C XV).

A metodologia do trabalho empregue na abordagem ao tema “Urbanismo e Mobilidade” centrou-se numa perspetiva promotora da articulação Educação - Formação - Trabalho. Esta articulação reveste-se de “uma importância estratégica no quadro das políticas de educação e formação ao longo da vida, na medida em que visa potenciar a qualificação da população adulta, por via da valorização das competências adquiridas, ao longo da vida, em diferentes contextos, no sentido de aumentar a competitividade do tecido empresarial, face aos desafios provocados pela globalização da economia e pela inovação tecnológica” [4:15].

A metodologia empregue baseou-se na aprendizagem por “atividades integradoras”, mais próximas da vida profissional dos formandos e da realidade local e regional onde estes se encontram inseridos.

Tendo em consideração as premissas anteriores, desenvolveu-se um conjunto de estratégias pedagógicas convocando “competências e saberes de múltiplas áreas do saber, que se intersetam, funcionando em conjunto para concretizar a resolução de problemas, gradualmente mais complexos, implicando e gerando uma atitude ativa no desenvolvimento de aprendizagens significativas para os formandos” [4:16].

A abordagem ao tema “Urbanismo e Mobilidade” desenvolveu-se em torno do problema “Como construir um edifício?”. Foi feita referência à pertinência do tema no âmbito do Programa de Modernização do Parque Escolar.

De forma a abordar o problema proposto, os formandos, com apoio da professora-investigadora, analisaram genericamente o estudo do projeto dos edifícios escolares.

Os formandos são incentivados a levantarem questões e a definirem estratégias de forma a resolverem a situação problemática.

No seguimento da formação, foi abordada a conceção de edifícios com estrutura de betão, numa palestra proferida pelo representante da área de engenharia da empresa construtora dos edifícios escolares.

De forma a averiguar o impacto da formação, solicitou-se o preenchimento de um questionário elaborado pelo efeito (Anexo C XX), no qual os alunos individualmente responderam às questões colocadas.

4.4. IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

A planificação da formação DR1 da UFCD 6 – Urbanismo e Mobilidade de STC foi elaborada pelas duas formadoras de STC (Anexo C XV).

Pretendeu-se empregar durante a formação, estratégias pedagógicas com vista a proporcionar uma articulação entre Educação-Formação-Trabalho, articulando os saberes consolidados durante a formação com os requisitos relevantes da profissão de Técnico de Desenho de Construções Mecânicas.

A professora-investigadora iniciou a formação com o problema “Como construir um edifício?”. Os formandos foram incentivados a formular novos problemas e a encontrar possíveis soluções no âmbito do tema em estudo.

Após debate e posterior análise das sugestões apresentadas pelos formandos, são formulados dois novos problemas com vista a contribuir para o conhecimento real da situação e enquadramento científico da questão colocada:

- “Como estabilizar o solo para a construção de edifícios?”
- “Quais os principais aspetos a ter em conta na conceção da estrutura de edifícios?”

Assim, o problema central foi abordado através de dois novos problemas que envolvem, respetivamente:

- a aplicação da tecnologia de fundações na estabilização de solos em fundações
- a conceção de sistemas estruturais de edifícios em betão

4.4.1. Implementação da primeira parte da formação – problema “Como estabilizar os solos para a construção de edifícios?”

A abordagem ao problema “Como estabilizar os solos para a construção de edifícios?”, com recurso ao PowerPoint (Anexo C XVI), contemplou a exploração dos seguintes tópicos:

- 1) Localização geográfica, prospeção e estudo dos solos

A abordagem à prospeção e estudo dos solos, contemplou a análise dos mapas geográfico e geológico da região envolvente à escola. Foi dada ênfase ao ensaio SPT para o reconhecimento das condições do solo, tendo os formandos analisado vários relatórios do ensaio de campo.



[20] Extratos do PowerPoint utilizado.

De forma a permitir uma melhor exploração do problema proposto, os formandos tiveram a possibilidade de realizar as seguintes atividades:

- Interpretar a carta geográfica e geológica da região de Sever do Vouga;
- Analisar diversos relatórios do ensaio SPT, cujos exemplares se encontram em anexo (Anexo C XI).

2) Planeamento do projeto de edifícios

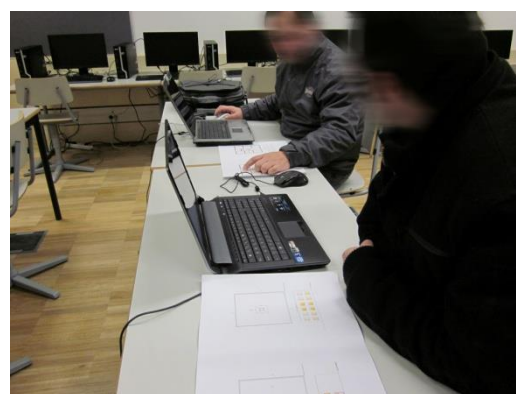
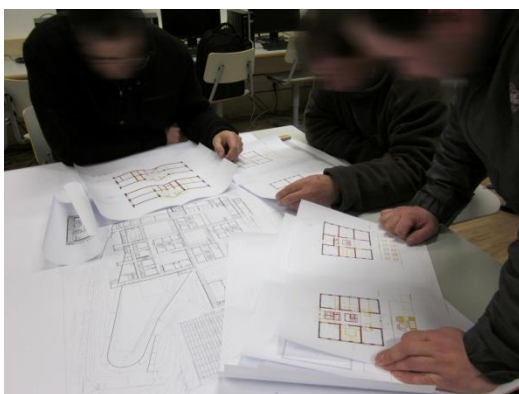
A abordagem ao planeamento do projeto de edifícios teve como ponto de partida o estudo do planeamento do projeto dos novos edifícios escolares.



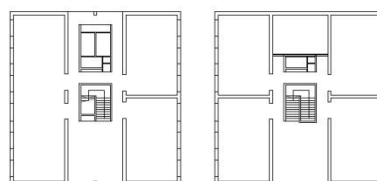
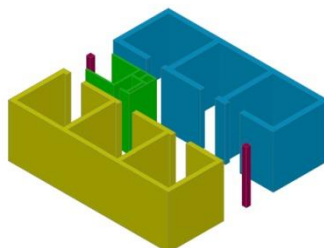
[21] Extratos do PowerPoint utilizado.

De forma a permitir uma melhor análise do planeamento do projeto de edifícios, os formandos tiveram a possibilidade de realizar as seguintes atividades, cuja proposta de trabalho encontra-se em anexo (Anexo C XVIII):

- Análise das plantas dos edifícios escolares, fornecidas pela empresa construtora;
- Estudo genérico da arquitetura dos novos edifícios escolares;
- Execução de um extrato de um edifício escolar, a 2D e a 3D, com o programa Autocad.



[22] Fotografias da atividade de análise das plantas dos edifícios escolares.



[23] Fotografias da realização em Autocad de um extrato do edifício e imagem captada de alguns trabalhos produzidos pelos formandos.

3) Fundações

A abordagem genérica à execução de fundações diretas teve como ponto de partida o estudo das sapatas executadas para a edificação da estrutura da escola.

A abordagem genérica à execução de fundações profundas baseou-se no estudo da execução de estacas escavadas com fluido de estabilização (lama bentonítica e polímeros).



[24] Extratos do PowerPoint utilizado.

4) Meio ambiente

A abordagem do impacto ambiental causado por alguns materiais utilizados na construção civil teve como ponto de partida o impacto ambiental causado pela utilização da bentonite e do fluido (polímero biodegradável) na estabilização de solos em fundações para a construção de edifícios. Foi dada ênfase à importância de preservar o ecossistema, principalmente junto de espécies sensíveis, como o mirtilo amplamente cultivado na região envolvente à escola.

Neste domínio, procedeu-se ainda a uma reflexão sobre a possibilidade de reciclagem destes produtos em obra, tratamento e a eliminação de resíduos após a sua utilização.



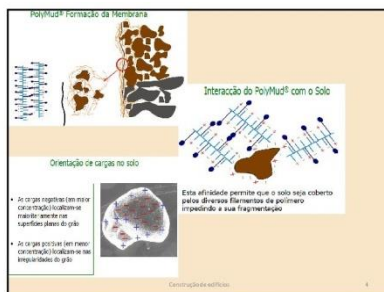
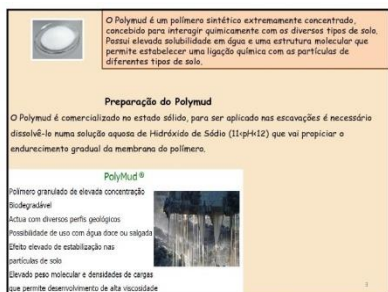
[25] Extratos do PowerPoint utilizado.

5) Interação química do polímero com o solo

Seguidamente foi abordada a interação química do polímero com o solo na execução de estacas escavadas com fluido. Esta abordagem consistiu na seguinte análise:

- Progresso científico e tecnológico da indústria química de polímeros na pesquisa de novos materiais sustentáveis utilizados na tecnologia de fundações;
- Classificação de polímeros utilizados na tecnologia de fundações baseada na estrutura e composição;

- Caracterização de polímeros frequentemente utilizados pela indústria para estabilização dos solos em fundações;
- Preparação de polímeros para utilização em obra e sua interação com diferentes tipos de solo.



[26] Extratos do PowerPoint utilizado.

De forma a permitir uma melhor análise da interação química do polímero com o solo, os formandos tiveram a possibilidade de realizar a seguinte atividade laboratorial, cuja proposta de trabalho encontra-se em anexo (Anexo C XVII):

- Preparação de polímero para aplicação em obra - dissolução do polímero numa solução de Hidróxido de Sódio;
- Análise da interação estabelecida entre o polímero e o solo - adição do polímero em solução aquosa ao solo.

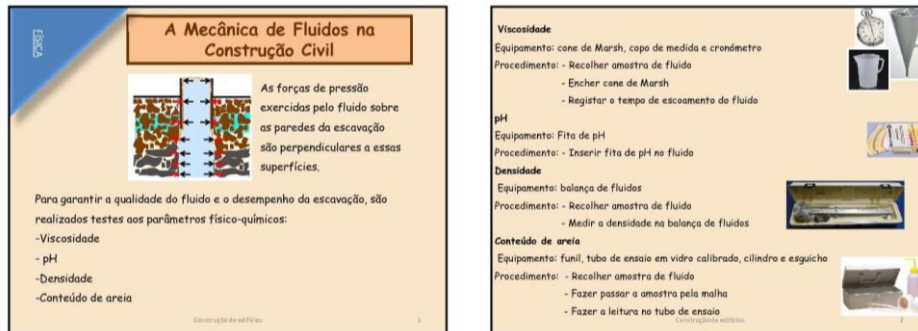


[27] Fotografias da atividade laboratorial.

6) Desempenho do fluido no interior de uma escavação

A abordagem do desempenho do fluido no interior de uma escavação, contemplou a exploração dos seguintes tópicos:

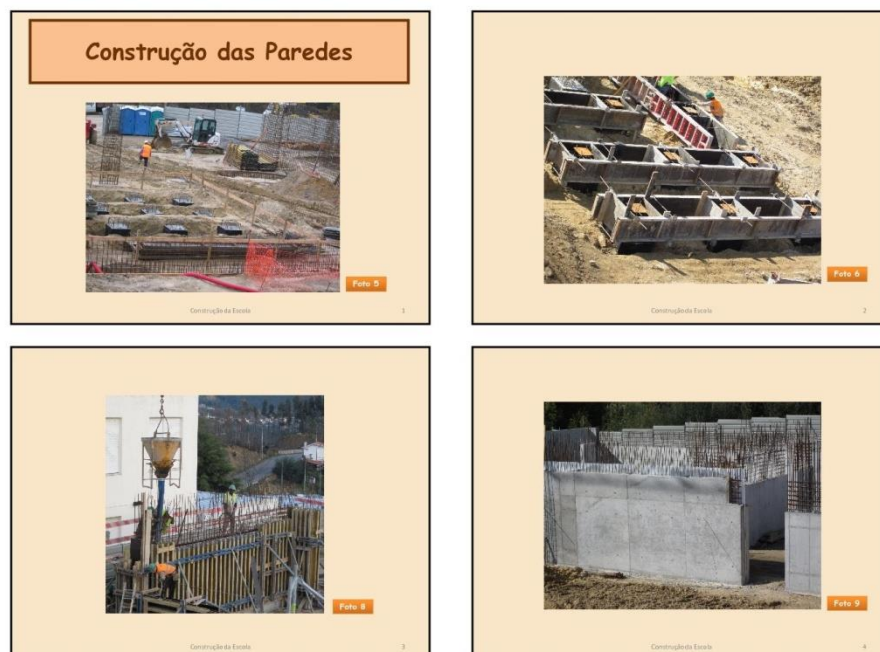
- Forças de pressão exercidas pelo fluido sobre as paredes de uma escavação;
- Ensaios aos parâmetros físico-químicos do fluido: viscosidade, pH, densidade e teor de areia
- Etapas da execução das estacas escadas com fluido



[28] Extratos do PowerPoint utilizado.

7) Fases de conceção da estrutura de edifícios de betão

A professora-investigadora abordou, de forma genérica, as fases de conceção da estrutura de edifícios de betão. A abordagem baseou-se apenas nas fases de construção da estrutura dos novos edifícios escolares. Esta abordagem foi apenas introdutória dado que, como previsto, este tópico foi aprofundado posteriormente na palestra proferida pelo representante da área de engenharia da empresa construtora dos edifícios escolares.



[29] Extratos do PowerPoint utilizado.

De forma a permitir uma visão real do mundo do trabalho, com recurso ao Power-Point, fez-se uma breve caracterização de algumas empresas que utilizam polímeros na execução de estacas escavadas e de algumas obras realizadas em Portugal.

A atividade culminou com a análise de documentação variada fornecida pela empresa construtora dos edifícios escolares. A documentação fornecida contemplou a abordagem dos seguintes tópicos:

- construção de unidades industriais;
- construção de vias de comunicação;
- desenvolvimento de cidades;
- construção de edifícios escolares;
- construção de unidades de energia e ambiente;
- construção de unidades de saúde;
- construção de complexos desportivos;
- construção de ferrovias;
- construção de unidades de turismo;
- investigação e tecnologia de âmbito empresarial.



[30] Extratos do PowerPoint utilizado.

4.4.2. Implementação da segunda parte da formação – problema “Quais os principais aspetos a ter em conta na conceção da estrutura de edifícios?”

A abordagem ao problema “Quais os principais aspetos a ter em conta na conceção da estrutura de edifícios?” teve como tónica dominante a construção da estrutura novos edifícios escolares e a requalificação dos antigos edifícios da escola.

A abordagem ao problema contemplou a realização da palestra “A construção dos edifícios escolares” proferida pelo representante da área de engenharia, a convite da professora-investigadora.

A palestra, previamente preparada de forma a atender aos requisitos do curso de Técnico de Desenho de Construções Mecânicas, contemplou a análise dos seguintes tópicos:

- 1- Materiais utilizados na construção dos novos edifícios escolares com ênfase para: betões e argamassas de cimento; aços de construção; madeiras; alumínio e plásticos.
- 2- Resistência de materiais com ênfase para: construções de betão armado e construções metálicas
- 3- Estruturas
- 4- Elementos da construção metálica
- 5- Ligações
- 6- Isolamento térmico dos novos edifícios escolares e qualidade dos sistemas energéticos de climatização
- 7- Energia de edifícios com ênfase para a utilização dos painéis solares implementados nos edifícios escolares
- 8- Acústica dos novos edifícios escolares
- 9- Acessibilidade dos novos edifícios escolares
- 10- Recuperação e modernização dos antigos edifícios escolares
- 11- Arquitetura dos edifícios da Escola Básica e Secundária de Sever do Vouga
- 12- Projeto paisagístico/espços verdes da escola



[31] Fotografias da palestra.

Para dar continuidade à formação, a formadora de CTS (da área de Biologia e Geologia) abordou com os formandos o modelo ecológico e os diferentes tipos de alojamento familiar associados a modos de vida particulares. Foi solicitado aos formandos, como proposta de trabalho (Anexo C XVIII), a elaboração de um trabalho escrito/catálogo sobre as Casas Típicas de Portugal, sua apresentação e caracterização.

A formação da área de competência-chave de STC da UFCD 6 – DR1 “Urbanismo e Mobilidade” culminou com a apresentação oral dos trabalhos realizados pelos formandos e a elaboração de um póster que ficou em exposição no átrio da escola (Anexo XIX), de forma a divulgar as atividades realizadas pelos formandos.



[32] Póster.

A tabela 3 apresenta uma síntese das atividades desenvolvidas, respetiva calendarização e conceitos-chaves abordados durante a formação.

Tabela 25 – Atividades desenvolvidas e respetiva calendarização

		Tema/ contexto		
UFCD6 DR1 Sociedade, tecnologia e ciência no contexto privado				
Construção e arquitetura				
		Competências Específicas		
Associar conceitos de construção e arquitetura à integração social e à melhoria do bem-estar individual				
Dinamizador principal	Atividades desenvolvidas	Tópicos abordados	Conceitos-chave	Sessões
Professora investigadora	Definição de estratégias com vista à resolução da situação problemática: “Como construir um edifício?”			45 min
	Interpretar a carta geográfica e geológica da região de Sever do Vouga; Analisar diversos relatórios do ensaio SPT	Localização geográfica, prospeção e estudo dos solos	Localização geográfica	
	Análise das plantas dos edifícios escolares; Estudo genérico da arquitetura dos novos edifícios escolares; Execução em Autocad de um extrato de um edifício	Planeamento do projeto de edifícios		90 min
	Análise genérica da execução de fundações diretas e de fundações profundas	Fundações		45 min
	Análise do impacto ambiental causado pela utilização da bentonite e do fluido (polímero biodegradável) Reflexão sobre a possibilidade de reciclagem destes produtos em obra, tratamento e a eliminação de resíduos após a sua utilização	Meio ambiente	Educação ambiental; tratamento de resíduos; materiais reciclados	45 min

Dinamizador principal	Atividades desenvolvidas	Tópicos abordados	Conceitos-chave	Sessões
Professora investigadora	Atividade laboratorial Análise dos ensaios aos parâmetros físico-químicos do fluido - Viscosidade - pH - Densidade - Teor de areia Etapas da execução das estacas escadas com fluido	Interação química do polímero com o solo Desempenho do fluido no interior de uma escavação		90 min
Engenheiro da empresa construtora dos edifícios escolares	Palestra “A construção dos edifícios escolares”	Conceção de sistemas estruturais de edifícios em betão e arquitetura dos espaços físicos	Materiais de construção Painéis solares Espaços verdes	90 min 45 min
Formadora STC (área de Biologia e Geologia)	Análise do modelo ecológico e dos diferentes tipos de alojamento familiar associados a modos de vida particulares.	Modelo ecológico e diferentes tipos de alojamento familiar	Modelo ecológico Comunidade Bem-estar	45 min
Formadora STC (área de Biologia e Geologia)	Elaboração de um trabalho escrito/catálogo sobre as Casas Típicas de Portugal			90 min 45 min
Professora investigadora	Elaboração do póster			45 min
Formadora STC e professora investigadora	Apresentação, discussão e reflexão sobre os trabalhos realizados pelos formandos			90 min

Para apurar o impacto das atividades desenvolvidas, a formação culminou com o preenchimento de um questionário elaborado para o efeito (Anexo C XX).

4.5. BALANÇO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

4.5.1. Análise da opinião dos alunos à implementação do projeto

De forma a estimar a opinião dos formandos em relação à implementação das estratégias, foi solicitado a estes que preenchessem um questionário elaborado para o efeito (Anexo XX), cujos resultados apresentam-se seguidamente.

Amostra: 4 formandos

- Questão 1

Relativamente à questão 1, solicitava-se ao formando que indique o seu grau de concordância utilizando uma escala de 1 a 4:

Escala utilizada:

1- Concordo completamente 2- Concordo 3- Concordo pouco 4- Não concordo

A tabela seguinte refere o número de formandos e respetiva percentagem que utilizaram o 1 (concordo completamente) ou 2 (concordo) para completar a afirmação.

Na questão 1 era solicitado a cada formando que complete a frase: A abordagem ao tema “Construção e arquitetura” a partir das fases de construção dos novos edifícios da Escola, ajudou-me...

Tabela [26]-Número de formandos e respetiva percentagem que utilizaram o 1 ou 2 para completar a questão.

Opções	Concordo completamente ou concordo	
	Nº formandos	%
... a considerar o tema mais interessante	4	100%
... a ter consciência dos problemas que envolvem o meio onde a escola está inserida	4	100%
... a pensar que os problemas do “mundo real” podem ser abordados tendo em consideração os conceitos chave lecionados	4	100%
... a colocar em prática os saberes adquiridos num ambiente extra formação	4	100%
... a desenvolver uma perspetiva integradora do saber num contexto extra formação	4	100%

Os formandos foram unânimes (100%) ao considerarem que o tema “Construção e arquitetura” abordado a partir das fases de construção dos novos edifícios escolares ajudou-os a:

- considerar o tema mais interessante;
- ter consciência dos problemas que envolvem o meio onde a escola está inserida;
- pensar que os problemas do “mundo real” podem ser abordados tendo em consideração os conceitos chave lecionados;
- colocar em prática os saberes adquiridos num ambiente extra formação;
- desenvolver uma perspetiva integradora do saber num contexto extra formação.

- Questão 2

Na questão 2 solicitava-se aos formandos que indicassem qual a atividade realizada durante a formação que mais gostaram e a que menos gostaram.

Tabela [27] – Respostas, número de formandos que responderam à questão 2 e respetiva percentagem relativa.

Resposta (atividade que mais gostaram)	Nº formandos	%
Palestra	1	25%
Aplicações informáticas (trabalho realizado em Autocad)	1	25%
Atividade laboratorial	2	50%
Análise da planta dos edifícios escolares	1	25%

Nº de respostas = 5

Resultados

Metade dos formandos referiu que a atividade que mais gostou de realizar foi a atividade laboratorial.

Tabela [28] – Respostas, número de formandos que responderam à questão 2 e respetiva percentagem relativa.

Resposta (atividades que os alunos menos gostaram ou críticas ao projeto)	Nº formandos	%
Trabalhar com os computadores	1	25%
Gostei de tudo	1	25%
Não responde	2	50%

Nº de respostas = 2

Resultados

Embora parte dos formandos não tenha respondido à questão (50%), a atividade que os formandos gostaram menos foi de trabalhar com os computadores (25%).

- Questão 3

Na questão 3 solicitava-se aos formandos que indicassem o que gostariam que os formadores alterassem ou mantivessem numa próxima aplicação do projeto.

Tabela [29] – Respostas, número de alunos que responderam à questão 3 e respetiva percentagem relativa.

Resposta (atividades que gostariam de manter)	Nº formandos	%
“Atividades práticas”	2	50%
“Devem manter tudo”	1	25%
“Não comento”	1	25%

Nº de respostas = 4

Resultados

- A maioria dos formandos (50%) é da opinião que se deveria manter a realização de atividades práticas.

Tabela [30] – Respostas, número de alunos que responderam à questão 3 e respetiva percentagem relativa.

Resposta (sugestões para melhorar a implementação do projeto)	Nº for- mandos	%
“Abordar mais o tema da arquitetura”	1	25%
“Aprofundar mais a questão do isolamento das habitações, pois as características das regiões são diferentes”	1	25%
“Não abordar o mesmo tema para não se repetir”	1	25%
“Não comento”	1	25%

Nº de respostas = 4

Resultados

Os formandos são da opinião que se deveria aprofundar mais o tema da arquitetura assim como o isolamento das habitações.

- Questão 4

Na questão 4 solicitava-se aos formandos que sintetizassem a sua opinião sobre a abordagem ao tema “Construção e arquitetura”. As opiniões dos formandos encontram-se transcritas a seguir.

“Tem muito que se falar sobre esta área. O tema não foi mau, até gostei porque saíse da rotina. Algo novo à partida, que motiva os formandos e formadores. É bom ter novas aprendizagens.”

“Construção e arquitetura são dois temas interessantes. Pessoalmente gosto mais de arquitetura, de fazer projetos, plantas, tentar visualizar algo que ainda não está construído.”

“O tema é interessante mas deveria ter mais horas para podermos aprofundar mais, porque a construção e arquitetura tem muitas mais especialidades que nós não abordámos.”

“A construção e a arquitetura estão relacionadas ou seja a arquitetura cria os modelos de casas para depois esses projetos serem realizados pelas construtoras.”

A análise das opiniões dos formandos permite aferir que, segundo estes, a abordagem ao tema “Construção e arquitetura” foi interessante, no entanto um dos formandos

gostaria que o tema fosse mais extenso de forma a poderem ser abordados outros tópicos no âmbito desta temática que não foram contemplados durante a formação.

4.5.2. Apreciação dos resultados

Esta investigação pretendeu:

- a) Conceber e desenvolver experiências concretas no âmbito da UFCD 6- DR1, adequadas às inserções regionais, profissionais e sociais dos adultos, com ênfase em conceitos-chaves relevantes para a formação de Técnico de Desenho de Construções Mecânicas;
- b) Promover a interação entre a escola e diferentes atores educativos, visando a melhoria da qualidade de ensino.

Apresenta-se seguidamente a apreciação dos resultados em função dos objetivos propostos:

- a) Conceber e desenvolver experiências concretas no âmbito da UFCD 6 - DR1, adequadas às inserções regionais, profissionais e sociais dos adultos, com ênfase em conceitos-chaves relevantes para a formação de Técnico de Desenho de Construções Mecânicas;

As atividades realizadas no âmbito da formação da UFCD 6 - DR 1 “Construção e arquitetura” permitiram explorar as propriedades dos matérias, tradicionais (ex: bentonite) e modernos (ex: polímeros) em função da necessidade da indústria da construção civil.

As atividades, implementadas durante a 2ª fase do programa de requalificação e modernização dos edifícios escolares pela Parque Escolar, partiram de um contexto “real”: a construção e modernização dos edifícios escolares.

A abordagem privilegiou a exploração do plano de construção das estruturas de betão e arquitetura dos espaços físicos da escola, com ênfase para as tecnologias inovadoras de construção dos edifícios escolares. Foram discutidas as condições de habitabilidade e arquitetura (por exemplo, materiais isolantes térmicos e acústicos, arquitetura ecológica e promoção de acessibilidades) e suas repercussões no meio social envolvente.

A abordagem à melhoria do bem-estar social, da qualidade de vida e integração social foi estabelecida com a análise aos diferentes tipos de alojamento familiar característicos de várias regiões de Portugal.

As atividades implementadas atenderam à especificidade da região, tendo sido objeto de análise os mapas geográfico e geológico de Sever do Vouga. No âmbito do estudo dos solos, foi ainda dada ênfase à importância de preservar o ecossistema da região, com destaque para a preservação do arbusto do mirtilo, atividade agrícola que contribui para a dinamização da economia local.

Desta forma, a proposta de trabalho da formação “Construção e arquitetura” (UFCD 6- DR1) contemplou a realização de atividades enquadradas no âmbito a construção e modernização dos edifícios escolares, com ênfase para os conceitos-chaves relevantes para a profissão de Técnico de Desenho de Construções Mecânicas, dos quais se destacam:

- 1) abordagem do tópico: Localização geográfica, prospeção e estudo dos solos
conceitos-chave: Localização geográfica

- 2) abordagem do tópico: Meio ambiente
conceitos-chave:
 - Educação ambiental
 - Tratamento de resíduos
 - Materiais reciclados

- 4) abordagem do tópico: Conceção de sistemas estruturais de edifícios em betão e arquitetura dos espaços físicos
conceitos-chave:
 - Materiais de construção
 - Painéis solares
 - Espaços verdes

- 5) abordagem do tópico: Modelo ecológico e diferentes tipos de alojamento familiar
conceitos-chave:
 - Modelo ecológico
 - Comunidade
 - Bem-estar

A análise das opiniões dos formandos permite aferir que, segundo estes, o tema “Construção e arquitetura” abordado a partir das fases de construção dos novos edifícios escolares ajudou-os a:

- considerar o tema mais interessante;
- ter consciência dos problemas que envolvem o meio onde a escola está inserida;
- pensar que os problemas do “mundo real” podem ser abordados tendo em consideração os conceitos chave lecionados;
- colocar em prática os saberes adquiridos num ambiente extra formação;
- desenvolver uma perspetiva integradora do saber num contexto extra formação.

No entanto, apesar de considerarem a abordagem da UFCD 6 – DR1 interessante, um dos formandos gostaria que o tema fosse mais extenso de forma a poderem ser abordados outros tópicos no âmbito desta temática que não foram contemplados durante a formação.

b) Promover a interação entre a escola e diferentes atores educativos, visando a melhoria da qualidade de ensino;

A concretização das atividades implementadas durante a formação da UFCD 6 – DR1 “Construção e arquitetura” deveu-se à concertação de estratégias promovidas por ambas as formadoras de STC (formadora de STC da área da Biologia – Geologia e professora-investigadora da área da Física – Química).

Destaca-se o papel desempenhado pela empresa responsável pela construção dos edifícios escolares. Para além de disponibilizar documentação relacionada com a construção dos edifícios escolares, para fins pedagógicos, o representante da área de engenharia da empresa proferiu a palestra “A construção dos edifícios escolares”. A palestra, previamente estruturada em colaboração com a professora-investigadora, abordou conceitos-chave referentes à conceção de sistemas estruturais de edifícios em betão e relevantes para a formação de Técnico de Desenho de Construções Mecânicas.

As atividades implementadas no âmbito da UFCD 6 – DR1 contaram ainda com a cooperação da empresa GEO ao ceder polímero para a realização da atividade laboratorial e a Câmara Municipal que se disponibilizou para imprimir o póster, destinado à divulgação do trabalho realizado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta investigação pretendeu implementar estratégias de ensino-aprendizagem transversais ao Ensino Básico, Secundário e à Educação e Formação de Adultos em conformidade com as recomendações do Livro Branco da Física e da Química [4:2], nomeadamente:

- 1) Implementar práticas pedagógicas inovadoras com a aplicação de novas tecnologias, que promovam a resolução de problemas abertos e formas diversificadas de intervenção/participação dos alunos nas aulas;
- 2) Promover o trabalho colaborativo no desenvolvimento profissional docente;
- 3) Desenvolver competências da professora-investigadora ao nível da pós-graduação, no sentido de elevar o perfil de formação;

Apresenta-se de seguida a apreciação do trabalho realizado em função dos objetivos propostos:

1) Implementar práticas pedagógicas inovadoras com a aplicação de novas tecnologias, que promovam a resolução de problemas abertos e formas diversificadas de intervenção/participação dos alunos nas aulas

A implementação de práticas pedagógicas com vista a promover a resolução de problemas abertos concretizou-se pela implementação de um Ensino por Pesquisa (EPP) assente no modelo de Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas (APBR).

Esta metodologia, empregue de forma transversal ao Ensino Básico (8º ano), Secundário (12º ano) e na Educação e Formação de Adultos (Curso EFA- nível 4), possibilitou a criação de ambientes de aprendizagem inovadores, abertos e diversificados, tendo como ponto de partida um contexto real: a construção dos novos edifícios escolares.

Pretendeu-se assim sensibilizar os alunos para os problemas do meio escolar e da região, através da articulação Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente.

A metodologia de trabalho possibilitou a intervenção/participação diversificada dos alunos na realização das diferentes atividades, das quais se destaca: trabalho de grupo; debate/discussão; pesquisa e trabalho laboratorial.

A metodologia de trabalho possibilitou aos alunos recolher, analisar, selecionar informação e tomar decisões com vista à resolução dos problemas propostos. O trabalho realizado privilegiou a dimensão interdisciplinar articulando os saberes teóricos adquiridos

ao nível dos conteúdos abordados nas várias disciplinas envolvidas e a sua aplicação prática.

As práticas pedagógicas implementadas promoveram a utilização de novas tecnologias, tais como a manipulação do software AUTOCAD, software para criação de *posters* e a utilização do polímero nas atividades laboratoriais.

2) Promover o trabalho colaborativo no desenvolvimento profissional docente

A promoção do trabalho colaborativo docente concretizou-se pela implementação de estratégias em sala de aula de carácter interdisciplinar, envolvendo os docentes que lecionaram as disciplinas intervenientes. A dimensão interdisciplinar do projeto possibilitou cooperação dos professores de várias disciplinas científicas no exame de um mesmo e único objeto: a construção dos novos edifícios escolares.

Alguns dos docentes envolvidos salientaram o efeito da partilha de saberes e a divulgação do trabalho realizado, considerando que o projeto implementado revestiu-se de interesse, quer para os alunos, quer para os docentes envolvidos que sentiram-se “mais enriquecidos, quer pessoal, quer profissionalmente, com o projeto”.

Abordagem do tema em estudo, pela sua importância e acuidade, mereceu ainda a atenção e a colaboração da comunidade escolar, nomeadamente da Associação de Pais e Encarregados de Educação da escola, de diferentes atores educativos, como o Centro de Ciência, de entidades estatais (Câmara Municipal) e particulares (GEO e empresa construtora dos edifícios escolares), visando a melhoria da qualidade de ensino.

3) Desenvolver competências da professora-investigadora ao nível da pós-graduação, no sentido de elevar o perfil de formação

Para além da formação base em Ensino de Física e Química, a professora investigadora tem diversificado a sua área de interesse ao nível da pós-graduação, nomeadamente Geoquímica (mestrado) e Engenharia Civil (doutoramento em curso).

A pós-graduação desenvolvida em diferentes áreas do conhecimento tem permitindo elevar o grau de conhecimentos, possibilitando a implementação do contexto CTSA que incorpora a componente científica do doutoramento em Engenharia Civil ao Ensino Básico, Secundário e à Educação e Formação de Adultos.

CAPÍTULO 4

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[4:1]

Galvão, C.; Neves, A.; Freire, A. M.; Lopes, A. M.; Santos, M. C.; Vilela, M. C.; Oliveira, M. T.; Pereira, M. (2001). *Orientações Curriculares, Ciências Físicas e Naturais*. Ministério da Educação. Departamento da Educação Básica.

[4:2]

Martins, A.; Malaquias, I.; Martins, D.R.; Campos, A.C.; Lopes, J.M.; Fiúza, E.M.; Silva, M.M.F.; Neves, M.; Soares, R. (2002). *O livro branco da Física e Química*. Sociedade Portuguesa da Física e Sociedade Portuguesa da Química. Aveiro. Minerva Central, Lda.

[4:3]

Cachapuz, A.; Praia, J.; Jorge, M. (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Lisboa, Ministério da Educação.

[4:4]

Pombo, O. (2003). *Cátedra Humanismo Latino. Seminário Internacional sobre Interdisciplinaridade, Humanismo e Universidade*. Faculdade de Letras na Universidade do Porto.

[4:6]

Marco-Stiefeld, B. (2001). *Alfabetización científica y enseñanza de las ciencias*. Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Madrid: Narcea, pp-33-46.

[4:7]

Oliveira, J. (2010). *Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino das ciências: reunindo elementos para a prática docente*. Ata Scientiae, Canoas. Volume 12, nº 1, pp. 139-153.

[4:8]

Serrado, F.; Pereira, M.; Freitas, S.; Martins, S.; Dias, T. (2008). *Mirtilo – guia de boas práticas para a produção, promoção e comercialização*. Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural e das Pescas.

[4:9]

Projeto Educativo do Agrupamento da Escola Secundária/3 C.E.B. de Sever do Vouga (2007).

[4:10]

Ministério da Educação – DGIDC (2006). *Área de Projeto dos Cursos Científico-Humanísticos/Projeto Tecnológico dos Cursos Tecnológicos*.

[4:11]

Ministério da Educação – DGIDC (1998). *Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas*.

[4:12]

Visionarium – Centro de Ciência do Europarque (2010). *Programa de atividades*.

[4:13]

Martins, I. P.; Costa, J. A. L.; Lopes, J. M.; Simões, M. O.; Claro, P. R.; Simões, T. S. (2004). *Programa da disciplina de Química (12º ano)*. Ministério da Educação.

Ventura, E. C. G.; Paixão, J. A.; Fiolhais, M.; Almeida, M. C.; Nogueira, S. R. (2004). *Programa da disciplina de Física (12º ano)*. Ministério da Educação.

Amador, F.; Silva, M. (2004). *Programa da disciplina de Geologia (12º ano)*. Ministério da Educação.

Mendes, A. M. P.; Rebelo, D. H. V.; Pinheiro, E. J. P. (2004). *Programa da disciplina de Biologia (12º ano)*. Ministério da Educação.

[4:16]

Canelas, A.; Gomes, M.; Rodrigues, S. (2007). *Cursos de Educação e Formação de Adultos – Nível Secundário, Orientações para a Ação*. Agência Nacional para a Qualificação, I.P. 1ª Edição.

SITES CONSULTADOS

[4:5] www.dgicd.min-educ.pt/data/aprend_baseres_prob103.pdf [Consult. 30 Maio.2010]

[4:14] <http://www.parque-escolar.pt/> [Consult. 13 Maio.2010]

[4:15]

<http://www.iefp.pt/formacao/ModalidadesFormacao/CursosAdultos/Paginas/CursosAdultos.aspx> [Consult. 11 Junho.2011]

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO E PERSPETIVAS FUTURAS

CONCLUSÃO E PERSPETIVAS FUTURAS	237
1. CONCLUSÃO.....	237
2. PERSPETIVAS FUTURAS	239

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO E PERSPETIVAS FUTURAS

Neste capítulo faz-se um balanço do trabalho realizado em função dos objetivos gerais propostos. Apresentam-se as conclusões principais da análise do comportamento de polímeros na estabilização de solos em fundações e da implementação do projeto pedagógico e tecem-se considerações para trabalhos futuros.

1. CONCLUSÃO

Para esta investigação foram delineados os seguintes objetivos gerais:

1. Analisar o desempenho de estacas escavadas com polímeros do Sistema G3[®].
2. Implementar o contexto CTS da tecnologia de fundações ao ensino.
3. Divulgar o trabalho científico realizado.

Apresenta-se de seguida as principais conclusões em função dos objetivos gerais propostos.

1. Analisar o desempenho de estacas escavadas com polímeros do Sistema G3[®]

Todas as estacas ensaiadas, analisadas no âmbito deste projeto, apresentam uma capacidade resistente superior à carga nominal de serviço (atingindo por vezes mais do triplo).

Relativamente à execução de fundações de uma central termoelétrica em rocha Gnaisse, o espectro dos resultados obtidos permite concluir que o encastramento em rocha Gnaisse influencia a capacidade resistente das estacas. Verifica-se que quanto maior a profundidade do encastramento em rocha maior a capacidade resistente da estaca.

Relativamente à previsão da capacidade de carga das estacas, verifica-se:

- A aplicação do método semi-empírico de Aoki e Velloso (1975) no trecho em solo, conjugado com a recuperação da rocha nos trechos encastrados em Gnaisse, revela ser conservador. No entanto, importa referir que a contribuição do método semi-empírico de Aoki e Velloso (1975) para a estimativa da capacidade de carga da estaca é diminuta, quando comparado com a contribuição da recuperação da rocha nos trechos encastrados.
- Quanto à única estaca não encastrada, o método de Décourt e Quaresma (1978, 1996) apresenta uma estimativa para a capacidade de carga da estaca

mais próxima da obtida na rutura geotécnica obtida no ensaio de carga. No entanto, ambos os métodos (Aoki e Velloso (1975) e Décourt e Quaresma (1978, 1996)) estimam uma capacidade resistente da estaca superior à obtida no ensaio de carga.

A análise dos ensaios de carga, realizados às estacas para a construção de edifícios de grandes dimensões em solos moles a muito moles, permite confirmar a qualidade da execução de fundações indiretas com polímero do Sistema G3[®] em condições adversas. Verifica-se, em ambos os ensaios que carga de rutura obtida por extrapolação pelo Método Gráfico de Mazurkiewicz atingiu mais do triplo da carga nominal de serviço. Relativamente à previsão da capacidade de carga das estacas em solos moles a muito moles verifica-se que, os resultados obtidos pela aplicação do método semi-empírico de Aoki e Velloso (1975) são os que se aproximam mais da carga de rutura extrapolada pelo Método Gráfico de Mazurkiewicz, em ambos os ensaios de carga.

Todavia, deve ser-se criterioso na seleção do método de previsão da capacidade de carga, pois existe disparidade de resultados consoante o método utilizado.

2. Implementar o contexto CTS da tecnologia de fundações ao ensino

O projeto pedagógico desta investigação possibilitou a implementação de estratégias de ensino-aprendizagem, transversais ao Ensino Básico, Secundário e à Educação e Formação de Adultos, tendo como contexto CTS a estabilização de solos para a construção dos edifícios escolares.

Assim, este projeto de investigação em Engenharia Civil possibilitou à professora-investigadora a implementação de atividades em sala de aula, destacando-se:

- A implementação de práticas pedagógicas inovadoras
- A promoção de trabalho colaborativo docente, através da realização de atividades interdisciplinares

3. Divulgar o trabalho científico realizado

De forma a divulgar o trabalho realizado, pretende-se publicar as componentes constituintes do projeto de investigação em revistas da especialidade, assim como promover ações de divulgação do trabalho científico realizado.

2. PERSPETIVAS FUTURAS

Este projeto em Engenharia Civil foi construído em torno da necessidade dos sectores da construção civil e obras públicas em fundações e em colaboração com a empresa GEO pretende dar resposta em tempo útil aos empreiteiros, colmatando a escassez de investigação académica que se verifica neste domínio.

Apesar do trabalho realizado constituir-se como um contributo para a investigação no domínio da tecnologia de fundações com recurso a polímeros, pioneiro em Portugal, está longe de dar resposta em tempo útil aos empreiteiros.

Assim, esta investigação apresenta-se mais como “um ponto de partida” do que “um ponto de chegada”, constituindo-se como um trabalho de referência que poderá ser utilizado pela empresa GEO em futuras investigações no domínio da tecnologia de fundações com recurso a polímeros.

A curto/médio prazo, a doutoranda sugere a continuação da análise de ensaios de carga, para apurar o método que estima, com maior precisão, a capacidade resistente das estacas.

A médio/longo prazo, a doutoranda sugere que, após o apuramento do método, este seja ajustado ao comportamento dos polímeros do Sistema G3[®] na estabilização de solos em fundações.

Relativamente ao projeto pedagógico a doutoranda sugere a sua reformulação permitindo assim o envolvimento de outras disciplinas, para além daquelas que participaram no âmbito deste trabalho. A título de exemplo, refere-se a inclusão no projeto da disciplina de Matemática do 12º ano de escolaridade.

O projeto pedagógico implementado visou a interação entre a escolas e diferentes atores educativos (empresas, entidades públicas e privadas, etc.) como forma de promover a melhoria da qualidade de ensino. A doutoranda sugere que o projeto continue a apostar em criar novas parcerias com as Escolas Básicas e Secundárias e que se adegue às tendências atuais de ensino, dos quais se destaca o possível ajustamento do projeto para aplicação ao sistema dual de educação.

BIBLIOGRAFIA GERAL

Allen, M. (2010). *Misconceptions in primary science*. Open University Press.

Alonso, U.R. (1989). *Dimensionamento de fundações profundas*. Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, pp 146-163.

Alonso, U.R. (1998). *Previsão e controle de fundações*. Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo. 2ª edição, pp 59-107.

Brazão Farinha, J.S.; Correia dos Reis, A. (1998). *Tabelas Técnicas*. Edições Técnicas E.T.L.

Bustamante, M.; Gianceselli, L. (1998). *Installation parameters and capacity of screwed piles*. International Geotechnical Seminar on Deep Foundations on Bored and Auger piles, 3 rd, Ghent-Belgium. Proceedings. Rotterdam, A.A. Balkema, pp.95-108.

Cachapuz, A.; Praia, J.; Jorge, M. (2000). *Reflexão em torno de perspectivas do ensino das ciências: contributos para uma nova orientação curricular – Ensino por Pesquisa*. Revista de Educação, Vol. 9, nº1., pp. 69-79.

Caltrans (1997). *California Foundation Manual*, State of California Department of Transportation, Engineering Service Center Division of Structures, Office of Structure Constructions.

Capitão-Mor, J.; Ferreira, J.; Correia, J. (2005). *Manual de Formação Técnica*. Manual interno da GEO.

Chamaki, S. (1954). *Considerações da rigidez da estrutura no cálculo dos recalques da Fundação*. Anais Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, 1, Porto Alegre, volume 1, pp 35-80.

Décourt, L.; Albiero, J. H.; Cintra, J. C. A. (1998). *Análise e Projeto de Fundações Profundas*. Fundações Teoria e Prática. ABMS/ABEF. Editora Pini Ltda. 2ª Edição. Cap.8, pp 265-327.

Dias, C.R.R.; Soares, M.M (1990). *Instrumentação de uma estaca metálica teste instalada em argila mole*. Anais Simpósio sobre Instrumentação Geotécnica de Campo – SinGeo 90. Rio de Janeiro, ABMS/ABGE. Volume 1, pp 71-81.

- Dowbor, L. (2001). *Tecnologias do conhecimento: os desafios da educação*. Revista Petrópolis Vozes.
- Hachich, W.; Falconi, F.; Saes, J.; Frota, R.; Carvalho, C.; Niyama, S. (1998). *Fundações Teoria e Prática*. ABMS/ABEF. Editora Pini Ltda. 2ª Edição.
- Ferreira, M. S. E.; Santos, M. R. (2000). *Aprender a Ensinar, Ensinar a Aprender*. Edições Afrontamento.
- Fonseca, A.M. (2000). *Educar para a cidadania: Motivações, princípios e metodologias*. Porto, Porto Editora.
- Galvão, C.; Reis, P.; Freire, S.; Faria, C. (2011). *Ensinar Ciências, Aprender Ciências. O contributo do projeto internacional PARSEL para tornar a ciência mais relevante para os alunos*. Porto: Porto Editora.
- Godoy, N.S. (1983). *Interpretação das provas de carga em estacas*. Anais Encontro Técnico sobre Capacidade de Carga de Estacas Pré-Moldadas. ABMS, São Paulo, pp 25-60.
- Gusmão, A. D. (1990). *Estudo da interação solo estrutura e sua influencia em recalques de edificações*. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- Lapa, J. (2012). *Fundações e Estruturas de Suporte*. Elementos teóricos de Tecnologia de Fundações. Universidade de Aveiro. Capítulo 4, pp 67-75.
- Lopes, J. B. (1994). *Resolução de Problemas em Física e Química: Modelo para estratégias de ensino-aprendizagem*. Lisboa. Texto Editora.
- Majano; R. E.; O'Neill, M. W. (1993). *Effect of Mineral and Polymer Slurries on Perimeter Load Transfer in Drilled Shafts*, Report No, UHCE 93-1, University of Houston, Department of Civil and Environmental Engineering.
- Mantilla, J.N.R. (1992). *Comportamento de estacas escavadas instrumentadas à compressão*. Tese de Doutorado, EESC/USP, São Carlos.
- Martins, I.P.; Paixão, F.; Vieira, R.M. (2004). *Perspetivas Ciência – Tecnologia – Sociedade na Inovação da Educação em Ciência*. II Seminário Ibero-americano Ciência – Tecnologia – Sociedade no ensino das Ciências.

Massad, F. (1991). *Análise da transferência de carga em duas estacas instrumentadas, quando submetidas a compressão axial*. Anais Seminário de Engenharia de Fundações Especiais, 2. São Paulo, ABMS/ABMF, pp 235-244.

Massad, F. (1991). *Estacas escavadas em compressão axial: Comportamento e parâmetros visando a estimativa dos recalques*. Anais Seminário de Engenharia de Fundações Especiais, 2. São Paulo, ABMS/ABMF, pp 255-264.

Mazurkiewicz, B. K. (1972). *Test Loading of Piles According to Polish Regulations*. Swedish Academy of Eng. Sciences – Prel. Report nº35.

Ministério da Educação – DGIDC (1998). *Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas*.

Ministério da Educação (1998). *Educação, Integração, Cidadania*. Documento Orientador das Políticas para o Ensino Básico.

Monteiro, P. F. (1997). *Capacidade de carga das estacas – Método Aoki-Velloso*, Relatório Interno de Estacas Franki Ltda.

Nações Unidas (1992). *Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento*, Assembleia das Nações Unidas.

Pedrosa, M.; Gonçalves, F.; Henriques, M.; Mendes, P., (2004). *(Re)Pensando Educação científica: Problemáticas de Lixo e Ensino das Ciências*. Perspetivas Ciência –Tecnologia – Sociedade na Inovação da Educação em Ciência –Universidade de Aveiro.

Pombo, O. (2003). *Cátedra Humanismo Latino*. Seminário Internacional sobre Interdisciplinaridade, Humanismo e Universidade. Faculdade de Letras na Universidade do Porto.

Pombo, O.; Guimarães, H.M.; Levy, T. (1993). *A interdisciplinaridade: Reflexão e Experiência*. Lisboa. Texto Editora.

Projeto Educativo do Agrupamento de Escolas de Sever do Vouga (2007).

Projeto Educativo do Agrupamento da Escola Secundária/3 C.E.B. de Sever do Vouga (2007).

Reese, L. C.; O’Neill, M. W. (1988). *Drilled Shafts: Construction Procedures and Design Methods*, Publication No. FHWA-HI-88-042, FHWA, U.S. Department of Transportation.

Roldão, M. C. (2003). *Gestão do Currículo e Avaliação de Competências*. Lisboa. Editorial Presença.

Sacilotto, A. C. (1994). *Estacas escavadas instrumentadas, submetidas a cargas lentas e rápidas*. Anais Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, 10. Foz de Iguaçu, ABMS, pp 175-182.

Sardo, V (2006). *Ensino – Aprendizagem do tema Mudança Global*. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro.

Stoer, R.S. (1990). *Educação, Ciências Sociais e Realidade Portuguesa. Uma abordagem pluridisciplinar*. Edições Afrontamento.

Teixeira, A. H. (1996). *Projeto e Execução de Fundações*. 3º Seminário de Fundações Especiais e Geotecnia. São Paulo.

Teixeira, D.C.S.P.M (2003). *O Ensino da Química na Perspetiva da Literacia Química: Recursos didáticos para o ensino básico*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Física e Química. Universidade de Aveiro.

Velloso, D. A.; Lopes, F. R. (2002). *Fundações*. Volume 2 Fundações profundas, COPPE-UFRJ.

ANEXOS

ANEXO A

MÉTODOS DE PREVISÃO DA CAPACIDADE DE CARGA

ANEXO B

PERFIL GEOTÉCNICO DAS ESTACAS ENSAIADAS

ANEXO C

ANEXOS DO PROJETO PEDAGÓGICO

ANEXO A

MÉTODOS DE PREVISÃO DA CAPACIDADE DE CARGA

- 1. Métodos semi-empíricos que utilizam o ensaio SPT**
 - 1.1. Método de Aoki e Velloso (1975)
 - 1.2. Método de Monteiro (1997)
 - 1.3. Método de Décourt e Quaresma (1978, 1996)
 - 1.4. Método de Teixeira (1996)

- 2. Método semi-empírico que utiliza o ensaio CPT**
 - 2.1. Método de Bustamante e Gianceselli (1998)

1. Métodos semi-empíricos que utilizam o ensaio SPT

1.1. Método de Aoki e Velloso (1975)

Segundo Velloso (2002), o método de Aoki e Velloso (1975) foi desenvolvido a partir de um estudo comparativo entre os resultados dos ensaios de carga em estacas e os resultados dos ensaios SPT. Este método pode ser utilizado com os resultados do ensaio SPT ou do ensaio CPT. A capacidade de carga última determinada a partir dos resultados do ensaio SPT pode ser escrita da seguinte forma:

$$Q_{ult} = A \frac{k N}{F_1} + U \sum \frac{\alpha k N}{F_2} \Delta l$$

- **A** – área da secção transversal da ponta da estaca
- **N** – valores N do ensaio SPT
- **k**, **α** – valores obtidos na tabela [1]
- **U** – perímetro da estaca
- **F₁** e **F₂** – fatores da escala e de execução obtidos na tabela [2]
- **Δl** – comprimento entre leituras

Tabela [1] – Valores de k e α .

Tipo de solo	k (MPa)	α (%)
Areia	1,00	0,014
Areia siltosa	0,80	0,020
Areia silto-argilosa	0,70	0,024
Areia argilosa	0,60	0,030
Areia argilo-siltosa	0,50	0,028
Silte	0,40	0,030
Silte arenoso	0,55	0,022
Silte areno-argiloso	0,45	0,028
Silte argiloso	0,23	0,034
Silte argilo-arenoso	0,25	0,030
Argila	0,20	0,060
Argila arenosa	0,35	0,024
Argila areno siltosa	0,30	0,030
Argila siltosa	0,22	0,040
Argila silto-arenosa	0,33	0,030

Tabela [2] – Valores de F₁ e F₂.

Tipo de estaca	F ₁	F ₂
Franki	2,5	5,0
Metálica	1,75	3,5
Pré-moldada de concreto	1,75	3,5
Escavada	3,0	6,0

1.2. Método de Monteiro (1997)

Paulo Frederico Monteiro com base na sua experiência na empresa Estacas Franki Ltda estabeleceu algumas recomendações e correlações para a aplicação do método Aoki Velloso (1975).

$$Q_{ult} = q_{p-ult} + q_{s-ult}$$

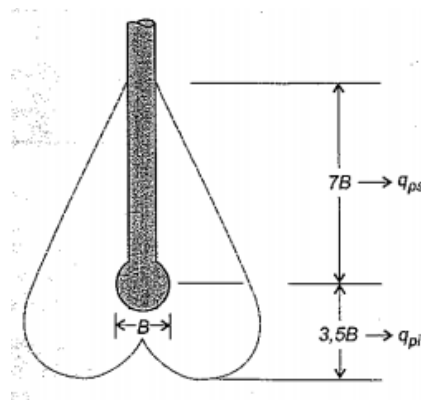
$$Q_{ult} = A \frac{k N}{F_1} + U \sum \frac{\alpha k N}{F_2} \Delta l$$

- q_{p-ult} – resistência da ponta
- p_{s-ult} – resistência do fuste
- A – área da secção transversal da ponta da estaca
- N – valores N do ensaio SPT
- k, α – valores obtidos na tabela [3]
- U – perímetro da estaca
- F_1 e F_2 – fatores da escala e de execução obtidos na tabela [4]
- Δl – comprimento entre leituras

Para aplicação do método de Aoki Velloso (1975), Monteiro (1997) sugere as seguintes recomendações:

- a) O valor de N é limitado a 40.
- b) Para o cálculo da resistência de ponta Q_{p-ult} deverão ser considerados os valores ao longo de espessuras iguais a 7 e a 3,5 vezes o diâmetro da base, para cima e para baixo da profundidade da base, respetivamente. Os valores para cima fornecem, na média, q_{ps} e os valores para baixo fornecem q_{pi} . O valor adotado será:

$$Q_{p-ult} = \frac{q_{ps} + q_{pi}}{2}$$



[1] Determinação da resistência de ponta segundo Monteiro 1997 (in Velloso (2002)).

Tabela [3] – Valores de k e α .

Tipo de solo	k(MPa)	α (%)
Areia	0,73	0,021
Areia siltosa	0,68	0,023
Areia silto-argilosa	0,63	0,024
Areia argilosa	0,54	0,028
Areia argilo-siltosa	0,57	0,029
Silte	0,48	0,032
Silte arenoso	0,50	0,030
Silte areno-argiloso	0,45	0,032
Silte argiloso	0,32	0,036
Silte argilo-arenoso	0,40	0,033
Argila	0,25	0,055
Argila arenosa	0,44	0,032
Argila areno siltosa	0,30	0,038
Argila siltosa	0,26	0,045
Argila silto-arenosa	0,33	0,041

Tabela [4] – Valores de F_1 e F_2 .

Tipo de estaca	F_1	F_2
Franki de fuste apiloado	2,3	3,0
Franki de fuste vibrado	2,3	3,2
Metálica	1,75	3,5
Pré-moldada de concreto cravada a percussão	2,5	3,5
Pré-moldada de concreto cravada por prensagem	1,2	2,3
Escavada com lama bentonítica	3,5	4,5
Raiz	2,2	2,4
Strauss	4,2	3,9
Hélice contínua	3,0	3,8

1.3. Método de Décourt e Quaresma (1978, 1996)

Segundo Décourt (1998), o método de Décourt e Quaresma (1978, 1996) permite avaliar a capacidade de carga de estacas com base nos valores N do ensaio SPT.

O método de Décourt e Quaresma (1978) apresentado no VI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações foi aperfeiçoado, tendo sido posteriormente alvo de ajustamentos, estendendo-se a outros tipos de estacas que não tinham sido contempladas anteriormente.

$$Q_{ult} = \alpha K N_p A_p + U \beta \sum 10^{\left(\frac{N_m}{3} + 1\right)} \Delta l$$

- A_p – área da secção transversal da ponta da estaca
- N_p – valores N do ensaio SPT (1,0 m acima, na ponta e 1,0 m abaixo da ponta)
- K – coeficiente que relaciona a resistência de ponta com o valor N_p em função do tipo de solo obtidos na tabela [5]
- α, β – fatores de correlação sugeridos por Décourt (1996) obtidos na tabela [6]
- U – perímetro da estaca
- N_m – valor médio do N do ensaio SPT ao longo do fuste da estaca
- Δl – comprimento entre leituras

Para determinar N_m sugere-se que os valores de N_{spt} respeitem as seguintes condições:

- a) Os valores de N_{spt} menores que 3 devem ser considerados iguais a 3.
 b) Os valores de N_{spt} maiores que 50 devem ser considerados iguais a 50.

Tabela [5] – Valores atribuídos a K para estacas escavadas.

Tipo de solo	K (MPa)
Argilas	0,10
Siltos Argilosos (solos residuais)	0,12
Siltos Arenosos (solos residuais)	0,14
Areia	0,20

Tabela [6] – Valores dos fatores de correlação α e β .

Tipo de solo	Tipo de estaca									
	Escavadas em geral		Escavadas (com bentonite)		Hélice contínua		Raiz		Injetada (alta pressão)	
	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β
Argila	0,85	0,80	0,85	0,90	0,30	1,0	0,85	1,5	1,0	3,0
Solos residuais	0,60	0,65	0,60	0,75	0,30	1,0	0,60	1,5	1,0	3,0
Areia	0,50	0,50	0,50	0,60	0,30	1,0	0,50	1,5	1,0	3,0

1.4. Método de Teixeira (1996)

De acordo com o apresentado no 3º Seminário de Fundações Especiais e Geotecnia em São Paulo (1996), o método de Teixeira (1996) pode ser descrito da seguinte forma:

- A_p – área da seção transversal da ponta da estaca
- N_p – valor médio do N do ensaio SPT (medido no intervalo de 4 diâmetros acima da ponta da estaca e 1 diâmetro abaixo)
- N_l – valor médio do N do ensaio SPT ao longo do fuste da estaca
- β – parâmetro que depende do tipo de estaca obtido na tabela [7]
- α – parâmetro que depende do tipo de estaca e do tipo do solo obtido na tabela [8]
- Δl – comprimento entre leituras

$$Q_{ult} = \alpha N_p A_p + \beta N_l \Delta l$$

Tabela [7] – Valores do parâmetro β .

Tipo de estaca	β (kN/m ²)
Estacas pré-moldadas de concreto e perfil metálico	4
Estacas tipo Franki	5
Estacas escavada a céu aberto	4
Estacas-raiz	6

Tabela [8] – Valores do parâmetro α .

Tipo de estacas Solo (4 < SPT < 40)	Valores do parâmetro α (kN/m ²)			
	Estacas pré-moldadas de concreto e perfil metálico	Estacas tipo Franki	Estacas escavada a céu aberto	Estacas -raiz
Argila siltosa	110	100	100	100
Silte argiloso	160	120	110	110
Argila arenosa	210	160	130	140
Silte arenoso	260	210	160	160
Areia argilosa	300	240	200	190
Areia siltosa	360	300	240	220
Areia	400	340	270	260
Areia com pedregulho	440	380	310	290

2. Métodos empíricos que utilizam o ensaio CPT

2.4. Método de Bustamante e Gianeselly (1998)

O método de Bustamante e Gianeselli (1998) baseia-se nos resultados obtidos do ensaio “Cone Penetration Test” (CPT). O método tem em consideração a resistência de ponta, a natureza do terreno e a tecnologia de execução da estaca.

Segundo os elementos teóricos de Tecnologias de Fundações da Universidade de Aveiro (2012), a inexistência de resultados CPT implica a realização de uma correlação empírica entre os resultados do ensaio SPT os resultados do ensaio CPT. Para tal, foi utilizada a correlação empírica apresentada por Robertson e Campanella (1983), Burland e Burbidge (1985), Floque (1976) e Kulhawy e Mayne (1990).

O método separa a capacidade de carga de ponta da capacidade de carga ao longo do fuste:

$$R_{cd} = R_{bd} + R_{sd} = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} + \frac{R_{sk}}{\gamma_s}$$

A capacidade de carga do fuste é determinada pela seguinte equação:

$$R_{sk} = \sum (q_{sik} \cdot A_{si})$$

em que

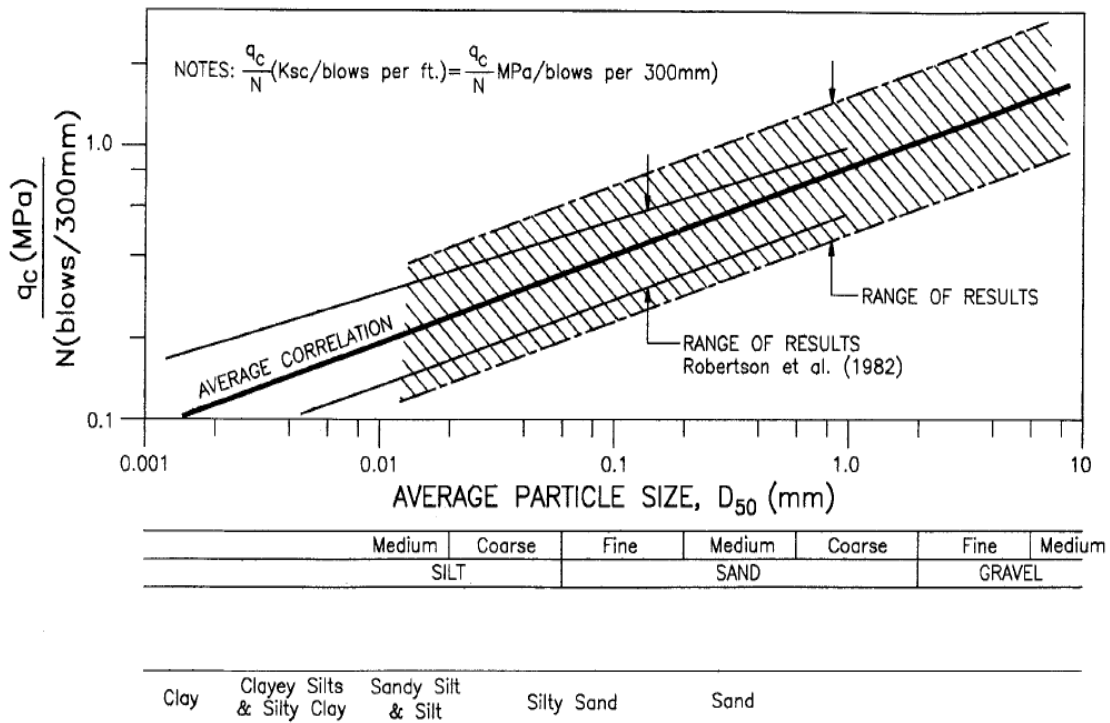
$$q_{sik} = \frac{q_{ci}}{\alpha_i}$$

Pelo que a capacidade de carga do fuste pode ser determinada por:

- q_{ci} – valor característico da resistência de ponta obtida do CPT na camada i ou por correlação com o ensaio SPT obtido na tabela [9]
- α_i – fator estabelecido em cada estrato em função da natureza, compacidade do terreno e tecnologia de execução da estaca obtido na tabela [10]
- A_{si} – perímetro da estaca ao longo do comprimento entre leituras

$$R_{sk} = \sum \left(\frac{q_{ci}}{\alpha_i} \cdot A_{si} \right)$$

Tabela [9] – Correlação entre o CPTu e SPT de acordo com o tipo de solo (adaptado de Burland and Burbidge, 1985).



A capacidade de carga da ponta é determinada pela seguinte equação:

$$R_{bk} = q_{bk} \cdot A_{base}$$

em que

$$q_{bk} = K_c \cdot q_c$$

Pelo que a capacidade de carga da ponta pode ser determinada por:

- K_c – factor de suporte penetrométrico estabelecido a partir de ensaios de carga definidos em função da natureza, compacidade do terreno e tecnologia de execução da estaca obtido na tabela [10]
- q_c – resistência de ponta obtida a partir do ensaio CPT ou por correlação com o ensaio SPT obtido na tabela [9]
- A_{base} – área da secção transversal da ponta da estaca

$$R_{bk} = K_c \cdot q_c \cdot A_{base}$$

A resistência de ponta equivalente \bar{q}_e , é a média aritmética das resistências de ponta q_c , medidas entre n e $-n$ (com $n=1,5d$), em torno da estaca.

O seu cálculo é efetuado em várias etapas:

- a) Cálculo do N_{SPT} entre as cotas $-1,5d$ e $1,5d$ em torno da ponta da estaca.
- b) Corte dos picos da curva suavizada eliminando os valores superiores a $1,3\bar{q}_e$, abaixo da ponta da estaca e eliminar, acima da ponta da estaca, os valores superiores a $1,3\bar{q}_e$ e os inferiores a $0,7 \bar{q}_e$.
- c) A resistência de ponta equivalente \bar{q}_e , é o valor médio da resistência calculada a partir da curva suavizada e truncada.

Tabela [10] – Valores do coeficiente α_B , para as várias técnicas de execução das estacas.

Natureza do solo	q_c (10^5 Pa)	Coeficiente α_B						Valor máximo de q_s^1 (10^5 Pa)							
		Estaca moldada			Estaca cravada			Estaca moldada			Estaca cravada			Estaca injetada	
		Fuste de betão	Entubada		Fuste de betão	Fuste de metal		Fuste de betão	Entubada		Fuste de betão	Entubada		Baixa pressão	Alta pressão
Argila mole e siltes	<10	30	30		30	30		0,15	0,15		0,15	0,35		0,35	-
Argila mediana compacta	10 a 50	40	80		40	80		(0,8) 0,35	(0,8) 0,35		(0,8) 0,35	0,35		0,8	≥ 12
Lodo e areia solta	≤ 50	60	150		60	120		0,35	0,35		0,35	0,35		0,8	-
Argila compacta e rija e lodo compacto	> 50	60	120		60	120		(0,8) 0,35	(0,8) 0,35		(0,8) 0,35	0,35		0,8	$\geq 2,0$
Cré mole	≤ 50	100	120		100	120		0,35	0,35		0,35	0,35		0,8	-
Areia e cascalho mediana compacto	50 a 120	100	200		100	200		(1,2) 0,8	(1,2) 0,8		(1,5) 1,2	0,8		1,2	$\geq 2,0$
Cré alterado a fragmentado	> 50	60	80		60	80		(1,5) 1,2	(1,2) 1,2		(1,5) 1,2	1,2		1,5	$\geq 2,0$
Areia e cascalho compacto a muito compacto	> 120	150	300		150	200		(1,5) 1,2	(1,2) 1,2		(1,5) 1,2	1,2		1,5	$\geq 2,0$

Seguidamente procede-se à determinação de q_c em função do N_{SPT} através da tabela [11] e finalmente à determinação da média aritmética de q_c .

Tabela [11] – Valores do fator capacidade de carga, para o ensaio de penetração estática.

Natureza do solo	q_c (Mpa)	Kc (Grupo I)	Kc (Grupo II)
Argila mole e siltes	< 1	0,4	0,5
Argila mediamente compacta	1 a 5	0,35	0,45
Lodo e areia solta	< 5	0,4	0,5
Argila compacta a rija e lodo compacto	> 5	0,45	0,55
Calcário mole	< 5	0,2	0,3
Areia e cascalho mediamente compacto	5 a 12	0,4	0,5
Calcário alterado a fragmentado	> 5	0,2	0,4
Areia e cascalho compacto a muito compacto	> 12	0,3	0,4
Grupo I - estacas moldadas Grupo II - estacas cravadas, tipo Franki, e injetadas sob alta pressão			

ANEXO B

PERFIL GEOTÉCNICO DAS ESTACAS ENSAIADAS

- 1. Relatório do ensaio SPT da estaca 1 e 2**
- 2. Relatório do ensaio SPT da estaca 3**
- 3. Relatório do ensaio SPT da estaca 4**
- 4. Relatório do ensaio SPT da estaca 1_ edifício 1**
- 5. Relatório do ensaio SPT da estaca 1_ edifício 2**

1. Relatório do ensaio SPT da estaca 1 e 2

ESCALA: 1:100	DIÂMETRO FURO	REVEST. FURO	COTAS e N.A.	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO MATERIAL	PERFIL GEOLÓGICO				RQD (%)	S.P.T. (30cm finais)	ENSAIOS INFILTRAÇÃO							
					ALTERAÇÃO A	CONSISTÊNCIA C	FRATURAMENTO F	RECUPE-RAÇÃO (%)			ENSAIOS PERDA D'ÁGUA (EPA)	PERDA ESPEC. PERMEAB. (K)	CONDUTIV. H					
					1	2	3	4	20	40	60	80	GOLPES SPT (sem final)	TRECHO DO ENSAIO (m)	VAZÃO ESPECÍFICO (L/min/m)	PRESSÃO EFETIVA (kg/cm²)	PERDA ESPEC. PERMEAB. (L/min/m/kg/cm²)	CONDUTIV. H
			20,56	AREIA: Fina, de cor branca, com pouca areia média e fragmentos vegetais - SEDIMENTO														
			19,81	AREIA: Fina, de coloração amarelada, fofa - SEDIMENTO														
			06/08/08	AREIA: Fina, de cor cinza-clara e branca, pouco compacta - SEDIMENTO														
			2,95m															
			17,83	AREIA: Fina, pouco siltosa, de cor cinza-clara e branca, pouco compacta - SEDIMENTO														
			16,31	ARGILA SILTO ARENOSA: (Areia fina), de cor cinza-clara, consistência mole a média - SEDIMENTO														
			11,86	ARGILA SILTO ARENOSA: (Areia fina), de cor cinza, com porções marrom amareladas e avermelhadas de lateralização e pedregulhos finos e grossos de quartzo, consistência dura - SOLO LATERÍTICO/SOLO RESIDUAL (GNAISSE)														
			10,97															
			10,68	PEDREGULHOS: Finos a grossos de quartzo/líticos e raros seixos em meio areno-siltoso, de cor branca, muito compacto - PALEO ALUVIÃO														
			10,31															
			9,31	SILTE ARENOSO: (Areia fina a média), marrom e esverdeado, estruturado (trecho embuchado) - SOLO RESIDUAL (GNEISSE)														
				GNAISSE: Cinza amarronzado com porções marrons e esverdeadas de alteração, granulação fina. Medianamente / pouco alterado e consistente / medianamente consistente, com trechos extremamente / muito alterados e pouco consistentes a friáveis entre: 12,00-14,00m; 14,22-14,90m; 15,03-16,00m; 16,64-16,79m; 17,70-17,90m; 18,50-18,65m. Extremamente (até 14,90m) a muito fraturado.														
			1,31	LIMITE DO FURO = 20,00m														

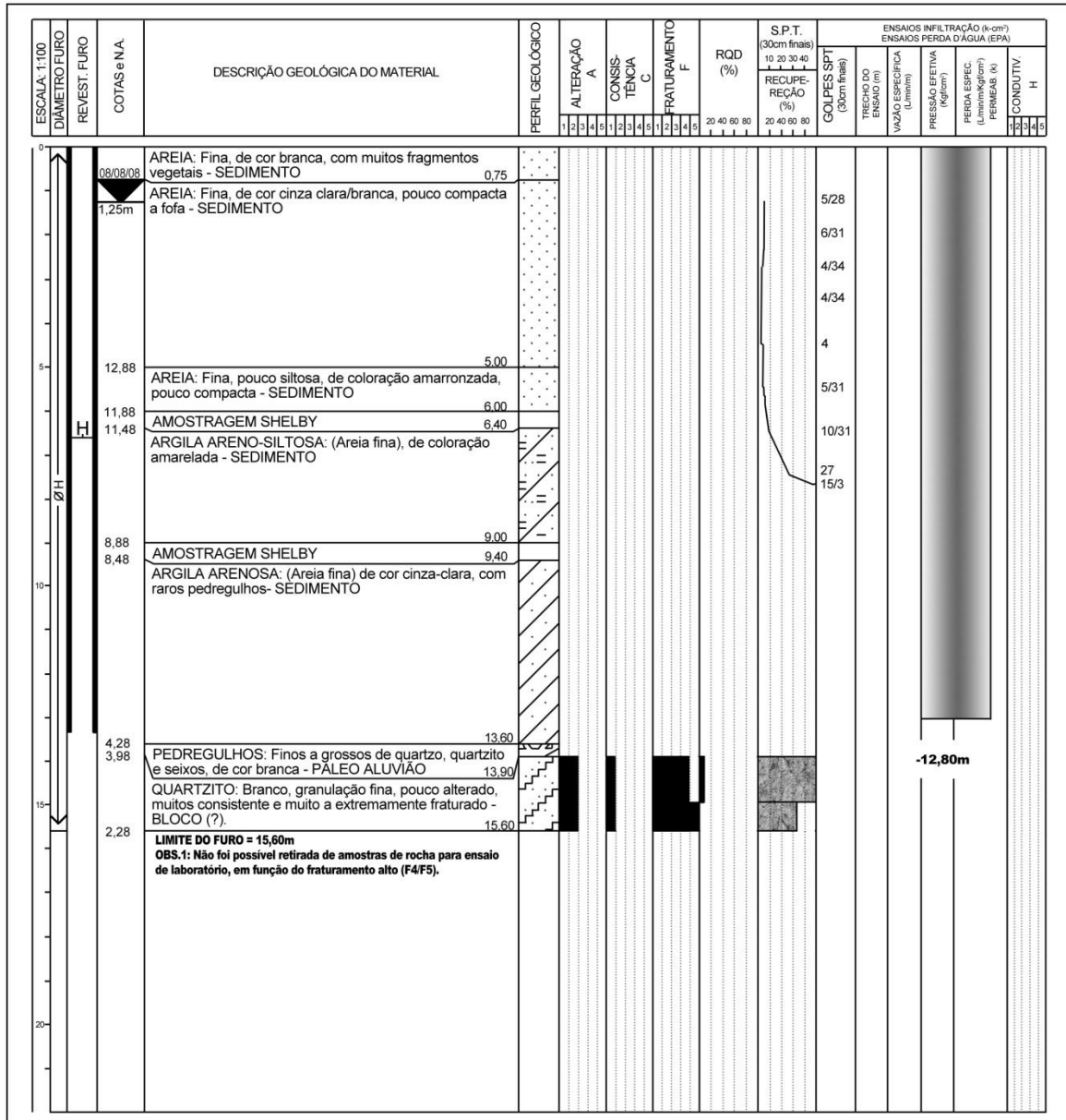
*Documento submetido a tratamento informático.

2. Relatório do ensaio SPT da estaca 3

ESCALA 1:100	S.P.T.		GOLPES		LEITURA N.A. (data/m)	REVESTIMENTO	COTAS DE FUNDO (m)	PROFUND. (m)	CAMADAS	CLASSIFICAÇÃO GEOLÓGICA DO MATERIAL	PERMEABILIDADE (K=cm/s)
	30cm iniciais	30 cm finais	30cm iniciais	30cm finais							
0							20,04	0,00		AREIA: Fina, de cor branca com fragmentos vegetais - SEDIMENTO	
1			3	3/29	16/07/08			0,75		AREIA: Fina de coloração amarelada e acinzentada, fofa a pouco compacta - SEDIMENTO	
2			3	4	1,85m						
3			3	6							
4			5	7							
5			5/31	6			16,33	4,46		AREIA: Fina, pouco siltosa de cor cinza clara, pouco compacta a medianamente compacta - SEDIMENTO	
6			10	14/27							
7			6/32	7/26							
8			5	5/28							
9			4/31	5/32			11,79	9,00		AREIA SILTO-ARGILOSA: (Areia fina), de cor cinza com porções avermelhadas de laterização pouco compacta- SEDIMENTO/SOLO LATERÍTICO	
10			6/31	7			10,79	10,00		ARGILA ARENO-SILTOSA: (Areia fina com pouca areia média) de cor marrom amarelada, avermelhada e acinzentada, com pedregulhos, medianamente compacta - SEDIMENTO/SOLO LATERÍTICO	
11			11	14							
12			26/22	17/7			8,71	12,08		PEDREGULHOS: Finos a médios de quartzo de cor branco/amarelo, muito compacto - TOPO ROCHOSO (GNAISSE ?)	
13			27/08	10/0			8,64	12,15			
14										LIMITE DO FURO -> 12,15m OBS. 1: Paralisação da sondagem por impenetrabilidade.	
15											
16											
17											
18											
19											

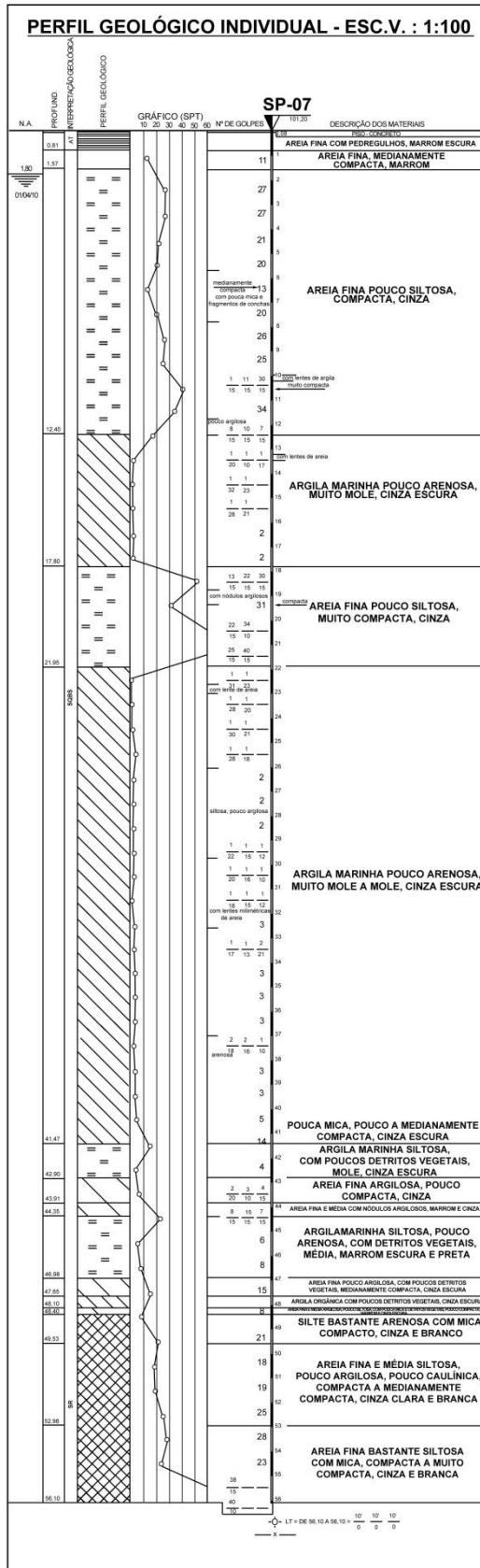
*Documento submetido a tratamento informático.

3. Relatório do ensaio SPT da estaca 4



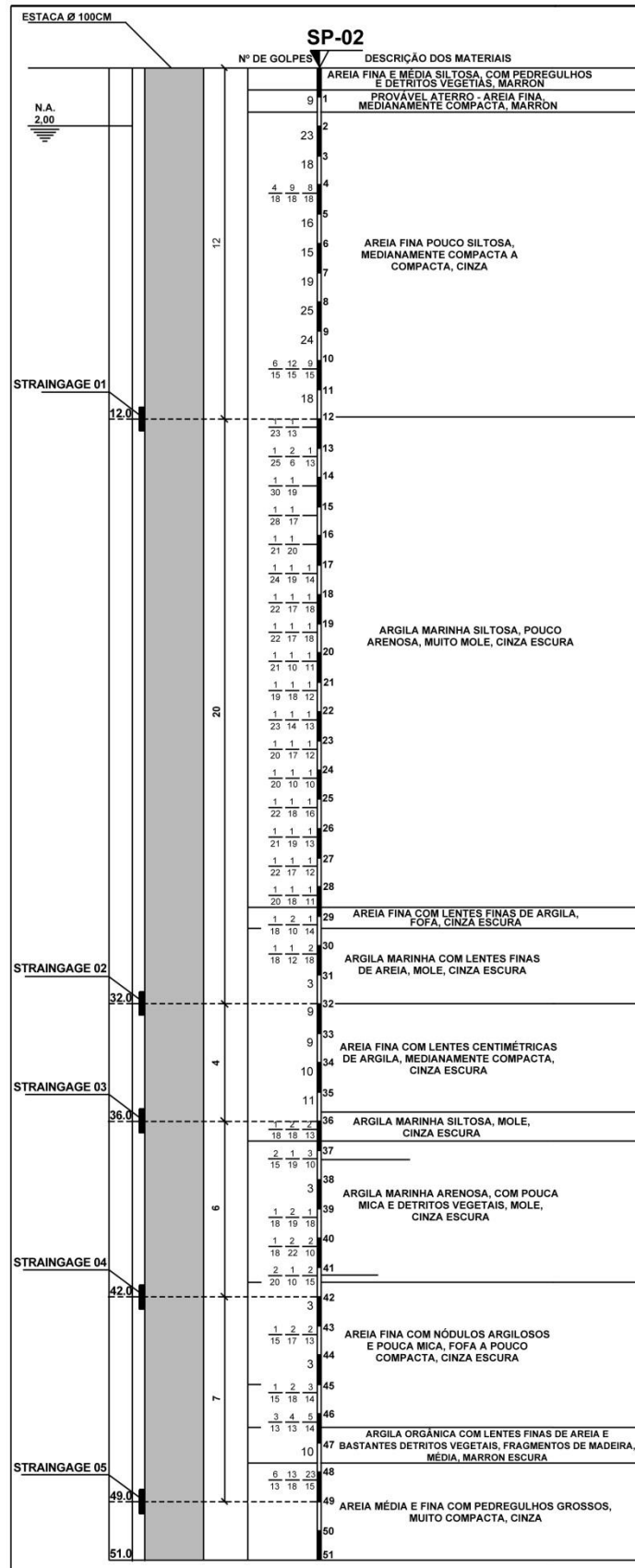
*Documento submetido a tratamento informático.

4. Relatório do ensaio SPT da estaca 1_ edifício 1



*Documento submetido a tratamento informático.

5. Relatório do ensaio SPT da estaca 1_ edifício 2



*Documento submetido a tratamento informático.

ANEXO C

ANEXOS DO PROJETO PEDAGÓGICO

1. ENSINO BÁSICO

- I Planificação inicial da unidade
- II Documento orientador
- III Ficha de trabalho
- IV Ficha de trabalho laboratorial
- V Ficha de trabalho de pesquisa
- VI Aplicações informáticas
- VII Questionário de opiniões sobre o projeto implementado
- VIII Registo de opiniões sobre o projeto implementado
- IX Proposta de trabalho para projeto artístico

2. ENSINO SECUNDÁRIO

- X Apresentação sobre a construção de edifícios
- XI Ensaios analisados
- XII Protocolo do trabalho laboratorial
- XIII Póster
- XIV Questionário de opiniões sobre o projeto implementado

3. EDUCAÇÃO E FORMAÇÃO DE ADULTOS

- XV Planificação DR1-STC6
- XVI Apresentação sobre a construção de edifícios
- XVII Protocolo do trabalho laboratorial

XVIII Tarefas

XIX Póster

XX Questionário de opiniões sobre o projeto implementado

Calendarização resumida da componente de investigação em educação 2010/11				
Local de Trabalho	Calendarização	8º Ano de escolaridade	Metodologia / situações de aprendizagem	Conteúdos
		Disciplina (s)		
Universidade de Aveiro	1ºP 2ºP 3ºP		Pesquisa bibliográfica	
Universidade de Aveiro	1ºP 2ºP 3ºP	Ciências Físico-Químicas Ciências Naturais	Desenvolvimento de metodologias	
Agrupamento de Escolas de Sever do Vouga	2ºP	Ciências Físico-Químicas Ciências Naturais	Trabalho de grupo Actividade experimental	Reacções Químicas Ecossistemas
Agrupamento de Escolas de Sever do Vouga	3ºP	Área – Projecto Área – Projecto Ciências Físico-Químicas Área – Projecto Ciências Físico-Químicas Ciências Naturais Área – Projecto Ciências Físico-Químicas Ciências Naturais Área – Projecto	Trabalho de grupo: selecção do tipo de produtos existentes no mercado e levantamento das respectivas implicações ambientais (Ficha1) Debate: “A importância de optar por produtos ambientalmente inócuos” Actividade de reflexão/avaliação Actividade experimental: “Estabilização de solos com produtos amigos do ambiente” (Protocolo da actividade experimental) Actividade de reflexão/avaliação Visita de estudo ao Visionarium e participação na Mini -Oficinas “Polímeros” Visita de estudo à empresa GEO Testes interactivos para consolidação dos conteúdos leccionados Apresentação dos trabalhos de grupo “ Custos, benefícios e riscos das inovações científicas e tecnológicas para o indivíduo, a sociedade e o ambiente” (PowerPoint) Elaborar o portefólio electrónico do aluno e publicar no sítio da escola na internet	Gestão sustentável dos recursos - Recursos naturais -utilização e consequências - Protecção e conservação da natureza - Custos, benefícios e riscos das inovações científicas e tecnológicas para o indivíduo, a sociedade e o ambiente.
Datas sujeitas a alterações com aviso prévio - Visitas de estudo sujeitas a aprovação por parte do plano de actividades da escola				

1. ENSINO BÁSICO – I Planificação inicial da unidade

Agrupamento de Escolas de Sever do Vouga
Ano lectivo 2010/2011

Documento Orientador do subtema “Gestão Sustentável de Recursos”
Planificação das actividades propostas

Calendarização/ Nº de aulas (90 min.)	Competências (O aluno deve ser capaz de:)	Conteúdos Programáticos	Metodologias/Situações de Aprendizagem	Recursos Didácticos	Avaliação/ Instrumentos	Intervenientes
3º P 1	-Reconhecer que a intervenção humana na Terra, ao nível da exploração, transformação e gestão sustentável dos recursos, exige conhecimento científico e tecnológico em diferentes áreas.	CFQ/CN - Recursos naturais: utilização e consequências	- Introduzir o subtema “Gestão Sustentável dos Recursos”, informando os alunos do trabalho que se irá realizar, da participação dos mesmos no projecto de investigação - acção e na metodologia seleccionada. - Auscultar e registar as expectativas dos alunos relativamente à estratégia que se vai seguir.	Computador PowerPoint	Intervenção na aula/ Registo de Observações/ Ficha de trabalho	CN/FQ
1	-Compreender as implicações do progresso científico e tecnológico na rentabilização dos recursos.	CN Ecosistemas - Interação seres vivos-ambiente - Fluxo de energia e ciclo de matéria - Perturbações no equilíbrio	- Promover um diálogo com os alunos acerca dos materiais existentes no mercado, para a estabilização dos solos, na construção de pontes e túneis. Fazer referência à bentonite como um recurso natural (argila) e os polímeros como recurso resultante do progresso científico e tecnológico. - Trabalho em grupo: pesquisa orientada sobre o tipo de produtos existentes no mercado, destinados à estabilização dos solos, quais as empresas que os comercializam, modo de preparação, modo de actuação, implicações ambientais (poluição do solo e da água) e	Ficha de trabalho	Intervenção na aula/ Registo de Observações	CN/FQ
1	-Reconhecer a necessidade de tratamento de materiais residuais para evitar a sua acumulação, considerando as			Computador Internet Livros Revistas	Desempenho na actividade proposta/ Grelha de registo de	CN/FQ

1. ENSINO BÁSICO – II Documento Orientador

1	<p>dimensões económicas, ambientais, políticas e éticas.</p> <p>-Compreender a dinâmica dos ecossistemas resultante da interdependência entre seres vivos, materiais e processos</p> <p>-Compreender que o funcionamento dos ecossistemas depende de fenómenos envolvidos, de ciclos de matéria, de fluxos de energia e de actividade de seres vivos, em equilíbrio dinâmico.</p>	<p>dos ecossistemas.</p> <p>CFQ/CN - Protecção e conservação da Natureza</p>	<p>os efeitos adversos na saúde humana e nos ecossistemas.</p> <p>- Debate: A importância de optar por produtos ambientalmente inócuos. Os alunos, em grupo, devem seleccionar, entre os materiais pesquisados, aquele que julgam ser o mais indicado, tendo em consideração os custos, os benefícios e as implicações ambientais e fazer a apresentação à turma.</p> <p>- Realizar a ficha de reflexão/avaliação. O aluno deverá reflectir sobre as actividades desenvolvidas, contribuindo com sugestões.</p>	<p>Ficha de reflexão/avaliação</p>	<p>observações</p> <p>Intervenção na aula / Registo de observações</p> <p>Ficha de reflexão/avaliação</p>	<p>CN/FQ/FC</p>
1	<p>-Conhecer as aplicações da tecnologia na pesquisa de novos materiais.</p>		<p>- Apresentação elaborada pela professora investigadora: dar a conhecer a empresa GEO_ comercializa e executa polímeros biodegradáveis para a estabilização de solos.</p>	<p>Computador PowerPoint</p>		<p>CN/FQ</p>
1	<p>-Reconhecer a importância da manutenção da qualidade do ambiente.</p>	<p>CFQ Reacções Químicas - Tipos de reacções químicas - Velocidade das reacções químicas - Explicação e representação das reacções químicas</p>	<p>- Actividade experimental: Estabilização de solos com produtos amigos do ambiente.</p>	<p>Protocolo da actividade experimental Material de Laboratório</p>	<p>Relatório/Desempenho laboratorial/ Grelha de registos</p>	<p>CN/FQ</p>
1	<p>-Aprender a tomar decisões face a assuntos que preocupam as sociedades, tendo em conta factores</p>		<p>- Realizar a ficha de reflexão/avaliação. O aluno deverá reflectir sobre as actividades desenvolvidas, contribuindo com sugestões.</p> <p>- Mino oficinas: Os polímeros (a realizar no Visionarium - Santa Maria da Feira).</p>	<p>Ficha de reflexão/avaliação</p>	<p>Ficha de reflexão/avaliação</p> <p>Grelha de registos</p>	

1. ENSINO BÁSICO – II Documento Orientador

1	ambientais, económicos e sociais.		- Visita de estudo à empresa GEO.	Testes interactivos	Testes interactivos	TIC	
1	-Pesquisar sobre custos, benefícios e riscos das inovações científicas e tecnológicas para os indivíduos, para a sociedade e para o ambiente.	CFQ/CN - Custos, benefícios e riscos das inovações científicas e tecnológicas	- Realizar os testes interactivos (programas informáticos Webquest e Hotpotatoes) de consolidação de conhecimentos.	Computador Internet Livros Revistas	Intervenção na aula / Registo de observações/ Grelha de registos	TIC/CN/CFQ	
2			- Realizar e apresentar o trabalho de grupo: Gestão sustentável de recursos: os custos, benefícios e riscos das inovações tecnológicas dos produtos estabilizadores dos solos, para a construção de pontes e túneis.	Computador			
	-Ser capaz de divulgar medidas que contribuam para a sustentabilidade na Terra.			- Elaborar o portefólio electrónico do aluno e publicar no sítio da escola na internet.	Ficha de auto-avaliação	Grelha de registos	TIC
1				- Realizar a ficha de auto-avaliação.		Ficha de auto-avaliação	

Notas:

(1) Documento sujeito a discussão e enriquecimento no início do ano lectivo 2010/2011 por parte dos intervenientes (Director de Turma, professores de Ciências Naturais, Ciências Físico-Químicas, Tecnologia da Informação e da Comunicação e de Área de Projecto).

(2) As visitas de estudo serão realizadas mediante a aprovação do Plano Anual de Actividades 2010/2011.

Competências a Privilegiar:

(a) Competências gerais

1- Mobilização e utilização de saberes científicos, tecnológicos, saberes sociais e culturais assim como os do senso comum.

2- Pesquisa, selecção e organização de informação de modo a compreender as diferentes vertentes da situação problemática.

3- Adopção de metodologias personalizadas de trabalho e de aprendizagem, assim como na cooperação com outros, visando a participação nas diferentes fases das tarefas, desde a definição dos subproblemas até à comunicação.

4- Resolução dos problemas e tomadas de decisão para uma intervenção individual e comunitária.

(b) Competências específicas para a literacia

1. ENSINO BÁSICO – II Documento Orientador

- 1- Conhecimento.
- 2- Comunicação.
- 3- Atitudes.

(c) Competências a desenvolver no tema “Sustentabilidade na Terra”

- 1- Reconhecimento da necessidade humana de apropriação dos recursos existentes na Terra para os transformar e, posteriormente, os utilizar.
- 2- Reconhecimento do papel da Ciência e da Tecnologia na Transformação e utilização dos recursos existentes na Terra.
- 3- Reconhecimentos de situações de desenvolvimento sustentável.
- 4- Reconhecimento que a intervenção humana na Terra afecta os indivíduos, a sociedade e o ambiente e que coloca questões de natureza social e ética.
- 5- Compreensão das consequências que a utilização dos recursos existentes na Terra tem para os indivíduos, a sociedade e o ambiente.
- 6- Compreensão da importância do conhecimento científico e tecnológico na explicação e resolução de situações que contribuam para a Sustentabilidade na Terra.



Agrupamento de Escolas de Sever do Vouga - 161068
 ESCOLA BÁSICA E SECUNDÁRIA DE SEVER DO VOUGA - 403015

Ciências Físico-Químicas
 8.º ano de escolaridade
 2010/2011

Ficha de Trabalho

Nome: _____ Nº ____ Turma: _____

Parte I

1- Indica o teu grau de interesse relativamente às questões seguintes, utilizando a seguinte escala.

1-Muito interessante 2-Interessante 3-Não tenho opinião 4-Pouco interessante 5- Nada Interessante

Questões	1	2	3	4	5
(A) Como será construído o edifício da nova escola?					
(B) Quais as profissões necessárias para construir um edifício?					
(C) Quais os materiais necessários para construir um edifício?					
(D) A construção de um edifício pode ser prejudicial para o meio ambiente?					
(E) A construção de edifícios, pontes e túneis poderá prejudicar a produção de mirtilos?					
(F) Quais as condições ideais para produzir mirtilos em Sever do Vouga?					
(G) Quais os problemas ambientais que poderão afectar a produção de mirtilos em Sever do Vouga?					
(H) Quais os factores que poderão contribuir para a poluição da água e do solo na região de Sever do Vouga?					

2- Gostarias de ver discutidas outras questões?

Sim Não

Se respondeste **Sim**, indica-as:

Parte II

Lê o seguinte texto e responde às questões colocadas:

***O concelho de Paredes vai acolher uma cidade tecnológica,
denominada Planit Valley.***

A nova cidade inteligente, que vai ocupar uma área de 17 quilómetros quadrados, pretende ser um "laboratório vivo à escala urbana", no qual serão implementadas, de forma sustentável, "tecnologias que melhoram a qualidade de vida", referiu Steve Lewis, presidente da empresa Living Planit, que vai gerir a Planit Valley.

A Planit Valley terá "edifícios inteligentes, soluções avançadas de mobilidade, transportes e comunicações", salientou.

Além de espaços dedicados à investigação e desenvolvimento, na Planit Valley vão nascer também espaços de retalho, hotéis, centros de conferência, uma pista de testes, um centro de entretenimento e habitação.

As razões que levaram à escolha de Portugal para a instalação desta cidade sustentável prendem-se não só com as políticas nacionais sobre o ambiente, mas também com o apoio que a Living Planit encontrou junto do autarca de Paredes.

Na construção serão aplicadas "novas e avançadas técnicas para reduzir o impacto da infraestrutura no ambiente".

O projecto apresenta objectivos ambiciosos e invulgares em Portugal: prevê um investimento de €2 mil milhões de euros e o número de postos de trabalho a criar pelo projecto poderá ascender a 1500.

1- “A investigação científica e tecnológica pode ajudar na pesquisa de soluções para melhorar a qualidade do ambiente”.

Indica, justificando, em que medida esta afirmação está de acordo com o texto acima transcrito.

2- Geralmente associa-se a edificação de cidades à degradação do ambiente e à diminuição da qualidade de vida. Na tua opinião que motivo leva o autor do texto a afirmar a aparente contradição de que “a nova cidade” terá “tecnologias que melhoram a qualidade de vida”.

3- O texto refere que a construção da cidade Planit Valley contou com o apoio do autarca de Paredes. Imagina que assumes o cargo político de autarca de Sever do Vouga.

3.1- Responde às seguintes questões, supondo que a empresa Living Planit procura outra região para implementar uma cidade idêntica à Planit Valley.

3.1.1- Indica duas medidas para atrair a implementação do projecto Planit Valley para Sever do Vouga.

3.1.2- Indica duas vantagens e duas desvantagens da implementação do projecto Planit Valley em Sever do Vouga.

Vantagens:

Desvantagens:

3.2.- Supõe que a empresa Living Planit decide implementar a cidade Planit Valley em Sever do Vouga e que vais ter uma primeira reunião com Steve Lewis, o presidente da empresa que vai gerir a cidade tecnológica.

3.2.1- Indica duas sugestões para otimizar a implementação do projecto Planit Valley em Sever do Vouga.

3.2.2- Indica duas exigências que farias à empresa que gere o projecto Planit Valley de forma a defender os interesses da região de Sever do Vouga e dos seus habitantes.

Q4. Descreve a implementação da cidade Planit Valley em Sever do Vouga.

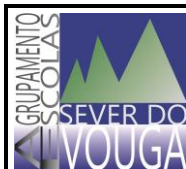
Sugestão:

Deves fazer referência a:

- Localização
- Infra-estruturas e vias de comunicação (sistemas sanitários, de energia, de transportes e de comunicação)
- Projecto
- Serviços, etc.

Nota:

Podes utilizar palavras e/ou esquemas e justifica as tuas opções.



Agrupamento de Escolas de Sever do Vouga - 161068
 ESCOLA BÁSICA E SECUNDÁRIA DE SEVER DO VOUGA - 403015

Ciências Físico-Químicas
 8.º ano de escolaridade
ATIVIDADE LABORATORIAL



Nomes: _____ Nº _____ Turma: _____

Classificação: _____ Assinatura do Professor: _____

Ano lectivo 2010/2011

“Como estabilizar o solo em escavações para a construção de edifícios?”

1- Introdução

Para construir um edifício é necessário começar por fazer a escavação do solo onde vai ser edificada a estrutura. Existem vários métodos que podem ser utilizados dependendo do tipo de solo e do tipo de edifício.

Um dos métodos utilizados é a aplicação de polímero “amigo” do ambiente que permite evitar desabamentos do solo enquanto se fazem as escavações.

O polímero é um produto desenvolvido pela indústria química para fazer face às exigências da sociedade no sector da construção civil, com a produção de produtos “amigos” do ambiente para proteger e conservar a natureza.

O polímero é comercializado no estado sólido, para ser aplicado nas escavações é necessário dissolvê-lo numa solução aquosa de Hidróxido de Sódio que vai propiciar o endurecimento gradual da membrana do polímero.

2- Componente laboratorial

2.1- Material e reagentes

2 Copos graduados de 50 mL.	- Hidróxido de Sódio
1 Vareta de vidro.	- Polímero.
1 Vidro de relógio.	- Água.

Papel Indicador Universal.

Balança.

Espátula.

2.2- Procedimento

Dissolução do polímero numa solução de Hidróxido de Sódio

- 1- Medir 50 mL de água num copo graduado.
- 2- Verificar o pH da água com papel indicador universal.
- 3- Ajustar o pH da água entre 11 e 12, adicionando Hidróxido de Sódio.
- 4- Pesar num vidro de relógio 0,2g de polímero.
- 5- Adicionar lentamente o polímero à solução aquosa de Hidróxido de Sódio, agitando com uma vareta de vidro.

Adição do polímero em solução aquosa ao solo

- 6- Derramar lentamente a mistura no solo, agitando lentamente com uma vareta.

3- Registos (15%)

	Cor do papel indicador	pH
Água		
Água depois da adição de Hidróxido de Sódio		

4- Questionário (35%)

4.1- Qual o carácter químico da solução aquosa de Hidróxido de Sódio? (5%)

4.2- Se na tua escola não houvesse Papel Indicador Universal, como poderias determinar o pH da solução de Hidróxido de Sódio? (10%)

4.3- Qual a finalidade de se dissolver o polímero numa solução aquosa de Hidróxido de Sódio? (10%)

4.4- Classifica como verdadeiras (V) ou falsas (F) cada uma das seguintes afirmações: (10%)

A- A tintura azul de tornesol torna-se vermelha em meio básico.____

B- Em soluções ácidas, o tornesol torna-se azul.____

C- O tornesol fica azul-arroxeadado na presença de soluções neutras.____

D- A solução de fenolftéina torna-se carmim na presença de soluções básicas.____

E- As soluções neutras não alteram a cor da fenolftéina.____

5- Pesquisa (50%)

5.1- Identifica os recursos naturais da tua região, fazendo um estudo pormenorizado de cada um deles.

5.2- Caracteriza a espécie MIRTILO (cultivada em grande escala no Conselho de Sever do Vouga) no que se refere às suas exigências em termos ambientais: solo, clima e água.

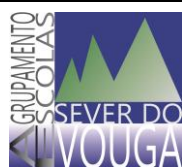
5.3- Identifica os efeitos da poluição no crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais, nomeadamente do mirtilo, sensível aos diferentes factores, como, o pH do solo, quantidade de água do mesmo e toxicidade.

5.4- Refere a importância da tomada de decisões na opção da tecnologia a utilizar nas escavações para a construção de edifícios.

5.5- Refere a importância da utilização da tecnologia no fabrico de produtos amigos do ambiente para proteger e conservar a natureza.

Bom Trabalho!





Agrupamento de Escolas de Sever do Vouga - 161068
 ESCOLA BÁSICA E SECUNDÁRIA DE SEVER DO VOUGA - 403015

CIÊNCIAS NATURAIS

8.º Ano de escolaridade

Trabalho de Pesquisa

TEMA	Sustentabilidade na cultura do Mirtilo
<p>Tópicos de Pesquisa:</p> <ul style="list-style-type: none"> → Conceito de Sustentabilidade e/ou Desenvolvimento Sustentável; → Conceito de Biodiversidade; → Importância da sustentabilidade para a preservação da Biodiversidade; → Conceito de Poluição e/ou Degradação Ambiental (Poluição do solo e água); → Importância da tomada de decisões na opção da tecnologia a utilizar nas escavações para a construção de edifícios; → Efeitos da Poluição no crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais, principalmente espécies mais sensíveis aos diferentes factores, como, o pH do solo, quantidade de água do mesmo e toxicidade; → Caracterizar a espécie MIRTILLO (cultivada em grande escala no Conselho de Sever do Vouga) no que se refere às suas exigências em termos ambientais: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Solo ▪ Clima ▪ Água <p>E concluírem acerca da importância de preservar o ambiente a todos os níveis, tal como está a acontecer com a construção da obra.</p>	

Prof. M!



Escola Básica e Secundária de Sever Vouga
Áreas Curriculares:
Ciências Físico-químicas / Ciências Naturais/ Formação Cívica
Professoras:
CFQ / CN

2010/2011



Trabalho elaborado por:
- Alunos da turma 8ºE

Sustentabilidade

Sustentabilidade - O princípio da sustentabilidade aplica-se a um único empreendimento, a uma pequena comunidade (a exemplo das eco vilas), ou até ao planeta inteiro. Para que um empreendimento humano seja considerado sustentável, é preciso que seja:

☞ Ecologicamente correcto;

1. ENSINO BÁSICO - V Trabalho de pesquisa

- ↳ Economicamente viável;
- ↳ Socialmente justo;
- ↳ Culturalmente diverso.

Podemos dizer “na prática”, que esse conceito de sustentabilidade deve promover a exploração de áreas ou o uso de recursos planetários (naturais ou não) de forma a prejudicar o menos possível o equilíbrio entre o **meio ambiente** e as comunidades humanas e toda a biosfera que dele dependem para existir.

Desenvolvimento sustentável

O conceito de Desenvolvimento Sustentável é, normalmente, definido como o desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração actual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades.

Significa possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e económico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da Terra e preservando as espécies e os habitats naturais.

Conceito de Biodiversidade

Biodiversidade é a variedade e a variabilidade existente entre os organismos vivos e as complexidades ecológicas nas quais elas ocorrem. Ela pode ser entendida como uma associação de vários componentes hierárquicos: ecossistema, comunidade, populações, espécies e genes numa área definida. A biodiversidade varia com as diferentes regiões ecológicas, sendo maior nas regiões tropicais do que nos climas temperados.



Importância da sustentabilidade para a preservação da Biodiversidade

Sustentabilidade é um conceito sistémico, relacionado com a continuidade dos aspectos económicos, sociais, culturais e ambientais da sociedade humana.

Propõe-se a ser um meio de configurar a civilização e actividades humanas, de tal forma que a sociedade, os seus membros e as suas economias possam preencher as suas necessidades e expressar o seu maior potencial no presente, e ao mesmo tempo preservar a biodiversidade e os ecossistemas naturais, planeando e agindo de forma a atingir pro-eficiência na manutenção indefinida desses ideais. A sustentabilidade abrange vários níveis de organização, desde a vizinhança local até o planeta inteiro.

Conceito de Poluição

A poluição é a libertação de elementos, radiações, vibrações, ruídos e substâncias ou agentes contaminantes num ambiente.

Degradação ambiental é um processo de degeneração do meio ambiente, onde as alterações biofísicas provocam alterações na fauna e flora naturais, com eventual perda de biodiversidade.

A degradação ambiental é normalmente associada à acção de poluição com causas humanas, contudo, no decorrer da evolução de um ecossistema, pode ocorrer degradação ambiental por meios naturais.

Os Poluentes mais frequentes na nossa sociedade são:

- ↳ Poluição Atmosférica;
- ↳ Poluição Hídrica;
- ↳ Poluição do Solo.

Exemplos de poluição atmosférica

As alterações climáticas como o caso do efeito de estufa e dos CFC, têm um impacto global na atmosfera, devido à constante redução da camada do ozono.

- ☒ Partículas - queima de resíduos;
- ☒ Compostos responsáveis pelas chuvas ácidas - centrais termoelétricas e metalúrgica;
- ☒ Smog fotoquímico - efeito de estufa;
- ☒ CFC - indústria do frio (ar condicionado e frigoríficos).



Poluição do Solo

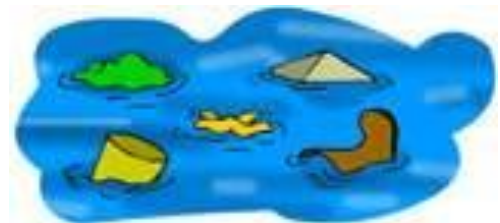
A poluição do solo é qualquer alteração das suas características naturais através da deposição, descarga, infiltração ou acumulação no solo de produtos poluentes.

As suas principais fontes de poluição são resíduos (lixos domésticos e industriais) deitados no solo sem qualquer tipo de tratamento, os pesticidas e fertilizantes utilizados na agricultura e os detritos da criação de animais.

Diferentes produtos tóxicos aparecem misturados com o lixo. Quando acumulados e com o passar do tempo, infiltram-se no solo. Esta situação é agravada quando chove. A água da chuva atravessa o lixo, dissolve os produtos tóxicos nele existentes e, por infiltração ou escoamento, poluem as águas subterrâneas, os ribeiros, os rios e os lagos.

Poluição da água

Um dos factores mais importantes no estabelecimento da vida em geral e das populações foi a existência de recursos de água doce abundante. A água é um dos bens naturais mais intensamente utilizados, sendo determinante para a manutenção da vida, pelo que deve estar no ambiente em quantidade e qualidade apropriadas. O ser humano, desde os tempos mais remotos, utiliza a água não só para suprir as suas necessidades metabólicas, mas também para outros fins.



Importância da tomada de decisões na construção de edifícios

Polímero - é um produto biodegradável que tem como principal preocupação preservar e proteger a natureza. A sua utilização em obras possibilita que a construção conquiste o "selo verde". Entre as principais vantagens da utilização do polímero destacam-se:

- ↳ Não polui e é biodegradável;
- ↳ Tempo de mistura e hidratação inferior a 30 minutos;
- ↳ Pode ser usado com água saudável;
- ↳ Rápida decantação;
- ↳ Viscosidade elevada;
- ↳ Limpeza da obra;

Bentonite – a bentonite é a designação dada à mistura de argilas de grãos muito finos, que pode causar muitos problemas ambientais, provoca a poluição da água e dos solos que poderá causar consequências nefastas para o ecossistema, principalmente junto de espécies sensíveis, como é o caso, na nossa zona (Região de Sever do Vouga), do **Mirtilo**.



Mirtilo

Caracterização do Mirtilo

O Concelho de Sever do Vouga reúne as condições ideais associadas às características do solo, do microclima e da disponibilidade da água para plantação do Mirtilo.

O Mirtilo é uma baya, cor azul cerosa, com uma estrela de cinco pontas na sua parte superior. O



seu tamanho varia entre os 7 e os 12 milímetros de diâmetro. A cera que o cobre, denominada de pruína, reveste um fruto de pele firme, cuja polpa é sucosa e aromática, de sabor agridoce.

O Mirtilo, *Vaccinium corymbosum*, também conhecido como arando, uva-do-monte ou blueberry, cresce num arbusto homónimo da família das Ericáceas do género *Vaccinium*. Podendo alcançar 1m a 1,5m de altura, estes arbustos de pequeno porte crescem em sub-bosques, zonas de microclima selectivo, das florestas temperadas da Europa.

Benefícios do Mirtilo

O Mirtilo possui um valor nutritivo indiscutível; é um fruto conhecido pela sua riqueza em diversas vitaminas como a A, B, C e PP, possuindo ainda sais minerais, magnésio, potássio, cálcio, fósforo, ferro, manganês, açúcares, pectina, tanino, ácidos cítrico, málico e tartárico, para além disso os seus benefícios para a saúde são inúmeros:

- ✎ Previne a cistite, dadas as suas propriedades anti-sépticas;
- ✎ Reduz a degradação das funções cerebrais em caso de Alzheimer (Conferência Internacional sobre Longevidade, 2004);
- ✎ Ajuda a evitar alguns tipos do cancro do cólon e da mama, devido seu alto conteúdo antioxidante;
- ✎ Diminui a probabilidade de problemas cardíacos, dada a sua riqueza em radicais livres;
- ✎ Alivia sintomas de infecções urinárias, renais e vesiculares, pelo seu conteúdo de ácido úrico;
- ✎ Melhora a miopia, já que previne problemas de visão causados pela ruptura de pequenos vasos da retina;
- ✎ Cura inflamações bucais graças às suas propriedades desinfectantes;
- ✎ Fortalece as paredes dos vasos capilares, sendo utilizado para o caso de veias varicosas, flebites e hemorróidas;
- ✎ Contribui para melhorar a memória;
- ✎ Previne as cáries;
- ✎ Reduz as infecções do aparelho auditivo e respiratório;
- ✎ Previne complicações de diabetes;
- ✎ Actua sobre doenças das gengivas e articulações;
- ✎ Previne e trava a progressão da catarata senil, em combinação com a vitaminaE;
- ✎ Combatem a diarreia quando secos e contêm propriedades laxantes quando frescos.



Exigências ambientais

Local, solo, clima e disponibilidade de água são os principais factores a considerar quando se pensa em cultivar plantas de mirtilo para produção de frutos. O conhecimento das fases de crescimento e das necessidades das plantas ajuda a proporcionar as condições correctas para se obter uma boa cultura.



Solo:

O arbusto de mirtilo, como a maioria das plantas, necessita de solo para a fixação das raízes e para um abastecimento de água e minerais necessários ao crescimento e formação do fruto. As características físicas e químicas do solo são importantes. Esta cultura requer um pH entre 4.0 e 5.2, sendo o óptimo entre pH 4.3 e 4.8. O mirtilo apresenta preferência por solos arenosos, franco-arenosos ou medianamente argilosos, não muito profundos.



Clima:

Os factores climáticos actuam de maneira diferente mediante a fase de desenvolvimento em que se encontra a planta, determinando o potencial de produção. Durante a fase de repouso vegetativo o frio é o factor mais importante e na fase vegetativa é a temperatura, a precipitação e a radiação solar. No repouso vegetativo, para a planta ter um período suficiente de dormência, tem que passar por 700 horas, no mínimo, a cerca de 7°C. A maioria das plantações não é afectada por temperaturas de inverno de -18°C, se não houverem grandes variações. Na fase vegetativa, as plantas são vulneráveis aos ventos frios tardios da primavera que possam ocorrer após a abertura das flores.

Temperaturas acima dos 30°C no Verão podem levar à morte das folhas, principalmente em plantas de rápido crescimento vegetativo que estejam completamente expostas ao sol. A estas temperaturas as raízes não conseguem sugar água suficiente para compensar as perdas por transpiração levada a cabo pelas folhas.

O mirtilo é uma planta que “gosta” de sol. As parcelas que se encontram expostas a Sul recebem mais incidência solar, pelo que os riscos de geada são menores. A orientação das linhas deve ser Norte-Sul.



Necessidade de Água:

Desde a sua plantação e ao longo dos 4 a 5 primeiros anos de cultura, o mirtilo exige um aprovisionamento regular em água para se desenvolver e frutificar normalmente. Nos períodos de maior calor é necessário observar muito bem as partes terminais dos ramos das plantas. Se estas começaram a murchar é sintoma de uma aguda falta de água. Na fase de formação do fruto, a necessidade de água é crítica e após a colheita, deficiência em água pode comprometer a produção do ano seguinte.

Conclusão

Na Região de Sever do Vouga, o cultivo do Mirtilo é o meio de subsistência de muitas famílias. A manutenção da qualidade do ambiente, nomeadamente do solo e da água deve ser prioritária na região.

A utilização de produtos nefastos para o ambiente, utilizados na construção civil ou em outros sectores de actividade, deve ser alvo de ponderação tendo em conta as repercussões ambientais, sociais e económicas para a região de Sever do Vouga.

As exigências ambientais emergentes no sector da construção civil conduziram à investigação científica e tecnológica de novos materiais não poluentes destinados à estabilização do solo na construção de edifícios.

C1 - Placar

A QUÍMICA DO DIA A DIA



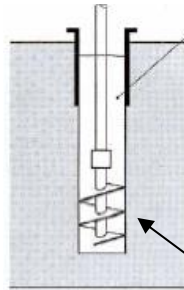
Dia das Ciências

Grupo de Física e Química 2010/2011

**Etapas da construção de um edifício
com a utilização de polímeros para
estabilizar o solo das escavações**

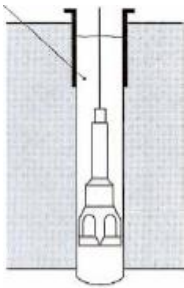
1- Preparação do polímero para aplicar na escavação

O polímero é comercializado no estado sólido, para ser aplicado no solo é necessário dissolvê-lo numa solução aquosa de Hidróxido de Sódio.



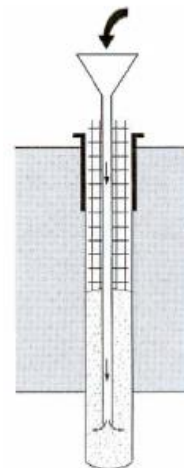
2-Início da escavação

Polímero em solução aquosa



3-Colocação da armadura

Após a conclusão da escavação, é colocada a armadura.



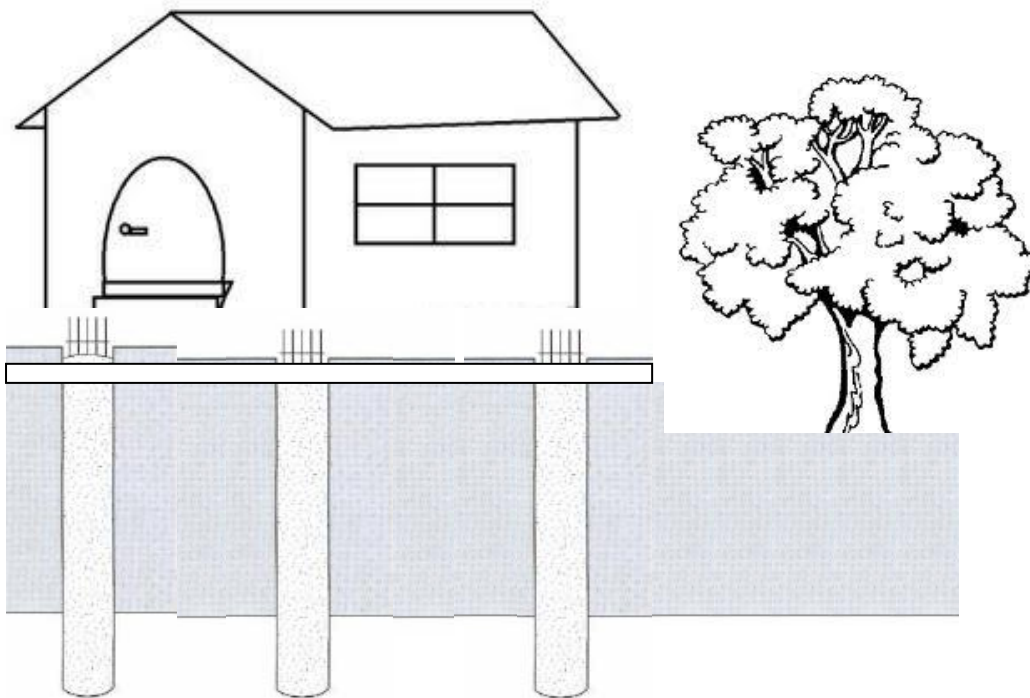
4-Adição do betão

A adição de betão é feita em simultâneo com a saída do polímero porque o betão é mais denso que o polímero.

4-Conclusão da Obra

Após a construção dos alicerces, ainda há muito trabalho para fazer!

É necessário fazer as paredes, o tecto, a aplicação de janelas e madeiras, entre outros.



Construção de Edifícios

Construção de Edifícios

1ª Fase - Ensaio SPT

Objectivo:
Caracterização do solo

(Para a construção da nova escola o ensaio SPT decorreu no ano lectivo 2009/2010).

Exemplo de um relatório do ensaio SPT

2ª Fase - Planeamento do Projecto

Fazer a planta

2ª Fase - Planeamento do Projecto

Fazer a maquete

3ª Fase - Fazer as escavações

- Dependendo do tipo de edifício e do tipo de solo, existem várias possibilidades para fazer as escavações

Escavação simples

Utilização de Bentonite

Não pode ser utilizada junto a espécies ambientalmente sensíveis, uma vez que dado as suas características plastificantes, pode provocar a impermeabilidade do solo.

Etapas na utilização de Bentonite

- Perfuração com bentonite dissolvida em água;
- Colocação da armadura;
- Entrada de betão e saída da bentonite (o betão é mais denso que a bentonite).

Utilização de Polímero

- Amigo do ambiente;
- Pode ser utilizado na construção de edifícios perto de culturas.

Etapas na utilização de Polímero

- Perfuração com polímero dissolvido em água
- Colocação da armadura
- Entrada de betão e saída do polímero (o betão é mais denso que polímero)

Bentonite X Polímero

BENTONITE	POLÍMERO
<ul style="list-style-type: none"> POLUENTE DO SOLO E DA ÁGUA - prejudica as espécies vegetais 	<ul style="list-style-type: none"> Amigo do ambiente Eliminação em qualquer local (pouca dispendiosa)
<ul style="list-style-type: none"> Eliminação apenas em ETAR (dispendiosa) 	

Os recursos naturais e a sustentabilidade

São recursos naturais todos materiais vindos directamente da natureza como o ar, o solo e a água.

Não é sustentável o impacto negativo dos produtos poluentes que resultam da actividade humana.

A Cimeira Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável, realizada em 2002 (Joanesburgo), definiu, entre outros objectivos, encorajar e promover o desenvolvimento de hábitos de consumo sustentáveis.

Os recursos naturais e a sustentabilidade

A intervenção humana na Terra, ao nível da gestão sustentável dos recursos, exige conhecimento científico e tecnológico em diferentes áreas.

O progresso científico e tecnológico é fundamental na pesquisa de novos materiais sustentáveis.

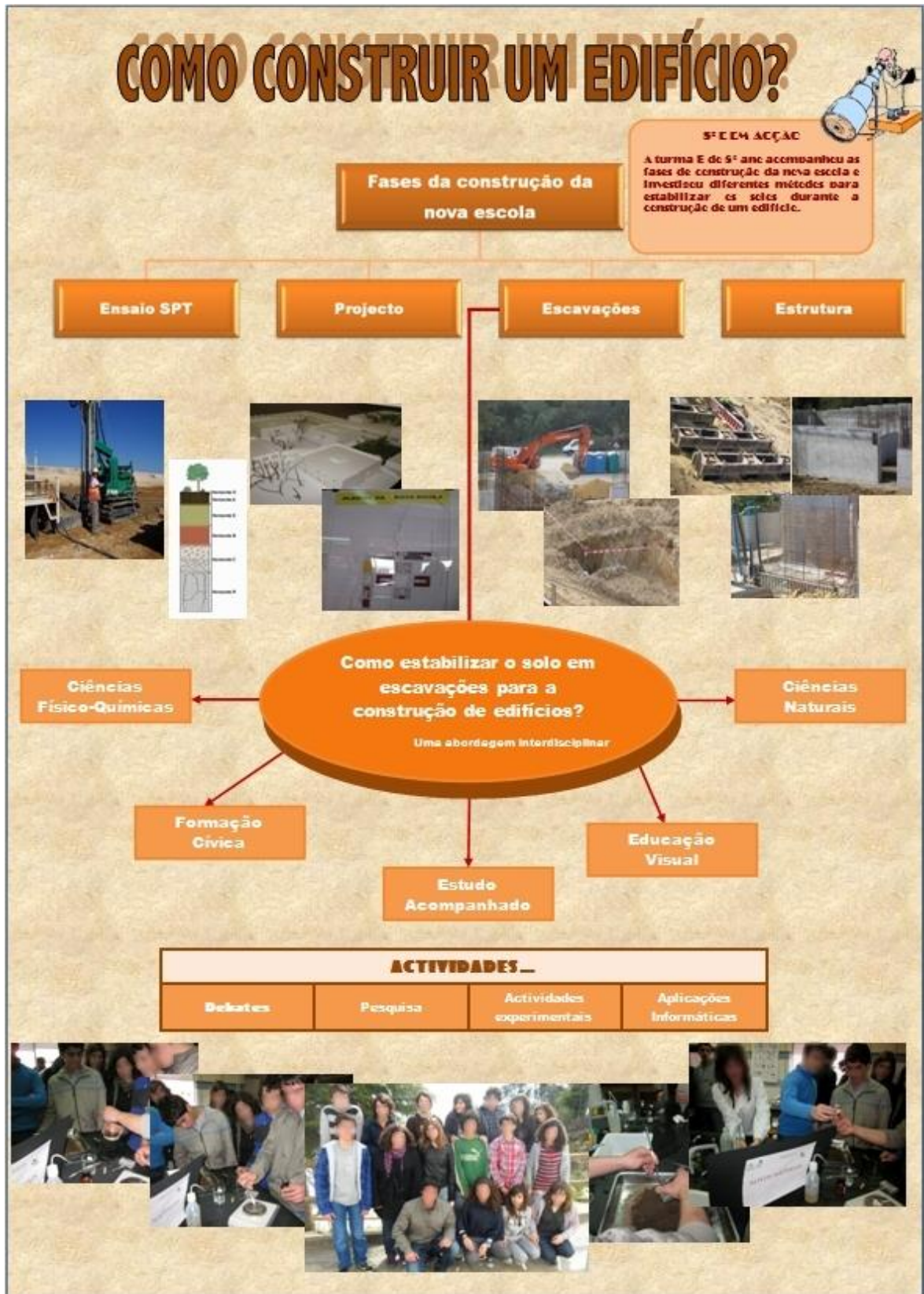
A tomada de decisões face a assuntos que preocupam as sociedades, têm que ter em conta factores ambientais, económicos e sociais.

Os polímeros "amigos do ambiente" foram o resultado do progresso científico e tecnológico para fazer face às questões ambientais produzidas pela bentonite.

4ª Fase - Construção das Paredes



Póster



O sub-tema “Gestão sustentável dos recursos” foi abordado nas áreas curriculares disciplinares de Ciências Físico-Químicas, Ciências Naturais, Educação Visual e nas áreas curriculares não disciplinares de Formação Cívica e de Estudo Acompanhado.

Solicita-se uma reflexão sobre a abordagem, respondendo individualmente, às questões seguintes.

1- Utilizando a escala:

1-Concordo completamente 2-Concordo 3-Concordo pouco 4-Não concordo

Completa as seguintes afirmações:

1.1- A abordagem ao sub-tema “Gestão sustentável dos recursos” em diversas áreas curriculares (CFQ, CN, EV, EA e FC), ajudou-me...

- ... a considerar o tema mais interessante _____
- ... a compreender melhor o tema _____
- ... a compreender os fenómenos abordados de um modo mais completo _____
- ... a pensar que o mesmo conhecimento pode ser abordado tendo em consideração os conteúdos leccionados em diversas áreas curriculares _____
- ... a estar mais motivado nas aulas onde o tema foi abordado _____

1.2- A abordagem ao sub-tema “Gestão sustentável dos recursos” a partir das fases de construção da nova Escola, ajudou-me...

- ... a considerar o tema mais interessante _____
- ... a ter consciência dos problemas que envolvem o meio onde a escola está inserida _____
- ... a pensar que os problemas do “mundo real” podem ser abordados tendo em consideração os conteúdos leccionados em diversas áreas curriculares _____
- ... a colocar em prática os saberes adquiridos num ambiente extra aula _____
- ... a desenvolver uma perspectiva integradora do saber num contexto extra-aula _____

1.3- A abordagem ao sub-tema “Gestão sustentável dos recursos” tendo em consideração a caracterização dos recursos naturais da região onde habito (Sever do Vouga), ajudou-me ...

- ... a considerar o tema mais interessante _____
- ... a compreender melhor o contexto em que se insere a Região de Sever do Vouga _____
- ... a ter consciência dos problemas que envolvem a região onde habito _____
- ... a pensar que os problemas da região onde habito podem ser abordados tendo em consideração os conteúdos leccionados em diversas áreas curriculares _____
- ... a adquirir uma perspectiva integradora do saber envolvendo Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente _____

1.4- A abordagem ao sub-tema “Gestão sustentável dos recursos” ajudou-me ...

- ... a tomar de consciência das limitações dos recursos da Terra, com vista à qualidade de vida _____
- ... a adquirir hábitos de poupança dos recursos naturais _____
- ... a reconhecer que a utilização dos recursos pode destruir a qualidade ambiental _____
- ... a reconhecer o papel da Ciência e da Tecnologia na transformação e utilização dos recursos existentes na Terra _____
- ... a reconhecer que a intervenção humana na Terra afecta os indivíduos, a sociedade e o ambiente e que coloca questões de natureza social e ética _____
- ... a compreender as consequências que a utilização dos recursos existentes na Terra tem para os indivíduos, a sociedade e o ambiente _____
- ... a compreender a importância do conhecimento científico e tecnológico na explicação e resolução de situações que contribuam para a sustentabilidade da vida na Terra _____

- 2- **A abordagem ao sub-tema “Gestão sustentável dos recursos” envolveu a realização de diversas actividades entre as quais: trabalho de pesquisa, trabalho de grupo, realização de actividades experimentais, debate, acompanhamento semanal da obra e realização de aplicações informáticas.**

Elabora um pequeno texto que sintetize a tua opinião sobre as actividades desenvolvidas referindo as actividades que gostaste mais e as que gostaste menos.

- 3- **Se para o ano os professores resolverem abordar novamente este tema, descreve:**

3.1- o que consideras que eles devam mudar.

3.2 o que consideras que eles devam manter.

- 4- **Indica se, consideras importante a aquisição de conhecimentos da Gestão Sustentável dos Recursos no ensino básico, de forma a tornar uma sociedade mais consciente e esclarecida. Justifica a tua resposta.**

- 5- **Elabora um pequeno texto que sintetize a tua opinião sobre a abordagem interdisciplinar ao sub-tema “Gestão sustentável dos Recursos”.**

RELATÓRIO

Enquanto **Diretora de Turma**, no ano letivo transato, coordenei os trabalhos desenvolvidos pelos alunos e docentes, no acompanhamento feito à construção da nova escola.

Os trabalhos, no âmbito do subtema - Gestão Sustentável dos Recursos, foram desenvolvidos numa perspetiva interdisciplinar e globalizante ligada aos interesses quotidianos e pessoais dos mesmos, socialmente e culturalmente contextualizada, na medida em que envolveu disciplinas de Ciências Naturais, Ciências Físico-Químicas, Educação Visual, áreas curriculares não disciplinares de Estudo Acompanhado e de Formação Cívica e até entidades locais, nomeadamente, a Câmara Municipal, o que enriqueceu grandemente o Projecto, na medida em que permitiu a partilha de saberes em ambos os sentidos e a divulgação do trabalho realizado.

O projeto em causa revestiu-se de grande interesse, quer para os alunos, que estiveram sempre muito empenhados e colaboradores estando totalmente adequado à faixa etária dos mesmos, quer para os docentes envolvidos, por terem, também estes saído mais enriquecidos, quer pessoal, quer profissionalmente, com o projeto.

Pela sua importância e originalidade, pelo empenho e curiosidade demonstrada pelos alunos e docentes envolvidos, pelos trabalhos desenvolvidos pelos mesmos, pelo apoio dos docentes, pelas aprendizagens que permitiu a todos os envolvidos, pelo produto final e pelo facto de ter possibilitado dar resposta a metas importantes delineadas no Projecto Educativo de Agrupamento, nomeadamente, "Continuar a fomentar formas cooperativas de trabalho docente"; "Diversificar metodologias de ensino/aprendizagem"; "Investir na inovação, no sentido de garantir a melhoria das aprendizagens"; "Intensificar a intervenção com o meio", enquanto diretora de turma, este Projeto foi discutido em Conselho de turma e incluído no Projeto Curricular de Turma da turma E do 8º ano.

29 de Julho de 2011

A Diretora de Turma



RELATÓRIO

Enquanto **Docente de Ciências Naturais e de Formação Cívica**, no ano letivo transato, coordenei os trabalhos desenvolvidos pelos alunos, no acompanhamento feito à construção da nova escola, no âmbito do subtema - *Gestão Sustentável dos Recursos*, que culminou com a realização de um trabalho de pesquisa sobre a cultura do Mirtilo – espécie característica da zona em causa.

Tendo em conta que o objectivo central das Ciências Experimentais visa a integração da teoria com a prática e a contextualização das aprendizagens, dando relevância ao trabalho prático/experimental/de campo, ao longo do ano lectivo, os docentes foram conduzidos, através de inúmeras actividades, como visitas orientadas à obra, actividades práticas, entre outras, a estabelecer inter-relações entre a nova informação e as ideias previamente formadas.

Considero que, sempre que possível, deve privilegiar-se o estudo de problemas abertos, com interesse para os alunos e no âmbito da CTSA (Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente), valorizando actividades inter e transdisciplinares (principalmente no ensino básico), tal como sucedeu com a realização deste trabalho.

Foi minha preocupação privilegiar o trabalho de grupo, de debate, fomentando actividades de síntese e de reflexão crítica, o que em muito contribuiu para que os alunos desenvolvessem uma atitude mais crítica face aos assuntos tratados e assumissem uma postura de preservação do meio ambiente, na medida em que compreenderam que os resíduos representam uma enorme perda de recursos.

O estudo de problemas com interesse para os alunos e a possibilidade dos saberes construídos serem transferidos e mobilizados para o seu quotidiano, revestiu-se de grande importância, como nesta situação específica – Influência da Bentonite na cultura do Mirtilo.

Por tudo o que foi referido anteriormente, o impacto deste trabalho na minha actividade lectiva, não apenas pelas conclusões supramencionadas, mas também pelos materiais produzidos com os alunos e restantes docentes e pela partilha de experiências e de informação, foi francamente positivo e enriquecedor e contribuiu grandemente para que os alunos apreendessem os conceitos relacionados com a Gestão Sustentável de Recursos, de uma forma totalmente inovadora.

29 de Julho de 2011

A Docente de Ciências Naturais e de Formação Cívica



Relatório da actividade multidisciplinar

Mascote do mirtilo

No âmbito da proposta apresentada, os alunos do 8º ano na Disciplina de Educação Visual durante o 3º período desenvolveram um projecto para o Concurso da Mascote do Mirtilo. O trabalho foi desenvolvido, individualmente ou em grupo. Para a execução da mascote foram usados materiais reciclados.

Na globalidade, os alunos participaram e empenharam-se na actividade proposta, tendo-se registado resultados satisfatórios no final desta.

Considero que este projecto foi de extrema utilidade e beneficio para os alunos pois abrangeu as diversas disciplinas em torno de um tema comum.

Como professora o projecto contribuiu para a construção do meu próprio conhecimento tendo em consideração o conhecimento das outras disciplinas envolvidas.

Sever do Vouga, 27 de Julho de 2011

A Professora da Disciplina EV



[Illegible text]

Parecer

Actividade interdisciplinar – 8ºE

Com o objectivo de divulgar a actividade interdisciplinar de acompanhamento da construção da nova escola, os alunos do 8ºE, em Estudo Acompanhado, realizaram duas aplicações informáticas.

O power point “Construção de edifícios” foi exposto nos dias das Ciência de 10 a 11 de Março e o poster “Como construir um edifício?” foi afixado no hall da entrada da escola durante os meses de Junho e Julho.

Os materiais necessários à construção das aplicações informáticas foram fornecidos pelos docentes envolvidos no projecto e pelos alunos.

Apesar de considerar que o projecto estava adequado à faixa etária dos alunos, estes sentiram dificuldade a realizar o poster, pelo que foi necessário um maior apoio da docente de Informática.

O projecto foi benéfico para os alunos e para os docentes envolvidos.

As docentes de Estudo Acompanhado



The image shows two handwritten signatures, one above the other, each written on a horizontal line. The signatures are somewhat blurred and difficult to read, but they appear to be cursive or semi-cursive handwriting.

29 de Julho de 2011



Agrupamento de Escolas de Sever do Vouga - 161068
Escola Básica e Secundária de Sever do Vouga – 403015
3740-256 SEVER DO VOUGA

Planificação – 8º ano de escolaridade

NOME DA UNIDADE - Escultura com material reciclado ou mascote do mirtilo

Conteúdos	Competências	Actividades	Materiais/ Recursos didáticos	Tempos	Avaliação
<p>Factores que determinam a forma dos objectos</p> <p>Físicos</p> <p>Económicos</p> <p>Funcionais</p> <p>Comunicação visual: Forma, espaço e volume</p> <p>Exploração tridimensional Construção Estrutura / Forma</p>	<p>Dominar conceitos estruturais da linguagem plástica</p> <p>Explorar diferentes suportes, materiais, instrumentos e processos, adquirindo gosto pela sua experimentação e manipulação, com abertura a novos desafios e ideias</p> <p>Representação de formas imaginadas</p> <p>Desenvolver a capacidade de produzir formas tridimensionais explorando os efeitos expressivos e plásticos</p> <p>Desenvolver aptidões e técnicas manuais</p>	<p>Situação Problema Investigação Projecto Realização Avaliação</p> <p>Projecto artístico: Escultura com material reciclado ou mascote do mirtilo</p>	<p>Materiais riscadores</p> <p>Papel de desenho</p> <p>Materiais reciclados</p> <p>Cola</p> <p>Cartão prensado</p> <p>Tesoura</p> <p>X-acto</p> <p>Cartolinas</p>	<p>Oito tempos de 45 minutos</p>	<p>Avaliação contínua durante o desenvolvimento do tema.</p>

Sever do Vouga, 29 de Abril de 2011 – Prof. EV

<p>Como estabilizar solos para a construção de edifícios? uma abordagem interdisciplinar</p>	<p>Como caracterizar o solo para a construção de edifícios?</p>	<p>1ª Fase - Ensaio SPT</p> <p>Objectivo: Caracterização do solo</p> <p>(Para a construção da nova escola o ensaio SPT decorreu no ano lectivo 2009/2010).</p>
<p>Exemplo de um relatório do ensaio SPT</p>	<p>Região de Sever do Vouga</p>	<p>2ª Fase - Planeamento do Projecto</p> <p>Fazer a planta</p>
<p>Planeamento do Projecto</p> <p>Fazer a maquete</p>	<p>3ª Fase - Fazer as fundações</p> <p>Dependendo do tipo de edifício e do tipo de solo, existem várias possibilidades para fazer as fundações</p>	<p>Fundações superficiais</p>
<p>Fundações profundas estacas escavadas com betão no pilão</p>	<p>Qual o impacto ambiental provocado pelos produtos utilizados durante as escavações?</p>	<p>Meio Ambiente</p> <p>Bentonite</p> <ul style="list-style-type: none"> - Argila natural - Solvente de sal e de água - Possui características plásticas que pode provocar a impermeabilização do solo - Eliminação em ETAR - Prejudica as espécies vegetais - Não pode ser utilizado junto de espécies ambientalmente sensíveis <p>Polímero</p> <ul style="list-style-type: none"> - Produto químico sintético - Resultante do progresso científico e tecnológico da indústria química - Biodegradável - Eliminação em qualquer local - Pode ser utilizado junto de espécies ambientalmente sensíveis
<p>Região de Sever do Vouga</p> <p>O mirtilo (<i>Myrica carthagenensis</i>) é uma espécie ambientalmente sensível. O Conselho de Sever do Vouga reuniu as condições ideais associadas à caracterização do solo, da microclima e da disponibilidade de água e nutrientes no distrito de 80 pela Fundação Lusoam (Habitat).</p> <p>O mirtilo tem preferência por solos ácidos arenosos, franco-argilosos ou mediterrânicos argilosos. São muito profundos com um pH entre 4,0 e 5,2. As características físicas e químicas do solo e a qualidade de água do regime de Sever do Vouga são ideais para a produção de mirtilo.</p> <p>É necessário preservar o MEIO AMBIENTE</p>	<p>Como ocorre a interação química do polímero com o solo?</p>	<p>A Indústria de Polímeros aplicados à Construção Civil</p> <p>O progresso científico e tecnológico é fundamental no processo de novos materiais sustentáveis.</p>
<p>O Polímero é um polímero sintético que necessita de ser estabilizado para interagir quimicamente com os diversos tipos de solo. Para isso é necessário em primeiro lugar a preparação de uma solução aquosa com as partículas de diferentes tipos de solo.</p> <p>Preparação do Polímero</p> <p>O Polímero é comercializado no estado sólido, por ser aplicado nas escavações é necessário dissolvê-lo numa solução aquosa de Hidróxido de Sódio (NaOH) que vai proporcionar o endurecimento controlado da estrutura do polímero.</p> <p>Polímero?</p> <p>Polímero é a unidade básica da química orgânica. É a unidade básica da química orgânica. É a unidade básica da química orgânica.</p>	<p>Interação do Polímero com o Solo</p>	<p>Como garantir a qualidade do fluido e o desempenho da escavação?</p>

A Mecânica de Fluidos na Construção Civil

As forças de pressão exercidas pelo fluido sobre as paredes de escavação são perpendiculares a essas superfícies.

Para garantir a qualidade de fluido e o desempenho da escavação, são realizados testes aos parâmetros físico-químicos:

- Viscosidade
- pH
- Densidade
- Condutividade

Viscosidade

Equipamento: cone de Marsh, cope de medida e cronometro

Procedimento: - Recolher amostra de fluido

- Ejetar cone de Marsh
- Registrar o tempo de escoamento do fluido

pH

Equipamento: Fita de pH

Procedimento: - Zerar fita de pH no fluido

Densidade

Equipamento: balança de flutuar

Procedimento: - Recolher amostra de fluido

- Medir a densidade na balança de flutuos

Condutividade de água

Equipamento: Fita, tubo de ensaio em vidro, eletrodo, cilindro e espátula

Procedimento: - Recolher amostra de fluido

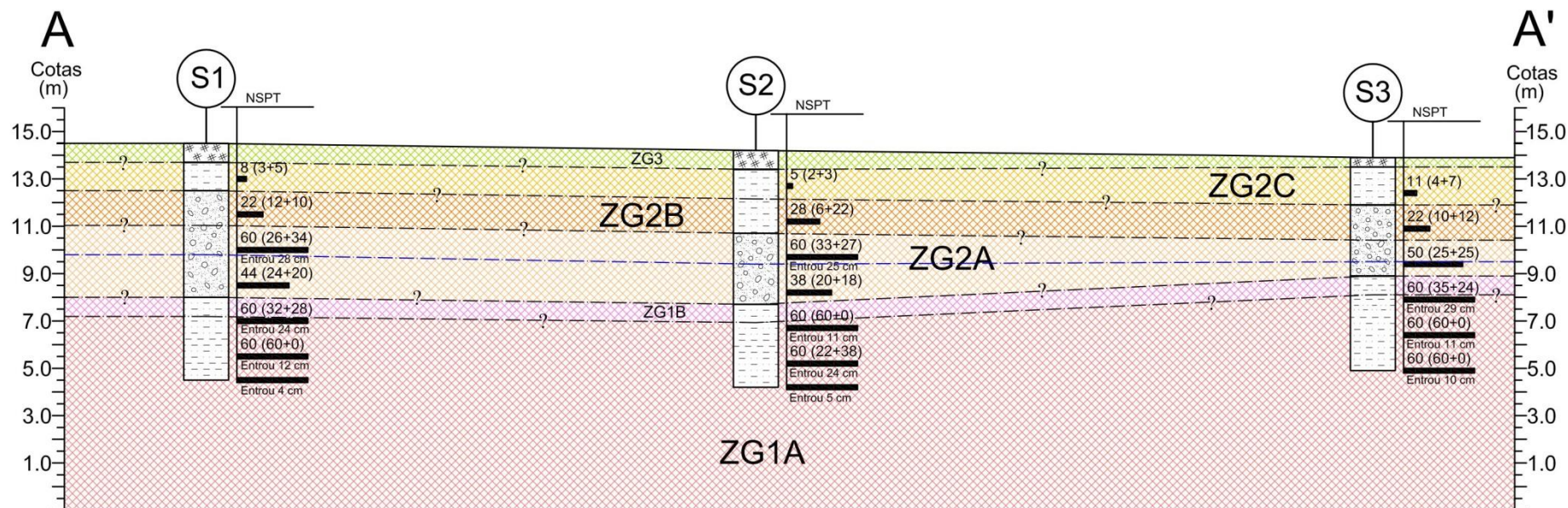
- Fazer passar a amostra pelo filtro
- Passar a leitura no tubo de ensaio


Etapas da execução das estacas escadas com fluido

Construção das Paredes


Alguns exemplos de indústrias de construção civil

Alguns exemplos de obras realizadas com polímeros






GRUPAMENTO
ESCOLAS
SEVER DO
VOUGA



Ministério da
Educação



Agrupamento de Escolas de Sever do Vouga - 161068
ESCOLA BÁSICA E SECUNDÁRIA DE SEVER DO VOUGA - 403015

Química
12.º ano de escolaridade

Nome..... N.º.....Turma.....Data.....

Actividade laboratorial “Com estabilizar o solo em escavações para a construção de edifícios ?”

Para construir um edifício é necessário começar por fazer os seus alicerces. Existem vários métodos que podem ser utilizados dependendo do tipo de solo e do tipo de edifício. Um dos métodos utilizados é a aplicação de polímero “amigo” do ambiente que permite evitar desabamentos do solo enquanto se fazem as escavações. O polímero é um produto desenvolvido pela indústria química para fazer face às exigências da sociedade no sector da construção civil, com a produção de produtos “amigos” do ambiente para proteger e conservar a natureza. O polímero é comercializado no estado sólido, para ser aplicado nas escavações é necessário dissolvê-lo numa solução aquosa de Hidróxido de Sódio.



Objectivos:

- Medir o pH.
- Desenvolver competências laboratoriais no manuseamento do material de laboratório e dos produtos químicos utilizados.
- Respeitar as regras de segurança de um laboratório.
- Reconhecer a importância da tecnologia na protecção e conservação da natureza utilizando produtos amigos do ambiente.

Material:

- 2 Copos graduados de 50 mL.
- 1 Vareta de vidro.
- 1 Vidro de relógio.
- Papel Indicador Universal.
- Balança.
- Espátula.

Reagentes:

- Hidróxido de Sódio
- Polímero.
- Água.

2. ENSINO SECUNDÁRIO – XII Protocolo do trabalho laboratorial

Protocolo da actividade experimental:

Dissolução do polímero numa solução de Hidróxido de Sódio

- 1- Medir 50 mL de água num copo graduado.
- 2- Verificar o pH da água com papel indicador universal.
- 3- Ajustar o pH da água entre 11 e 12, adicionando Hidróxido de Sódio.
- 4- Colocar num vidro de relógio a massa de 0,2 g de polímero.
- 5- Adicionar lentamente o polímero à solução aquosa de Hidróxido de Sódio, agitando com uma vareta de vidro.

Adição do polímero em solução aquosa ao solo

- 6- Derramar lentamente a mistura no solo, agitando lentamente com uma vareta.



Registo as minhas observações:

Registo as regras de segurança utilizadas no manuseamento do Hidróxido de Sódio:

Vou reflectir sobre a importância da utilização da tecnologia no fabrico de produtos amigos do ambiente para proteger e conservar a natureza.



COMO CONSTRUIR UM EDIFÍCIO?



Cs alunos de 12^ªA e 12^ªE também quiseram participar

Como estabilizar o solo em escavações para a construção de edifícios?
Uma abordagem interdisciplinar

Geologia

Biologia

Química

Física

ATIVIDADES...

Palestras	Debates	Actividades experimentais
-----------	---------	---------------------------



Agradecimentos

Associação de Pais e Encarregados de Educação do Agrupamento de Escolas de Sever do Vouga
Geo - Ground Engineering Operations, Lda.
MRG - Engenharia e Construções S.A.

Colaboradores

Visionarium - Laboratorium

Organização

Grupo 510
Conselho de turma 8^ºE

Poster elaborado por: Adriana Rodrigues
(Docente de Estudo Acompanhado - 8^ºE)

A actividade “Como estabilizar os solos para a construção de edifícios? – uma abordagem interdisciplinar” pretende explorar problemas do “mundo real”, utilizando-os como contexto para o desenvolvimento de competências de pensamento crítico e de resolução de problemas tendo em conta os conceitos essenciais das disciplinas de Física, Química, Biologia e Geologia.
Solicita-se uma reflexão sobre a abordagem, respondendo individualmente, às questões seguintes.

- 1- Qual o grau de interesse da actividade:
- 1-Muito interessante 2-Interessante 3-Pouco interessante 4-Nada interessante 5- Não tenho opinião

- 2- A actividade “Como estabilizar os solos para a construção de edifícios?” foi abordada tendo em consideração diversas disciplinas.

Utilizando a escala:

- 1-Concordo completamente 2-Concordo 3-Concordo pouco 4- Não concordo

Completa a seguintes afirmações:

A actividade “Como estabilizar os solos para a construção de edifícios?” abordada com diversas disciplinas (Geologia, Biologia, Química e Física), ajudou-me...

- ... a considerar o tema mais interessante _____
- ... a compreender os fenómenos abordados de um modo mais completo _____
- ... a pensar que os problemas do “mundo real” podem ser abordados tendo em consideração os conteúdos leccionados em diversas disciplinas _____
- ... a estabelecer a ligação entre os saberes teóricos adquiridos nas diversas disciplinas e a sua aplicação prática _____

- 3- A actividade “Como estabilizar os solos para a construção de edifícios?” foi realizada partindo de um contexto real - a construção da nova Escola.

Utilizando a escala:

- 1-Concordo completamente 2-Concordo 3-Concordo pouco 4- Não concordo

Completa a seguintes afirmações:

A actividade “Como estabilizar os solos para a construção de edifícios?” abordada a partir das fases de construção da nova Escola, ajudou-me...

- ... a considerar o tema mais interessante por ser abordado em articulação entre a comunidade intra e inter-escola e outros parceiros educativos, tais como o Visionarium. _____
- ... a ter consciência dos problemas que envolvem o meio onde a escola está inserida _____
- ... a compreender que existe uma aproximação entre a escola, a comunidade, as empresas e as instituições científicas e culturais _____
- ... a desenvolver uma perspectiva integradora do saber num contexto que facilita a aproximação ao mundo do trabalho, empresarial e das instituições científicas e culturais _____

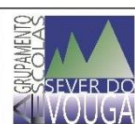
- 4- Elabora um pequeno texto que sintetize a tua opinião sobre a actividade “Como estabilizar os solos para a construção de edifícios? – uma abordagem interdisciplinar”

A actividade “Como estabilizar os solos para a construção de edifícios? – uma abordagem interdisciplinar” foi dinamizada tendo em consideração os conteúdos abordados nas disciplinas de Física, Química, Biologia e Geologia.

Solicita-se uma reflexão sobre a abordagem, respondendo individualmente, às questões seguintes.

- 5- Assinala com um X a opção que completa de forma correcta a frase seguinte:
O ensaio realizado para caracterizar o solo para a construção da nova Escola designa-se por ...
... ensaio CPT: ___
... ensaio SPT: ___
... ensaio DPSH2: ___
... ensaio de sedimentação: ___
- 6- Assinala com um X a opção que completa de forma correcta a frase seguinte:
O mapa que caracteriza o tipo de solo a nível nacional designa-se por...
... mapa Geográfico: ___
... mapa de Estradas de Portugal: ___
... mapa Geológico: ___
... googlemaps: ___
- 7- Classifica em Verdadeiro (**V**) ou Falso (**F**) as seguintes afirmações:
A- A bentonite é uma argila natural biodegradável: ___
B- O polímero pode ser eliminado em qualquer local por ser inócuo para o meio ambiente: ___
C- A bentonite pode contaminar o solo e a água: ___
D- O mirtilo é uma espécie sensível que requer características específicas do solo e qualidade da água: ___
E- Se houvesse necessidade de construir as fundações de uma ponte junto a culturas de mirtilos era indiferente optar-se por utilizar bentonite ou polímero: ___
- 8- Classifica em Verdadeiro (**V**) ou Falso (**F**) as seguintes afirmações:
A- O Polymud é um polímero insolúvel em água: ___
B- O Polymud é um polímero sintético concebido para interagir quimicamente com diversos tipos de solo: ___
C- Para preparar o Polymud é necessário dissolvê-lo numa solução ácida: ___
D- O Polymud é comercializado no estado sólido: ___
E- O Polymud é um polímero natural: ___
- 9- Selecciona com um X os parâmetros físico-químicos testados para garantir a qualidade do fluido nas escavações:
Viscosidade: ___
Sedimentação: ___
pH: ___
Densidade: ___
Floculação: ___
Filtração: ___
Teor de areia: ___
Temperatura: ___

Obrigado pela Colaboração



Agrupamento de Escolas de Sever do Vouga – 161068
Escola Básica e Secundária de Sever do Vouga – 403015
 3740-256 SEVER DO VOUGA

Curso de Educação e Formação de adultos (EFA)

Planificação a Médio Prazo da área de competência-chave de Sociedade, Tecnologia e Ciência

Ano lectivo 2011-2012

Turma: Técnico de Desenho De Construções Mecânicas

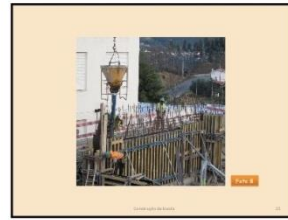
Nível 4

UFCD: 6 – Urbanismo e Mobilidade

Temas/contexto	Competências Específicas	Conceitos Chave	Critérios de Evidência	Recursos	Avaliação	Nº Sessões Previstas	Nº Horas Previstas
DR1 Sociedade, tecnologia e ciência no contexto privado Construção e arquitectura	✓ Associar conceitos de construção e arquitectura à integração social e à melhoria do bem-estar individual	<ul style="list-style-type: none"> ✓ modelo ecológico ✓ comunidade, ✓ bem-estar ✓ materiais de construção ✓ painéis solares ✓ materiais reciclados ✓ espaços verdes ✓ localização geográfica ✓ educação ambiental ✓ tratamento de resíduos 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Actuar no plano da construção e arquitectura dos espaços físicos, identificando diferentes tipos de alojamento familiar associados a modos de vida particulares, no sentido da melhoria do bem-estar social, da qualidade de vida e da integração sociocultural. ✓ Actuar ao nível das tecnologias inovadoras de construção na optimização das condições de habitabilidade e arquitectura ajustadas (por exemplo, os materiais isolantes térmicos e acústicos, arquitecturas ecológicas, promoção de acessibilidades). ✓ Actuar ao nível das propriedades dos materiais, tradicionais e modernos, em função das necessidades e qualidade da construção (por exemplo, tintas ecológicas, isolantes reciclados, etc.) e/ou ao nível das quantidades desses materiais em função das áreas ou volumes em que serão utilizados. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fichas Informativas ▪ Fichas de Trabalho ▪ Internet ▪ Filmes ▪ Documentários ▪ Livros ▪ Enciclopédias 	Modalidade: - Qualitativa - Instrumentos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Trabalhos desenvolvidos ▪ Originalidade, criatividade e apresentação dos trabalhos; ▪ Participação; ▪ Interesse demonstrado ▪ Reflexão crítica sobre as actividades propostas. 	17 (45 min)	12,5 h

Os Professores/Formadores Responsáveis: XXXXXXXX/Eliana Correia	A Coordenadora de Departamento: XXXXXXXXXXXXXXXXXX	Planificação da UFCD 6 – Urbanismo e Mobilidade DR – 1 Construção e arquitectura	Data: XXXXXXX	Página 1 de 1
--	---	---	------------------	---------------







Agrupamento de Escolas de Sever do Vouga – 161068
Escola Básica e Secundária de Sever do Vouga – 403015
3740-256 SEVER DO VOUGA

CURSO DE EDUCAÇÃO E FORMAÇÃO DE ADULTOS – Ano Lectivo 2011/2012

Técnico de Desenho de Construções Mecânicas (TDCM) – Nível 4

ATIVIDADE LABORATORIAL

Data: 09/02/2012
Correia

Formadores: Eliana

XXXXXXXXXX

Formação Base: Sociedade, Tecnologia e Ciência

UFCD: STC - 6

TEMA (S): CONSTRUÇÃO E ARQUITETURA

DOMÍNIO DE REFERÊNCIA: DR1

Nome: _____ N° _____

“Como estabilizar o solo em escavações para a construção de edifícios ?”

1- Introdução

Para construir um edifício é necessário começar por fazer a escavação do solo onde vai ser edificada a estrutura. Existem vários métodos que podem ser utilizados dependendo do tipo de solo e do tipo de edifício.

Um dos métodos utilizados é a aplicação de polímero “amigo” do ambiente que permite evitar desabamentos do solo enquanto se fazem as escavações.

O polímero é um produto desenvolvido pela indústria química para fazer face às exigências da sociedade no sector da construção civil, com a produção de produtos “amigos” do ambiente para proteger e conservar a natureza.

O polímero é comercializado no estado sólido, para ser aplicado nas escavações é necessário dissolvê-lo numa solução aquosa de Hidróxido de Sódio que vai propiciar o endurecimento gradual da membrana do polímero.

2- Componente prática

2.1- Material e reagentes

2 Copos graduados de 50 mL.	- Hidróxido de Sódio
1 Vareta de vidro.	- Polímero.
1 Vidro de relógio.	- Água.
Papel Indicador Universal.	
Balança.	
Espátula.	



2.2- Procedimento

Dissolução do polímero numa solução de Hidróxido de Sódio

- A- Medir 50 mL de água num copo graduado.
- B- Verificar o pH da água com papel indicador universal.
- C- Ajustar o pH da água entre 11 e 12, adicionando Hidróxido de Sódio.
- D- Pesar num vidro de relógio 0,2g de polímero.
- E- Adicionar lentamente o polímero à solução aquosa de Hidróxido de Sódio, agitando com uma vareta de vidro.

Adição do polímero em solução aquosa ao solo

- F- Derramar lentamente a mistura no solo, agitando lentamente com uma vareta.

3- Registos

	Cor do papel indicador	pH
Água		
Água depois da adição de Hidróxido de Sódio		

4- Questionário

4.1- Qual o carácter químico da solução aquosa de Hidróxido de Sódio?

4.2- Se na tua escola não houvesse Papel Indicador Universal, como poderias determinar o pH da solução de Hidróxido de Sódio?

4.3- Qual a finalidade de se dissolver o polímero numa solução aquosa de Hidróxido de Sódio?

4.4- Classifica como verdadeiras (V) ou falsas (F) cada uma das seguintes afirmações:

A- A tintura azul de tornesol torna-se vermelha em meio básico. ____

B- Em soluções ácidas, o tornesol torna-se azul. ____

C- O tornesol fica azul-arroxeadado na presença de soluções neutras. ____

D- A solução de fenolftéina torna-se carmim na presença de soluções básicas. ____

E- As soluções neutras não alteram a cor da fenolftéina. ____





Agrupamento de Escolas de Sever do Vouga – 161068
Escola Básica e Secundária de Sever do Vouga – 403015
3740-256 SEVER DO VOUGA

CURSO DE EDUCAÇÃO E FORMAÇÃO DE ADULTOS – Ano Lectivo 2011/2012

Técnico de Desenho de Construções Mecânicas (TDCM) – Nível 4

ATIVIDADE

Data: 09/02/2012

Formadores: Eliana Correia
XXXXXXX

Formação Base: Sociedade, Tecnologia e Ciência

UFCD: STC - 6

TEMA (S): CONSTRUÇÃO E ARQUITETURA

DOMÍNIO DE REFERÊNCIA: DR1

Nome: _____ Nº _____

“Como estabilizar o solo em escavações para a construção de edifícios ?”

1- Introdução

Para construir um edifício é necessário começar por fazer a escavação do solo onde vai ser edificada a estrutura. Existem vários métodos que podem ser utilizados dependendo do tipo de solo e do tipo de edifício.

Um dos métodos utilizados é a aplicação de polímero “amigo” do ambiente que permite evitar desabamentos do solo enquanto se fazem as escavações.

O polímero é um produto desenvolvido pela indústria química para fazer face às exigências da sociedade no sector da construção civil, com a produção de produtos “amigos” do ambiente para proteger e conservar a natureza.

O polímero é comercializado no estado sólido, para ser aplicado nas escavações é necessário dissolvê-lo numa solução aquosa de Hidróxido de Sódio que vai propiciar o endurecimento gradual da membrana do polímero.

2- Tarefa

- 1- Elabore um poster com as fases de construção da Escola Básica e Secundária de Sever do Vouga.
- 2- Elabore em Autocad a planta de uma sala da Escola Básica e Secundária de Sever do Vouga.





Agrupamento de Escolas de Sever do Vouga – 161068
Escola Básica e Secundária de Sever do Vouga – 403015
3740-256 SEVER DO VOUGA

CURSO DE EDUCAÇÃO E FORMAÇÃO DE ADULTOS – Ano Lectivo 2011/2012

Técnico de Desenho de Construções Mecânicas (TDCM) – Nível 4

PROPOSTA DE TRABALHO

Data: 19/01/2012

Formadores: XXXXX
Eliana

Correia

Formação Base: Sociedade, Tecnologia e Ciência

UFCD: STC - 6

TEMA (S): CONSTRUÇÃO E ARQUITETURA

DOMÍNIO DE REFERÊNCIA: DR1

No âmbito do tema Construção e Arquitetura, designadamente no domínio da Sociedade, elabore um trabalho escrito/catálogo sobre as Casas Típicas de Portugal. Considere as seguintes casas consideradas típicas no nosso país:

- Casa típica do Minho
- Casa típica Transmontana
- Casa típica da Costa Nova (palheiros)
- Casa típica do Algarve
- Casa típica do Alentejo
- Casa típica dos Açores

Seleccione três casas das seis apresentadas e caracterize-as. Após esta caracterização fale-nos da sua casa de sonho.

Início do trabalho: 19 de Janeiro de 2012

Entrega do trabalho: 23 de Fevereiro de 2012

Bom trabalho!



COMO CONSTRUIR UM EDIFÍCIO?



UFCD 6
Urbanismo e mobilidade

DR 1
STC no contexto privado

Tema 1
Construção e arquitetura

Como construir um edifício?

Os formandos do curso de Educação e Formação de Adultos, Técnico de Desenho de Construções Mecânicas, analisaram as fases de construção e a arquitetura dos edifícios da Escola Básica e Secundária de Sever do Vouga.

ATIVIDADES...					
Aplicações informáticas	Palestra	Sessões de formação	Debate	Atividades experimentais	Trabalho de pesquisa



Agradecimentos
Geo – Ground Engineering Operations, Lda.
MRC – Engenharia e Construções S.A.
Formadoras
Eliana Correia Grupo 510
Sandra Rodrigues Grupo 520

Atividades realizadas por
Formandos do curso EFA - TDCM

O tema “Construção e arquitetura” do DR_1 foi abordado partindo da construção dos edifícios da Escola Básica e Secundária de Sever do Vouga e envolveu a realização de diversas atividades. Solicita-se uma reflexão sobre a abordagem, respondendo individualmente, às questões seguintes.

Utilizando a escala:

1-Concordo completamente 2-Concordo 3-Concordo pouco 4-Não concordo

Complete as seguintes afirmações:

1- A abordagem ao tema “Construção e arquitetura” a partir das fases de construção da nova Escola, ajudou-me...

... a considerar o tema mais interessante ____

... a ter consciência dos problemas que envolvem o meio onde a escola está inserida ____

... a pensar que os problemas do “mundo real” podem ser abordados tendo em consideração os conceitos chave lecionados ____

... a colocar em prática os saberes adquiridos num ambiente extra formação ____

... a desenvolver uma perspectiva integradora do saber num contexto extra formação ____

2- A abordagem ao tema “Construção e arquitetura” envolveu a realização de diversas actividades entre as quais: trabalho de pesquisa, realização de atividade experimental, palestra, realização de aplicações informáticas e sessões de formação com debate.

Elabore um pequeno texto que sintetize a sua opinião sobre as atividades desenvolvidas, referindo as atividades que gostou mais e as que gostou menos.

3- Se para o ano os formadores resolverem abordar novamente este tema, descreva:

3.1- o que considera que eles devam mudar.

3.2 o que considera que eles devam manter.

4- Elabore um pequeno texto que sintetize a sua opinião sobre a abordagem ao tema “Construção e arquitetura”.