



Universidade de Aveiro Departamento de Geociências
2009

**Ricardo Alberto
da Silva João**

Execução de uma campanha de reflexão sísmica 3-D em meio urbano



Universidade de Aveiro Departamento de Geociências
2009

**Ricardo Alberto
da Silva João**

Execução de uma campanha de reflexão sísmica 3-D em meio urbano

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Geológica, realizada sob a orientação científica do Dr. Luís Menezes Pinheiro, Professor Associado do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro e com co-orientação científica do Dr. Rui Augusto Alves Vieira, Professor Convidado da Universidade de Aveiro.

O Júri

Presidente

Prof. Dra. Beatriz Valle Agudo
Professora Auxiliar do Departamento de Geociências

Dr. Rui Augusto Alves Vieira
Geólogo Coordenador da Mohave Oil and Gas Corporation Professor
Convidado do Departamento de Geociências

Prof. Dr. Luís Menezes Pinheiro
Professor Associado do Departamento de Geociências

Agradecimentos

À Seis Pros pela oportunidade de realização de um estágio em ambiente empresarial que me proporcionou experiência profissional.

Aos meus colegas de trabalho em especial ao Matt Drobot e ao Artur Kruse, pela disponibilidade e solicitude que sempre tiveram nos esclarecimentos técnicos.

Ao Professor Dr. Luís Menezes Pinheiro, orientador na Universidade de Aveiro pelo empenhamento e ajuda na obtenção deste estágio e pela orientação científica na realização desta dissertação.

Ao Dr. Rui Vieira, orientador do estágio na empresa, pela oportunidade de realização deste estágio, pela disponibilidade e orientação científica importantes na realização deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas de curso que sempre me apoiaram.

Aos meus pais, aos meus tios Carlos e Maria João, à minha irmã por todo o apoio e incentivo.

Finalmente à minha esposa e ao meu filho Francisco pela paciência, compreensão, colaboração e encorajamento.

A todos os meus sinceros agradecimentos!

Palavras-chave

Bacia Lusitânica, planeamento dinâmico, aquisição sísmica 3D, área urbana

Resumo

Esta dissertação foi elaborada a partir da participação no trabalho de aquisição sísmica 3D multicanal numa área urbana localizada sobre a Bacia Lusitânica, mais concretamente na zona de Torres Vedras, na qual existiam fortes indícios de se encontrarem sistemas petrolíferos e, subsequentemente, hidrocarbonetos. Tendo participado nas várias fases do processo de aquisição, desde o planeamento até ao processamento, destacamos, como aspecto essencial e primordial à realização e conclusão deste trabalho, o planeamento dinâmico e a construção de procedimentos como forma de ultrapassar os obstáculos e dificuldades encontrados, para poder obter, com o processamento, um cubo sísmico da área em estudo.

ÍNDICE Geral

Agradecimentos

Palavras-chave

Resumo

Índice	i
Lista de Figuras	V
CAPÍTULO 1: Introdução	1
1.1 Natureza e âmbito deste trabalho	1
1.2 Objectivos	2
1.3 Localização geográfica da área em estudo	2
1.4 Trabalho realizado	5
1.5 Estrutura da dissertação	6
CAPÍTULO 2: Enquadramento geológico da área em estudo	8
2.1 Origem e evolução da Bacia Lusitânica	8
2.1.1 Litoestratigrafia	10
2.1.2 As diferentes fases de <i>rifting</i> na Bacia	13
2.1.3 Os principais diapiros presentes na Bacia	17
2.2 Sistemas petrolíferos	19
2.2.1 Sistemas petrolíferos na Bacia Lusitânica	23
2.2.2 História da pesquisa na Bacia Lusitânica	27
CAPÍTULO 3: PLANIFICAÇÃO DA CAMPANHA SÍSMICA 3D	32
3.1 Geometria e parâmetros de aquisição definidos para o projecto	32

3.2	Análise e reconhecimento prévios da área geográfica (“scouting”)	38
3.2.1	Recursos materiais e humanos	39
3.2.2	Enquadramento legal	39
3.3	Obtenção de permissões	40
3.3.1	Objectivos	41
3.3.2	Problemas e Soluções	42
3.4	TOPOGRAFIA	43
3.4.1	Objectivos	43
3.4.2	Teste de equipamentos e procedimentos	44
3.4.2.1	Equipamentos de topografia	44
3.4.2.2	Montagem dos equipamentos	48
3.4.3	Metodologias	50
3.4.3.1	GPS Sistema de Posicionamento Global	50
3.4.3.2	Elaboração e Desenho da Rede (de controlo) GPS para área em estudo	54
3.4.3.3	Funcionamento GPS móvel em tempo real “RTK”	57
3.4.3.4	Levantamento topográfico na área em estudo	58
3.4.3.5	Confrontações com Obstáculos e a sua resolução	59
3.4.3.6	Determinação das coordenadas das fontes emisoras Sísmicas, (Sistema “EGNOS”)	62
CAPÍTULO 4: AQUISIÇÃO SÍSMICA 3D UTILIZANDO O SISTEMA SERCEL		64
4.1	Base de campo (“staging”)	64
4.2	Geofones	65

4.3 “Thumpers”	67
4.4. Sismógrafo (Monitorização de vibrações)	70
4.4.1 Objectivo	70
4.4.2 Definições e Normas	71
4.4.3 Estudos anteriores ao projecto	74
4.4.4 Resultados do projecto de Torres Vedras	75
4.5 Unidade móvel de observações e gravação de dados (“DOG HOUSE”)	78
4.6 Sistema de aquisição “SERCEL”	80
4.6.1 Funcionamento dos componentes e cabos Sercel	80
4.6.2 Gravação de dados com o sistema Sercel	84
 CAPÍTULO 5: CONTROLO DE QUALIDADE E PROCESSAMENTO	
PRELIMINAR.....	86
5.1 Controlo de Qualidade	86
5.1.1 Planeamento Dinâmico	86
5.1.1.1 Alteração ao plano inicial	86
5.1.1.2 Movimentações de pontos	88
5.1.1.3 Programas e metodologias utilizados	88
5.1.1.4 Limitações e obstáculos	89
5.1.2 Mapas de apoio ao trabalho de campo	91
5.1.3 Relatórios recebidos da <i>Dog House</i>	91
5.1.4 Controlo e validação dos dados de campo	93
5.1.5 Atribuição da geometria aos traços sísmicos	93
5.2. Processamento preliminar	95

5.2.1 Re-amostragem e redução do tempo de registo	96
5.2.2 Correções estáticas	98
5.2.3 Desconvolução	98
5.2.4 Análise de velocidades	99
5.2.5 NMO	100
5.2.6 Stack	100
5.2.7 Imagem 3D e respectivas secções	102
CAPÍTULO 6: CONCLUSÃO	105
Bibliografia	108
Anexo I	I-1
I. Procedimentos para o nivelamento	I-1

Lista de figuras

Figura 1.1: Aqueduto no Concelho de Torres Vedras	3
Figura 1.2: Cidade de Torres Vedras	3
Figura 1.3: Convento de Mafra	3
Figura 1.4: Área do Projecto Torres Vedras. No canto superior esquerdo, a azul, o Oceano Atlântico. Na terça parte inferior, a verde, uma maior densidade florestal.....	4
Figura 2.1: Principais unidades morfoestruturais da Península Ibérica. A vermelho temos a secção “ <i>onshore</i> ” da Bacia Lusitânica e a verde a área de estudo (projecto de Torres Vedras). Adaptado de Kullberg (2000)	8
Figura 2.2: Localização dos limites da Bacia Lusitânica e área do projecto. Segundo Kullberg (2000)	9
Figura 2.3: Síntese da estratigrafia da Bacia Lusitânica. Os pontos pretos correspondem às rochas geradoras de petróleo e os pontos vermelhos às rochas reservatório (GPEP, 1986, in Rasmussen et al., 1998)	11
Figura 2.4: A imagem ilustra o topo da descontinuidade Caloviano-Oxfordiano (superfície acastanhada). À direita na imagem, abaixo da superfície acastanhada é visível o Jurássico Médio e à esquerda da imagem, acima da mesma superfície é visível o Jurássico Superior. Imagem gentilmente cedida pelo Dr. Rui Vieira ..	12
Figura 2.5: Mapa da Bacia Lusitânica central e evolução das sub-bacias com linhas isócronas (valores de tempo de ida e volta em milímetros por segundo TWTT). a) Sub-bacias e os respectivos depocentros no Mesozóico superior. b) Expansão dos depocentros após as fases de rifting. Segundo Alves et al. (2003).....	16
Figura 2.6: Localização de diapiros e outras estruturas na área geográfica da Bacia. Legenda: B - Bolhos; CR - Caldas da Rainha; L - Leiria; M - Matacães; MR - Monte Real; PM-RM – Porto de Mós-Rio Maior; PN - Pinhal Novo; S - Soure; SC - Santa Cruz; SPM - S. Pedro de Muel; V – Vimeiro; CSBV - cavalgamento de Serra da Boa Viagem; FN - falha de Nazaré; FSPN – falha de Setúbal-Pinhal Novo; FTV - falha de Torres Vedras; Mt - <i>pop-up</i> de Montejunto. (Adaptado de Ribeiro et al., 1996)	18
Figura 2.7: Diagrama esquemático mostrando as abundâncias relativas dos hidrocarbonetos líquidos e gasosos em função da evolução térmica do querogénio. Segundo Tissot e Welte, 1978	21
Figura 2.8: Diferentes tipos de armadilhas (1-canais; 2-recifes; 3 discontinuidades; 4-falha normal; 5- Diapiro de sal; 6-anticlinal; 7- incoformidade)	23

Figura 2.9: prospecção e pesquisa, <i>onshore</i> e <i>offshore</i> de Portugal, divididas em blocos, tendo por base uma malha regular. A colorido, temos áreas de concessão activas (DGEG, 2008)	28
Figura 2.10: Aquisição sísmica anual em Portugal em kilometros (DPEP, 2008)..	30
Figura 3.1: Projecto de Torres Vedras: a azul, os receptores sísmicos, com 66 linhas com orientação Este/Oeste e 11.946 pontos; a vermelho, as fontes sísmicas, com 65 linhas onduladas e 11.765 pontos	33
Figura 3.2: Os pontos azuis são os receptores; os quadrados vermelhos são os emissores Sísmicos	34
Figura 3.3: Emissores e receptores sísmicos enquadrados sobre a imagem de satélite. A grelha amarela representa os <i>Bin's</i>	35
Figura 3.4: Imagem do <i>preplot</i> do <i>Fold</i> para o projecto de Torres Vedras. Com <i>Offset</i> 3000 metros	35
Figura 3.5: Ampliação do extremo Este do <i>Fold</i> original, <i>preplot</i> para um <i>offset</i> de 3000 metros	36
Figura 3.6: Nesta imagem tirada do projecto com o programa <i>Omni</i> , a amarelo temos um exemplo de " <i>Patch</i> "	36
Figura 3.7: Diagramas <i>spider</i> (<i>spidergrams</i>) : o centro do quadrado permite analisar a distribuição e orientação do sinal; as linhas no canto indicam o <i>offset</i> , e, as diferentes cores mostram a cobertura multipla (<i>Fold</i>), Neste caso o <i>offset</i> é de 500 metros	37
Figura 3.8: Exemplo de um <i>offset</i> e <i>Fold diagram</i> para um <i>offset</i> de 500 metros.....	38
Figura 3.9: GPS Trimble 4000 numa sessão estática sobre um marco geodésico.....	45
Figura 3.10: Ligações ao Trimble 4700	45
Figura 3.11: Trimble 4700, sinalizadores das funções activas 4700	45
Figura 3.12: Trimmark III rádio base/repetidor	46
Figura 3.13: Antenas UHF	46
Figura 3.14: Antenas GPS L1	46
Figura 3.15: Antenas GPS L1/L2	46
Figura 3.16: Colector de dados TSC	47

Figura 3.17: Estação Total	47
Figura 3.18: Montagem da antena GPS e cálculo da hipotenusa	48
Figura 3.19: Esquema de montagem base GPS	49
Figura 3.20: Ligações para o receptor Trimble 4700 “Rover”	49
Figura 3.21: Esquema do operador com mochila e estação	50
Figura 3.22: Segmento de controlo do GPS	52
Figura 3.23: Quantificação em modo prático (metros) as influências dos diferentes erros no GPS	53
Figura 3.24: Contribuição da ionosfera para o erro nos GPS	54
Figura 3.25: Cobertura da área em estudo a partir de marcos geodésicos com GPS estático	55
Figura 3.26: Rede GPS para a área em estudo	56
Figura 3.27: Marcação no terreno de uma estação nivelada pela topografia	59
Figura 3.28: a) Moinho de vento interfere na utilização do marco geodésico; b) Depósito de água e Antena interferem na utilização do marco geodésico; c) Árvores interferem na utilização do marco geodésico	60
Figura 3.29: Mapa com a cobertura do sistema Egnos e de outros sistemas locais, a nível mundial	62
Figura 4.1: Centro de operações “ <i>Staging</i> ” na área de Torres Vedras	64
Figura 4.2: Grupo de 6 geofones	65
Figura 4.3: Bobine Sercel de 10hz	65
Figura 4.4: Equipas “ <i>layout crew</i> ” e “ <i>pickup crew</i> ” e os respectivos veículos de transporte de material	66
Figura 4.5: “ <i>Thumper</i> ” Internacional	67
Figura 4.6: “ <i>Thumper</i> ” Internacional 1 e 2	68
Figura 4.7: “ <i>Thumper</i> ” Unimog	69
Figura 4.8: “ <i>Thumper</i> ” <i>Small Track</i> e respectivo atrelado	69

Figura 4.9: Aparelho MiniMate Plus, para monitorização de vibrações. Os espigões do aparelho pertencem aos geofones. O painel de controlo permite a alteração de parâmetros e outras configurações	70
Figura 4.10: Esboço da utilização do sismógrafo, obtendo ondas verticais, longitudinais e transversais (não foram utilizados microfones). (Fonte: manual do sismógrafo MimiMate Plus)	71
Figura 4.11: Propagação de diferentes tipos de ondas (Longitudinais, verticais, transversais) no solo. Volume A não atingido pelas ondas	72
Figura 4.12: Tabela com os valores limites de velocidade de vibração das partículas, em mm/s (Fonte: Bacci, 2000, adaptado de Esteves, 1994)	73
Figura 4.13: Tabela Distancias mínimas de segurança calculadas para $v = 2$ mm/s e para diferentes cargas de explosivos (explosivo colocados a uma profundidade máxima de 10 metros). (Fonte: LNEC)	75
Figura 4.14: Relatório gerado automaticamente pelo sismógrafo, contendo o comportamento das velocidades de vibração das partículas, incluindo o seu pico.....	76
Figura 4.15: Tabela demonstrativa de alguns resultados obtidos. A partir dos valores a azul, a distância é segura para estruturas normais e a partir dos 8 ou 10 metros para as estruturas especiais	77
Figura 4.16: Gráfico com dados obtidos do campo. Demonstra a velocidade de vibração das partículas versus distância entre o sismógrafo e o thumper. A partir da análise destes dados foi estabelecido o factor de segurança mínima de cerca de 33% aplicado a distâncias até 9 metros	78
Figura 4.17: “ <i>Dog House</i> ” da empresa Seis Pros Inc	78
Figura 4.18: Equipamentos montados no interior da <i>Dog House</i>	79
Figura 4.19: Equipamento NAS montado no interior da <i>Dog House</i> que é utilizado para guardar toda a informação relacionada com a aquisição	79
Figura 4.20: Ligado ao cabo laranja Sercel temos um grupo de 6 geofones “plantados” em linha (geometria alternativa ao “S”) devido às condições do terreno.....	81
Figura 4.21: Geofone “plantado” no canto do passeio (ampliação da figura 4.16).....	81
Figura 4.22: FDU’s recolhidos do campo que aguardam na oficina para serem reparados pelo electricista	81
Figura 4.23: Unidade Laul	82

Figura 4.24: Unidade Laux	82
Figura 4.25: Unidade Trep	82
Figura 4.26: Os diferentes tipos de cabos utilizados na aquisição sísmica	83
Figura 4.27: Esquema de distribuição dos equipamentos no campo	84
Figura 4.28- A imagem ilustra uma parcela de um registo "dump" com três linhas (154, 155 e 156). Dados originais gravados pelo sistema Sercel, correspondentes a um "tiro" realizado na linha 555, no ponto de emissão 185	85
Figura 5.1: Ortofotomapa com a sobreposição das diferenças entre as malhas preplot (pontos brancos) e os pontos emissores alterados (pontos vermelhos).....	87
Figura 5.2: Geometria final da malha. Os receptores correspondem aos pontos azuis, os emissores aos pontos vermelhos, as zonas de exclusão às áreas em branco e os pontos extra aos pontos vermelhos em "zigzag" nos limites das zonas de exclusão	90
Figura 5.3 - Base de dados com informação relativa às estações activas movidas.....	95
Figura 5.4: Esquema simplificado da obtenção de uma secção sísmica a partir da aquisição sísmica	96
Figura 5.5: Resultado de uma sub-amostragem da função <i>aliasing</i> , onda azul. Na passagem da onda analógica (original, onda vermelha) para digital (pontos azuis) verificámos a influência de uma sub amostragem e a subsequente deformação da onda original, que aparece com um conteúdo em frequência incorrecto (Kuc,1982).....	97
Figura 5.6: Correção com <i>Normal Moveout</i> (NMO) e, do lado direito, o resultado do respectivo <i>stack</i> (soma). Segundo Kuc,1982	100
Figura 5.7: Secção sísmica <i>Brute stack</i> com aplicação de correcções estáticas automáticas (auto-Static) e filtros de predição (fxprediction). É possível observar a orientação e a inclinação de estruturas geológicas	101
Figura 5.8: Secção sísmica tridimensional (cubo sísmico) preliminar. São visíveis bons reflectores entre os 400 e 800ms	102
Figura 5.9: Secção horizontal vista de cima. Com vários reflectores curvos ou mesmo circulares que apresentavam alguma relevância	103

Figura I.1 – Ecrã do colector de dados exibindo vários parâmetros como a direcção do ponto para o qual estamos a navegar e a distância a que estamos desse ponto (H. Dist), entre outros	I-1
Figura I.2 - Ecrã do colector quando a distância do ponto que queremos medir é menor que 3 metros	I-2
Figura I.3 - Menu do TSC-1 para gravação de ponto extra	I-3

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1.1 Natureza e âmbito deste trabalho

Este trabalho insere-se no projecto de estágio do 5º ano do Mestrado em Engenharia Geológica, de acordo com Modelo Bolonha.

Pretende-se com este estágio dinamizar e estreitar a cooperação entre a Universidade e o tecido empresarial, promovendo a integração e conjugação dos conhecimentos teóricos adquiridos, com as necessidades práticas das empresas de prospecção e exploração de petróleo, nomeadamente a familiarização com as técnicas de aquisição e a participação/intervenção nas várias fases de trabalho, desde a aquisição dos dados até à obtenção do processamento sísmico 3D.

Assim, foi estabelecido um primeiro contacto com a multinacional de exploração de petróleo, “*Mohave Oil and Gas Corporation*”, que à data possuía as concessões para a realização dos trabalhos de prospecção e pesquisa de petróleo numa área geográfica, que se estende de Mafra à Figueira da Foz, com cerca de 1,13 milhões de hectares *onshore* e 320 mil hectares *offshore*. Esta empresa subcontratou uma outra multinacional, a “*Seis Pros Inc. – Sucursal em Portugal*”, para a aquisição de dados de reflexão sísmica 3-D, numa área com ocupação urbana (concessões de Torres Vedras e Aljubarrota cada uma delas com cerca de 100 km²).

Foi esta última empresa a promotora do estágio, ainda que com supervisão directa da primeira.

No decurso do estágio foi possível participar no desenvolvimento das várias fases do projecto. A primeira dessas fases, o levantamento topográfico do terreno realizado pela equipa de topografia, consistiu em marcar pontos com coordenadas adequadas à posterior colocação de geofones. Em simultâneo, teve lugar a marcação de guias de orientação para as equipas que seguidamente distribuíram e espalharam os cabos e respectivos geofones (*layout crew*).

Após espalhar os cabos e implantar os geofones iniciou-se outra fase: o processo de aquisição e tratamento de dados, incluindo o seu controlo de

qualidade. Foi no âmbito do controlo de qualidade que surgiram alguns dos problemas inerentes à especificidade deste projecto, que exploraremos adiante. Por fim, foi obtida uma imagem preliminar do subsolo da concessão de Torres Vedras em 3D recorrendo à aplicação de técnicas de processamento e visualização dos dados geofísicos.

1.2 Objectivos

O objectivo deste estágio foi proporcionar um acompanhamento e participação nas diversas fases da realização de uma campanha de reflexão sísmica 3D multicanal em meio urbano. Desta forma, familiarizámo-nos com técnicas de posicionamento por GPS diferencial e de aquisição de dados sísmicos incluindo o controlo de qualidade e de processamento dos dados.

1.3 Localização geográfica da área em estudo

Não obstante existirem duas áreas de estudo, Torres Vedras e Aljubarrota, este trabalho debruçar-se-á sobre apenas a primeira, por ter sido esta onde se iniciaram os trabalhos de campo, ainda que na segunda tenhamos participado na aquisição de dados de uma linha de teste.

Este trabalho, como já referido, versa sobre a aquisição de dados do designado “Projecto de Torres Vedras”, uma área urbana de significativa densidade populacional, com cerca de 117km² que compreende os concelhos de Torres Vedras e Mafra. No concelho de Torres Vedras o projecto engloba as freguesias de Freiria, Ventosa, São Pedro da Cadeira, Ponte do Rol, Silveira e Santa Maria, e no de Mafra engloba as freguesias de Mafra, Ericeira, Santo Isidoro, Encarnação e Sobral da Abelheira.

Torres Vedras (Figuras 1.1 e 1.2) é sede do maior município do Distrito de Lisboa, subdividido em 20 freguesias com total de 405,89 Km² e cerca de 75.494 habitantes¹.

¹ Dados da Câmara Municipal de Torres Vedras de 2004.



Figura 1.1- Aqueduto no Concelho de Torres Vedras.



Figura 1.2- Cidade de Torres Vedras.

Maфра (Figura 1.3) é um concelho do Distrito de Lisboa, com uma área de 291,42 km² e 66.453 habitantes², subdividido em 17 freguesias. Este concelho é famoso pelos seus monumentos históricos.



Figura 1.3- Convento de Maфра.

A área em estudo é aproximadamente rectangular (Figura 1.4) cujos vértices, utilizando o sistema de coordenadas ED-50 Portugal Espanha são:

- Canto N.º 1 - Este = 464500.00; Norte = 4328000.00 (Perto de Gentias a Oeste de Barrocas e a Sul de Santa Cruz).

² Dados da Câmara Municipal de Maфра de 2006.

- Canto N.º 2 - Este = 473500.00; Norte = 4328000.00 (Perto de Benfica a Oeste de Ponte Rol).
- Canto N.º 3 - Este = 473500.00; Norte = 4315000.00 (Perto de Sobral de Abelheira a Sul de Monte Gordo).
- Canto N.º 4 - Este = 464500.00; Norte = 4315000.00 (Perto de Santo Isidoro).

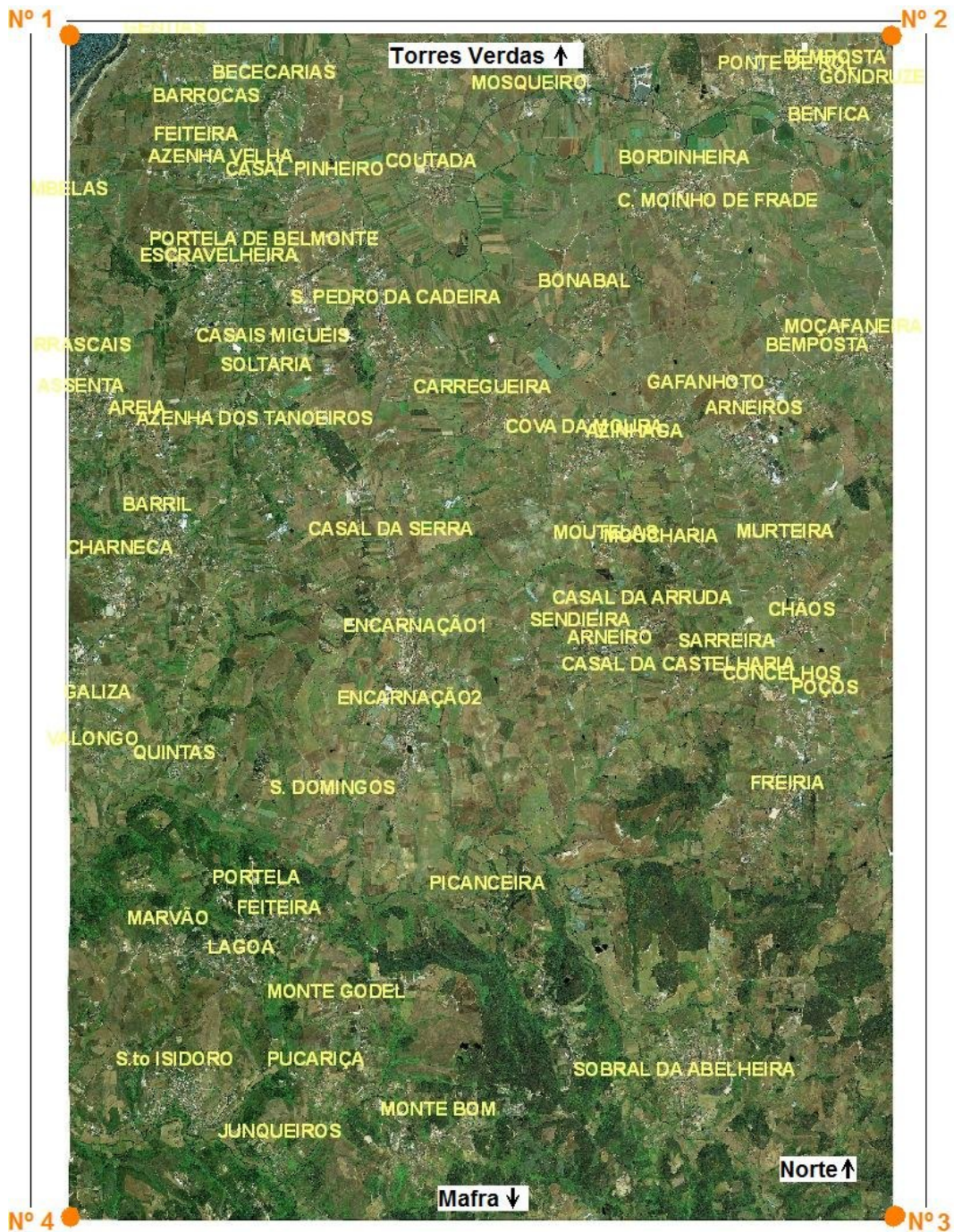


Figura 1.4- Área do Projecto Torres Vedras. No canto superior esquerdo, a azul, o Oceano Atlântico. Na terça parte inferior, a verde, uma maior densidade florestal.

A parte sul da área do projecto é caracterizada por uma vegetação densa (floresta e mato) alternada com o cultivo de vinhas, de relevo acidentado e encostas bastante quebradas, apresentando variações de cota que vão desde o nível do mar a altitudes superiores a 100m. Já a parte norte, apresenta um relevo menos acentuado sendo uma área em que os terrenos, para além das vinhas, se encontram ocupados com pomares, hortas e estufas, entre outras. Nesta, as variações de cota vão desde o nível do mar até altitudes na ordem dos 50m.

1.4 Trabalho realizado

O estágio realizado permitiu acompanhar as várias etapas de uma campanha deste tipo: planeamento, aquisição de dados e processamentos dos dados.

Iniciámos os trabalhos na topografia com a implementação da rede GPS, a marcação no campo dos pontos para os receptores sísmicos (geofones) e a definição no terreno do trajecto a seguir pelas equipas de campo seguintes. Simultaneamente, foi necessário orientar equipas de limpeza de mata para a abertura de acessos em zonas florestais.

Ainda dentro do planeamento, executámos com o auxílio dos *softwares* Oziexplorer, ArcGis e Omni as tarefas de produção de mapas topográficos que serviram de apoio às equipas de campo, Mapas de cobertura múltipla (*Fold*), e na criação de um modelo digital 3D de elevação do terreno, com o intuito de apoiar as imagens de satélite, as quais não possibilitam a percepção do declive do terreno.

De seguida, e no âmbito do controlo de qualidade, analisámos os dados adquiridos no campo e verificámos os relatórios do observador, nomeadamente o controlo dos dados de campo provenientes do sistema de aquisição (Sercel) e a verificação da geometria dos traços. Desta forma, foram identificados erros e problemas que motivaram ajustamentos e alterações ao planeamento inicial, por forma a garantir uma boa geometria de aquisição e cobertura.

Realizámos ainda monitorizações à propagação de vibrações sísmicas emitidas pelos *thumpers* a fim de garantir a segurança das estruturas envolventes

aos trabalhos realizados (casas, monumentos, estradas, etc). Estas monitorizações evitaram que a empresa fosse responsabilizada por danos que não fossem consequência desses trabalhos.

Por fim, com os dados obtidos e utilizando o *software* Vista, efectuámos um processamento preliminar de reflexão sísmica multicanal 3D, construindo um cubo sísmico do subsolo.

1.5 Estrutura da dissertação

O primeiro capítulo é uma introdução à dissertação e sintetiza tudo o que vai ser apresentado ao longo deste trabalho, a natureza e âmbito do trabalho, os seus objectivos, a localização da área de estudo, o trabalho realizado e a estrutura da tese.

O segundo capítulo retrata a génese, a litoestratigrafia, o diapirismo e os limites da Bacia Lusitânica. Também são mencionados os sistemas petrolíferos presentes na área em estudo, que incluem estruturas salíferas e recifes, fazendo assim um enquadramento geológico.

No terceiro capítulo descrevem-se os trabalhos preparatórios da campanha sísmica 3D, com uma breve descrição dos métodos de reconhecimento prévios da área geográfica e dos recursos materiais e humanos necessários a realização do projecto. Posteriormente, e com mais detalhe, são descritos os trabalhos de obtenção de permissões. No que diz respeito à topografia, são descritas as metodologias do sistema de posicionamento global, que incluem a elaboração da rede GPS, o funcionamento do GPS diferencial em modo “RTK” (*real-Time-Kinematic*), o levantamento topográfico na área de estudo e as confrontações com obstáculos e sua resolução. São ainda apresentados todos os equipamentos utilizados. Por fim, faz-se uma breve abordagem ao sistema de posicionamento “EGNOS” utilizado para as coordenadas das fontes sísmicas em tempo real.

No capítulo quarto faz-se a descrição da execução da aquisição sísmica propriamente dita, com todos os equipamentos e procedimentos necessários para o trabalho de campo. Começamos por referir o centro das operações, o denominado “*staging*”, seguido da descrição do funcionamento e disposição no

campo dos geofones, a actuação e *performance* dos “*thumpers*”, a utilização do sismógrafo para monitorizar as vibrações provocadas pelos “*thumpers*”, a caracterização e funcionamento da unidade móvel de observação de dados e, por fim, a explicação do funcionamento do sistema Sercel no tratamento e processamento de dados e o modo como compila e integra a informação gerada por cada um dos outros componentes.

O capítulo cinco descreve os trabalhos de gabinete: o controlo de qualidade e o processamento. Neste âmbito foram utilizados diversos *softwares* para monitorizar todos os dados adquiridos, tanto da topografia como do observador de campo. Neste capítulo exploraremos as soluções preconizadas para ultrapassar os problemas identificados nos dados de campo que impuseram a necessidade de alterar e ajustar a geometria por forma a manter a cumprimento dos requisitos exigidos. Evidenciaremos também as diferenças entre o “*preplot*” e a geometria final, o processamento preliminar, desafios a ultrapassar e a qualidade e fiabilidade do produto final entregue ao cliente.

O último capítulo sintetiza toda a aprendizagem e conhecimentos adquiridos no decorrer deste estágio e deixa algumas notas sobre a importância do planeamento e as inevitáveis mudanças e alterações ao “*preplot*”.