



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Vasco Augusto Amaro Lopes

**Caraterização do solo da
Reserva Natural do Paul do Boquilobo**

Projeto

Orientado por:

Doutor Luís Santos, Instituto Politécnico de Tomar

Doutora Cecília Baptista, Instituto Politécnico de Tomar

Dedico este trabalho
aos meu amigos e familiares
que sempre me apoiaram,
em especial à minha esposa e filha.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível devido ao apoio incondicional de inúmeras pessoas. Quero assim, expressar os meus sinceros agradecimentos às pessoas e entidades que tornaram possível a realização deste projeto.

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus orientadores, Doutor Luís Filipe Neves Carreira dos Santos e Doutora Cecília de Melo Correia Baptista pela preciosa orientação científica e ajuda ao longo deste projeto.

Aos docentes do Instituto Politécnico de Tomar e em especial à Mestre Teresa Silveira e ao Mestre Manuel Rosa, aos técnicos dos laboratórios de Engenharia do Ambiente e Biológica, Eng^a Isabel Silva e Eng.º Alcino Serras, e à auxiliar de educação Conceição do Vale.

À Reserva Natural do Paul do Boquilobo e ao seu responsável Arq. Fernando Pereira, por ter permitido a realização deste projeto e ter estado sempre disponível ao longo do tempo.

Ao Sr. Fernando Pinto que esteve sempre disponível para nos transportar, guiar pela reserva e ajudar na recolha das amostras.

Às seguintes entidades, agradeço o apoio prestado, indispensável para a realização deste projeto:

Escola Superior de Tecnologia, Instituto Politécnico de Tomar

Reserva Natural do Paul do Boquilobo

pela total disponibilidade, quer ao nível de equipamento, quer de instalações.

A todos os familiares e amigos, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste projeto.

A todos um grande Bem-Haja.

RESUMO

Este trabalho de projeto surgiu na sequência do trabalho iniciado no ano letivo anterior e que visava contribuir para a caracterização dos solos da Reserva Natural do Paul do Boquilobo.

Com o objetivo de avaliar as principais fontes de contaminação, as características dos solos dos habitats naturais e seminaturais bem como estimar o impacto das atividades agrícolas extensivas praticadas nas áreas limítrofes da Reserva foi desenhado um plano de análise e caracterização dos principais solos segundo o método aleatório, estratificado de acordo com as principais unidades indicadas na carta geológica.

As análises efetuadas permitiram caracterizar a granulometria de solos, componente orgânica, arejamento, água, permeabilidade, características químicas como nitratos, fosfatos, potássio, condutividade e pH.

Os resultados permitiram diferenciar quatro tipologias de solos, os aluvionares, os depósitos de vertente associados ao rio Tejo, quer os de 5 a 15 m, quer os de 25 a 40m e os de complexo com vertebrados do sarmato-pontiano, criando-se uma nova cartografia de solos de acordo com os desvios padrão das amplitudes observadas para cada um dos parâmetros analisados. Os resultados indicam que a utilização agrícola dos solos tem pouco impacto na contaminação dos mesmos. No entanto, o efeito cumulativo desta atividade, agravado pelo facto destes solos de Paul estarem permanentemente saturados, pode alterar os processos naturais do ciclo de nutrientes.

PALAVRAS-CHAVE: RNPB, cartografia ecológica, habitats, análise de solos.

ABSTRACT

The current Project followed the sequence of the work developed during the previous curricular year, which aimed to contribute towards the environmental analysis of the Natural reservation of Paul do Boquilobo.

However, in the current work new objectives were traced in order to broaden the domains in study by introducing new parameter of analysis, enabling the creation of ecological cartography, enlarging the timescale and introduce soil analysis.

With the objective to evaluate contamination sources and the impact of agricultural practices on the surrounding fields, random stratified sampling of several geological areas of the reservation was drawn, aiming towards a proper characterisation of the reservation soils. Soils were analysed in granulometry, organic concentration, air, water, permeability and chemical characteristics such as nitrates, phosphates, potassium, conductivity and pH.

The results allow to distinguish four types of soils, alluvial deposits shed associated with the river Tejo, either the 5-15 or the 25 m to 40m and with complex vertebrates Sarmato-Pontiano, creating a new mapping of soils in accordance with the standard deviations of the observed amplitudes for each of the parameters. The results indicate that the use of agricultural soils have little impact on the contamination. However, the cumulative effect of this activity, exacerbated by the fact that these soils be permanently Paul saturated natural processes can change the cycle of nutrients.

Keywords: RNPB, ecological cartography, habitats, soil analysis.

Lista de Abreviaturas

É comum recorrer-se à utilização de siglas e de abreviaturas ao longo do texto o significado das mesmas encontra-se identificado na lista seguinte (por ordem alfabética)

ESTT – Escola Superior de Tecnologia de Tomar

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

ICNF – Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas

IPT – Instituto Politécnico de Tomar

ISSS – International Society for the Systems Science

MAB – Programa Homem e Biosfera da UNESCO

NP – Norma Portuguesa.

PORNPB – Plano de Ordenamento da Reserva Natural do Paul de Boquilobo.

RNPB – Reserva Natural do Paul do Boquilobo.

SIG – Sistemas de Informação Geográfica.

UICN – União Internacional para a Conservação da Natureza

ZEC – Zona especial de conservação

ZPE – Zona de proteção especial

ZPEPB – Zona de proteção especial do Paul do Boquilobo

ZPI – Zona de proteção integral

ZUE – Zona de uso extensivo

Índice

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
Lista de Abreviaturas	vii
Índice	ix
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas.....	xiii
Introdução Geral.....	1
Capítulo 1	
Caraterização da Reserva Natural do Paul do Boquilobo.....	3
1.1. Reserva Natural do Paul do Boquilobo	5
1.2. Enquadramento Histórico	6
1.3. Legislação.....	10
1.4. Reserva da Biosfera.....	12
1.5. Convenção de Ramsar	13
1.6. Valores Naturais.....	15
1.6.1. Fauna.....	15
1.6.2. Flora	21
1.6.3. Habitats	25
1.6.4. Caracterização Biogeográfica	28
1.6.5. Caracterização Climática	31
Capítulo 2	
Características dos Solos	33
2.1. Introdução.....	35
2.2. Formação do solo.....	35

2.3.	Perfil do solo	36
2.4.	Composição do Solo	38
2.5.	Propriedades do solo	39
2.5.1.	Propriedades físicas.....	40
2.5.2.	Propriedades químicas.....	43
2.5.3.	Nutrientes vegetais	46
 Capítulo 3		
	Trabalho experimental	51
3.1.	Metodologia	53
3.2.	Recolha das amostras.....	57
3.3.	Análises dos solos.....	58
3.4.	Resultados e discussão	62
3.4.1.	Análise descritiva.....	62
3.4.2.	Tratamento estatístico.....	72
3.5.	Conclusões.....	80
 Capítulo 4		
	Conclusão Geral e Sugestões	83
4.1.	Conclusão Geral	85
4.2.	Sugestões	86
	Bibliografia/ Webgrafia	89
 Anexo A		
	Protocolos das análises efetuadas.....	A1
 Anexo B		
	Reagentes Químicas	B1
 Anexo C		
	Gráficos dos resultados estatísticos	C1

Índice de Figuras

Figura 1. 1- Localização da RNPB	5
Figura 1. 2- Quinta do Paul (ICNF, 2013).....	7
Figura 1. 3- Quinta de Miranda (ICNF, 2013).....	7
Figura 1. 4- Quinta da Broa.....	8
Figura 1. 5- Mapa de localização das grandes quintas.....	9
Figura 1. 6 -Sítios Ramsar	14
Figura 1. 7- Área de Ramsar da RNPB	14
Figura 1. 8- Garça boieira (<i>Bubulcus ibis</i>) (Flickr, 2013)	15
Figura 1. 9- Garça-branca (<i>Egretta garzetta</i>) (Flickr, 2013)	15
Figura 1. 10- Garça-cinzenta (<i>Ardea cinerea</i>) (Luontoportti, 2013)	16
Figura 1. 11- Colhereiro (<i>Platalea leucorodia</i>) (Wallmii, 2013).....	16
Figura 1. 12- Águia pesqueira (<i>Pandion haliaetus</i>) (Mikerae, 2013)	16
Figura 1. 13- Borrelho-pequeno-de-coleira (<i>Chaadrius dubius</i>) (Glurice, 2013)	16
Figura 1. 14- Marrequinha (<i>Anas crecca</i>) (Lynxeds, 2013)	17
Figura 1. 15- Marreco (<i>Anas querquedula</i>) (Birding, 2013).....	17
Figura 1. 16- Lontra (<i>Lutra lutra</i>)	17
Figura 1. 17- Toirão (<i>Mustela putorius</i>).....	17
Figura 1. 18- Rato-de-cabrera (<i>Microtus cabreræ</i>) (Flickr, 2013).....	18
Figura 1. 19- Raposa (<i>Vulpes vulpes</i>) (Livingwilderness, 2013)	18
Figura 1. 20- Doninha (<i>Mustela nivalis</i>) (Flickr, 2013).....	18
Figura 1. 21- Cágado- de-carapaça-estriada.....	19
Figura 1. 22- Cobra-de-água-viperina.....	19
Figura 1. 23- Enguia (<i>Anguilla anguilla</i>) (Marinereservescoalition, 2013)	19
Figura 1. 24- Ruivaco (<i>Rutilus macrolepidotus</i>) (Oocities, 2013).....	19
Figura 1. 25- Fataça (<i>Lisa ramada</i>) (Psarema, 2013).....	20
Figura 1. 26- Rã-verde (<i>Rana perezi</i>)	20
Figura 1. 27- Salamandra-de-costelas-salientes (<i>Pleurodeles waltii</i>) (Mypets,2013)	20
Figura 1. 28- Salgueiro-branco (<i>Salix alba</i>) na faixa ripícola.....	21
Figura 1. 29- Choupo-branco (<i>Populus alba</i>) na faixa ripícola	21
Figura 1. 30- Freixo (<i>Fraxinus angustifolia</i>)	21
Figura 1. 31- Carvalho-português (<i>Quercus faginea</i>) (ICNF, 2013)	21
Figura 1. 32- Sobreiro (<i>Quercus suber</i>).....	22
Figura 1. 33- Caniço (<i>Phragmites australis</i>)	22
Figura 1. 34- Tojo (<i>Ulex, sp</i>)	22
Figura 1. 35- Mouta de urze (<i>Erica, sp</i>)	23
Figura 1. 36- Silvas (<i>Rubus ulmifolius</i>)	23
Figura 1. 37- Junco (<i>Scirpoides holoschoenus</i>).....	23
Figura 1. 38- Bunho (<i>Scirpus lacustris</i>) (ICNF, 2013)	23
Figura 1. 39- <i>Ranunculus peltatus</i>	24
Figura 1. 40- Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>)	24
Figura 1. 41- Pinheiro bravo (<i>Pinus pinaster</i>)	24
Figura 1. 42- Jacinto de água (<i>Eichornia crassipes</i>)	25
Figura 1. 43- Figueira-do-inferno (<i>Datura stramonium</i>) (ICNF, 2013).....	25
Figura 1. 44- Mapa da área da reserva com os diferentes habitats e a ocupação do solo em 2012 (Godinho <i>et al.</i> , 2012).....	27
Figura 1. 45 Caracterização Biogeográfica de Portugal (Costa <i>et al.</i> , 1999).....	30

Figura 1. 46- Gráfico Termopluviométrico de 2002 a 2009 (estação meteorológica de Santarém)	32
--	-----------

Figura 2. 1- Fatores de formação do solo (Ebah, 2013).....	35
Figura 2. 2- Perfil do Solo (Ebah, 2013)	37
Figura 2. 3- Gráfico da constituição do solo (Salsa, 2004)	38
Figura 2. 4- Diagrama triangular de textura (Varenes, 2003)	42
Figura 2. 5- Relação entre a quantidade de nutriente e o pH (Cunningham, W.P., Cunningham, M.A., 2009).....	44
Figura 2. 6- Ciclo do azoto (Cunningham, W.P., Cunningham, M.A., 2009)	48
Figura 2. 7- Ciclo do fosforo (Cunningham, W.P., Cunningham, M.A., 2009).....	49
Figura 2. 8- Ciclo do Potássio (Agrolink, 2013)	50

Figura 3. 1- Imagem do <i>Narcissus fernandesii</i> encontrado na RNPB.....	53
Figura 3. 2- Mapa da geologia com os pontos de recolha de amostra de solos	55
Figura 3. 3- Mapa dos habitats com os locais de recolha de solos.....	56
Figura 3. 4- Recolha de solo.....	57
Figura 3. 5- Armazenamento do solo	57
Figura 3. 6- Tubo de armazenamento da amostra de solo.....	58
Figura 3. 7- Colona de peneiros para separação de partículas	59
Figura 3. 8 – Agitação da solução de solo	60
Figura 3. 9- Gráfico com os valores de pH dos solos analisados	62
Figura 3. 10 - Gráfico com os valores da condutividade dos solos analisados	63
Figura 3. 11-Gráfico com os valores dos principais nutrientes dos solos analisados ..	64
Figura 3. 12 – Representação geográfica do teor de nitratos nos solos da RNPB	66
Figura 3. 13 – Representação geográfica do teor de fosfatos nos solos da RNPB	67
Figura 3. 14 - Representação geográfica do teor de potássio nos solos da RNPB	68
Figura 3. 15 - Gráfico com percentagem dos constituintes dos solos analisados	69
Figura 3. 16 - Gráfico com os valores da granulometria do solo	70
Figura 3. 17 - Gráfico da porosidade dos solos	72
Figura 3. 18- Dendrograma de similaridade das amostras criado a partir das correlações entre as variáveis	73
Figura 3. 19 - Variância dos principais fatores.....	75
Figura 3. 20 - Plot de todas as variáveis com quatro fatores	76
Figura 3. 21- Pontos de recolha agrupados pelo estrato geológico	77
Figura 3. 22- Distribuição dos pontos de recolha pelos vários fatores	78
Figura 3. 23 - Quantidade de potássio em cada ponto de recolha.....	79

Figura 4. 1 – Mapa dos habitats com a área da propriedade do estado e as diferentes camadas geológicas	87
---	-----------

Índice de Tabelas

Tabela 1. 1 – Tabela de índice de habitats existentes na RNPB (Godinho <i>et al.</i>, 2012)	26
Tabela 2. 1– Propriedades dos solos	39
Tabela 2. 2- Elementos essenciais para as plantas e suas formas assimiláveis (adaptado de Aguiar, 2005)	46
Tabela 3. 1- Tabela da densidade aparente de alguns tipos de solos (adapt. Varennes, 2003).....	71

Introdução Geral

O Projeto de Monitorização do Paul do Boquilobo teve início em 2010, contemplando a análise de variáveis ambientais com o objetivo de melhorar a qualidade dos ecossistemas. Nesta sequência entendeu-se que era necessária a caracterização dos solos da Reserva Natural do Paul do Boquilobo.

O presente trabalho teve como principal objetivo a identificação e caracterização dos diferentes solos da Reserva Natural identificando aspetos físicos intrínsecos como por exemplo a textura, a granulometria, a porosidade, a cor e a densidade aparente, bem como também aspetos químicos, de onde ressaltam o teor de matéria orgânica, o teor de água, o pH, a condutividade e também os principais nutrientes (nitratos, fosfatos e potássio), condicionadores do potencial vegetativo e eventualmente indicadores de poluição do solo.

Como segundo objetivo pretendeu-se criar uma cartografia dos solos, ferramenta útil para uma melhor gestão e ordenamento da Reserva Natural do Paul do Boquilobo.

Com o objetivo de avaliar as principais fontes de contaminação, as características dos solos dos habitats naturais e seminaturais, bem como estimar o impacto das atividades agrícolas extensivas praticadas nas áreas limítrofes da Reserva foi desenhado um plano de análise e caracterização dos principais solos segundo o método aleatório estratificado de acordo com as principais unidades indicadas na carta geológica.

As análises efetuadas foram as seguintes: granulometria de solos, componente orgânica, componente mineral, percentagem de água, arejamento, nitratos, fosfatos, potássio, condutividade e pH e foram determinados os seguintes parâmetros: percentagem de ar, permeabilidade, textura e a cor.

As recolhas foram efetuadas no mês de maio de 2013 de modo a evitar teores excessivos de água nos solos. Estas recolhas vêm complementar a amostragem realizada no ano lectivo anterior. Os resultados que se apresentam englobam, portanto, as duas amostragens efetuadas, alargando a distribuição geográfica dos solos analisados.

Capítulo 1

Caraterização da Reserva Natural do Paul do Boquilobo

Resumo: Neste capítulo pretende-se caraterizar a Reserva Natural do Paul do Boquilobo nomeadamente a sua localização, enquadramento histórico, legislação, reserva da biosfera, convenção de Ramsar e valores naturais.

1.1.Reserva Natural do Paul do Boquilobo

Paul é definido como uma determinada área plana que se situa normalmente no final de um rio, e que na maioria do ano está inundado ou submerso, é normalmente caracterizado por possuir no seu interior e áreas limítrofes habitats fundamentais para a fauna selvagem, e é um importante regulador do sistema hídrico (Odum, 2004).

A Reserva Natural do Paul do Boquilobo situa-se na bacia hidrográfica do rio Almonda junto da sua confluência com o rio Tejo nos concelhos de Torres Novas (freguesia da Brogueira) e Golegã (freguesia da Azinhaga) do distrito de Santarém no centro de Portugal como se pode verificar na figura 1.1.

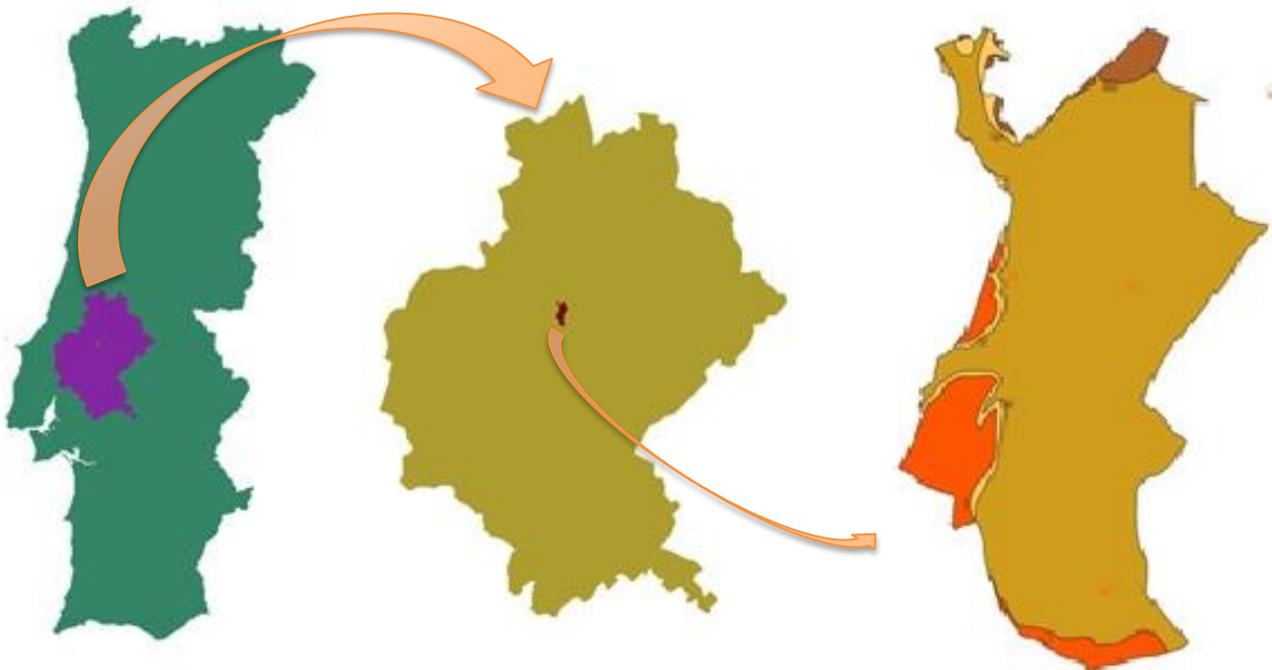


Figura 1. 1- Localização da RNPB

O rio Almonda nasce na serra d’Aire desaguando na margem direita do rio Tejo passando pela RNPB que é uma zona húmida palustre continental de água doce onde a água se mantém durante uma grande parte do ano, embora com variações entre o período estival e os meses de maior pluviosidade.

À escala geológica, o Paul do Boquilobo será de formação recente, isto porque a evolução natural deste tipo de ecossistemas conduz à sua transformação em meio terrestre

pelo processo de sucessão vegetal através da deposição constante de matéria orgânica e inorgânica (Odum, 2004). Este fenómeno é atualmente acelerado pela atividade agrícola que promove a mobilização dos solos e conseqüente deslocação de sedimentos e material orgânico para zonas mais baixas aquando dos períodos de cheia.

O Paul do Boquilobo é uma área pouco extensa (816 ha) e limitada por terrenos de características geológicas diferentes sendo que, segundo a Carta Geológica de Portugal n.º 27C, o mesmo se encontra numa faixa de transição entre um substrato de aluviões de espessura variável e dos terraços fluviais de cota mais elevada, terrenos que se denominam por charneca. A cota média varia entre os 10-11 metros na parte central da reserva e os 32 metros na área de terraço fluvial do Vale da Negra.

1.2. Enquadramento Histórico

A Quinta da Nossa Senhora da Graça do Paul do Boquilobo pertenceu à ordem do templo e à ordem de Cristo até ao século XV, tendo D. João I em 1432, após 40 anos em que os terrenos do Paul do Boquilobo não eram aproveitados, feito a sua doação ao infante D. Henrique seu filho, que em 1436 os trocou pelos do Paul de Traves que eram de D. Fernando de Castro administrador da sua casa. O seu novo dono desenvolveu a atividade agrícola em toda a quinta, exceto nas áreas alagadas que foram convertidas em território de caça para as famílias reais e restante nobreza (Telles, G.R, Pessoa, F. 1996) .

Com o decorrer dos anos o Paul do Boquilobo passou por várias situações, quer quanto à posse, quer quanto ao seu aproveitamento, acabando por vir a ser propriedade da família Margiochi e de seus descendentes (Marques, *et al.*, 1998)

No século XIX a maioria dos terrenos do Paul pertenciam a três grandes quintas:

A quinta do Paul

A quinta de Miranda

A quinta da Broa.

A quinta do Paul situa-se a norte da reserva, tendo sido um couto de caça privada onde consta ter ocorrido uma celebre caçada organizada por D. João de Noronha, seu proprietário entre os anos 50 e 60 do século XX, na qual participou Américo Tomás (Raposo *et al.*, 2000).



Figura 1. 2- Quinta do Paul (ICNF, 2013)

Os terrenos no tempo em que D. João de Noronha os tomou por sua conta terão dado milho, tomate e melão. Uma vez arrendada a Ricardo Mendes Gonçalves, este explorou o bunho e a junca (que serve de atador nas vinhas), tendo ainda cultivado tomate, melão e milho. Desde a década de 70, data de início da gestão do Dr. Ortigão Costa, a Quinta passou a produzir quase em exclusivo o milho (Raposo *et al.*, 2000), sendo um dos seus símbolos a capela que se mostra na figura 1.2.

A quinta de Miranda (figura 1.3) situa-se a sudoeste da reserva como se pode observar no mapa da figura 1.5. A quinta de mato Miranda foi uma das propriedades da Casa de Rio Maior e até ao início dos anos 20 esteve arrendada a João Coimbra, tendo depois voltado a ser amanhada pela família Marques que, nos anos seguintes, começaram por cultivar trigo em zonas onde existia mato, noutras zonas tinham olivais, tendo o seu auge nos anos trinta. Também produziam nessa época arroz junto das ribeiras e possuíam montado de sobro, que no ciclone de 1941 foi destruído, porque o ciclone arrasou todas as árvores de porte.



Figura 1. 3- Quinta de Miranda (ICNF, 2013)

Durante a segunda guerra mundial, época de grande escassez, nomeadamente de sisal, houve a necessidade de produzir cânhamo no campo da Golegã, que eram essencial para a fabricação dos sacos utilizados no transporte e armazenamento de culturas.

Nos anos setenta o cânhamo deixa de ter interesse económico e foram plantados os olivais e vinhas de uvas de mesa. No início dos anos oitenta também estas culturas deixaram de ter interesse económico e logicamente deixaram de ser praticadas. A área foi então reconvertida em área de regadio, onde ainda hoje se planta milho (Raposo *et al.*, 2000).

A quinta da Broa situada a sul da reserva, tendo pertencido à família Zarco da Câmara que no século XIX a vendeu a dois irmãos, Manuel e Rafael José da Cunha. Após a morte de Manuel, seu irmão Rafael, que era padrinho de Rafael Bordalo Pinheiro, verifica que possuía mais património do que pensava e então manda construir o seu imponente palácio (figura 1.4) e começa a adquirir mais propriedades, tendo o povo passado a chamar-lhe o “Príncipe dos Lavradores”. O povo gostava de Rafael José da Cunha porque ele dava trabalho a quem lhe pedia e dava broa aos velhos que esmolavam, e tantas vezes o fez que a Quinta do Almonda, de portões sempre abertos para os pobres, ficou até hoje conhecida como Quinta da Broa (Broa, 2013).



Figura 1. 4- Quinta da Broa

A quinta da Broa atualmente pertence à família Veiga e tem como principal atividade a criação de gado nos seus terrenos férteis em pastagem. A coudelaria Manuel Veiga e a ganadaria com o mesmo nome são o mais importante polo de dinamização da região e da economia local.

A localização de cada uma das quintas nos terrenos pertencentes à RNPB encontra se assinalada na figura 1.5.

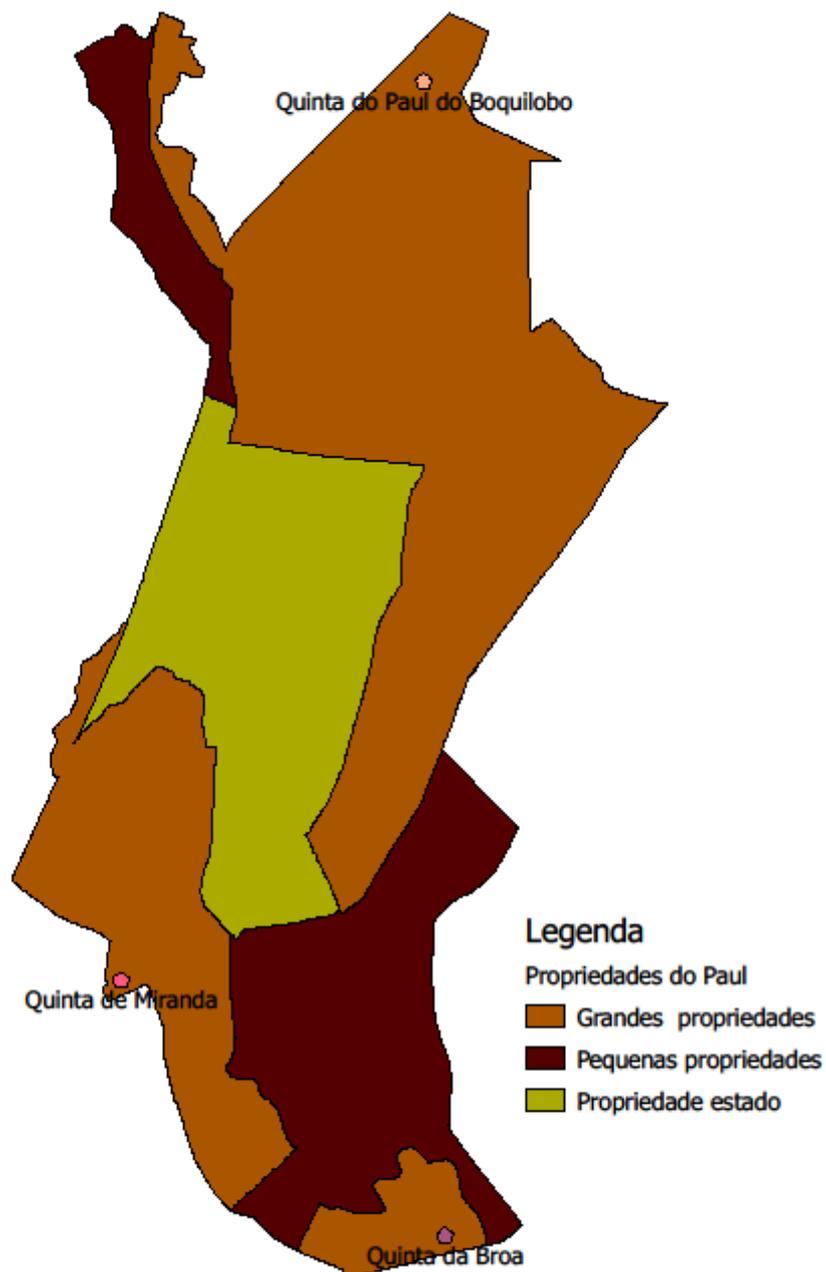


Figura 1. 5- Mapa de localização das grandes quintas

1.3. Legislação

O Paul do Boquilobo foi reconhecido pelo estado Português como reserva natural aquando da publicação do Decreto-Lei n.º198/80 de 24 de Junho que a declarou como Reserva Natural Parcial do Paul do Boquilobo. Este documento no seu preâmbulo diz que a Reserva apresenta características notáveis como habitat de elevado interesse para a fauna e por isso mesmo se impõe a sua proteção através da instituição de uma reserva natural parcial, sendo que merecem especial relevo, por um lado a existência de dois maciços de salgueiros, onde já nessa data estava instalada a maior colónia de garças da Península Ibérica e por outro lado, a zona permanentemente alagada na margem direita do rio Almonda, com grande densidade de vegetação aquática, constituindo importantíssimo local de nidificação da fauna aquática com especial referência para os patos (Telles, G.R, Pessoa, F. 1996) .

A área da Reserva Natural Parcial do Paul do Boquilobo era de 529 ha.

Posteriormente o Decreto-Lei n.º 19/93 de 23 de Janeiro criou um novo quadro de classificação das áreas protegida nacionais, classificando-as em Parque Nacional, Parque Natural, Reserva Natural, e Monumento Natural.

A reserva Natural Parcial do Paul do Boquilobo é então reclassificada como Reserva Natural do Paul do Boquilobo, mediante o Decreto Regulamentar n.º 49/1997 de 20 de Novembro que assenta a sua reclassificação em quatro pilares fundamentais:

1. Preservar e melhorar as condições de habitat para as espécies dependentes do Paul, em especial da zona de proteção integral,
2. Permitir a renaturalização dos terrenos envolventes à zona de proteção com seres vivos naturais locais,
3. Criar uma zona de transição, com a finalidade de divulgar a compatibilização entre as atividades rurais e a proteção da natureza,
4. Produzir estudos científicos que demonstrem o trabalho realizado na conservação da natureza, para que seja possível uma cooperação internacional no quadro da rede de reservas da Biosfera.

Em 1993 os Estados membros da União Europeia publicaram, aquele que é considerado o principal ato de direito comunitário no domínio da conservação da Natureza: a Diretiva n.º 92/43/CEE, do Conselho, de 21 de Maio, relativa à conservação dos habitats naturais, da fauna e da flora selvagens (diretiva habitats).

Esta diretiva visa a conservação da biodiversidade, através da conservação dos Habitats naturais, da fauna e da flora selvagens do território da União Europeia, nomeadamente mediante a criação de um conjunto de sítios de interesse comunitário, designados como zonas especiais de conservação (ZEC).

Portugal transpôs esta diretiva para a ordem jurídica interna através do Decreto-Lei n.º 226/97, de 27 de Agosto, que em 1999 foi revisto e atualizado tendo sido publicado o Decreto-lei n.º 140/99 de 24 de abril que se encontra em vigor.

As diretivas 92/43/CEE e a 79/409/CEE preveem o estabelecimento de uma rede ecológica europeia de zonas especiais de conservação, a Rede Natura 2000, que englobará as ZEC e as ZPE (Zona de Proteção Especial).

A importância do Paul do Boquilobo para a conservação das aves selvagens conduziu à sua constituição como zona de proteção especial, ao abrigo da diretiva 79/409/CEE, de 2 de Abril, integrando nessa medida o processo de Rede Natura 2000 e, mediante a publicação do Decreto-Lei n.º 198/80 de 24 de junho, foi criada a zona de proteção especial do Paul do Boquilobo (ZPEPB), que possui uma área de 432,78 ha onde se inclui toda a Zona de Proteção Integral (ZPI) e parte da Zona de Uso Extensivo (ZUE).

Com a reclassificação do Paul do Boquilobo pelo Decreto Regulamentar n.º 49/97, de 20 de novembro, houve necessidade de um plano de ordenamento, sendo que a Resolução do Conselho de Ministros n.º 46/2001, de 10 de Maio, determinou a elaboração do Plano de Ordenamento da Reserva Natural do Paul do Boquilobo. Só através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 50/2008 de 19 de março foi aprovado o plano de ordenamento, que constitui um instrumento fundamental para assegurar uma gestão ordenada e eficaz do território.

1.4. Reserva da Biosfera

O Programa Biosfera (MAB) foi lançado no início dos anos 70 com o objetivo de estabelecer um suporte científico para a melhoria das relações entre as pessoas e o seu meio ambiente. Este Programa Científico é Intergovernamental e já conta com 621 reservas da biosfera em 117 países em todo o mundo (Unesco, 2013).

O Programa MAB desenvolve mecanismos que visa a sustentabilidade e a melhoria das relações entre o homem e o meio ambiente tendo como princípio:

- Identificar e avaliar as alterações na biosfera resultantes de atividades humanas e naturais e os efeitos dessas mudanças sobre os seres humanos e o meio ambiente, em particular no contexto das alterações climáticas;
- Estudar e comparar as inter-relações dinâmicas entre os ecossistemas naturais e os processos socioeconómicos, em particular no contexto de perda acelerada da diversidade biológica e cultural, com consequências inesperadas que impedem a capacidade dos ecossistemas para continuar a prestar serviços essenciais para o bem do ser humano;
- Garantir o bem-estar humano básico e um ambiente habitável no contexto de rápida urbanização e consumo de energia como motores da mudança ambiental;
- Promover o intercâmbio e a transferência de conhecimento sobre os problemas e soluções ambientais, e promover a educação ambiental para o desenvolvimento sustentável (Unesco, 2013).

A primeira área protegida Portuguesa a integrar a Rede de Reservas da Biosfera (MAB) foi a Reserva Natural do Paul do Boquilobo, em 15 de Dezembro de 1981.

Para ser englobada neste programa (MAB), a Reserva Natural do Paul do Boquilobo tinha que obedecer a dois requisitos: ter uma zona núcleo, que neste caso, corresponde à Zona de Proteção Integral (ZPI) e uma zona tampão, correspondente à Zona de Uso Exclusivo (ZUE). A gestão deste programa é dividida entre instituições governamentais, não-governamentais e centros de pesquisa (ICNF, 2013).

1.5. Convenção de Ramsar

Em 2 de Fevereiro de 1971 na cidade Iraniana de Ramsar foi constituída a Convenção sobre Zonas Húmidas que constitui um tratado intergovernamental. Esta Convenção é geralmente conhecida como "Convenção de Ramsar" e representa o primeiro dos tratados globais sobre conservação de Zonas Húmidas de Importância Internacional, especialmente como Habitat de Aves Aquáticas (ECOIA, 2013).

No decorrer dos anos, a Convenção alargou os seus horizontes de modo a cobrir todos os aspetos de conservação das zonas húmidas, reconhecendo as zonas húmidas como ecossistemas extremamente importantes para a conservação da biodiversidade e para o bem-estar das comunidades humanas (Ramsar, 2013).

A administração da convenção Ramsar tem sido confiada a um secretariado conhecido como Secretariado Ramsar, que funciona na sede da União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN), em Gland, na Suíça (Ramsar, 2013).

Em 1975 entrou em vigor a Convenção Ramsar que conta atualmente com 168 países em todos os continentes, que designaram 2143 sítios, que em julho de 2013 perfaziam a área de 205 530 026 hectares de zonas húmidas (Ramsar, 2013).

O Estado Português assinou a Convenção de Ramsar em 1980 tendo incluído duas zonas húmidas na lista de Sítios Ramsar: o Estuário do Tejo e a Ria Formosa. Em 7 de maio de 1996, no decorrer da 6ª Conferência das Partes Contratantes, em Brisbane (Austrália), Portugal designou mais oito novos sítios, sendo a Reserva Natural do Paul do Boquilobo um deles.

As zonas húmidas que pertencem à lista de sítios Ramsar têm que obedecer a alguns princípios:

- Reconhecer a interdependência do homem e do seu ambiente;
- Considerar as funções ecológicas fundamentais das zonas húmidas enquanto reguladoras dos regimes de água e enquanto habitats de uma flora e fauna características, especialmente de aves aquáticas;
- Reconhecer que as zonas húmidas constituem um recurso de grande valor económico, cultural, científico e recreativo, cuja perda seria irreparável;
- Admitir que as aves aquáticas nas suas migrações periódicas podem atravessar fronteiras e portanto devem ser consideradas como um recurso internacional;

Portugal continental possui 16 sítios na lista de zonas húmidas de Ramsar como se pode verificar na figura 1.6. destaca-se a Reserva Natural do Paul do Boquilobo na figura 1.7.



PORTUGAL CONTINENTAL

- 1 Estuário do Tejo
- 2 Ria Formosa
- 3 Paul de Arzila
- 4 Paul de Madriz
- 5 Paul de Boquilobo
- 6 Lagoa de Albufeira
- 7 Estuário do Sado
- 8 Lagoa de S. André / Lagoa da Sancha
- 9 Ria de Alvor
- 10 Sapal de Castro Marim
- 11 Paul da Tornada
- 12 Paul do Taipal
- 13 Planalto superior da Serra da Estrela e parte superior do rio Zêzere
- 14 Polje de Mira-Minde e nascentes relacionadas
- 15 Lagoas de Bertandos e de S. Pedro dos Arcos
- 16 Estuário do Mondego

Figura 1. 6 – Sítios Ramsar de Portugal Continental



Figura 1. 7- Área de Ramsar da RNPB

1.6. Valores Naturais

1.6.1. Fauna

A Reserva Natural do Paul do Boquilobo é um local muito importante para a proteção de uma grande variedade de fauna, principalmente a avifauna.

O Paul é um sistema complexo caracterizado por valores naturais únicos e os ecossistemas existentes constituem a base da cadeia alimentar de numerosas espécies de insetos, moluscos, crustáceos, peixes, anfíbios, reptéis, aves e mamíferos. Em termos faunísticos, para além da zona de alimentação, trata-se de um local com habitats que privilegiam o descanso, o abrigo e a reprodução.

As espécies mais representativas são as aves, principalmente as aquáticas que durante a Primavera ocupam a Zona de Proteção Integral da reserva que possui o habitat 92A0 composto por floresta de galerias de *Salix alba* e *Populus alba*, onde residem algumas espécies de garças, com é o caso da garça-boieira que se encontra na figura 1.8 (*Bubulcus ibis*). Esta é a ave mais representativa da família dos ardeídeos que nidificam nesta zona húmida, seguida da garça-branca-pequena (*Egretta garzetta*) (figura 1.9), do goraz (*Nycticorax nycticorax*), da garça-vermelha (*Ardea purpurea*), do garçote (*Ixobrychus minutus*) e da cegonha branca (*Ciconia ciconia*).

A garça-cinzenta (*Ardea cinerea*) (figura 1.10) é uma das espécies que utiliza o Paul principalmente na época invernal.

O Paul do Boquilobo é um dos poucos locais em Portugal que proporciona as condições ótimas para o colhereiro (*Platalea leucorodia*) (figura 1.11) nidificar, sendo por isso uma área de interesse para esta espécie.



Figura 1. 8- Garça boieira (*Bubulcus ibis*)
(Flickr, 2013)



Figura 1. 9- Garça-branca (*Egretta garzetta*)
(Flickr, 2013)



Figura 1. 10- Garça-cinzenta (*Ardea cinerea*) (Luontoportti, 2013)



Figura 1. 11- Colhereiro (*Platalea leucorodia*) (Wallmii, 2013)

A águia pescadora (*Pandion haliaetus*) (figura 1.12) é uma das espécies de aves que pertencem à rota das migratórias, mas, a sua presença nestes locais tem sido observada durante todo o ano, o que pressupõe que o Paul lhes oferece as condições ideais para se reproduzirem, bem como abundância de alimento.

Foram identificadas quarenta e uma espécies de aves limícolas, como por exemplo o borrelho-pequeno-de-coleira (*Chaadrius dubius*) (figura 1.13) e a perna-longa (*Himantopus himantopus*), que utilizam principalmente o habitat de águas paradas 3130 com baixo nível de água e pouca vegetação, o que lhes é propício para passar o período de inverno.



Figura 1. 12- Águia pescadora (*Pandion haliaetus*) (Mikerae, 2013)



Figura 1. 13- Borrelho-pequeno-de-coleira (*Chaadrius dubius*) (Glurice, 2013)

No entanto existem muitas outras espécies que ali habitam, que embora menos relevantes a nível de proteção, revelam a importância desta Reserva, tais como os anatídeos. De entre as espécies mais abundantes dos anatídeos destaca-se a marrequinha (*Anas crecca*) (figura 1.14), o pato-trombeteiro (*Anas clypeata*), o pato-real (*Anas platyrhynchos*) e o zarro-comum (*Aythya ferina*). A maioria das espécies chega ao Paul vindas do Norte da

Europa e algumas permanecem durante o resto do ano, chegando mesmo a nidificar nalguns dos habitats que existem no Paul, como é o caso do pato-real que ocupa o habitat de águas paradas 3130. Esta Área Protegida destaca-se por ser um dos poucos locais de nidificação do pato-de-bico-vermelho (*Netta rufina*) a nível nacional e é ainda de realçar a presença e possível nidificação do marreco (*Anas querquedula*) (figura 1.15).



Figura 1. 14- Marrequinha (*Anas crecca*)
(Lynxeds, 2013)



Figura 1. 15- Marreco (*Anas querquedula*)
(Birding, 2013)

Em relação aos mamíferos, devido à variabilidade de habitats existentes, é possível encontrar muitas das espécies comuns em Portugal. Estão inventariadas vinte e sete espécies distintas, das quais quatro não são indígenas. A lontra (*Lutra lutra*) (figura 1.16), o toirão (*Mustela putorius*) (figura 1.17) e o rato-de-cabrera (*Microtus cabreræ*) (figura 1.18) são espécies ameaçadas e estão classificadas no Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal.



Figura 1. 16- Lontra (*Lutra lutra*)
(Biopix, 2013)



Figura 1. 17- Toirão (*Mustela putorius*)
(Flickr, 2013)



Figura 1. 18- Rato-de-cabrera (*Microtus cabrerai*) (Flickr, 2013)

A diversidade de habitats é muito grande e assim as espécies de carnívoros podem ocupar territórios compatíveis com as suas características. A raposa (*Vulpes vulpes*) (figura 1.19) é vista com regularidade junto aos campos agrícolas que delimitam a reserva integral, enquanto que a doninha (*Mustela nivalis*) (figura 1.20) é encontrada nas galerias ripícolas e a geneta (*Genneta genneta*) é vista junto à vegetação arbórea densa e às linhas de água.



**Figura 1. 19- Raposa (*Vulpes vulpes*)
(Livingwilderness, 2013)**



**Figura 1. 20- Doninha (*Mustela nivalis*)
(Flickr, 2013)**

Por ser uma zona húmida, a quantidade de répteis não é abundante, não se podendo dizer o mesmo em relação à diversidade. Estão inventariadas onze espécies de répteis, sendo de particular interesse pelo seu estatuto de ameaça o cágado-de-carapaça-estriada (*Emys orbicularis*) (figura 1.21). São vistas com maior frequência, a cobra-de-água-viperina (*Natrix maura*) (figura 1.22) que possui boas condições nalguns habitats da reserva, como sendo o caso das pradarias húmidas mediterrânicas de ervas altas (6310) e também a lagartixa-domato (*Psammmodromus algirus*).



Figura 1. 21- Cágado- de-carapaça-estriada
(*Emys orbicularis*) (Taxondiversity, 2013)



Figura 1. 22- Cobra-de-água-viperina
(*Natrix maura*) (Club, 2013)

A população de peixes varia consoante a época do ano. Quando o nível de água aumenta no rio Tejo, facilmente se encontram a carpa (*Cyprinus carpio*) e outras espécies não indígenas na vala da Sangria (por esta desaguar no rio Almonda). A abundância e variedade vão diminuindo de jusante para montante, sendo as espécies indígenas com maior relevância a enguia (*Anguilla anguilla*) (figura 1.23), o ruivaco (*Rutilus macrolepidotus*) (figura 1.24), a fataça (*Lisa ramada*) (figura 1.25) e a gambusia (*Gambusia holbrooki*).



Figura 1. 23- Enguia (*Anguilla anguilla*)
(Marinereservescoalition, 2013)



Figura 1. 24- Ruivaco (*Rutilus macrolepidotus*)
(Oocities, 2013)

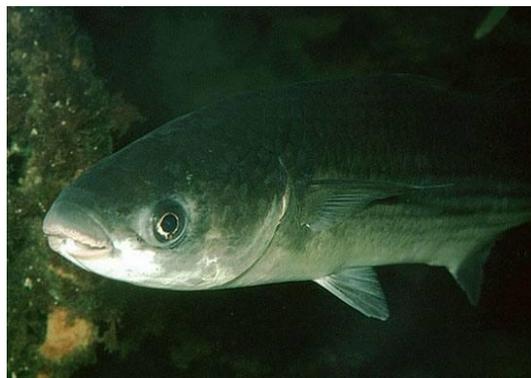


Figura 1. 25- Fataça (*Lisa ramada*) (Psarema, 2013)

No Paul do Boquilobo foram identificadas treze espécies de anfíbios, mas a predominância incide sobre três deles, a rã-verde (*Rana perezi*) (figura 1.26), a salamandra-de-costelas-salientes (*Pleurodeles waltii*) (figura 1.27) e o tritão-de-ventre-laranja (*Lissotriton boscai*).

Os seus ovos são depositados na vegetação no fundo de charcos e das valas, durante o mês de outubro, sendo a partir de março que começam a eclodir, podendo as larvas ficar escondidas até ao fim do Verão.



**Figura 1.26- Rã-verde (*Rana perezi*)
(Flickr, 2013)**



**Figura 1. 27- Salamandra-de-costelas-salientes
(*Pleurodeles waltii*) (Mypets,2013)**

1.6.2. Flora

A Reserva Natural do Paul do Boquilobo é constituída por uma variedade de vegetação, onde são dominantes as espécies associadas a ambientes húmidos.

A RNPB possui como espécies arbóreas dominantes o salgueiro-branco (*Salix alba*) (figura 1.28) e o choupo-branco (*Populus alba*) (figura 1.29) que se encontram na faixa ripícola do rio Almonda e das Valas que percorrem a reserva e que são as espécies predominantes no habitat 92A0, a área oeste da reserva possui o freixo (*Fraxinus angustifolia*) (figura 1.30) que faz parte do habitat 91B0, o carvalho-português (*Quercus faginea*) (figura 1.31) e o sobreiro (*Quercus suber*) (figura 1.32). Estas espécies encontram-se nos habitats 6310, 9330 e 9240 que se situam em terrenos mais secos, ou seja terrenos existentes num estrato mais elevado da reserva.

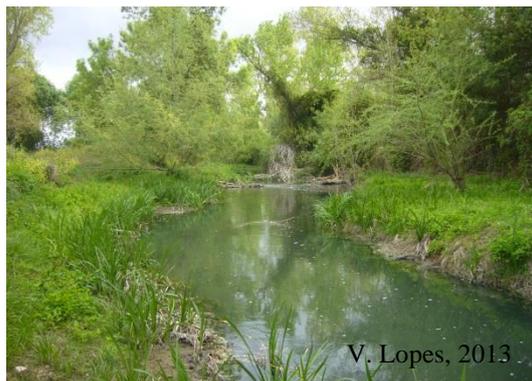


Figura 1. 28- Salgueiro-branco (*Salix alba*) na faixa ripícola

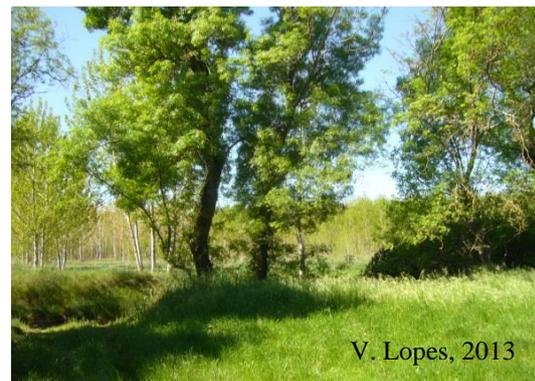


Figura 1. 29- Choupo-branco (*Populus alba*) na faixa ripícola

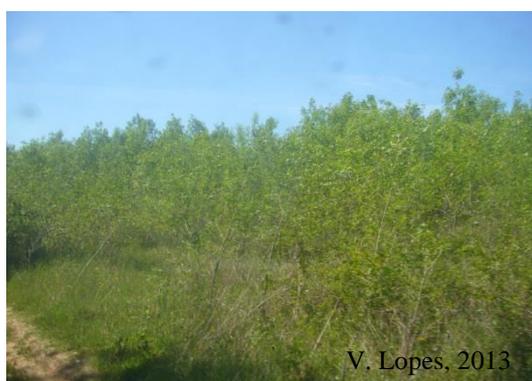


Figura 1. 30- Freixo (*Fraxinus angustifolia*)



Figura 1. 31- Carvalho-português (*Quercus faginea*) (ICNF, 2013)



Figura 1. 32- Sobreiro (*Quercus suber*)

Em associação com o estrato arbóreo existe o estrato arbustivo que é muito importante para a nidificação de algumas espécies de fauna. A reserva possui uma grande variedade de espécies de onde se destaca o caniço (*Phragmites australis*) (figura 1.33), que se encontra principalmente junto da linha do caminho-de-ferro, espécie importante, embora seja considerada uma planta invasora.

O tojo (*Ulex, sp.*) (figura 1.34) e a urze (*Erica, sp.*) (figura 1.35) são espécies que predominam nas zonas xerófilas e que estão associadas aos habitats 6310, 9330 e 9240; as silvas (*Rubus ulmifolius*) (figura1.36) encontram-se principalmente nas faixas ripícolas e são consideradas espécies trepadeiras.



Figura 1. 33- Caniço (*Phragmites australis*)



Figura 1. 34- Tojo (*Ulex, sp*)



Figura 1. 35- Mouta de urze (*Erica, sp*)



Figura 1. 36- Silvas (*Rubus ulmifolius*)

A reserva possui uma vasta área de pastagem onde predominam os prados húmidos mediterrânicos de ervas altas (habitat 6420) e onde se podem encontrar algumas espécies de plantas herbáceas como o junco (*Scirpoides holoschoenus*) (figura 1.37) e o bunho (*Scirpus lacustris*) (figura 1.38) que já foi em tempos um valor económico das quintas da região, e a grama (*Cynodon dactylon*).

No Vale da Negra existe o *Ranunculus peltatus* (figura 1.39) que é uma espécie que não se encontrou com muita predominância noutros locais da reserva.



Figura 1. 37- Junco (*Scirpoides holoschoenus*)



Figura 1. 38- Bunho (*Scirpus lacustris*) (ICNF, 2013)



Figura 1. 39- *Ranunculus peltatus*

Na zona limítrofe da reserva tem-se estado a observar um aumento de espécies não indígenas como é o caso do eucalipto (*Eucalyptus globulus*) que se mostra na figura 1.40 e do pinheiro bravo (*Pinus pinaster*) na figura 1.41. Estas espécies, caso não seja controlada a sua plantação e regeneração natural, podem pôr em causa a preservação de espécies naturais como os sobreiros e os carvalhos.

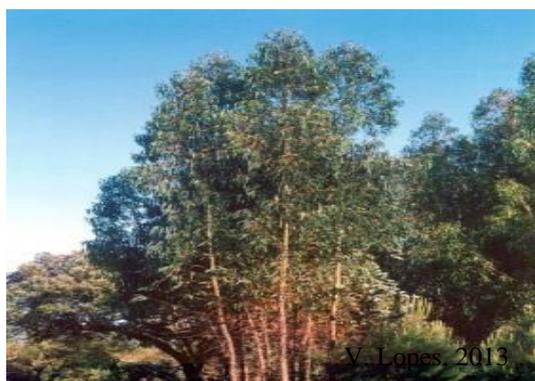


Figura 1. 40- Eucalipto (*Eucalyptus globulus*)

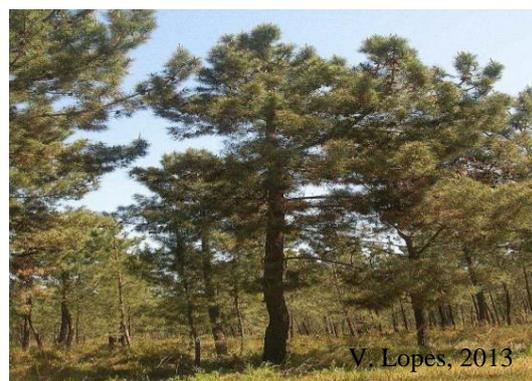


Figura 1. 41- Pinheiro bravo (*Pinus pinaster*)

Na área húmida da reserva, em virtude de existirem boas condições e abundância de nutrientes, há alguns anos atrás existiu uma invasão de jacinto-de-água (*Eichornia crassipes*) que se mostra na figura 1.42. Existem outras espécies que são consideradas infestantes como o carrapiço (*Xanthium strumarium*), a figueira-do-inferno (*Datura stramonium*) (figura 1.43) e o malvão (*Abutilon theophrasti*) que se encontra em toda a zona de charneca.



Figura 1. 42- Jacinto de água (*Eichornia crassipes*)



Figura 1. 43- Figueira-do-inferno (*Datura stramonium*) (ICNF, 2013)

1.6.3. Habitats

A Rede Natura 2000 é uma rede ecológica da comunidade europeia que tem como princípios base a Diretiva Habitat e a Diretiva Aves, respetivamente 92/43/CEE e 79/409/CEE e que tem o objetivo de contribuir para a biodiversidade através da conservação dos habitats naturais, da fauna e da flora selvagem de todos os estados membros.

Em Portugal estas diretivas foram revistas e transpostas para a legislação nacional através do Decreto-lei n.º 140/99 de 24 de abril com a última redação introduzida pelo Decreto-lei 49/2005 de 24 de fevereiro.

Os habitats de interesse comunitário são os constantes no anexo B-I do Decreto-lei n.º 140/99. Foram identificados na Reserva Natural do Paul do Boquilobo os habitats constantes na tabela 1.1, cuja localização espacial consta do mapa da figura 1.43 (Godinho et al., 2012).

Tabela 1. 1 – Tabela de índice de habitats existentes na RNPB (Godinho *et al.*, 2012)

Habitat	Designação
3130	Águas paradas, oligotróficas a mesotróficas, com vegetação da <i>Littorelletea uniflorae</i> e / ou da <i>Isoeto-Nanojuncetea</i>
3150	Lagos eutróficos naturais com vegetação da <i>Magnopotamion</i> ou <i>Hydrocharition</i>
3150*	Lagos eutróficos artificiais com vegetação da <i>Magnopotamion</i> ou <i>Hydrocharition</i>
3260	Curso de água dos pisos basal a montano com vegetação da <i>Ranunculion fluitantis</i> e da <i>Callitricho-Batrachion</i>
3280	Cursos de água mediterrânicos permanentes da <i>Paspalo-Agrostidion</i> com cortinas arbóreas ribeirinhas de <i>Salix e Populus alba</i>
3290	Cursos de água mediterrânicos intermitentes da <i>Paspalo-Agrostidion</i>
6310	Montados de <i>Quercus</i> spp. de folha perene
6420	Pradarias húmidas mediterrânicas de ervas altas da <i>Molinio-Holoschoenion</i>
91B0	Freixiais termófilos de <i>Fraxinus angustifolia</i>
9240	Carvalhais ibéricos de <i>Quercus faginea</i> e <i>Quercus canariensis</i>
92A0	Florestas-galerias de <i>Salix alba</i> e <i>Populus alba</i>
9330	Florestas de <i>Quercus suber</i>

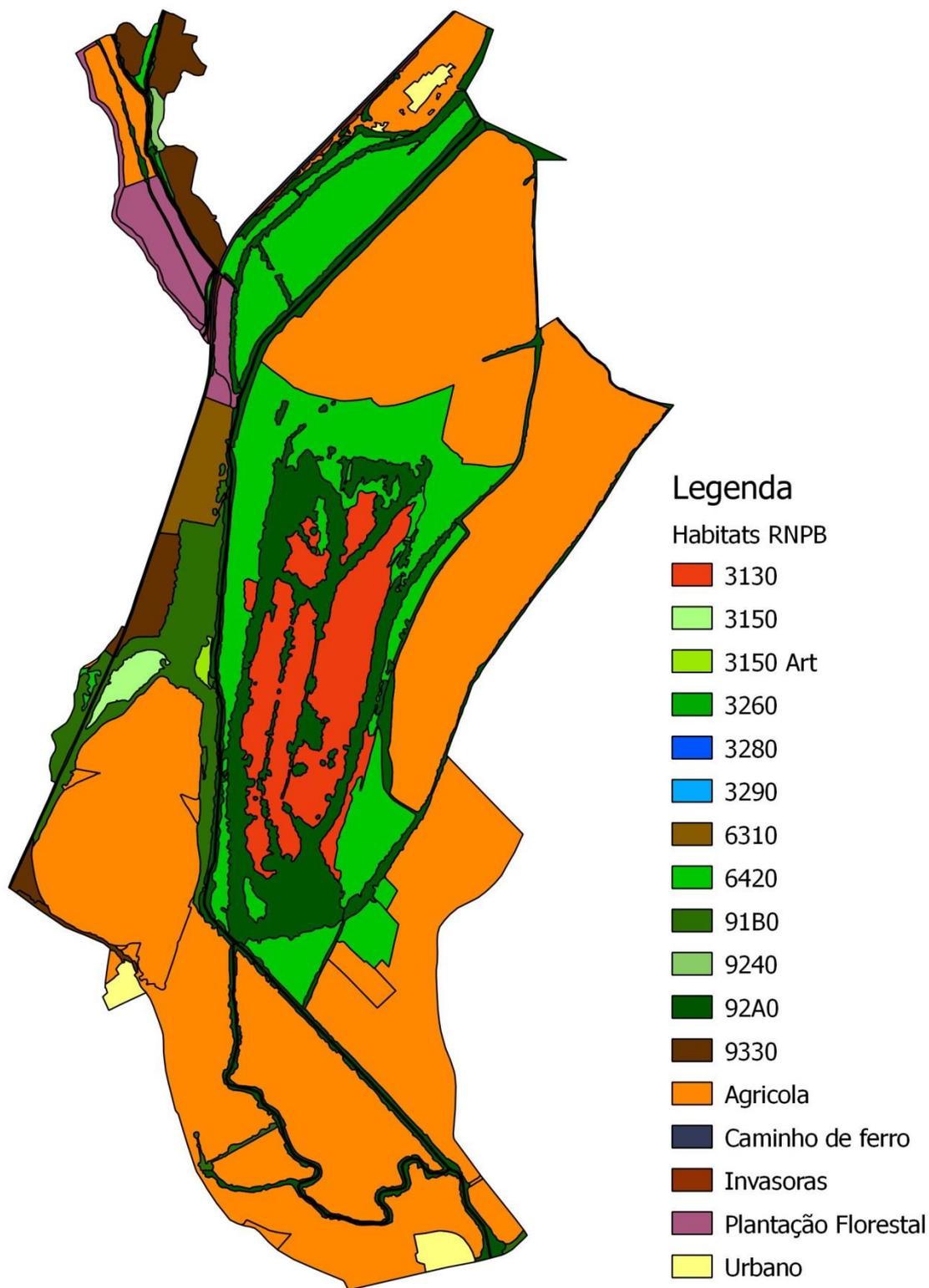


Figura 1. 44- Mapa da área da reserva com os diferentes habitats e a ocupação do solo em 2012 (Godinho *et al.*, 2012)

1.6.4. Caracterização Biogeográfica

A reserva natural do Paul do Boquilobo localiza-se na Região Mediterrânica, Sector Ribatagano-Sadense, Superdistrito Ribatagano (figura 1.45).

Região Mediterrânica

A **Região Mediterrânica** é caracterizada por possuir um clima em que escasseiam as chuvas no verão, podendo no entanto, haver excesso de água nas outras estações.

Nesta Região, desde que o clima não seja extremamente frio (devido à altitude) ou seco, observam-se bosques e matagais de árvores e arbustos de folhas planas pequenas, coriáceas e persistentes (esclerófilas) – (*durisilvae*) - como sejam diferentes (*Quercus spp.*) do subgénero (*Sclerophyllodris*) azinheira – (*Quercus rotundifolia*), sobreiro – (*Quercus suber*) e carrasco - (*Quercus coccifera*), a aroeira (*Pistacia lentiscus*), o folhado (*Viburnum tinus*), o zambujeiro (*Olea europaea* var. *sylvestris*), a alfarrobeira (*Ceratonia siliqua*), o espinheiro preto (*Rhamnus oleoides*), o sanguinho-das-sebes (*Rhamnus alaternus*), a palmeira das vassouras (*Chamaerops humilis*), o loureiro (*Laurus nobilis*), o aderno (*Phillyrea latifolia*), o lentisco-bastardo (*Phillyrea angustifolia*), entre outras.

Sector Ribatagano-Sadense

O **Sector Ribatagano-Sadense** é um território essencialmente plano constituído pelas areias e arenitos pliocénicos e miocénicos dos vales do Tejo e Sado, terminando junto a Melides. Inclui ainda a zona calcária da Serra da Arrábida. Situa-se maioritariamente no andar termomediterrânico sub-húmido. *Armeria rouyana*, *A. pinifolia*, *Juniperus navicularis*, *Thymus capitellatus*, *Limonium daveaui*, *Serratula alcalae* subsp. *aristata* e *Halimium verticillatum* são táxones endémicos deste Sector. O *Limonium lanceolatum* tem também aqui o seu limite setentrional, a *Euphorbia transtagana*, *Serratula monardii* e *Narcissus fernandesii* têm a sua maior área de ocorrência nesta unidade. A vegetação dominante é constituída por sobreirais (*Oleo-Quercetum suberis* e *Asparago aphylli- Quercetum suberis*), as murteiras (*Asparago aphylli-Myrtetum communis*), os matagais de carvalhiça (*Erico-Quercetum lusitanicae*) e pelo mato psamofílico endémico deste Sector (*Thymo capitellati-Stauracanthetum genistoidis*). O salgueiral (*Salicetum atrocinero-australis*) é comum no leito de cheias das linhas de água das bacias do Sado e Tejo.

Superdistrito Ribatagano

O **Superdistrito Ribatagano** corresponde à área da Lezíria do Tejo e Sorraia onde os solos são maioritariamente de aluvião (terraços aluvionares), ocorrendo também areias podzodolizadas e arenitos. O *Ulex airensis* é uma das plantas que melhor caracteriza o território, apesar de também se distribuir pelo Superdistrito Estremenho, assim como o *Halimium verticillatum* que tem a sua maior área de distribuição nesta unidade biogeográfica. Além das comunidades vegetais que foram assinaladas para o Sector, observa-se também o *Thymo villosae-Ulicetum airensis*, que é uma comunidade endémica do território, resultante da destruição dos sobreirais do *Asparago aphylli-Quercetum suberis*. O *Asparago aphylli-Calicotometum villosae* também se observa nesta unidade. Nas areias mal drenadas e muito húmidas, na bacia da ribeira de Sor aparece um urzal higrófilo endémico desta área – *Drosero intermediae-Ericetum ciliaris* da qual fazem parte *Erica ciliaris*, *Erica erigena*, *Erica scoparia*, *Erica lusitanica*, *Ulex minor*, *Calluna vulgaris*, *Cheirolophus uliginosus*, *Drosophyllum lusitanicum*, *Anagallis tenella*, *Potentilla erecta*, *Drosera intermedia*, *Pinguicula lusitânica*, entre outras. A geossérie ripícola lântica da lezíria do Tejo ocupa grandes extensões e é um elemento taxonómico da paisagem vegetal muito relevante para a caracterização do território. Esta encontra um grande desenvolvimento devido à morfologia muito aberta do vale do rio Tejo. A ordem das comunidades potenciais, do leito até ao contacto com a vegetação terrestre, é normalmente a seguinte: o salgueiral (*Populus nigrae-Salicetum neotrichae*), o ulmal (*Aro italici-Ulmetum minoris*) nos solos mais argilosos; o freixial (*Ficario-Fraxinetum angustifoliae*). A maioria destes bosques, com exceção do salgueiral, está, em muitos locais, destruída. O solo onde se encontravam está ocupado por culturas horto-industriais ou vinhas, podendo em alguns locais observar-se grande abundância da etapa regressiva dos bosques ripícolas: os silvados (*Lonicero hispanicae- Rubetum ulmifolia*) (Costa *et al.*, 1999).

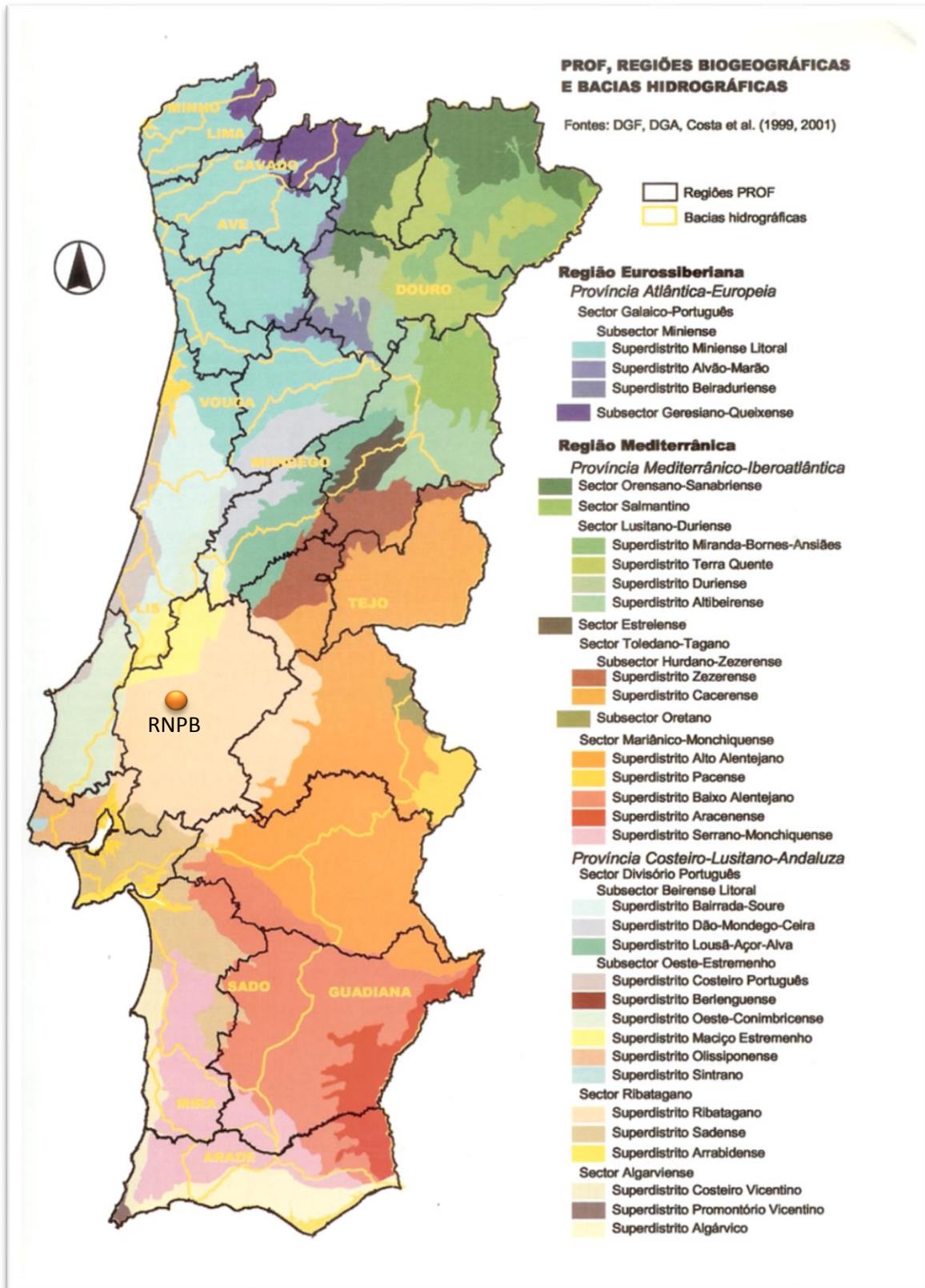


Figura 1. 45 Caracterização Biogeográfica de Portugal (Costa *et al*, 1999)

1.6.5. Caracterização Climática

O fator natural que mais contribui para a formação de paisagens é o clima. É este fator que determina um conjunto de situações que nos afetam diretamente, sendo também o responsável pela modelação de vertentes, pelo caudal dos rios, pelo tipo de vegetação natural, pela agricultura e mais recentemente determina também os lugares turísticos mais procurados.

O clima em Portugal é influenciado pelo clima temperado mediterrânico. Em Portugal, a influência da latitude, do oceano Atlântico, da massa continental da Península Ibérica e a altitude faz com que exista alguma diversidade climática.

- No Norte Litoral e na Região Autónoma dos Açores, predomina o clima temperado mediterrâneo de influência atlântica, com maior quantidade de precipitação e menor duração da estação seca;
- No Interior, predomina o clima temperado mediterrâneo de influência continental, com menor quantidade de precipitação e maior amplitude térmica anual;
- No Sul de Portugal Continental e na Região Autónoma da Madeira, as características do clima temperado mediterrâneo são mais acentuadas.
- Nas áreas de montanha mais elevadas, como a Serra da Estrela, a altitude faz com que se registem temperaturas mais baixas e precipitações mais abundantes, por vezes, com queda de neve, no Inverno.

Para realizar a caracterização climática da área de estudo deste projeto, utilizaram-se os valores de 2002 a 2009, retirados do *site* do SNIRH (Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos) relativos à estação meteorológica de Santarém.

A escolha podia recair pela estação meteorológica de Tomar ou Santarém, já que não existe, mais perto do local de estudo, nenhuma outra estação meteorológica com os dados pretendidos (precipitação e temperatura) para se realizar o gráfico termopluviométrico. No entanto, pelo facto do clima de Santarém ser mais parecido com o do local em estudo, foi esta a estação escolhida. É de referir também que os dados relativos ao ano de 2008 não se encontram completos no site consultado, pelo que não puderam ser utilizados para o estudo.

É de mencionar que os dados apresentados no gráfico da figura 1.46 são os valores médios mensais para o período entre os anos de 2002 e 2009. Assim, por exemplo, na precipitação relativa a janeiro, o valor 41,7 mm é a média da precipitação ocorrida em todos os meses de janeiro desde 2002 até 2009 e assim sucessivamente.

Verifica-se que o mês de Julho e Agosto foram os que tiveram valores de precipitação mais baixa, enquanto os meses de Outubro e Novembro são os meses de maior precipitação.

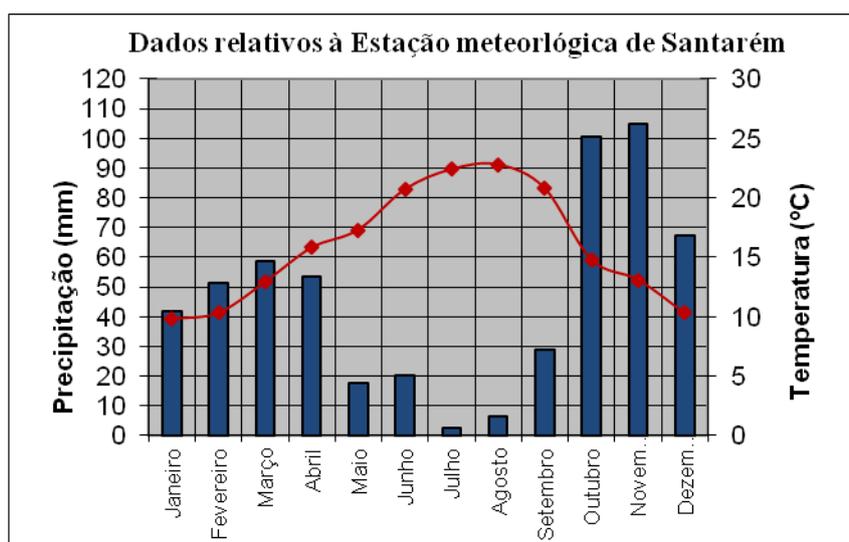


Figura 1. 46- Gráfico Termopluiométrico de 2002 a 2009 (estação meteorológica de Santarém)

No que diz respeito à temperatura ela é francamente mais elevada nos meses de junho, julho, agosto e setembro. O mês mais frio é o mês de janeiro, sendo muito similar a temperatura média nos meses de fevereiro e dezembro.

Capítulo 2

Características dos Solos

Resumo: Neste capítulo pretende-se explicar as diferentes características dos solos como a sua formação, perfil do solo, propriedades químicas e físicas e os diferentes nutrientes existentes no solo.

2.1. Introdução

O solo constitui a camada superior da crosta terrestre, sendo formado como resultado da meteorização de rochas pré-existentes (rocha-mãe), sob a influência de processos físicos, químicos e biológicos (Varenes, 2003).

O solo desempenha uma grande variedade de funções vitais, de carácter ambiental, ecológico, social e económico, constituindo um importante elemento paisagístico, patrimonial e físico para o desenvolvimento de infraestruturas e atividades humanas. É um meio vivo e dinâmico, constituindo um habitat de biodiversidade abundante, com padrões genéticos únicos, onde se encontra a maior quantidade e variedade de organismos vivos. Os organismos vivos, servem como reservatório de nutrientes e permitem a atividade biológica, que dependente da quantidade de matéria orgânica presente, ajuda na eliminação de agentes patogénicos, decompõe a matéria orgânica e outros poluentes em componentes mais simples (frequentemente menos nocivos), contribuindo desta forma para a manutenção das propriedades físicas e bioquímicas necessárias para a fertilidade e estrutura dos solos (Varenes, 2003).

2.2. Formação do solo

Os fatores de formação do solo dependem do seu material de origem (rocha-mãe), da influência do clima, dos organismos presentes no solo, do relevo e do tempo, podendo adicionar-se o homem como elemento de transformação. Estes fatores combinam-se entre si com intensidades diferentes para compor os diversos tipos de solo, como se apresenta na figura 2.1(Azevedo *et al*, 2006) e se descreve nos próximos parágrafos.



Figura 2. 1- Fatores de formação do solo (Ebah, 2013)

O material de origem é o material a partir do qual o solo começa a formar-se, e geralmente possui uma natureza mineral, mas também pode ser de natureza orgânica, formando solos orgânicos (Azevedo, 2009).

O relevo é um dos fatores bastante importantes visto que a modelação da superfície terrestre pode afetar o clima ou condicionar a quantidade de radiação solar que uma superfície recebe ao longo do ano.

O clima é um fator muito importante para o processo de desenvolvimento do solo, atuando desde a decomposição das rochas. As variáveis climáticas mais importantes são a temperatura, a precipitação e a evapotranspiração. Os climas mais quentes e húmidos produzem solo mais rapidamente. Em zonas frias podemos encontrar mais facilmente solos orgânicos porque as baixas temperaturas inibem a decomposição da matéria orgânica e a atividade biológica inerente a estes processos (Varenes, 2003).

Os organismos são fundamentais para o processo de formação de solos, extensivamente compreendido pelos ciclos dos principais nutrientes N, K, P. O solo não deve ser considerado apenas o produto da destruição das rochas, visto que a ação dos organismos cria e destrói propriedades e características destes materiais, dependendo da sua ação no espaço e no tempo. A presença de uma cobertura vegetal protege a superfície do solo das agressões do clima como as variações de temperatura e o impacto das gotas das chuvas. Deste modo, protege alguns dos organismos mais sensíveis a estas características (Azevedo, 2009).

O fator tempo refere-se ao período em que o clima e os organismos atuam sobre o material de origem condicionado pelo relevo.

2.3. Perfil do solo

O solo é constituído por camadas horizontais, denominadas horizontes, que são resultado de uma redistribuição de material, que se designam pelas letras O, A, B e C, tendo como base alguns critérios como textura, cor, consistência, estrutura, atividade biológica e tipo de superfície dos agregados.

Normalmente o solo possui três horizontes fáceis de distinguir, o horizonte O, que representa a matéria orgânica presente na superfície, o horizonte A, que representa a região em que o solo perde material para as camadas mais profundas e o horizonte B, local em que

se acumulam os materiais perdidos pelo horizonte A. O outro horizonte também importante é o C, que é caracterizado pela rocha matriz decomposta.

No campo podemos identificar facilmente três variáveis do perfil do solo. São eles a cor, que é uma das características que mais chama a atenção, devido às várias tonalidades de coloração existentes no perfil, permitindo uma rápida delimitação dos horizontes, a textura, que nos indica a proporção dos grupos de grãos que formam o solo, ou seja a proporção de argila, limo e areia; e a consistência do solo. Esta é a última variável, de fácil identificação no campo e é dividida em seca, húmida, molhada e cimentada. Estas classes são expressas pelo grau de adesão das partículas e sedimentos ou pela resistência à deformação (Anónimo, 2001)

Na figura seguinte mostra-se o posicionamento de cada horizonte em relação aos outros.

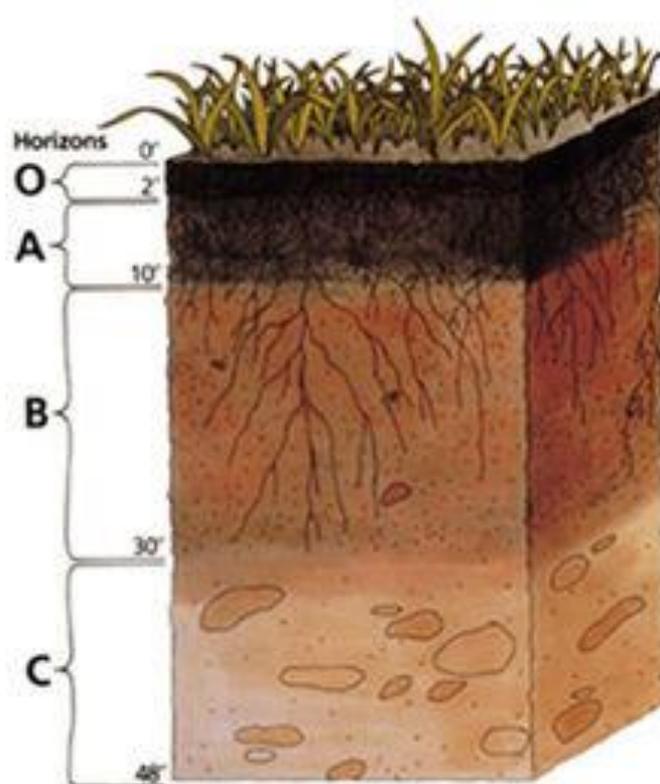


Figura 2. 2- Perfil do Solo (Ebah, 2013)

2.4. Composição do Solo

Os solos são compostos por três fases: fase sólida (matriz), fase líquida (solução do solo) e fase gasosa (atmosfera do solo). Igualmente o solo é dividido nos constituintes químicos que se mostram no gráfico da figura 2.3.



Figura 2. 3- Gráfico da constituição do solo (Salsa, 2004)

A matriz do solo contém substâncias minerais e matéria orgânica, que variam quanto à sua composição química, tamanho e forma. Os óxidos de silício, alumínio, magnésio e ferro são os minerais com maior expressão no solo. A matéria mineral pode também incluir, em proporções variáveis, fragmentos de rocha, minerais primários, em resultado da fragmentação da rocha-mãe, e minerais de origem secundária, estes resultantes da alteração dos primários, nomeadamente os minerais de argila, óxidos e hidróxidos de alumínio e ferro e por vezes, carbonatos de cálcio, magnésio, entre outros. Apresentam-se na forma de fragmentos ou partículas, de formas e dimensões muito variáveis, constituindo a textura do solo. A matéria orgânica do solo é constituída por restos de plantas e outros organismos, em estado mais ou menos avançado de decomposição, incluindo substâncias no estado coloidal, sendo este horizonte designando por húmus e localizando-se à superfície do solo. É rico em nutrientes como o azoto e o enxofre que são elementos fundamentais às biomoléculas constitutivas das plantas. É possível determinar o teor em matéria orgânica de um solo através do processo de calcinação que consiste em queimar o solo seco a altas temperaturas (Varenes, 2003).

A solução do solo, que é a fase líquida, contém água, matéria coloidal e substâncias dissolvidas como iões, compostos orgânicos e uma pequena quantidade de gases dissolvidos

incluindo oxigénio e dióxido de carbono, indispensáveis aos metabolismos dos microrganismos (Soil, 1993).

O ar do solo ocupa os espaços que não são preenchidos pela água e é essencialmente constituído por azoto, oxigénio e vapor de água, podendo encontrar-se ainda outros gases em pequenas quantidades, provenientes do metabolismo microbiano. A atmosfera do solo tem teores mais baixos de oxigénio e mais altos de vapor de água e dióxido de carbono, por comparação com a atmosfera. Um bom arejamento do solo é indispensável para a respiração das raízes e organismos do solo. Em solos compactados, com baixa porosidade, ou em solos alagados, geram-se condições de anaerobiose (baixo potencial redox) que são toleradas apenas por algumas plantas e organismos (Varenes, 2003).

2.5. Propriedades do solo

As propriedades físicas e químicas do solo influenciam o seu comportamento, tendo particular importância, a estrutura, a capacidade de retenção de água e nutrientes, a reação ao pH e o potencial redox. Estas propriedades também condicionam o modo como o solo deve ser gerido.

Estas propriedades agrupam-se na tabela 2.1.

Tabela 2. 1– Propriedades dos solos

Propriedades	
Físicas	Químicas
Cor	Adsorção
Temperatura	Reação do solo (pH)
Consistência	Halomorfismo
Compressibilidade	Potencial de oxidação-redução dos solos
Textura	Condutividade
Estrutura	
Porosidade	
Permeabilidade	

2.5.1. Propriedades físicas

A **cor** é a propriedade do solo mais fácil de observar sendo que pode apresentar uma grande variedade de cores, desde o castanho e preto que são as cores mais escuras e que indicam a existência de matéria orgânica, sobretudo húmus, passando por vermelho, ocres e cores esbranquiçadas que são consequência da diferente riqueza em matéria orgânica, tipo de argila e compostos presentes, existindo inclusive um sistema de classificação de cor standardizado, designado por coloração de *Munsell*. Os óxidos e oxi-hidróxidos de ferro conferem cores amareladas e avermelhadas. As cores claras são devidas à presença de quartzo, caulinite, carbonatos, sulfatos ou cloretos sendo também uma característica dos solos que contêm pouca matéria orgânica.

Os solos com a cor cinzenta ou cinzento-azulado têm essa cor devido à presença de compostos com ferro (II).

A cor do solo influencia a sua temperatura, visto que solos escuros aquecem mais depressa do que os claros.

Para se classificar a cor de um solo compara-se com as cores padrões nomeadamente com a carta de cores de *Munsell*, em que as mesmas são organizadas segundo a matriz (relacionado com o comprimento de onda dominante, ou cor da radiação), o valor (relacionado com a intensidade da radiação) e o croma (relacionado com a pureza do comprimento de onda dominante) (Anónimo, 2001).

A **temperatura** afeta todos os processos que ocorrem nos solos, desde o crescimento radicular à atividade dos microrganismos. As coberturas do solo e a vegetação isolam o solo, evitando grandes amplitudes térmicas (Varenes, 2003).

A **consistência** do solo é traduzida pela resistência que este oferece à deformação ou à rotura e depende de força física de coesão e adesão de partículas, sendo que esta característica varia com a estrutura, textura e também com a quantidade de matérias orgânica e mineral. A consistência num solo é bastante importante já que influencia o crescimento das raízes das plantas e por seu lado ajuda a que não exista uma erosão do solo. A consistência é avaliada por quatro propriedades principais, sendo a adesividade uma característica que depende da maior ou menor tendência que o solo tem para aderir aos objetos, podendo ser classificado como não pegajoso, pouco pegajoso, pegajoso ou muito pegajoso, segundo Costa (1973); a plasticidade manifesta-se quando os solos estão húmidos e se deformam por ação de pressão externa, podendo ser classificados como não plásticos, pouco plásticos, plásticos e muito

plásticos, de acordo com o seu comportamento. A plasticidade é uma característica que depende sobretudo do teor de argilas que por sua vez influencia a sua mobilização; a friabilidade é uma característica do solo que possui um teor baixo de água, mas não é seco e que tem facilidade em se esboroar (desagregar). O solo pode ser classificado como solto, muito friável, friável, firme, muito firme ou extremamente firme. A tenacidade ou dureza é uma característica dos solos secos que podem ser divididos em solos brandos, ligeiramente duros, duros, muito duros, ou extremamente duros (Costa, 1973). A tenacidade tende a diminuir com o aumento da matéria orgânica e a aumentar com o teor de argila.

A consistência pode ser também caracterizada pela ocorrência de cimentação causada por carbonatos de cálcio, ou óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio que aglutinam as partículas do solo. Quando uma camada do solo se encontra cimentada não existe nem o crescimento das raízes das plantas, nem a absorção da água (Anónimo, 2001).

A **compressibilidade** de um solo é a diminuição do volume por ação de uma carga e é a compacidade à resistência que o solo oferece à penetração, sendo que os solos arenosos são pouco compressíveis. Já os solos argilosos que são bastante porosos são mais suscetíveis à compressão. Os solos orgânicos são os mais compressíveis e, por outro lado, são os solos indicados para que as raízes das plantas tenham maior facilidade em crescer desenvolvendo-se por entre os inúmeros poros (Soil, 1993).

A **textura** do solo refere-se às percentagens relativas de argila, limo e areias que possui (figura 2.4). De acordo com os valores dos tamanhos das partículas, a textura é classificada em várias classes podendo ser arenosa, limosa, argilosa, argiloarenosa, areia-franca, franco-siltoso (franco quer designar texturas em que os vários tamanhos se encontram mais equilibrados).

A presença de matéria orgânica no solo em quantidade significativa altera a textura do solo. Esta pode ser determinada com bastante rigor através da determinação laboratorial dos diferentes tamanhos de partículas (designada por análise mecânica, granulométrica) ou avaliada manualmente, designando-se, então, por textura de campo. É esta avaliação que é feita correntemente na análise de amostras, sendo a textura das terras classificada em grosseira (ou ligeira), média e fina (ou pesada).

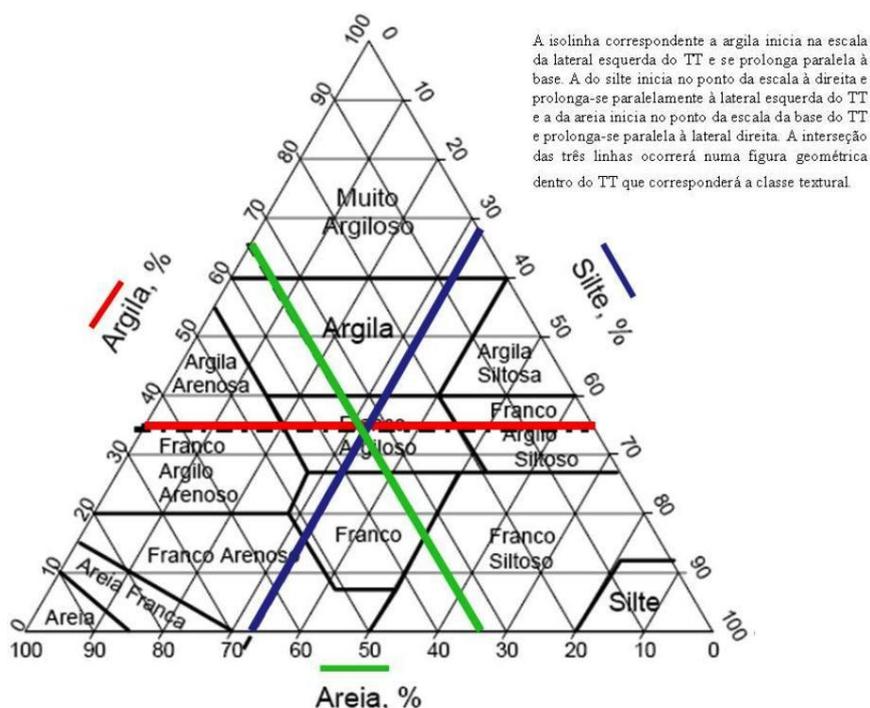


Figura 2. 4- Diagrama triangular de textura (Varenes, 2003)

A **estrutura** do solo descreve o arranjo tridimensional das partículas, usualmente unidas em agregados. Solos bem agregados e ricos em matéria orgânica apresentam maior porosidade e menor densidade aparente. Um solo com todas as partículas soltas é designado como solo sem estrutura, o que acontece no caso de material grosso (dunas de areia). O outro extremo é uma massa densamente empacotada (estrutura coerente), que pode ocorrer em alguns solos argilosos. Mais frequentemente, as partículas criam agregados, cuja dimensão e forma são características para o respetivo solo.

Segundo a classificação do Soil Survey Manual (Soil, 1993) considerem-se quatro graus de agregação a que correspondem as designações e características que a seguir se indicam:

Sem agregação – Não se verifica a existência de agregados. A ausência de agregados pode corresponder ao aspeto maciço em que existe ligação das partículas.

Fraco – Agregados muito pouco evidentes no perfil; manuseando levemente material do solo, resolve-se facilmente numa mistura de alguns agregados inteiros, muito partidos e grande proporção de material não agregado.

Moderado – Agregados relativamente evidentes no perfil; manuseando o material do solo separam-se muitos agregados inteiros e distintos, alguns quebrados e fraca proporção de material desagregado.

Forte – Agregados muito distintos no perfil; manuseando o material do solo mantêm-se principalmente agregados inteiros, e verifica-se fraca proporção de agregados quebrados e pouco ou nenhum material não agregado.

A **porosidade** do solo é o volume de todos os espaços abertos entre os grãos sólidos. A porosidade é importante para o cultivo, já que define o volume de água que pode ser retida num determinado volume de solo (Varenes, 2003).

A **permeabilidade** do solo é a propriedade do sistema poroso do solo que permite o fluxo de líquido. Normalmente, o tamanho dos poros e sua conetividade determinam se o solo possui alta ou baixa permeabilidade. A água irá fluir facilmente através de um solo de poros grandes, com boa conetividade entre eles. Poros menores com o mesmo grau de conetividade teriam baixa permeabilidade, já que a água fluiria através do solo mais lentamente. É possível termos permeabilidade zero num solo de alta porosidade se os poros estiverem isolados. Também é possível existir permeabilidade zero se os poros forem muito pequenos, como no caso da argila (Anónimo, 2001).

A **densidade real** é obtida pela comparação da massa das partículas sólidas com o volume que esta ocupa, relativamente à massa de água com igual volume.

A **densidade aparente** refere-se ao volume total do solo, logo dá-nos uma correlação mais estreita com a porosidade.

2.5.2. Propriedades químicas

A **adsorção** compreende a interação entre os vários constituintes do solo, sendo os colóides do solo constituídos por húmus, minerais argilosos, argilas amorfas e óxidos e hidróxidos de ferro, alumínio e manganésio que são consideradas como os componentes mais importantes no processo de adsorção. A capacidade de adsorção de um solo é relacionada com o grupo de minerais a que pertence, sendo que o grupo caulinite com menor superfície específica e poucas cargas, tem baixa capacidade de adsorção, enquanto os grupos esmectite ou vermicolite e o húmus, com elevada superfície específica, têm maior capacidade de adsorção (Varenes, 2003).

O **pH** do solo mede o grau de acidez ou alcalinidade do solo, através da concentração de hidrogénios (H^+) na fase líquida do solo. Por isso, são de esperar variações ao longo do ano, subindo aquela concentração geralmente no verão e descendo do inverno. Estas variações têm várias origens, nomeadamente a adsorção preferencial pelas plantas de certos iões, a atividade dos microrganismos, a diluição ou a concentração de sais.

A acidez do solo resulta do desenvolvimento de processos naturais dependentes do clima e da natureza da rocha-mãe, que possam ser agravados, ou contrariados, pela ação do homem. Em condições naturais o processo é lento e gradual. Sob cultivo, o processo é acelerado através da remoção pelas culturas de catiões básicos. Por outro lado, grande parte dos fertilizantes tende a aumentar a acidez dos solos, nomeadamente os que contêm azoto amoniacal ou orgânico.

As plantas diferem na sua sensibilidade à acidez ou alcalinidade do solo, verificando-se que a maioria das plantas cultivadas prefere valores de pH entre o ligeiramente ácido e o neutro.

A produtividade dos solos ácidos é normalmente baixa devido a problemas de nutrição mineral ou toxicidade de elementos, nutrientes ou não, como o manganês e o alumínio. Na figura 2.5 é indicada, pelo Quadro de Truog, a disponibilidade dos nutrientes minerais segundo o valor de pH no solo. Quanto maior for a largura da faixa, maior será a disponibilidade dos nutrientes ou a atividade dos microrganismos do solo (Jones, 2001).

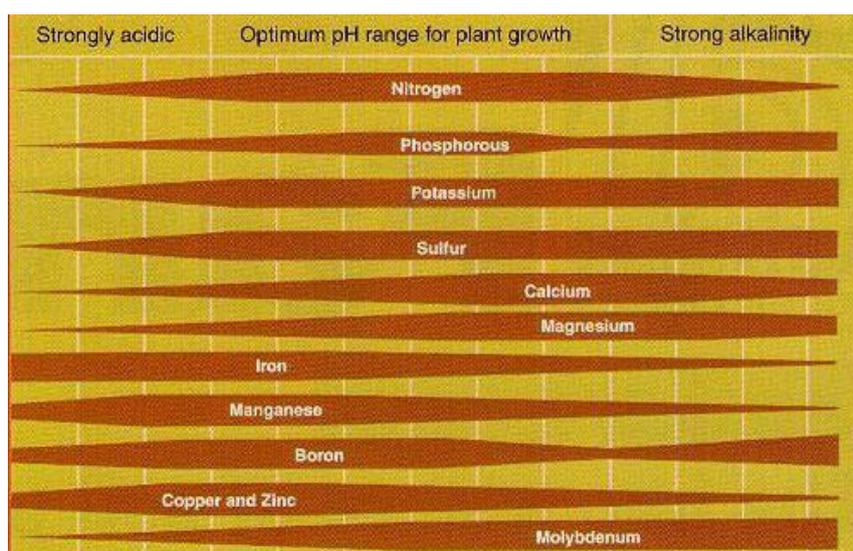


Figura 2.5- Relação entre a quantidade de nutriente e o pH (Cunningham, W.P., Cunningham, M.A., 2009)

Halomorfismo

Um solo halomorfo é aquele que tem um teor salino relativamente elevado na solução do solo, ou que possui um complexo de troca dominado pelo sódio.

Os solos salinos são solos que resultam de um processo de salinização, ou seja, acumulação de sais, efetuada de modo natural, ou por ação do homem.

Uma considerável área mundial é afetada por salinidade devido ao uso de água de rega com teor elevado de sais e à falta de drenagem interna dos solos. Nestes solos o lençol freático é superficial ocorrendo uma subida dos sais por capilaridade da zona mais profunda para a camada arável. Neste tipo de solo a percentagem de saturação é elevada e o pH do solo é superior a sete.

Para distinguir os solos salinos dos sódicos devem considerar-se três características: o pH, a condutividade elétrica e a percentagem de sódio de troca. O pH depende do catião dominante; se é o cálcio ou o magnésio, a maior parte dos iões carbonato precipita. A condutividade elétrica do solo dá-nos indicação da quantidade de sais solúveis existentes. A percentagem de sódio de troca é obtida pela razão entre a quantidade de sódio presente no complexo de troca e a capacidade de troca catiónica do solo (Varenes, 2003).

Potencial de oxidação-redução dos solos

As reações de oxidação-redução ocorrem em todos os tipos de solos, sendo que em solos bem arejados as raízes e organismos efetuam a respiração celular usando o oxigénio como recetor final dos eletrões produzidos durante a oxidação dos compostos orgânicos.

O potencial de oxidação-redução do solo mede o seu estado de oxidação, sendo maior em solos bem arejados (Aguar, 2005).

Condutividade

A condutividade elétrica define o carácter elétrico de um material em estudo e a facilidade com que esse material conduz a corrente elétrica, expressando-se em Siemens (S). É inversamente proporcional à resistividade que tem como unidade internacional o Ohm (Ω). A condutividade é determinada usando o condutímetro, equipamento que possui um eléctrodo de platina que indica o valor da condutividade da amostra em $\mu\text{S}/\text{cm}$.

2.5.3. Nutrientes vegetais

As plantas são seres vivos que, tal como nós, precisam de ter uma alimentação equilibrada para executar todas as funções vitais necessárias para o correto crescimento e desenvolvimento.

Os macronutrientes principais são o azoto, o fósforo e o potássio. Recebem esta designação porque para além de serem absorvidos numa quantidade elevada, os seus teores disponíveis no solo na maioria dos casos é insuficiente, pelo que se torna necessário recorrer à aplicação de fertilizantes. Os macronutrientes secundários incluem os elementos cálcio, magnésio, enxofre, sódio, cloro e silício. São nutrientes que embora sejam absorvidos em grandes quantidades, para deles se dispor normalmente não é necessário recorrer ao uso de fertilizantes. Os micronutrientes são absorvidos em quantidades reduzidas, podendo causar intoxicação às plantas quando adsorvidos em larga extensão. A sua ação no reino vegetal considera-se paralela à das vitaminas no reino animal. Exemplo de micronutrientes são o alumínio, o boro, o cobre, o ferro, o manganês e o zinco (Varenes, 2003).

Estes nutrientes e as suas formas assimiláveis apresentam-se na tabela 2.2.

Tabela 2. 2- Elementos essenciais para as plantas e suas formas assimiláveis (adaptado de Aguiar, 2005)

Elementos	Símbolo Químico	Forma Assimilável pelas plantas
Macronutrientes		
Azoto	N	NO₃⁻ NH₄⁺
Potássio	K	K⁺
Cálcio	Ca	Ca₂⁺
Magnésio	Mg	Mg²⁺
Fosforo	P	H₂PO₄⁻, HPO₄²⁻
Enxofre	S	SO₄²⁻
Micronutrientes		
Ferro	Fe	Fe²⁺, Fe³⁺
Manganésio	Mn	Mn²⁺
Zinco	Zn	Zn²⁺
Cobre	Cu	Cu²⁺
Boro	B	BO₃³⁻
Molibdénio	Mo	MoO₄²⁻

Para além destes nutrientes existem também três outros elementos que são vitais para a planta, que são retirados do ar e da água. São eles o carbono, o hidrogénio e o oxigénio.

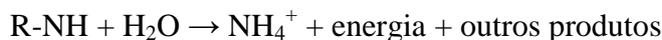
Azoto

O azoto encontra-se nos solos em formas orgânicas e minerais (inorgânicas). As formas orgânicas encontram-se em maior quantidade, representando cerca de 95% da totalidade do azoto. Trata-se de substâncias relativamente complexas, em que predominam aminoácidos, proteínas e partículas de argila. Estas formas não são praticamente absorvidas pelas plantas, facto que se associa à sua reduzida solubilidade na água, o que leva a atribuir ao azoto orgânico do solo uma função de reserva, servindo de substrato para a formação de azoto mineral (Cunningham, 2009).

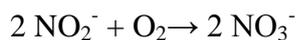
As formas minerais incluem diversas combinações químicas, de entre as quais podemos salientar o azoto molecular (N_2), o ião amónio (NH_4^+), o ião nitrato (NO_3^-) e o ião nitrito (NO_2^-).

O ião amónio e o ião nitrato são as principais formas sob as quais o azoto é absorvido através das raízes. Tanto as formas orgânicas como as formas minerais são suscetíveis de sofrer no solo diversas transformações que se podem englobar nas seguintes fases:

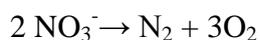
Amonificação



Nitrificação



Desnitrificação



O processo de amonificação é influenciado por baixas temperaturas e por excessos ou deficiência de água (fatores que influenciam a vida microbiana). Podemos dizer que o processo de nitrificação é o mais importante, uma vez que deste resulta o azoto nítrico que é facilmente adsorvido pelas plantas tendo como termo de comparação o azoto amoniacal (resultante da amonificação). Nos solos a nitrificação é influenciada pela acidez ou alcalinidade elevadas, deficiência de arejamento e drenagem, baixa concentração de fósforo e cálcio e baixas temperaturas.

O ciclo do azoto está representado no esquema da figura 2.6.

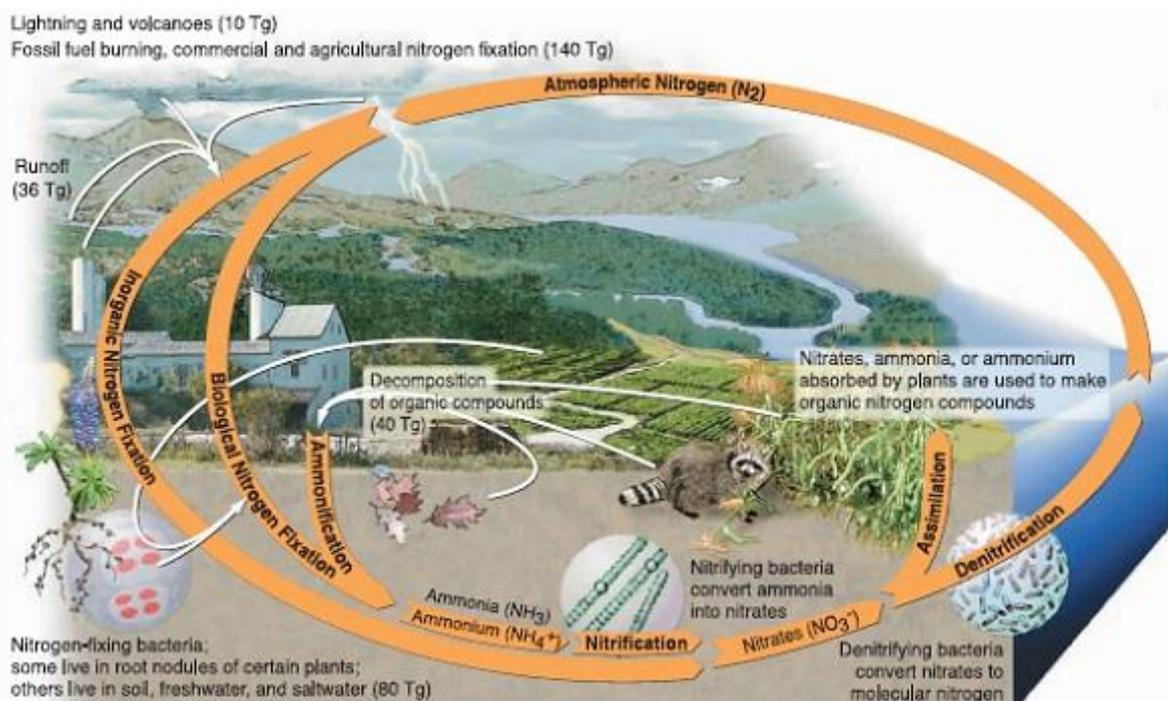


Figura 2. 6- Ciclo do azoto (Cunningham, W.P., Cunningham, M.A., 2009)

Fósforo

O teor de fósforo no solo nos ecossistemas naturais geralmente é baixo. Este elemento encontra-se normalmente em formas pouco disponíveis para as plantas, adsorvidas ou precipitadas e converte-se lentamente em formas assimiláveis pela planta.

O fósforo encontra-se no solo sob a forma orgânica e sob a forma mineral. As formas orgânicas são mineralizadas por ação dos microrganismos (figura 2.7) e estão influenciadas pelo pH e pelas concentrações de carbono, azoto e enxofre. As formas minerais representam cerca de 70 a 80% do fósforo total em solos minerais, nas formas químicas de ortofosfatos $H_2PO_4^-$ e HPO_4^{2-} . Só uma pequena parte desta fração é que se encontra na solução do solo em combinações químicas solúveis e portanto de fácil utilização pelas plantas. A maior parte do fósforo mineral encontra-se em formas químicas que só podem libertar o nutriente em determinadas condições. Esta retenção do fósforo mineral está associada a várias características do solo, principalmente à reação do solo (pH) e ao teor em cálcio.

A fixação do fósforo está dependente de vários fatores tais como o teor em argila, presença de compostos de ferro e alumínio e presença de calcário e cálcio. Inicialmente vão-se fixando as formas solúveis e gradualmente vão-se fixando as menos solúveis.



Figura 2. 7- Ciclo do fosforo (Cunningham, W.P., Cunningham, M.A., 2009)

Potássio no solo

De acordo com as diferentes possibilidades de ser absorvido pelas plantas, pode-se considerar que o potássio existe no solo em quatro formas (figura 2.8):

- Fazendo parte de minerais;
- Fixado em argilas;
- Adsorvido nos colóides minerais e orgânicos;
- Dissolvido na solução do solo.

Minerais potássicos: o potássio entra na composição de diversos minerais, nomeadamente os feldspatos potássicos, moscovite e biotite. Enquanto presente nestas formas não é assimilado pelas plantas.

Potássio fixado nas argilas: o potássio pode ser fixado nos espaços intermoleculares dos minerais à escala de 2:1, em formas muito dificilmente disponíveis para as plantas.

Potássio adsorvido no complexo coloidal: nesta forma o potássio pode naturalmente, encontrar-se na forma de catião de troca no complexo coloidal do solo. Se se encontrar adsorvido na argila e na matéria orgânica, pode ser assimilado pelas plantas.

Potássio na solução do solo: o potássio existe também livremente na solução do solo, na forma de ião K^+ . Nesta forma, o potássio é facilmente utilizado pelas plantas. Este nutriente como não forma compostos insolúveis com os normais constituintes da solução do solo, será facilmente arrastado por lavagem. Quer dizer, o potássio não é suscetível de retenção química no solo, podendo, no entanto, ser retido por adsorção e / ou fixação.

As quatro formas referidas anteriormente encontram-se em equilíbrio dinâmico. Encontram-se especialmente em equilíbrio o potássio de troca e o ião potássio dissolvido na solução do solo; é devido a este equilíbrio que se conseguem concentrações de potássio no solo que não divergem muito entre si.

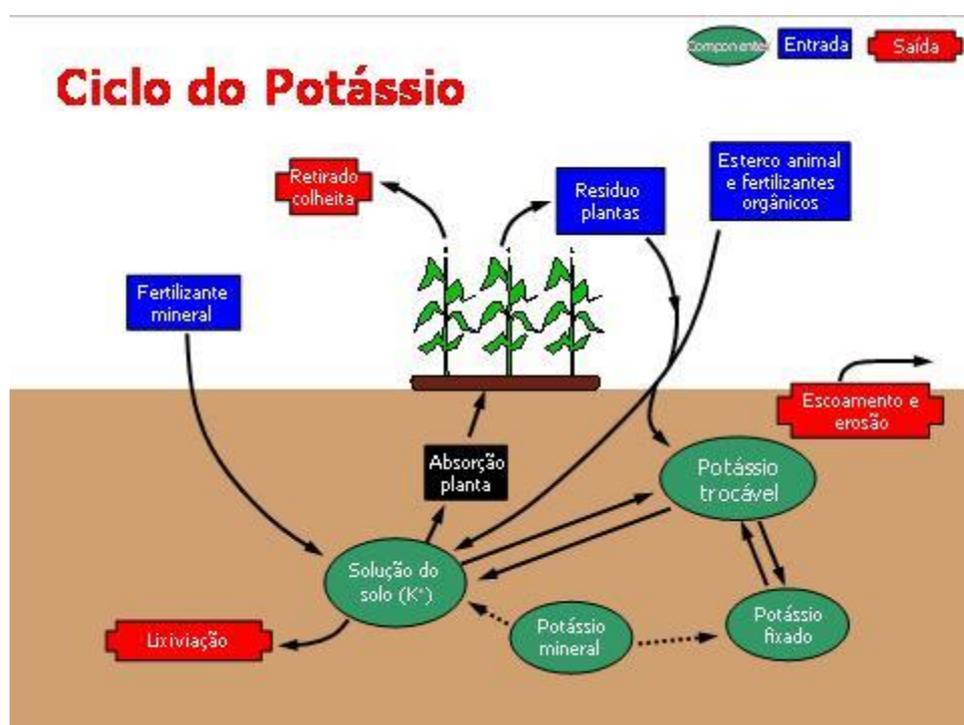


Figura 2. 8- Ciclo do Potássio (Agrolink, 2013)

Capítulo 3

Trabalho experimental

Resumo: Neste capítulo apresenta-se a metodologia, discussão de resultados, análise descritiva dos resultados e tratamento estatístico das análises realizadas aos solos da Reserva Natural do Paul do Boquilobo.

3.1. Metodologia

No ano de 2012 com o objetivo de compreender e justificar as principais fontes de poluição das águas do Paul, verificou-se a necessidade de avaliar a constituição do solo e o seu nível de contaminação. Desta forma e a fim de obter mais uma peça do complicado puzzle de poluição que se observa no Paul, foram realizadas análises físicas e químicas ao solo. No corrente trabalho, e em virtude dos resultados anteriormente não serem completamente satisfatórios, foi decidido aumentar a frequência, distribuição geográfica das recolhas, com o objetivo de explicar adequadamente a diversidade e grau de contaminação dos solos.

O princípio fundamental da nossa análise foi compreender quais as diferenças entre os solos que existem na reserva, de acordo com a carta Geológica de Portugal n.º 27C. Optámos por definir quatro locais representativos da diversidade geral de solos, aos quais foi adicionado um local de particular interesse por conter uma das maiores comunidades de *Narcissus fernandesii* (figura 3.1) uma espécie rara, embora possível de encontrar no sector Ribatagano-Sadense, de ocorrência restrita a um único local na reserva.



Figura 3. 1- Imagem do *Narcissus fernandesii* encontrado na RNPB

No desenho da metodologia para o corrente trabalho de 2013 os critérios foram alargados, com o principal objetivo de salientar as características dos solos nos diversos habitats naturais, dando particular atenção às zonas de transição entre aluviões e depósitos de terraços.

Outro dos objetivos das nossas análises nestes dois anos foi determinar qual a contaminação com fertilizantes que os solos ainda possuem após alguns anos de pousio, quando comparados com os solos agrícolas da mesma tipologia e com utilização frequente.

Por último, um objetivo específico, foi saber qual a possibilidade de recolonizar a espécie *Narcissus fernandesii* noutras locais da reserva tendo sido repetida a recolha no local onde os mesmos se encontram em virtude de no ano de 2012 a recolha não ter sido realizada nas melhores condições técnicas, ao contrário do que aconteceu com as restantes amostras, por inadequação do material de recolha à tipologia do solo, que ali se apresentava muito grosseiro.

Na figura 3.2 estão identificados os pontos onde foi efetuada a recolha de amostras de solo nos dois anos. Em 2012 recolheram-se amostras nos pontos 1 e 3 junto da reserva integral e nos pontos 2 e 4 em área agrícola. Já no ano de 2013 foram feitas recolhas nos pontos 5 a 8 que se situam em habitats naturais (figura 3.3) e junto de terrenos que pertencem ao estado, podendo também verificar-se que todos estes pontos se encontram em área de transição geológica entre o aluvião e o complexo com vertebrados do Sarmato-Pontiano conforme foi identificado na Carta Geológica de Portugal n.º 27C. O ponto 9 é o local onde existe a espécie *Narcissus fernandesii* e que está localizado, segundo a mesma carta geológica, num depósito de terraços de 8 – 15 m, ilustrado na figura 3.2.

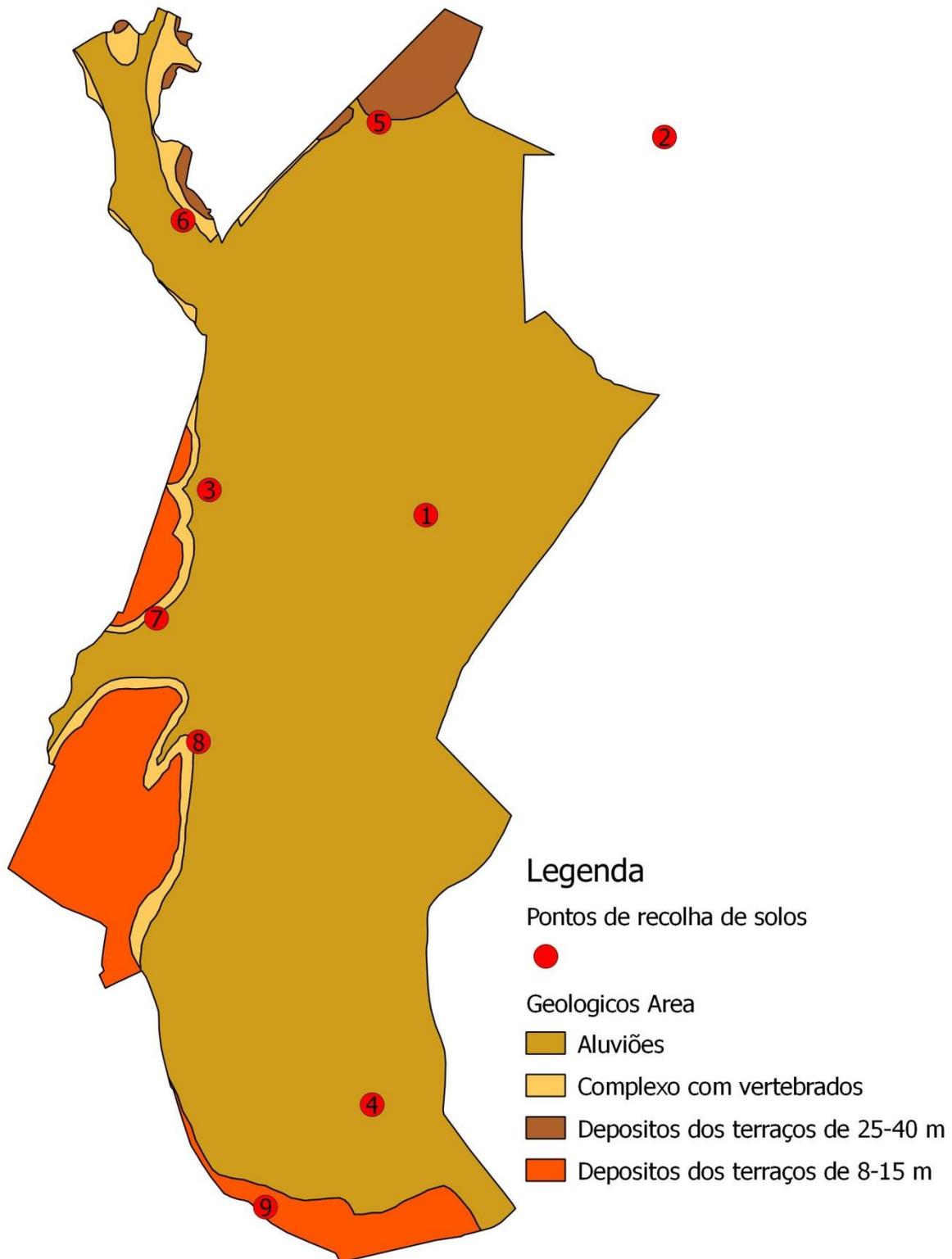


Figura 3. 2- Mapa da geologia com os pontos de recolha de amostra de solos

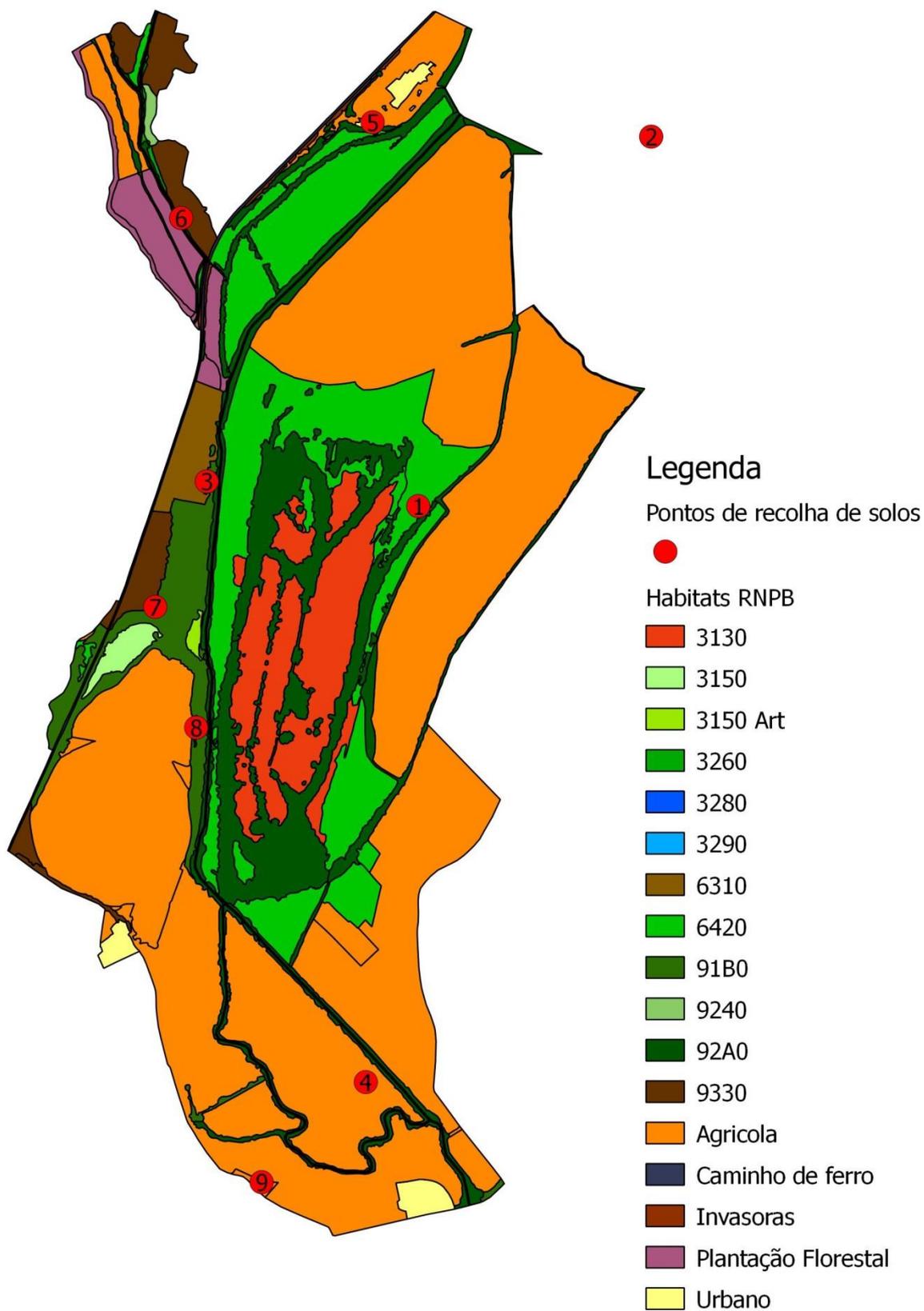


Figura 3. 3- Mapa dos habitats com os locais de recolha de solos

3.2. Recolha das amostras

As colheitas das amostras foram realizadas em maio de 2012 nos pontos 1 a 4 e em maio de 2013 as restantes, sendo que por motivos logísticos no ano de 2012 apenas se realizou uma recolha de solos de cada local, corrigindo-se esta metodologia no ano de 2013, onde se recolheram duas réplicas de cada local em análise. Nas várias recolhas efetuadas nos dois anos foram seguidos todos os critérios protocolares para a não contaminação do solo extraído para posterior análise. O procedimento envolveu a limpeza do local de recolha e a remoção de toda a vegetação existente. Posteriormente foram escavados cerca de 10 a 20 cm com o auxílio de uma pá de mão. A recolha da amostra foi efetuada com um trado de recolha de amostras da marca Eijkelkamp Agrisearch Equipment, do tipo meia cana e trado. Comprimiou-se o equipamento de encontro ao solo, como podemos verificar na figura 3.4, tendo penetrado cerca de 70 cm. Ao retirarmos o trado vazámos os 30 cm de solo que se encontravam no topo do trado, horizonte A ou seja, o solo que se encontrava mais abaixo da superfície, tendo o cuidado de evitar o manuseamento da amostra, fator que poderia alterar o seu pH.

O vazamento da amostra de solo foi efetuado diretamente (figura 3.5) para um tubo de policloreto de vinilo (PVC) de 40 mm de diâmetro e com os topos tamponados, tubos construídos especificamente para este projeto e para o corrente procedimento, representados na figura 3.6, evitando-se possíveis contaminações do solo durante o transporte e antes da realização das análises.

O material de recolha de solos foi cedido pelo Centro de Pré-História do Instituto Politécnico de Tomar.



Figura 3. 4- Recolha de solo



Figura 3. 5- Armazenamento do solo



Figura 3. 6- Tubo de armazenamento da amostra de solo

3.3. Análises dos solos

Granulometria

A análise granulométrica consiste na determinação das dimensões das partículas que constituem a amostra e no tratamento estatístico dessa informação. Resumidamente, consiste em determinar as dimensões das partículas individuais e estudar a sua distribuição, quer pelo peso de cada classe dimensional, quer pelo seu volume, ou ainda pelo número de partículas integradas.

O método mais conhecido para efetuar a análise granulométrica é o da peneiração. Um peneiro para este tipo de análise consiste num suporte metálico (latão, alumínio, inox) cilíndrico que serve de suporte a uma rede (geralmente metálica) de malha calibrada.

Os peneiros estão concebidos para poderem ser encaixados uns nos outros de modo a formarem uma coluna de peneiração como se mostra na figura 3.7. Na parte inferior encaixa-se um peneiro destinado a receber as partículas menores que atravessaram a coluna sem serem retidos em nenhum outro peneiro.

A amostra a peneirar tem de ser sujeita a uma secagem completa utilizando, geralmente, uma estufa com temperatura não superior a 35°C ou então, em alternativa, secagem ao ar livre até massa constante. Após secagem, a amostra deve ser cuidadosamente pesada de modo a poderem estimar-se eventuais perdas que possam ocorrer durante o processo de peneiração e de pesagem das frações peneiradas. O tempo de peneiração é determinado em função do peso da amostra sendo que, normalmente, se peneira por períodos entre 10 a 15 minutos para uma amostra até 500g. É normal que o peso total das frações de peneiração seja um pouco inferior ao da amostra original, devido à perda de pequenas

partículas ocorridas durante o processo. Neste procedimento, de cada uma das amostras foram retiradas 300 g de solo, secas à temperatura de 30°C numa estufa de marca WTB Binder, modelo ED – 53, tendo o cuidado de, a intervalos regulares, separar cada uma das amostras para que não se formem agregados. Após arrefecimento das amostras, procedeu-se novamente à sua pesagem e colocação na coluna de peneiros. Foram utilizados peneiros de latão acoplados a um agitador de peneiros da marca Octogon, usando uma amplitude de 8, durante 15 minutos. Em seguida os peneiros foram individualmente removidos e todo o seu conteúdo foi cuidadosamente pesado em balança analítica de marca Oertling e modelo RC062—A4ZA10A-(6000g) .



Figura 3. 7- Colona de peneiros para separação de partículas

Porosidade

A porosidade refere-se a um determinado espaço ocupado pelos líquidos em relação ao espaço ocupado pela massa de solo. A circulação de água no solo relaciona-se com uma rede de poros que podem estar compactados ou isolados permitindo a circulação da água ou o armazenamento desta. Esta característica depende não só da textura mas principalmente da estrutura do solo, no sentido em que as partículas condicionam o movimento da água e ar no solo.

A porosidade calcula-se a partir da densidade aparente (tabelada) e da massa volúmica das partículas sólidas. A massa volúmica é determinada com base na massa do solo seco e seu volume. Uma amostra de solo húmido é pesada e colocada num cilindro graduado (proveta) com um volume conhecido de água. A diferença entre o volume total lido e o volume de água previamente adicionada corresponde ao volume das partículas sólidas.

pH

Para a determinação do pH foi utilizado um potenciómetro Crison em que se determinou diretamente a atividade dos iões H^+ de uma solução de solo e água destilada (1:2), após se ter agitado a solução durante 30 minutos (figura 3.8).



Figura 3. 8 – Agitação da solução de solo

Condutividade

A condutividade foi determinada a partir de um condutímetro Micro CM 2220, Crison, diretamente na solução de solo-água destilada (1:2) também após se ter agitado a solução durante 30 minutos. O aparelho foi calibrado com uma solução de cloreto de potássio (KCl) 2M.

Matéria orgânica

A matéria orgânica do solo é composta por organismos vivos, resíduos de plantas e animais total ou parcialmente decompostos e que contêm compostos de carbono. Estes elementos da matéria orgânica são essenciais para a manutenção dos ecossistemas dos quais fazem parte.

O teor de matéria orgânica do solo pode ser determinado diretamente por calcinação, tendo sido a amostra calcinada numa mufla de marca P SELECTA e modelo SELECT-HORN a $425^{\circ}C$ durante 6h ou até massa constante. Subtrai-se à massa inicial a massa após calcinação e determina-se a quantidade de matéria orgânica no solo, matéria volatilizada, que é expressa em g/kg de solo.

Nitratos

O método de determinação dos nitratos no solo está dividido em duas partes, a extração e a quantificação, sendo que para a extração foi utilizada uma solução de KCl 2 M. Este método de extração foi descrito inicialmente por Dahnke e Johnson (1990) e Mulvaney (1996) e apresentado posteriormente por Jones (2001).

Para a determinação dos nitratos temos de proceder à remoção dos cloretos existentes na amostra, pois estes podem interferir com a determinação pretendida. Neste caso utilizámos uma solução de sulfato de prata que precipitou os cloretos presentes.

A determinação dos nitratos é realizada pelo método colorimétrico, sendo realizada a leitura das absorvências no espectrofotómetro de marca Spektralphotometer CADAS 100 e modelo DR LANGE a 324nm.

Fosfatos

O método de determinação dos fosfatos presente no solo está dividido em duas partes, sendo que para a extração foi utilizado o método descrito inicialmente por Moody e Bolland (1999) e apresentado posteriormente por Jones (2001). Utilizou-se uma solução de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) 0,5 M como reagente de extração, com um pH de 8,5, método desenvolvido pela primeira vez por Olsen et al. (1954) e apresentado por Jones (2001).

A determinação dos fosfatos é realizada pelo método colorimétrico, sendo realizada a leitura das absorvências no espectrofotómetro de marca Spektralphotometer CADAS 100 e modelo DR LANGE a 880nm.

Potássio

O potássio é geralmente extraído por outro catião que vai permutar com os iões presentes no complexo de troca. O método utilizado é o da água, para extrair K, Ca, Mg e Na a partir do solo. A razão solo/ água de 1:5 (v:v) foi referenciada por Hesse (1971) e Chapman e Pratt (1982). Este método é relativamente simples, no entanto, tem a desvantagem de produzir números irrealistas para o Ca e Na como um resultado dos deslocamentos de permuta catiónica de equilíbrio (Jones, 2001).

Os catiões presentes no extrato são depois doseados por espectrofotometria de chama (Gonçalves, 2001).

3.4. Resultados e discussão

3.4.1. Análise descritiva

Após a determinação do pH, foi possível elaborar o gráfico da figura 3.9 onde se verifica que os solos são ligeiramente alcalinos ou neutros.

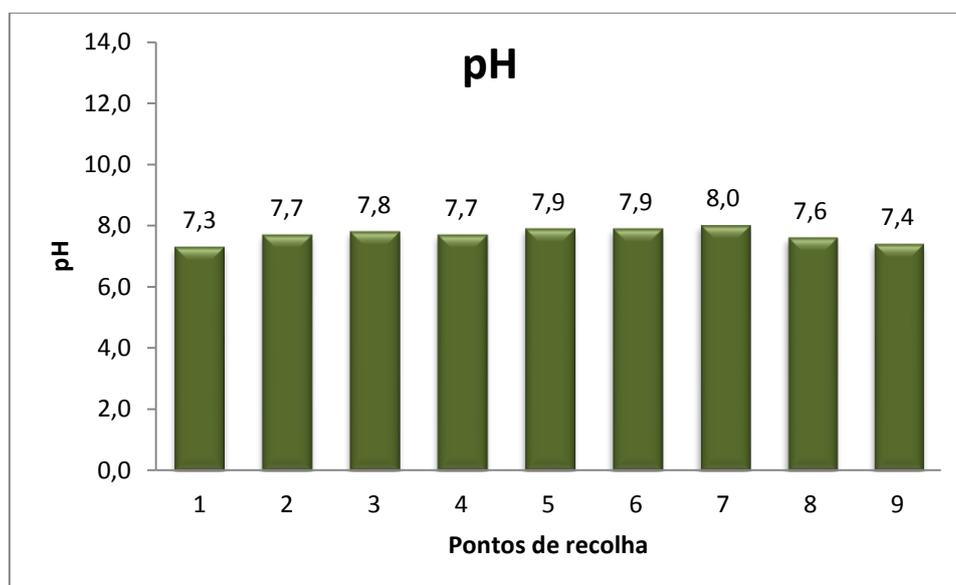


Figura 3. 9- Gráfico com os valores de pH dos solos analisados

O pH não difere de local para local nem de um ano para o outro, resultado expectável, visto os locais se encontram sobre a mesma composição geológica, a matriz calcária do maciço estremenho. Estes valores oscilam por alguns fatores, como sendo, o teor de água, o tipo de cultura e a época do ano.

Os valores de pH nos pontos 1 e 9 são os mais baixos, podendo dever-se ao facto de se encontrarem numa zona de silvo-pastorícia, onde é costume existirem pastagens durante alguns períodos do ano, sendo de referir que o ponto 1 está, a maior parte do ano, com os lençóis freáticos à superfície.

Os valores de pH na área agrícola são iguais (pontos 2 e 4), o que se explica devido ao facto das culturas e das condições do local serem muito idênticas. Já nos pontos 3, 5, 6, 7 e 8, o pH também é idêntico, devido ao facto de se encontrarem numa zona que foi agrícola durante muitos anos e de se encontrarem sobre a mesma camada geológica, ou seja na zona de transição do aluvião do Tejo para os terraços quaternários.

Ao analisar o gráfico da figura 3.10 referente à condutividade dos solos podemos verificar que possuímos três grupos de valores distintos.

O ponto 1 é o local onde a condutividade é maior, o que pode dever-se ao facto de os lençol freático se encontrar permanente próximo da superfície, aumentando as concentrações iónicas do horizonte O derivadas ao baixo poder de decomposição da matéria orgânica. Outra das razões para este valor poderá ser a proximidade da Vala das Cordas, local este que é percorrido por água com uma elevada concentração de poluentes e por sua vez com bastantes sais, como foi possível verificar nos resultados das análises daquelas águas obtidos em projetos realizados em anos anteriores por alunos desta instituição de ensino (Morais *et al*, 2011; Godinho *et al*, 2012; Azevedo *et al*, 2013).

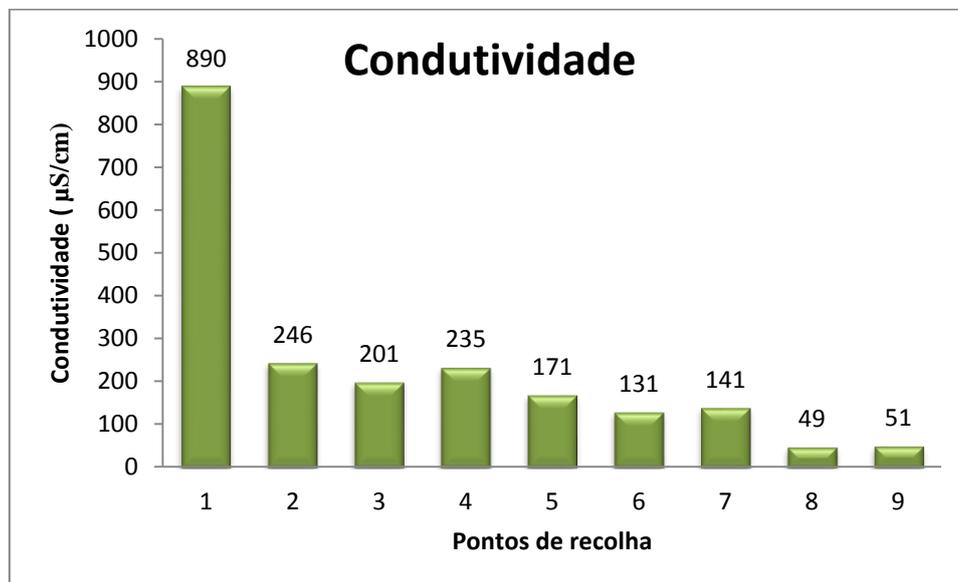


Figura 3. 10 - Gráfico com os valores da condutividade dos solos analisados

Os pontos 2 e 4 possuem valores de condutividade na ordem dos 240 μS/cm devido a tratar se de locais onde existe agricultura intensiva facto que obriga a existir maior irrigação, sendo que a água da rega apresenta maior quantidade de sais (Varenes, 2003). Nos pontos 3, 5, 6 e 7 observa-se que os valores são relativamente idênticos entre eles, o que pode dever-se ao facto de já, há alguns anos, não serem cultivados e de todos possuírem as mesmas características geológicas.

Os pontos 8 e 9 são os locais onde existe menor condutividade, o que nos indica que o solo possui poucos sais dissolvidos capazes de conduzir a corrente elétrica. Este facto deve-se

à grande permeabilidade e consequente baixo teor de água disponível (*vide* figura 3.15) para solubilizar a matéria mineral existente.

Os nutrientes disponíveis num solo têm uma relação direta com o respetivo pH. Em termos de nutrientes (figura 3.11) é de salientar que, em todos os locais, os valores de fosfatos são os mais baixos valores determinados. O maior valor de fosfatos corresponde ao maior valor de pH pelo facto da maior fixação destes ocorrer a pH elevados ou baixo e não perto da zona de neutralidade (Varenes, 2003).

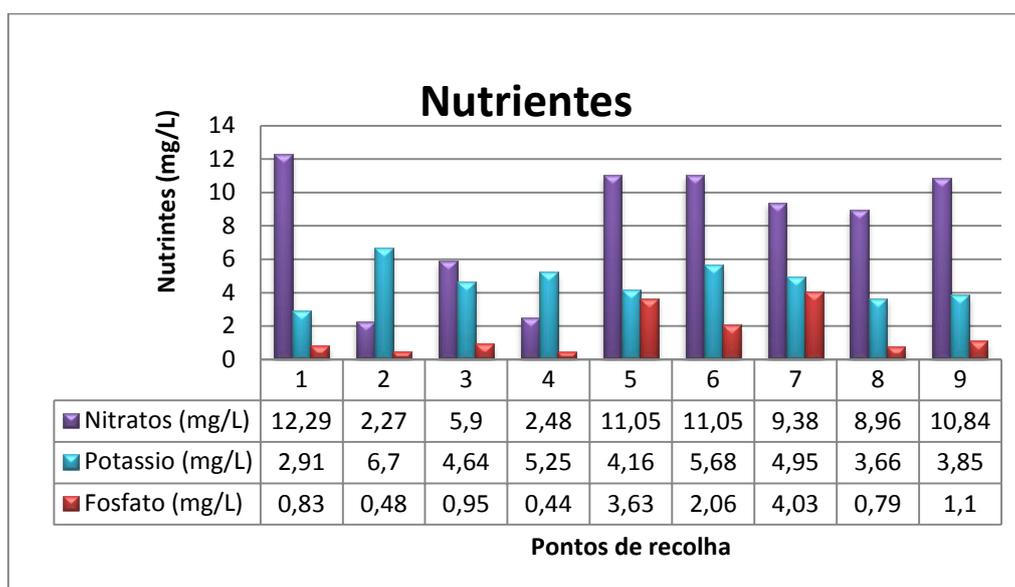


Figura 3. 11-Gráfico com os valores dos principais nutrientes dos solos analisados

No gráfico da figura 3.11 verifica-se que as concentrações dos nitratos nos pontos 1, 3, 5, 6, 7, 8 e 9 são mais elevadas relativamente aos nutrientes analisados e aos locais em estudo. Estes valores podem dever-se ao facto de serem locais naturais e seminaturais, sendo que no ponto 1 os teores de água e de matéria orgânica são mais elevados, como se pode constatar da análise da figura 3.15, o que pode proporcionar um maior desenvolvimento microbiológico dando origem a processos de nitrificação conducentes à disponibilização de azoto sobre a forma de nitratos, com origem em iões amónio provenientes da matéria orgânica. As bactérias autotróficas nitrificantes do solo, por exemplo do Género *Nitrosomonas* são capazes de produzir nitritos a partir dos iões amónio e depois, as bactérias do Género *Nitrobacter* oxidam os nitritos em nitratos. Os restantes pontos tem valores idênticos de nitratos o que pode ser atribuído às capacidades de retenção do solo, que se encontra em pousio. O processo de

pousio fomenta os processos naturais de nitrificação e de regeneração de nutrientes, auxiliados pelo teor de humidade existente.

Nos locais agrícolas (pontos 2 e 4) pode-se verificar que os valores de nitratos e fosfatos são os mais baixos relativamente aos outros pontos, sendo que o potássio é o nutriente mais abundante nestes locais em relação aos restantes. Tal deve-se ao facto de serem áreas de agricultura intensiva que ainda se encontravam em plantação e, por isso, necessitara de fertilização contínua a fim de manterem as características ótimas para a prática agrícola.

Após a determinação dos nutrientes foi possível agrupar os pontos segundo o tipo litológico; com as médias dos valores dos pontos que correspondem a cada tipo litológico foi possível elaborar os mapas que se representa nas figuras 3.12, 3.13 e 3.14.

Para a elaboração dos mapas, foi utilizado o software Quantum GIS 1.8 Lisboa que nos permite compor diferentes tipos de mapas onde podem ser visualizados através de um código de cores (Matos, 2008) os teores de nitratos, fosfatos e potássio determinados.

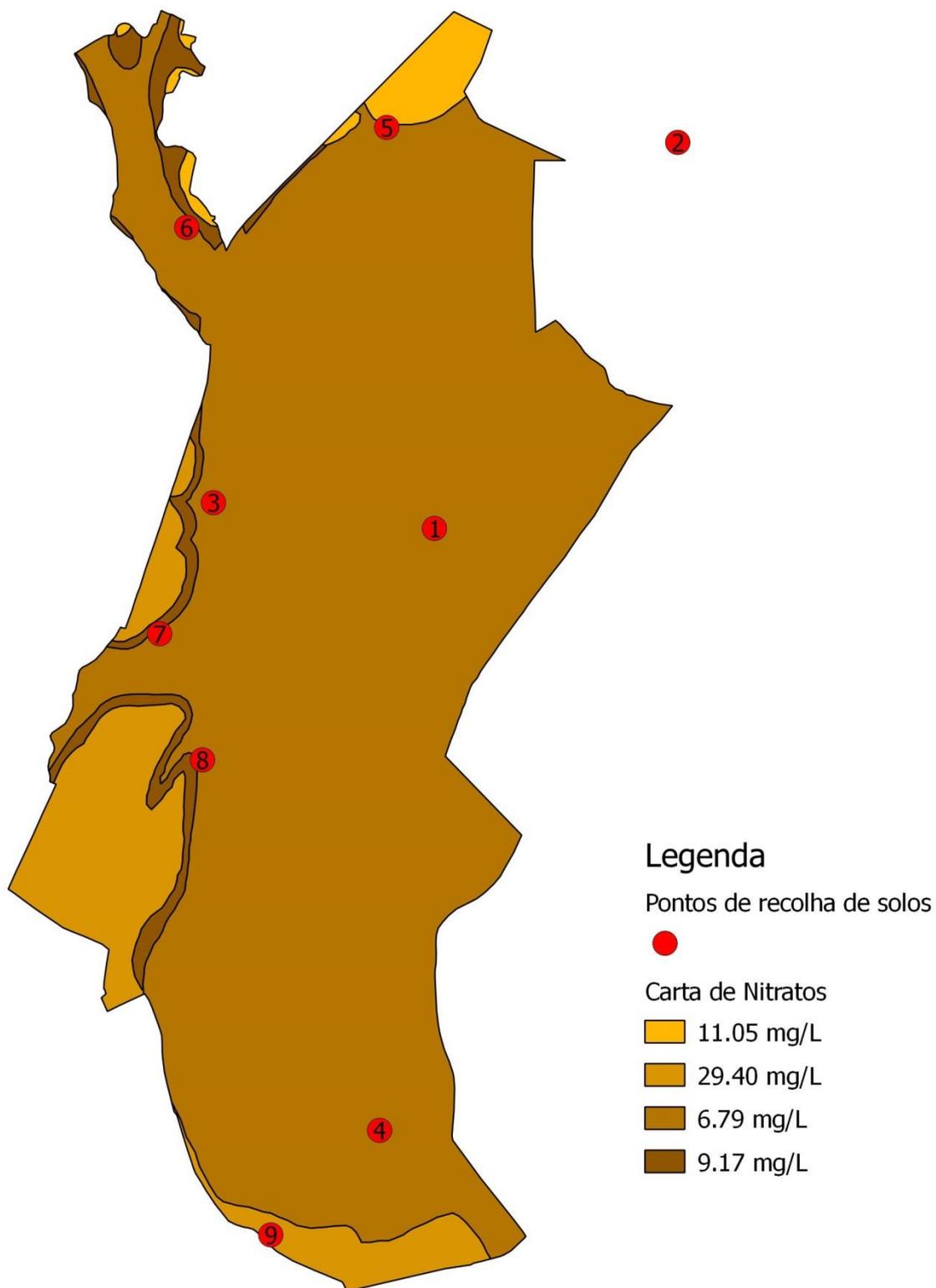


Figura 3. 12 – Representação geográfica do teor de nitratos nos solos da RNPB

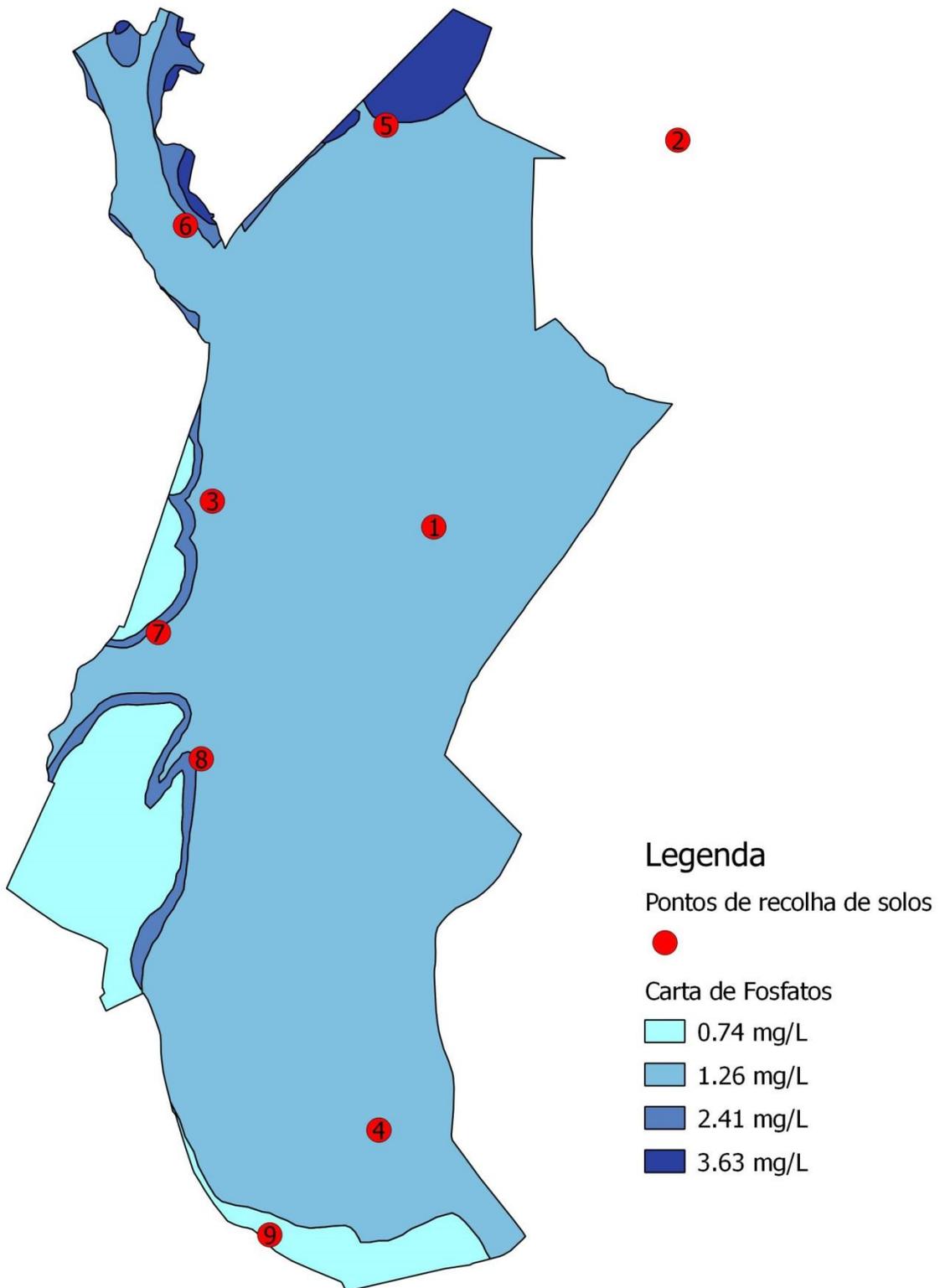


Figura 3. 13 – Representação geográfica do teor de fosfatos nos solos da RNPB

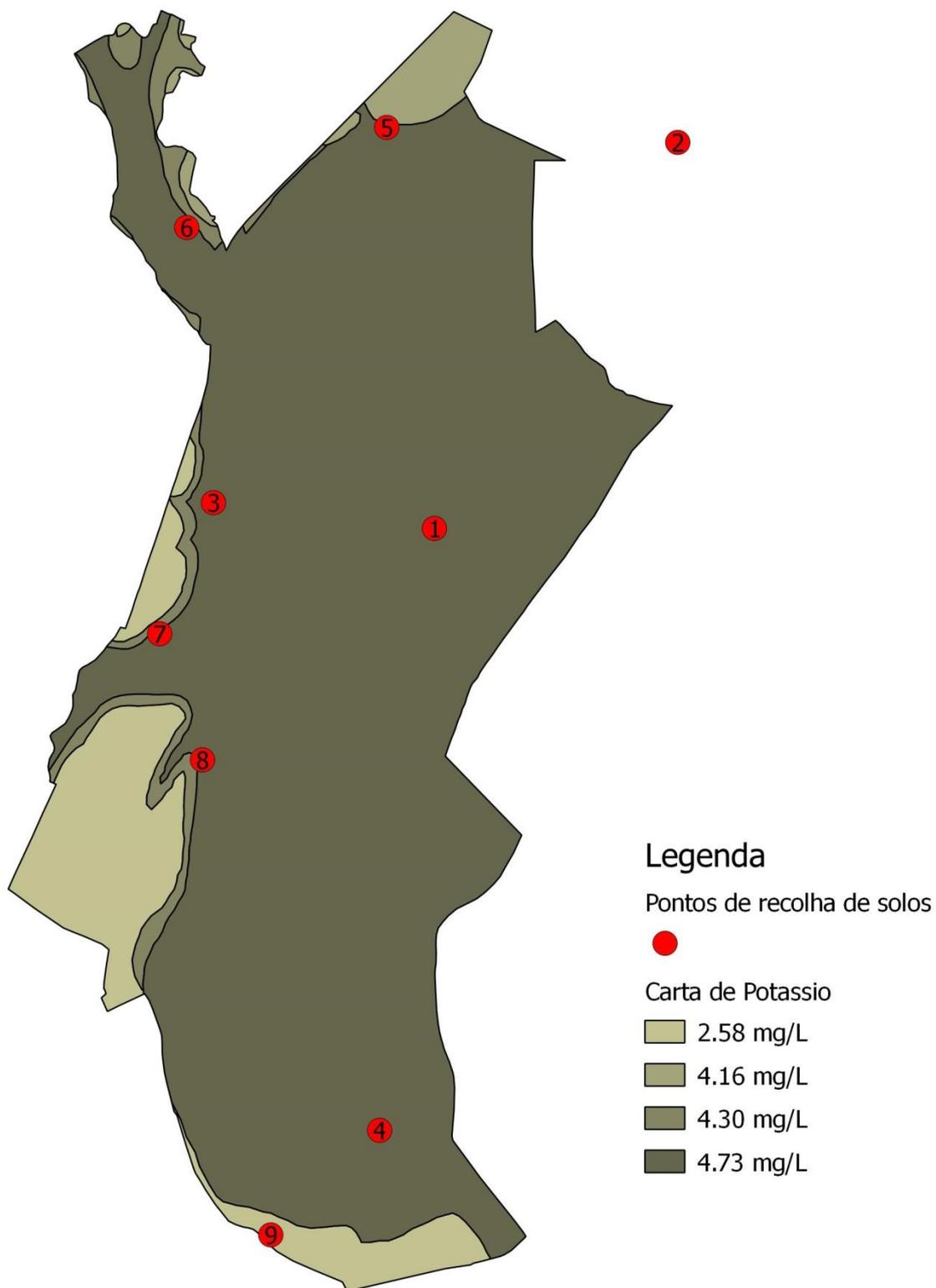


Figura 3. 14 - Representação geográfica do teor de potássio nos solos da RNPB

No que diz respeito à constituição dos solos, verificam-se algumas diferenças entre os diversos locais estudados. Os resultados obtidos estão compilados no gráfico da figura 3.15.

Os pontos 2 e 4 são os que apresentam um maior equilíbrio relativamente às quantidades de cada um dos constituintes, isto deve-se ao facto de serem solos agrícolas, cuja adição de compostos de variadas origens conferem este equilíbrio, também necessário para garantir níveis de produtividade adequados.

Nos pontos de 5 a 9 podemos observar que existe uma elevada percentagem de matéria mineral, o que coaduna com a maior porosidade (figura 3.17) e também se pode relacionar com a granulometria (figura 3.16). Estes três fatores relacionam-se entre si e estão intimamente ligados. Por outro lado estes solos apresentam as menores percentagens de ar e as menores cargas orgânicas, sendo quase desprovidos de água. Certamente que na carga mineral se englobam os nitratos já quantificados (figura 3.11).

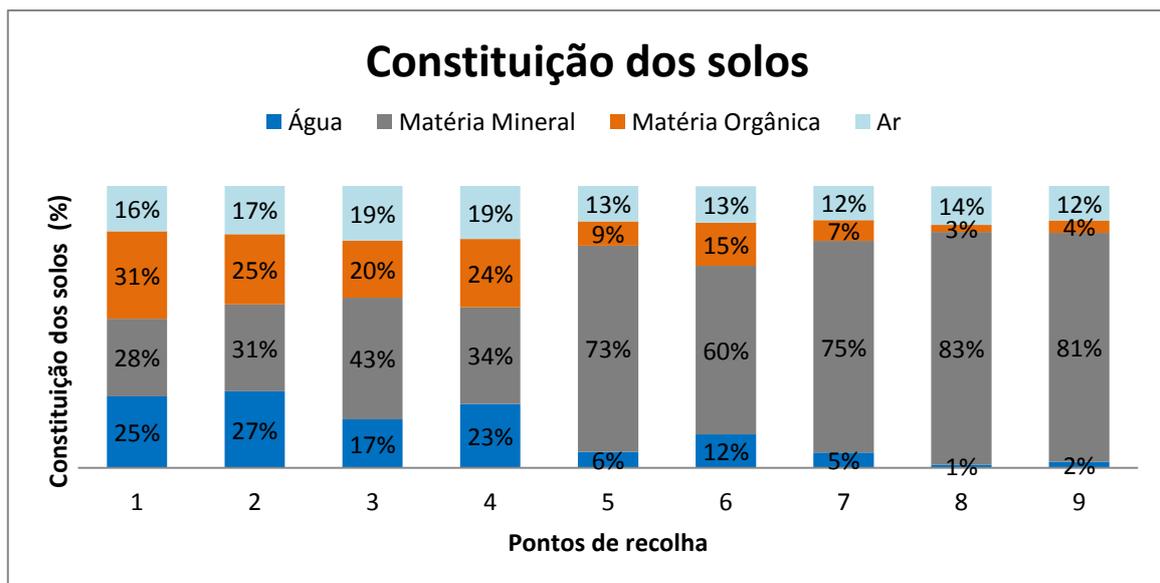


Figura 3. 15 - Gráfico com percentagem dos constituintes dos solos analisados

O teor de matéria orgânica é muito grande no ponto 1, o que era de esperar visto que este local se encontra numa zona pantanosa onde existe uma decomposição lenta de toda a matéria orgânica.

O solo do ponto 3 é relativamente idêntico em todos os constituintes, aos solos dos pontos 1, 2 e 4 certamente porque se encontram todos no mesmo substrato geológico.

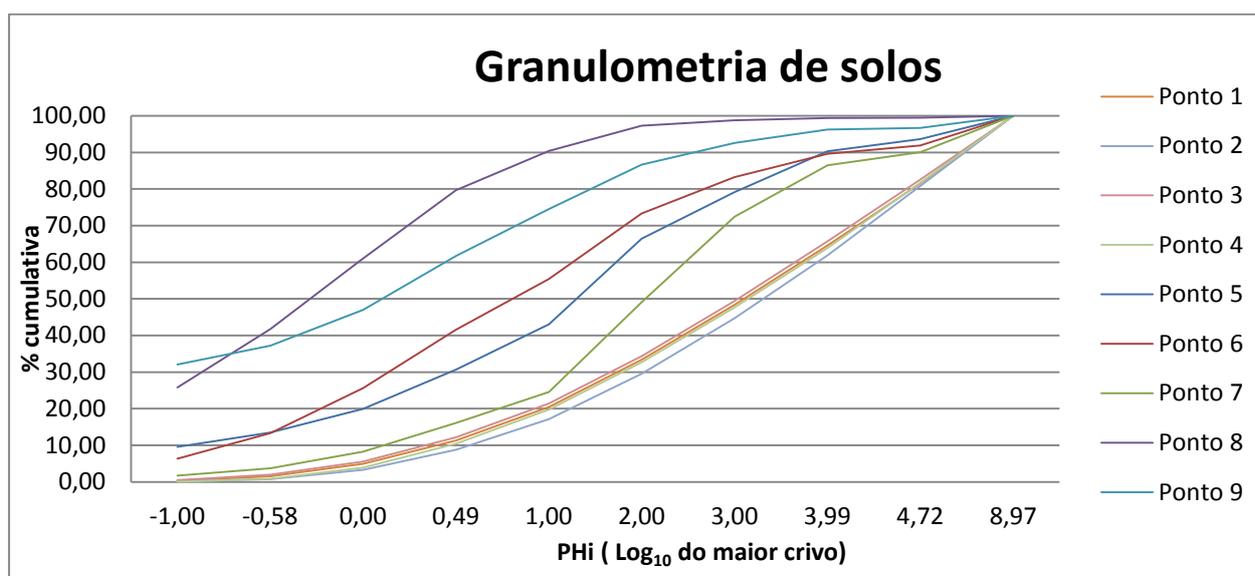


Figura 3. 16 - Gráfico com os valores da granulometria do solo

A granulometria dos solos nos pontos 1 a 4 é típica de zonas aluvionares podendo explicar-se a variação apenas pela utilização agrícola. A observação, “in situ” permitiu concluir que o ponto 2 é o local com mais frequente utilização agrícola, também demonstrado pela maior quantidade de sedimentos finos.

Os restantes pontos possuem maior percentagem de sedimentos grosseiros como podemos observar no gráfico da figura 3.16 resultado expectável pela análise dos locais através da carta geológica (figura 3.2) onde se verifica que estes pontos se localizam nos depósitos dos terraços do Tejo.

A textura do solo foi determinada tendo em conta as percentagens relativas de areia, limo e argila; as partículas com diâmetros entre 2.00 mm e 0.05 mm correspondem a areias, de 0.05 mm a 0.02 mm correspondem a limos e as partículas inferiores a 0.002 mm correspondem a argilas, de acordo com a classificação ISSS (International Society for the Systems Science). No entanto, para a análise atual usaram-se granulometrias aproximadas em virtude dos crivos existentes, cuja sequência é adequada para análise completa das areias, contendo apenas 2 crivos são adequados para análise de limos, que embora não permitam seccionar esta classe, são suficientes para o cálculo das quantidades totais.

Os solos analisados são caracterizados por quatro texturas de acordo com o diagrama de texturas de solos. Os solos dos pontos 1 a 4 possuem uma percentagem de 17% a 19% de argilas, 45% a 49% de areia e 33% a 36% de limo. Fazendo a correspondência das

percentagens obtidas com o diagrama da figura 2.4, pudemos concluir que estes solos são caracterizados como sendo franco argilosos. Já os pontos 5 e 6 possuem uma percentagem de 6% a 8% de argilas, 79% a 83% de areia e 9% a 14% de limo, sendo caracterizados como areias francas, o ponto 7 e caracterizado como franco arenoso em virtude de possuir 10% de argila, 72% de areia e 18% de limo, os pontos 8 e 9 são caracterizados como areia já que possuem 98% a 99% de areia.

A cor do solo foi analisada segundo a tabela de cores de *Munsell*, ou notação de *Munsell*, e pudemos verificar que os solos possuem cores amareladas no caso dos pontos 3, 5 e 7 (Hue 2.5 Y 7/6), 4 e 8 (Hue 10 YR 5/6). No caso dos pontos 1 e 6 (Hue 2.5Y 4/6), 2 (Hue 2.5Y 4/4) e 9 (Hue 10YR 4/4), os solos possuem uma cor marron. Isto significa que o solo mais escuro absorve mais radiação solar e por isso aquece mais rápido. Logo aí as reações químicas e biológicas são mais rápidas, o que proporciona um melhor crescimento das plantas.

A porosidade foi calculada tendo em conta o tipo de solo que estávamos a analisar, sendo que foi escolhido a partir da tabela 3.1 o valor de $1,2 \text{ g/cm}^3$ para a densidade aparente, porque é o valor que pertence aos três tipos de textura de solos que se enquadram no grupo de solos analisados.

Tabela 3. 1- Tabela da densidade aparente de alguns tipos de solos (adapt. Varennes, 2003)

Tipos de solo e textura	Densidade aparente (g/cm^3)
Histosolo (solo orgânico)	0.1-0.7
Solos não cultivados (floresta ou pastagem)	0.8-1.2
Solos cultivados de textura fina	0.9-1.4
Solos cultivados de textura grosseira	1.2-1.6
Vertissolo quando seco (solo argiloso)	1.6-1.9

A massa volúmica calculou-se a partir de solo seco a 105°C, sendo que a porosidade é expressa em percentagem. Os resultados de porosidade estão agrupados no gráfico da figura 3.17.

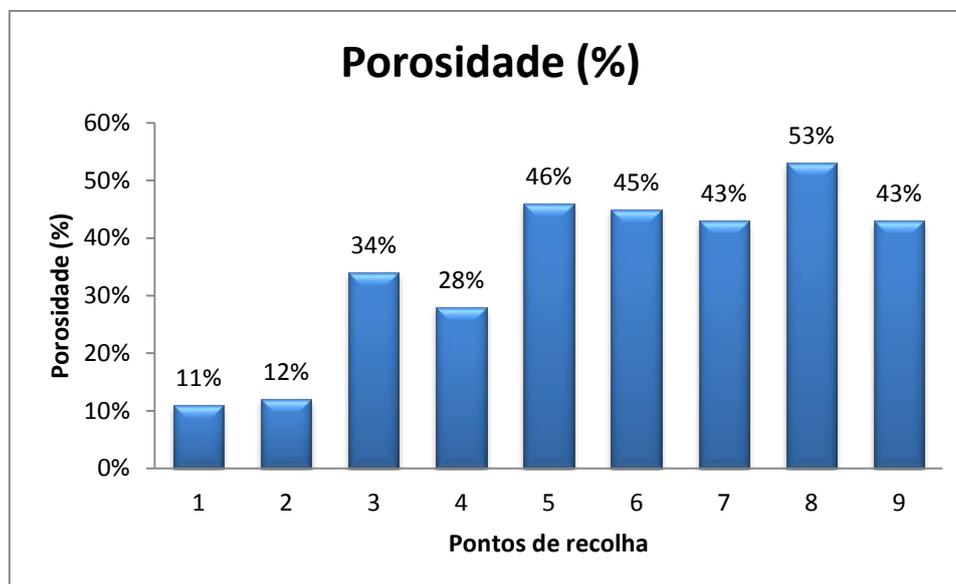


Figura 3. 17 - Gráfico da porosidade dos solos

Verificou-se que os solos que se encontram no substrato de terraço e complexos com vertebrados (pontos 5, 6, 7, 8, e 9) possuem uma maior porosidade do que os que se encontram no aluvião. O ponto 3 é um local que se encontra no aluvião mas já muito próximo do terraço e por isso possui uma porosidade de 34% o que era de esperar tendo em contas os resultados das análises já realizadas anteriormente aos restantes parâmetros, nomeadamente granulometria.

3.4.2. Tratamento estatístico

O tratamento estatístico de dados foi elaborado com auxílio do *software* MINITAB versão 14, teve como objetivo a realização de uma análise exploratória dos resultados gráficos analisados na secção anterior, obtendo-se desta forma respostas para as várias características do solo do Paul e o comportamento de cada um dos parâmetros analisados.

O primeiro procedimento efetuado envolveu um sumário gráfico de todas as variáveis, no sentido de se obterem testes de normalidade e valores de P (probabilidade) para todas as variáveis (anexo C). A análise do sumário estatístico, indica que para o teste de normalidade Anderson Darling todos os valores de P das diferentes características do solo, excepto a condutividade que se encontram abaixo de 0,005 indicando que esta variável é

tendencialmente enviesada para valores baixos / elevados. Para os restantes valores a curva de normalidade está em consonância com valor de P indica que os valores se dispõem segundo uma curva normal sendo que o potássio foi o parâmetro que apresentou maior valor de P. O facto dos valores de normalidade se encontrarem fora do intervalo de 95% de confiança, deve-se à variação dos resultados oriundos das diferentes tipologias de solos analisadas e à fraca representatividade do número de réplicas para cada tipologia de solo. Embora estes valores não possuam a capacidade de extrapolação a microrregiões, seguramente são credíveis à escala corrente de análise.

O segundo passo na análise exploratória passou pela escolha da análise multivariada, em virtude da quantidade de variáveis em estudo. Dentro das possibilidades da análise multivariada optou-se pelo estudo de clusters, com o objetivo de classificar as variáveis em grupos cuja variância apresenta correlação. Uma das razões para elaborar este teste é reduzir a importância de variáveis isoladas, facilitando a descrição dos comportamentos, ao analisar clusters de variáveis (figura 3.18). Este procedimento é um método de agregação hierárquica que se inicia com a análise a todas as variáveis separadamente, onde cada uma formará um cluster de semelhança, seguido da análise das variáveis mais próximas, formando-se desta forma um novo cluster. Os novos clusters criados sofrem o mesmo processo, até que todos os clusters possíveis sejam criados e se complete o dendrograma.

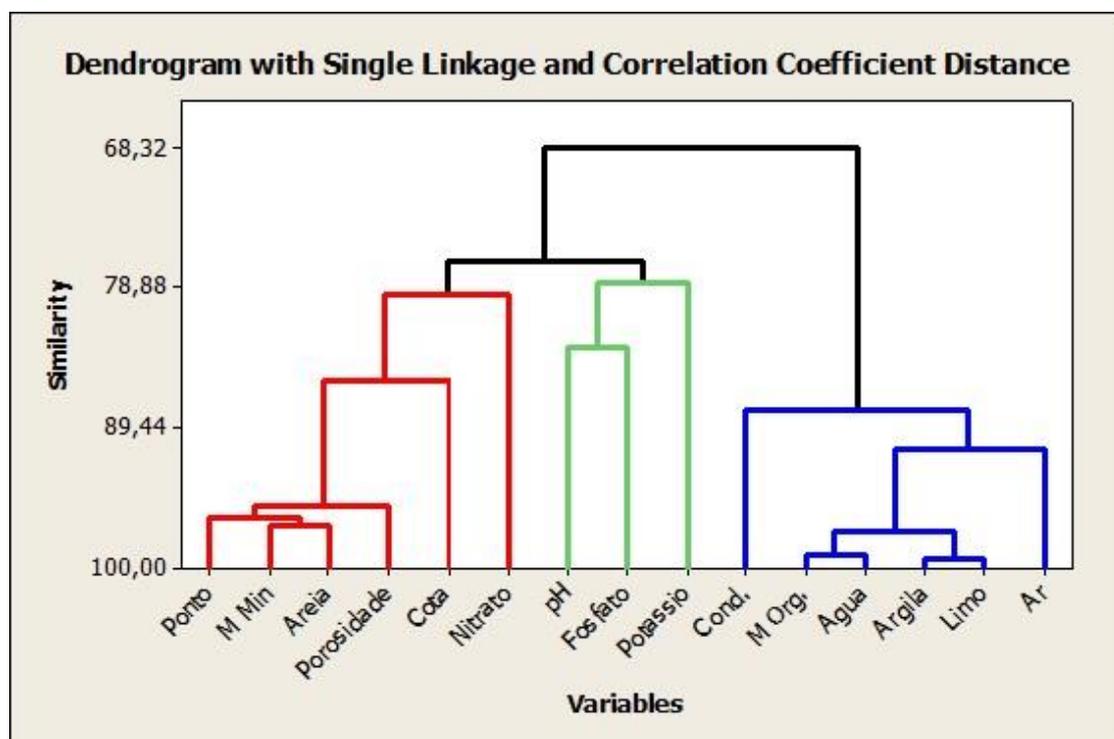


Figura 3. 18- Dendrograma de similaridade das amostras criado a partir das correlações entre as variáveis

Analisando os resultados do dendrograma, observa-se que as variáveis com maior valor de similaridade (98%) são a argila e o limo, semelhança explicada pela estreita relação que existe entre estes 2 componentes relativamente ao estrato geológico.

A matéria orgânica e a água têm também uma grande similaridade (aproximadamente 98%) sendo que a condutividade apresenta cerca de 88% de similaridade com os componentes anteriormente descritos incluindo o ar, o que era de esperar em virtude de todos se relacionarem entre si, sendo este cluster representativo das componentes de produtividade dos solos.

O cluster que é constituído pela matéria mineral, areia, porosidade, ponto, cota e nitratos apresenta cerca de 79% de similaridade, espectável visto que todos os parâmetros se interrelacionam na componente analítica do projeto, ou seja, quanto mais areia, mais matéria mineral e por sua vez também maior a porosidade do solo, estando tudo isto relacionado com o local que se encontra a diferentes cotas. Os nitratos encontram-se também neste cluster, o que se justifica por existir maior porosidade, facto que pode facilitar o processo de nitrificação e desnitrificação.

Outro dos clusters identificados pela análise de similaridade é constituído pelo pH, potássio e fosfatos que possuem cerca de 78% de similaridade, o que podemos relacionar com as características geológicas e de fertilidade dos solos em análise. Este cluster estaria relacionado com o cluster da matéria mineral caso tivéssemos optado pela seleção de apenas dois clusters. No entanto, como nos interessa explorar mais aprofundadamente os dados, optamos pela escolha de três clusters.

Através da aplicação do mesmo software, fez-se a análise factorial. Em primeiro lugar, observa-se na figura 3.19 a representação gráfica na forma de Scree plot, o que permitiu identificar dois fatores a influenciar significativamente os parâmetros em estudo. Quanto maior for o valor do eigenvalue (valor próprio) maior será a importância dos dados, para a explicação da variância observada. Assim, considerando que o valor próprio é significativo a partir de 2, admitiu-se que existem dois fatores com influência significativa na variância exibida pelos dados em estudo.

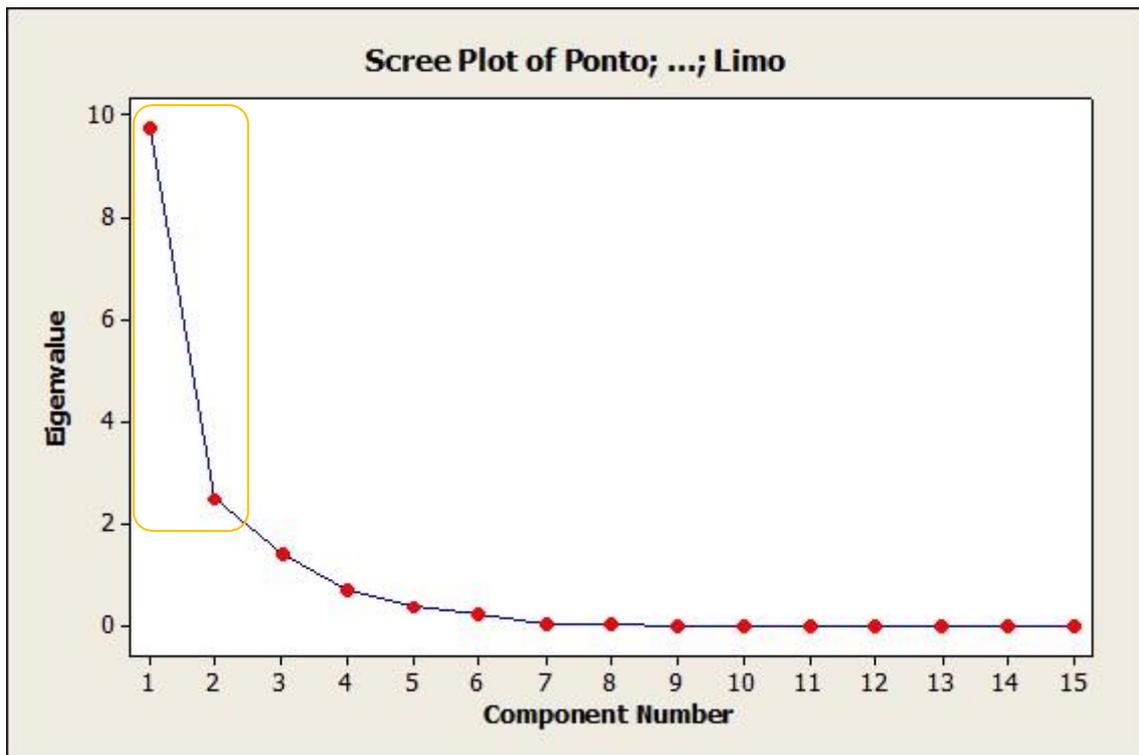


Figura 3. 19 - Variância dos principais fatores

Outro dos resultados gráficos da análise factorial é a representação gráfica de todas as variáveis em 4 quadrantes definidos a partir do centro do gráfico e sendo as variáveis representadas por vetores cujo comprimento equivale à representatividade dos mesmos, agrupados segundo dois fatores apresentados nos eixos X e Y.

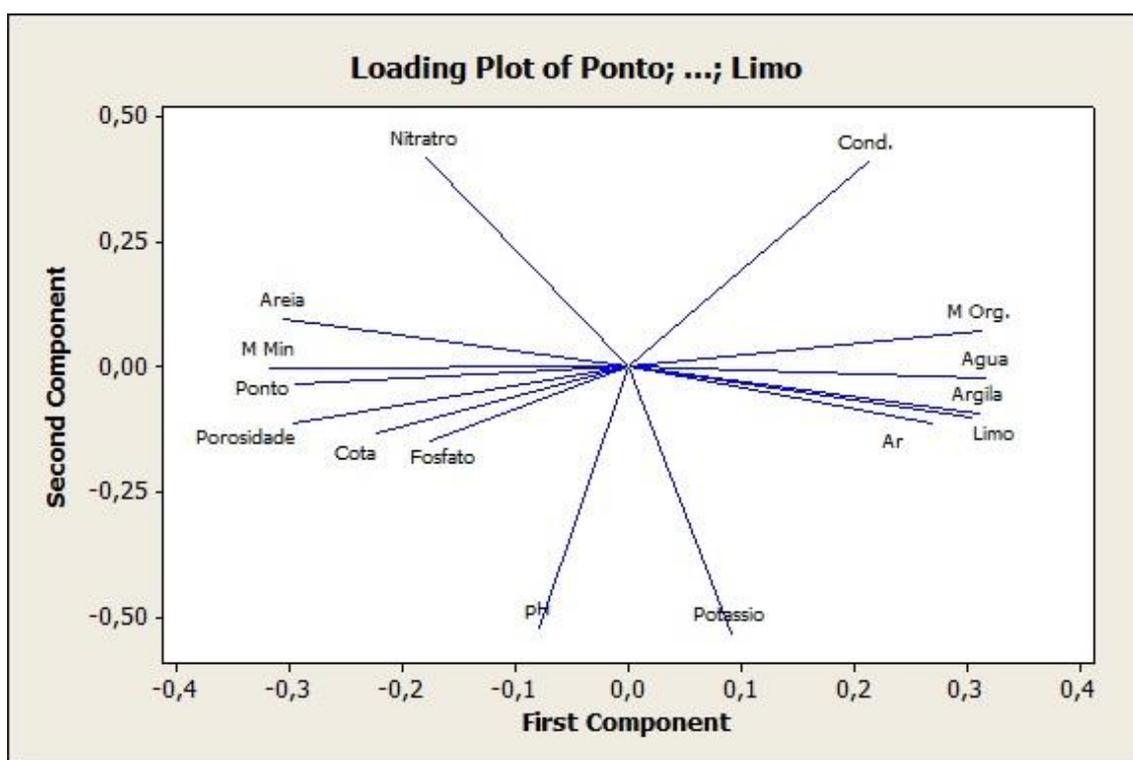


Figura 3. 20 - Plot de todas as variáveis com quatro fatores

O primeiro fator é representado positivamente por potássio, ar, limo, argila, água, matéria orgânica e Condutividade (Cond.), sendo as variáveis que influenciam negativamente este fator o pH, fosfato, cota, porosidade, ponto, matéria mineral, areia e nitratos. O segundo fator é influenciado positivamente pela matéria orgânica, Cond., nitratos e areia, exercendo as restantes variáveis influências negativas para este fator. Explorando o conjunto de variáveis representadas graficamente podem-se identificar dois conjuntos de variáveis, o primeiro associado ao ar, limo, argila, água e matéria orgânica; o segundo associa o fosfato, cota, porosidade, ponto, matéria mineral e areia, todos eles apresentando grande representatividade sendo que quanto maior o vetor maior a sua representatividade e quanto menor o ângulo entre os vetores maior a sua correlação.

Representam-se também outras variáveis importantes, que não se encontrando em nenhum dos dois conjuntos definidos, estabelecem uma relação inversa entre eles como por exemplo os nitratos com o potássio e a cond. com o pH. Os nitratos e o pH encontram-se correlacionados com o conjunto dois, ou seja, fosfato, cota, porosidade, ponto, matéria mineral, areia, e o potássio e a cond. encontram-se relacionados com o conjunto um, ar, limo, argila, água, matéria orgânica. Evidencia-se ainda relação inversa entre os nitratos e o potássio, e o pH e a cond., factos estes, que são expectáveis no funcionamento natural dos ecossistemas e na composição do solo.

Interpretando os dois conjuntos e os dois fatores em análise, podemos assumir a hipótese de que o primeiro fator poderá representar a geologia do local, que por sua vez está relacionada com a altimetria. Quanto ao segundo fator, podemos assumir que representa a erosão dos solos, que está intimamente relacionado com o coberto vegetal e com o ensombramento do solo.

Na tentativa de confirmar as nossas hipóteses, exploraram-se os valores criando-se um gráfico de dispersão agrupando a geologia dos pontos de recolha (figura 3.21).

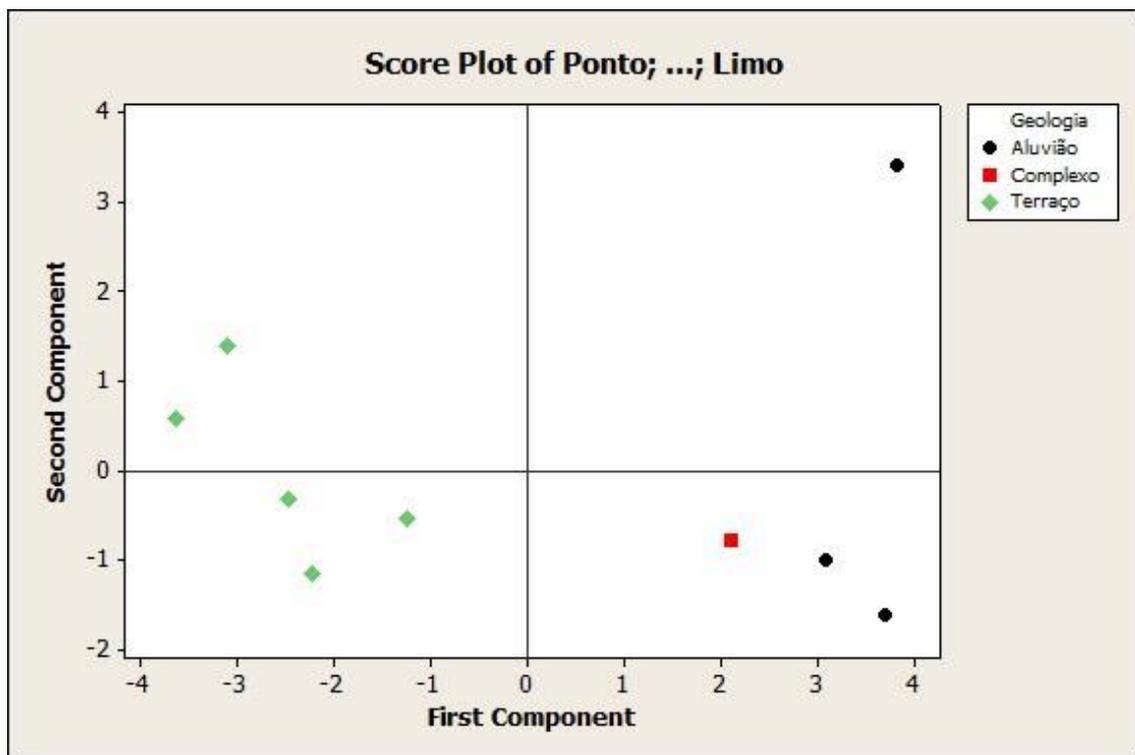


Figura 3. 21- Pontos de recolha agrupados pelo estrato geológico

Neste gráfico pode-se observar claramente que o primeiro fator está relacionado com a geologia do local. Esta conclusão é também suportada pela análise das propriedades físicas do solo que se encontra condensada nos gráficos das figuras 3.12, 3.13 e 3.14 onde se pode observar que os pontos de recolha 5 a 9 são os que possuem valores mais elevados de porosidade que se relaciona com a granulometria mais grosseira e a quantidade de matéria mineral, uma vez que todos estes pontos se encontram no estrato de terraço e de complexo com vertebrados.

No gráfico da figura 3.22 pode-se observar que o ponto 1 é o que se encontra destacado dos restantes locais de recolha, sendo o local que possui a maior probabilidade de estar contaminado em virtude de se encontra muito próximo da Vala das Cordas, local altamente poluído como foi provado pelas várias análises efetuadas ao longo de estudos anteriores, realizados por alunos desta instituição de ensino (Moraís *et al*, 2011; Godinho *et al*, 2012; Azevedo *et al*, 2013).

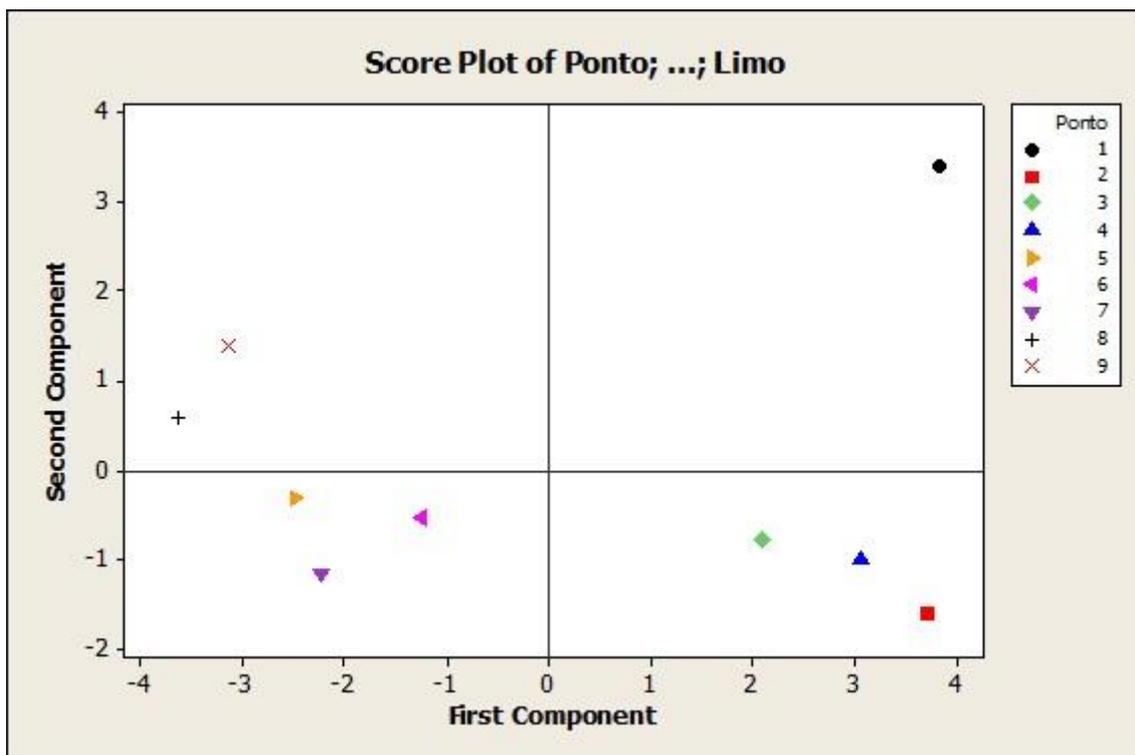


Figura 3. 22- Distribuição dos pontos de recolha pelos vários fatores

Na interpretação dos restantes pontos de recolha parece evidente que existe uma variação das condições de erosão do solo e de coberto vegetal.

Assim, os solos dos pontos 1,8 e 9 encontram-se a influenciar positivamente o segundo fator. O local 1 é caracterizado por inundações frequentes e lençol freático superficial. Os locais 8 e 9 são terrenos muito mais secos, localizados a uma cota superior. Os locais 2 a 7 influenciam negativamente este fator e apresentam um coberto vegetal significativo, com vários estratos.

Ao observar o conjunto de variáveis analisadas e classificando cada uma delas face à dispersão pelos dois componentes ou fatores principais, verificou-se que as variáveis relativas

aos nutrientes (nitratos, fosfatos e potássio) são aqueles que melhor se correlacionam com o segundo fator (anexo C), com especial destaque para o potássio (figura 3.23).

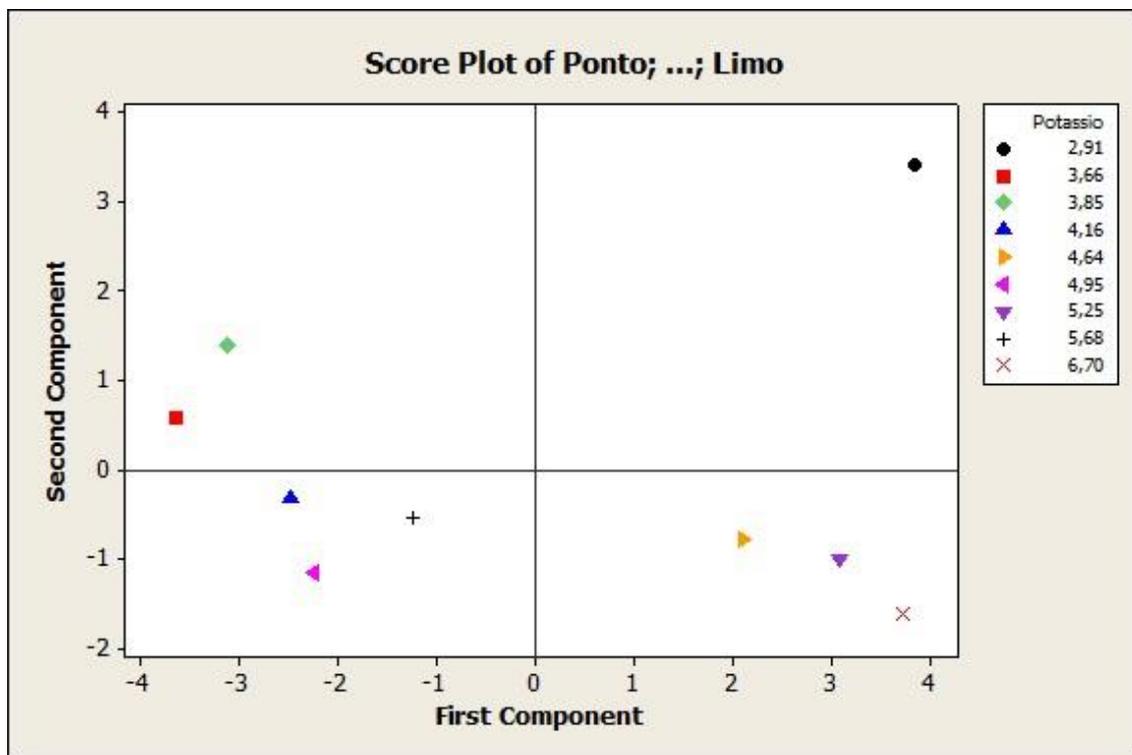


Figura 3. 23 - Quantidade de potássio em cada ponto de recolha

De acordo com os valores observados verifica-se que nos locais de recolha 1, 8 e 9 ocorrem menos teores de potássio, enquanto nos locais 2 a 7 esses teores são mais elevados. Estes resultados coadunam-se com a literatura na medida em que os locais com mais vegetação apresentam menor erosão e conseqüente teor mais elevado de potássio (Koerslman et al., 1990; Vermeer e Benendse, 1983; Rosser e Ross, 2011).

Inversamente, os locais de recolha 1, 8 e 9 sofrem maior erosão, lixiviação e escoamento superficial, de onde resulta uma menor fixação de potássio (Varenes, 2003) e conseqüentemente um fraco teor disponível. Podemos acrescentar que os locais desprovidos de coberto vegetal apresentam tendencialmente um menor teor de potássio disponível (Koerslman et al., 1990). Desta forma, podemos sugerir que o segundo fator seja a erosão dos solos, o que está intimamente relacionado com o coberto vegetal e com o ensombramento do solo.

3.5. Conclusões

Ao realizarmos as análises aos solos, podemos retirar algumas conclusões parciais das diferentes análises.

O pH tem valores idênticos, entre 7,3 e 8,0 em todos os locais da reserva, porque todos eles se encontram sobre a mesma matriz calcária do maciço estremenho.

A condutividade apresenta-se no ponto 1 com o valor mais elevado (890 $\mu\text{S}/\text{cm}$) eventualmente pelo facto de os solos se encontrarem ali com o lençol freático sempre à superfície e de estarem junto da Vala das Cordas. Os pontos 2 e 4 possuem valores de condutividade na ordem dos 240 $\mu\text{S}/\text{cm}$ por se tratar de locais onde existe agricultura intensiva. Nos pontos 3, 5, 6 e 7 observa-se que os valores são relativamente idênticos entre eles, o que pode dever-se ao facto de já, há alguns anos, não serem cultivados e de todos possuírem as mesmas características geológicas.

Relativamente aos nutrientes podemos verificar que as concentrações dos nitratos nos pontos 1, 3, 5, 6, 7, 8 e 9 são as mais elevadas relativamente aos nutrientes analisados e aos locais em estudo. Estes valores devem-se ao facto de serem locais naturais e seminaturais. Nos locais agrícolas (pontos 2 e 4) pode-se verificar que os valores de nitratos e fosfatos são os mais baixos relativamente aos outros pontos, sendo que o potássio é o nutriente mais abundante nestes locais em relação aos restantes. Tal deve-se ao facto de serem áreas de agricultura intensiva que ainda se encontravam em plantação e, por isso, necessitam de fertilização contínua a fim de manterem as características ótimas para a prática agrícola.

Os pontos 2 e 4 são os que apresentam um maior equilíbrio relativamente às quantidades de cada um dos constituintes do solo, o que talvez se deva ao facto de serem solos agrícolas. Já nos pontos de 5 a 9 os solos apresentam uma elevada percentagem de matéria mineral, o que se coaduna com a maior porosidade e também com a granulometria. Estes três fatores relacionam-se entre si e estão intimamente ligados. Por outro lado estes solos apresentam as menores percentagens de ar e as menores cargas orgânicas, sendo quase desprovidos de água. O teor de matéria orgânica é muito grande no ponto 1, o que era de esperar, visto que este local se encontra numa zona pantanosa onde existe uma decomposição lenta de toda a matéria orgânica.

Os solos estudados possuem 4 texturas distintas, sendo os solos dos pontos 1 a 4 classificados como franco argilosos, os solos dos pontos 5 e 6 classificados como areias

francas, o solo do ponto 7 classificado como franco arenosos e os solos dos pontos 8 e 9 classificados como areias.

No que diz respeito à cor dos solos analisados enquadram-se em cores amareladas no caso dos pontos 3, 5 e 7 (Hue 2.5 Y 7/6), 4 e 8 (Hue 10 YR 5/6). No caso dos pontos 1 e 6 (Hue 2.5Y 4/6), 2 (Heu 2.5Y 4/4) e 9 (Hue 10YR 4/4), os solos possuem uma cor marron.

A variação encontrada nos solos depende fundamentalmente de dois fatores. O primeiro desses fatores é a geologia dos locais, que se prende com a altimetria dos mesmos e o segundo factor é a erosão dos solos, que está intimamente relacionada com o ensombramento do solo e com o coberto vegetal existente.

Capítulo 4

Conclusão Geral e Sugestões

Resumo: Neste capítulo apresentam-se as conclusões gerais da Caracterização do Solo, e apresentam-se algumas sugestões para futuros projetos de investigação, e para o ornamento e gestão da Reserva Natural do Paul do Boquilobo.

4.1. Conclusão Geral

Durante a realização deste estudo obtiveram-se resultados que permitiram fazer uma análise e desenhar conclusões relativamente às características do solo e possíveis impactos na Reserva Natural do Paul do Boquilobo.

Os solos da reserva dividem-se em duas tipologias, os solos aluvionares permanente ou temporariamente inundados e os depósitos de vertentes associadas ao rio Tejo, pertencentes a cheias geologicamente significantes. O conjunto de amostragens dos dois anos utilizados neste trabalho não permitiu determinar com exactidão o nível de poluição dos solos, o que necessitaria de uma análise de mais elementos como metais pesados e contaminantes químicos complexos usados em herbicidas e pesticidas. No entanto, será adequado referir que o ponto 1 apresenta valores de condutividade superiores aos das restantes amostras e a percentagem da matéria orgânica também é a maior relativamente as restantes amostras, resultante do alagamento permanente e eventual contaminação pela Vala das Cordas. Mas perante o trabalho desenvolvido já é possível determinar indicadores suficientemente sólidos de qualidade dos solos.

O *Narcissus fernandesii*, que é uma espécie com interesse conservacional, eventualmente poderá ser introduzido nas várias zonas assinaladas como terraços, sendo o ponto 5 aquele que apresenta maior semelhança relativamente ao ponto 9 face à maioria dos parâmetros analisados, embora seja necessário verificar os restantes fatores condicionantes (por exemplo luz, ensombramento, orientação e associação vegetal).

A análise estatística permitiu identificar dois fatores responsáveis pela qualidade dos solos e vegetação associada, sendo eles a geologia e a erosão dos solos, a que está intimamente relacionado com o coberto vegetal e com o ensombramento do solo. Esta análise permitiu criar uma cartografia dos principais nutrientes para uma avaliação de produtividade dos solos, podendo funcionar como uma excelente ferramenta para o ordenamento e gestão da RNPB.

Conclui-se que é necessária uma maior sensibilização ambiental para a área da reserva e sua envolvência, para que se possa melhorar a qualidade dos solos e águas e, por sua vez, permitirá preservar os ecossistemas naturais e a biodiversidade do local.

4.2. Sugestões

Após a realização deste trabalho sugiro que em futuros estudos a realizar na Reserva Natural do Paul do Boquilobo, se utilize a presente metodologia de análise permitindo desta forma a comparação contínua de resultados, objetivo da contínua monitorização.

Proponho que os locais a estudar para a recolonização da espécie *Narcissus fernandesii* seja a zona de terraço que se situa a oeste da reserva e que como podemos observar no mapa da figura 4.1 é uma área que é propriedade do estado, sendo que se deve de escolher o local, tendo em conta o declive do terreno, a possível associação de vegetação e o ensombramento.

O olival da quinta do Paul no ponto 5 apresenta um grande potencial em termos de nutrientes, sendo de sugerir que enquanto não sejam realizadas novas análises noutros locais que se possa entrar em acordo com o proprietário da quinta para que se possa recolonizar a espécie *Narcissus fernandesii* visto que o local tem muitas paridades com o local onde existe a espécie atualmente, como é o caso de se tratar de um olival, de possuir um declive semelhante, e de apresentar uma, composição do solo e porosidade muito idêntica.

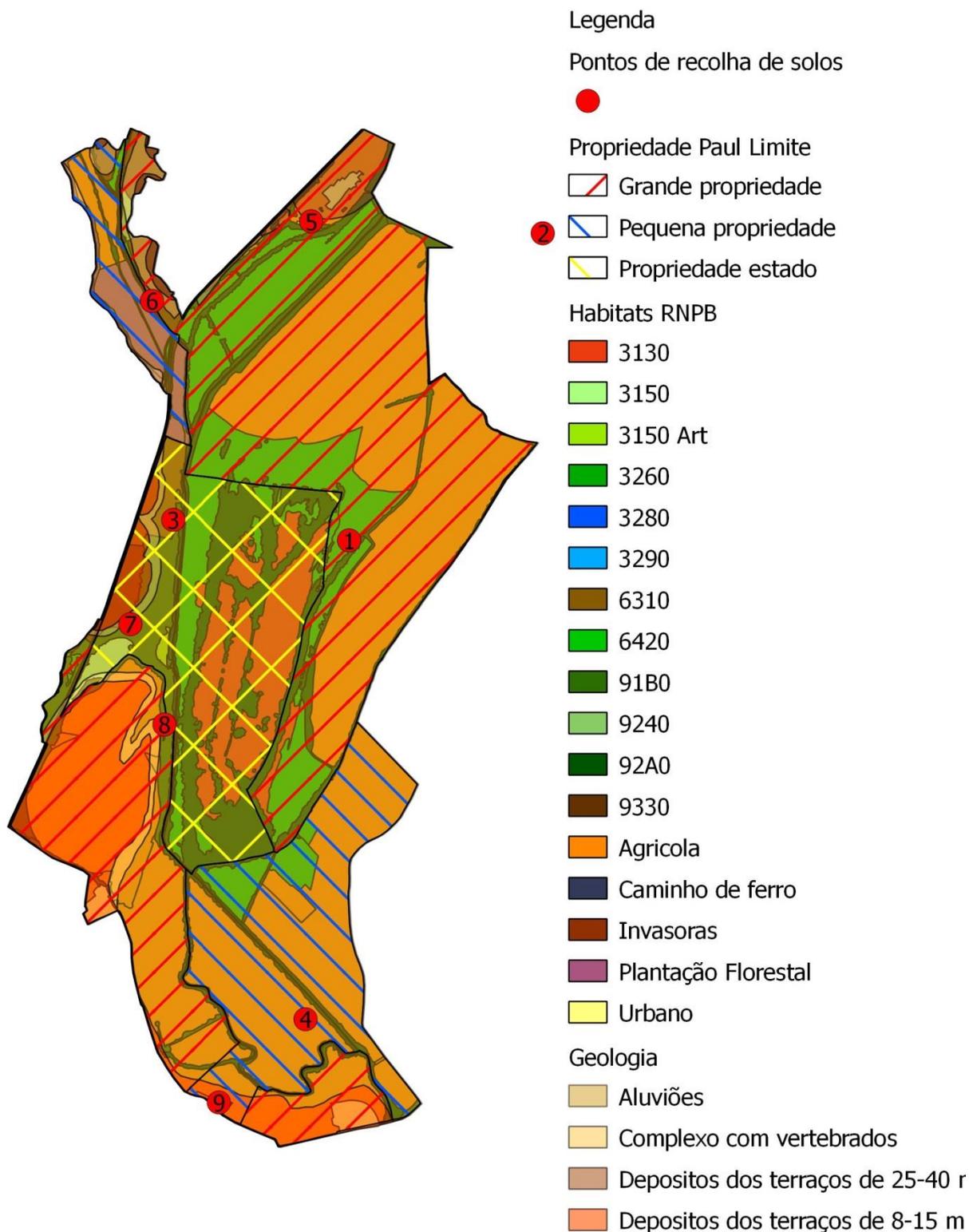


Figura 4. 1 – Mapa dos habitats com a área da propriedade do estado e as diferentes camadas geológicas

Bibliografia/ Webgrafia

Agrolink (2013) - <http://www.agrolink.com.br>, julho, 2013;

Aguiar, A., Godinho, M.C., Costa, C.A. (2005) *Produção Integrada*, 1ª edição, Sociedade Portuguesa de Inovação, Porto;

Anónimo (2001) *Engineering Geology Field Manual*, U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation, Volume I, Washington

Azevedo, J., Cabral, L., Galizes, P., Sampaio, R., Mesquita, T., (2013) *Monitorização Ambiental da Reserva Natural do Paul do Boquilobo*, Projeto de Licenciatura em Engenharia do Ambiente e Biológica, Instituto Politécnico de Tomar, Tomar

Azevêdo, T.M., Abreu, M.M., Azevedo Coutinho, M., Figueiras, J. (2006) The origin of the Pedra Furada sandstone tubular structures (South of Lisbon, Portugal), *Geomorphology*, 82 (3-4): 245-254;

Baptista, C. (2010) *Manual prático das aulas de Bioquímica*, Instituto Politécnico de Tomar; Tomar;

Biopix (2013) - <http://www.biopix.nl>, julho, 2013;

Birding (2013) - <http://www.birding.se>, julho, 2013;

Broa (2013) - <http://www.quintadabroa.com/>, agosto, 2013;

Chang, R. (2004) *Química*, 8ª edição, McGraw Hill, Lisboa;

Club100 (2013) - <http://www.club100.net>, julho, 2013;

Costa, J. C., C. Aguiar, J. H. Capelo, M. Lousã & C. Neto (1999) *Biogeografia de Portugal Continental*, Quercetea 0, Alva, Bragança;

Costa, JB (1973) *Caraterização e constituição do Solo*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa;

Cunningham, W.P., Cunningham, M.A. (2009) *Environmental Science: Global Concern* - 11th edition, McGraw-Hill Publishing Company, New York;

Decreto Regulamentar n.º 49/97 de 20 de novembro, Diário da Republica, I Série – B n.º 269

Decreto-Lei n.º 140/99 de 24 de abril, Diário da Republica, I Série – A n.º 96

Decreto-Lei n.º 19/93 de 23 de janeiro, Diário da Republica, I Série – A n.º 19

Decreto-Lei n.º 198/80 de 24 de junho, Diário da Republica, I Série n.º 143

Decreto-Lei n.º 226/97 de 27 de agosto, Diário da Republica, I Série – A n.º 197

Diretiva n.º 79/409/CEE do conselho de 2 de abril, Jornal Oficial das Comunidades Europeias n.º L103/1

Diretiva n.º 92/43/CEE do conselho de 21 de maio, Jornal Oficial das Comunidades Europeias n.º L206

Ebah (2013) - <http://www.ebah.com.br>, julho, 2013

ECOIA (2013) - <http://ecoia.org.br/canal.php?c=560>, junho, 2013

Flickr (2013) - <http://www.flickr.com>, julho, 2013

Glurice (2013) - <http://www.glurice.99k.org>, julho, 2013

Godinho, A., Fróis, A., Oliveira, A., Marôco, J., Lopes, V. (2012) Cartografia Ecológica e Monitorização Ambiental da Reserva Natural do Paul do Boquilobo, Projeto de Licenciatura em Engenharia do Ambiente e Biológica, Instituto Politécnico de Tomar, Tomar

Gonçalves, M.L.S.S. (2001) Métodos Instrumentais para Análise de Soluções, Fundação Calouste Gulbenkian, 4ª Edição, Lisboa

Greenberg, A.E., Clesceri, L.S., Eaton, A.D. (1992) *Standard Methods for the examination of Water and Wastewater*, 18ª ed., Washington

Hauer, F.R., Lambert, G.A. (1996) *Methods in Stream Ecology*, Academic Press Inc., Califórnia

ICNF (2013) - www.icnf.pt, julho, 2013

Instituto da Água (2008) Manual para avaliação Biológica da Qualidade de Água em sistemas fluviais segundo a Diretiva Quadro da Água Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional; Lisboa

Jones, J Benton Jr. (2001) *Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis*, CRC Press, New York;

Kiely, G. (1999) *Ingenieria Ambiental*, McGraw-Hill, Madrid

Koerselman, W., Bakker, S. A., Blom, M., (1990), Nitrogen, Phosphorus and Potassium Budgets for two Small Fens Surrounded by Heavily Fertilized Pastures, *Journal of Ecology* Vol. 78, No. 2 (Jun., 1990), pp. 428-442

- Livingwilderness (2013) - <http://www.livingwilderness.com>, julho, 2013
- Luontoportti (2013) - <http://www.luontoportti.com> , julho, 2013
- Lynxeds (2013) - <http://www.abc.lynxeds.com> , julho, 2013
- Marinereservescoalition (2013) - <http://www.marinereservescoalition.org>, julho, 2013
- Matos, J. (2008) Fundamentos de Informação Geográfica, 6ª edição, Lidel-Edições Técnicas, Lda., Porto
- Mikerae (2013) - <http://www.mikerae.com> , julho, 2013
- Morais, A., Ferreira, C., Hilário, P., Oliveira, S., (2011) Contribuição para a Análise Ambiental da Reserva Natural do Paul do Boquilobo, Projeto de Licenciatura em Engenharia do Ambiente e Biológica, Instituto Politécnico de Tomar, Tomar
- Mypets (2013) - <http://www.mypets.lt>, julho, 2013
- Naturlink (2013) - www.naturlink.sapo.pt, Maio, 2013
- Nixon, S.C., Mainstone, C.P., Inversen, T.M., Kristensen, P., Jeppersen, E., Friberg, N., Papathanassiou, E., Jensen, A., Pedersen, F. (1996) The harmonized monitoring and classification of ecological quality of surface waters in the European union, Comissão Europeia, Bruxelas, Bélgica
- NP 4338-1 (1996) – Qualidade da água – Determinação de nitratos
- Nyc (2013) - <http://www.nyc-photo-gallery.com>, julho, 2013
- Odum, E.P. (2004) Fundamentos de Ecologia, 7ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa
- Oocities (2013) - <http://www.oocities.org>, julho, 2013
- Psarema (2013) - <http://www.psarema.info>, julho, 2013
- Ramsar (2013) - <http://www.ramsar.org>, julho, 2013
- Raposo, H., Sousa, M., Mira, M., Santos, A., Mendes, S., Galhardo, F., Marques, A., Noivo, C., Canais, F., Faria, G. (2000). Plano de Ordenamento. Reserva Natural do Paul do Boquilobo. 73 pp. + anexos.
- Resolução do conselho de ministros n.º 46/2001 de 10 de maio Diário da Republica, I Série – B n.º 108

Resolução do conselho de ministros n.º 50/2008 de 19 de março Diário da Republica, I Série n.º 56

Rosser, B., Ross, C., (2011), Erosion Soil Loss and Recovery on Eastern North Island Hillcountry – Implications for Nutrient Management and Pasture Productivity, 15 p. In: Currie, L.D.; Christensen, C.L. (eds) Adding to the knowledge base for the nutrient manager : 24th annual FLRC workshop, Massey University, February 2011. Occasional report / Fertiliser & Lime Research Centre, Massey University 24

Salsa (2013) - www.cientic.com ,Julho, 2013

Santos, L. (2008) Integrated Ecological Assessment of the Nabão River Hydrological Network by means Macroinvertebrates Biomonitoring, PhD Thesis, Università degli Studi di Ferrara, Itália

SINFIC (2013) - <http://www.sinfic.pt/sig/displayconteudo.do2?numero=34589>, maio, 2013

SNIRH (2013) - www.snirh.pt, Junho, 2013

Soil Survey Division Staff (1993) Soil survey manual, Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18. USA

Stuart, B.H. (2007) Analytical Techniques in Materials Conservation, Department of Chemistry, Materials and Forensic Sciences, John Wiley & Sons, Ltd, Australia;

Taxondiversity (2013) - <http://www.taxondiversity.fieldofscience.com>, julho, 2013

Telles, G.R, Pessoa, F. (1996) Portugal – Paisagens e Espaços Naturais, Clube Internacional do Livro; Alfragide

Unesco (2013) - <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/ecological-sciences/man-and-biosphere-programme/>, Julho, 2013

Unesco (2013) - <http://www.unesco.org/new/pt/rio-20/sites-for-sustainable-development/>, julho, 2013

Varenes, A. (2003) Produtividade dos Solos e Ambiente, Escolar Editora, Lisboa

Vermeer, J. G., Berendse, F., (1983), The relationship between nutrient availability, shoot biomass and species richness in grassland and wetland communities, Dr W. Junk Publishers, The Hague. Printed in The Netherlands, Vegetatio53, 121 126;

Wallmii (2013) - <http://www.wallmii.com> , julho, 2013

Anexo A

Protocolos das análises efetuadas

I - Determinação dos fosfatos em amostras de solos

I - 1º - Extração dos Fosfatos

Fonte: Jones,2001; pag. 62 – 79

Reagente

- Bicarbonato de sódio (NaHCO_3) reagente de extração;
- Hidróxido de sódio (NaOH);
- Ácido clorídrico (HCL);

Técnica:

- Pesar 42g de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) num balão volumétrico de 1L, adicionar água destilada para perfazer volume;
- Ajustar pH para 8,5 utilizando hidróxido de sódio a 50 % (NaOH), ou ácido clorídrico 0,5 N (HCl);
- Adicionar algumas gotas de óleo mineral, para evitar o contacto com o ar;
- Armazenar num recipiente de polietileno; verificar o pH da solução antes de usar e ajustar se necessário.

Procedimento de extração

- Pesar 2,5 g de solo para um erlenmeyer de 250 mL;
- Adicionar 50 mL de reagente de extração, e agitar com um agitador magnético durante 30 minutos;
- Após agitar, filtrar de imediato e recolher o filtrado para a determinação da concentração de fosfatos.

I - 2º - Determinação dos Fosfatos no filtrado

Reagentes

- Indicador de fenolftaleína
Dissolver 80mg de fenolftaleína em 100ml de metanol
- Solução de ácido sulfúrico a 5,4 mol/L
Adicionar cuidadosamente 300mL de ácido H₂SO₄ concentrado a 600mL de água destilada e diluir até 1L com água destilada.
- Persulfato de amónia, (NH₄)₂S₂O₈
- Hidróxido de sódio, NaOH, 1mol/L
Dissolver 40g de NaOH em 1L de água destilada
- Ácido sulfúrico, H₂SO₄ a 5N
Diluir 70 mL de ácido concentrado em 500mL de água destilada
- Solução de tartarato de potássio e antimónio
Dissolver 1.3715g de K(SbO)C₄H₄O₆.1/2H₂O em 400 mL de água destilada e transferir para um balão de 500 mL e completar o volume.
- Solução de molibdato de amónia
Dissolver 20g de (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O em 500 mL de água destilada
- Ácido ascórbico, 0,1 mol/L
Dissolver 1.76g de ácido ascórbico em 100 mL de água destilada.
Esta solução é estável durante cerca de uma semana a 4°C.
- Reagente combinado
Misturar os reagentes acima nas seguintes proporções para 200 mL de reagente combinado: 100 mL de H₂SO₄ a 5N, 10 mL de solução de tartarato de potássio e antimónio, 30 mL de solução de molibdato de amónia e 60 mL de solução de ácido ascórbico.

Solução Padrão

Preparação das soluções padrões:

A concentração dos fosfatos foi determinada a partir de uma solução de fosfato de sódio de teor igual a 1000mg/L. Por diluições prepararam-se as soluções de concentrações que constam na tabela seguinte.

Concentração (mg/L)
0,50
1,00
2,00
4,00

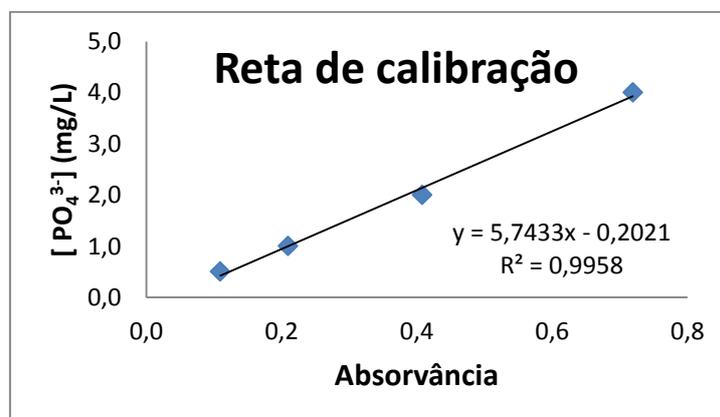
Preparação dos padrões e das amostras

Pipetar 50 mL de padrão / amostra bem agitada para um erlenmeyers de 250 mL, adicionar 1 gota do indicador de fenolftaleína. Se se desenvolver uma cor vermelha, adicionar gota a gota solução de H₂SO₄ 5,4 mol/L até a cor desaparecer, após isso adicionar 8 mL de reagente combinado, e homogeneizar.

Leitura espectrométrica

Depois de pelo menos 10 min, mas não mais de 30 min, meça a absorvância de cada padrão / amostra a 880 nm, utilizando o branco como a solução de referência.

O branco é preparado do mesmo modo que uma amostra só que é com água destilada.



II - Determinação do potássio em amostras de solos

II - 1º - Extração do Potássio;

Fonte: Jones,2001; pag. 87

Reagentes

- Água (H₂O).

Procedimento de extração

- Pesar 5 g de solo para um erlenmeyer de 50 mL;
- Adicionar 25 mL de água destilada e agitar com um agitador magnético durante 30min;
- Deixar repousar durante 15 min, de modo a permitir, que a maioria do solo possa assentar no fundo do erlenmeyer;
- Filtrar de imediato o líquido; após a filtração recolher o filtrado para a determinação da concentração de potássio.

II – 2º- Determinação do Potássio no filtrado

Fonte: Gonçalves, 2001; pag. 729 - 730

A determinação do teor de potássio pode ser feita diretamente por fotometria de chama de emissão. O potássio apresenta uma risca de emissão a 404 nm.

Reagentes e soluções

- Solução – mãe de 500 ppm em potássio (500mL)
- Solução – padrão de potássio contendo 100 ppm de K. Preparar 100mL a partir da solução – mãe.

Preparação das soluções

Solução-mãe de 500 ppm em potássio (500mL)

- Pesar 0,4779 g de cloreto de potássio na balança analítica;
- Diluir a massa de cloreto de potássio pesada num copo com uma pequena quantidade de água destilada;

- Transferir a solução para um balão volumétrico de 500 mL;
- Perfazer o volume com água destilada;
- Agitar para homogeneizar a solução.

Solução-padrão de potássio contendo 100 ppm de K. Preparação de 100mL a partir da solução-mãe de potássio

- Pipetar 20 mL de solução da solução-mãe para um balão de 100 mL;
- Perfazer o volume do balão com água destilada;
- Agitar para homogeneizar a solução;

Solução-padrão de potássio contendo 1 ppm de K. Preparação de 100mL a partir da solução-padrão de potássio contendo 100 ppm de K

- Pipetar 1 mL de solução da solução-padrão para um balão de 100 mL;
- Perfazer o volume do balão com água destilada;
- Agitar para homogeneizar a solução;

Solução-padrão de potássio contendo 2 ppm de K. Preparação de 100mL a partir da solução-padrão de potássio contendo 100 ppm de K

- Pipetar 2 mL de solução da solução-padrão para um balão de 100 mL;
- Perfazer o volume do balão com água destilada;
- Agitar para homogeneizar a solução;

Solução-padrão de potássio contendo 4 ppm de K. Preparação de 100mL a partir da solução-padrão de potássio contendo 100 ppm de K

- Pipetar 4 mL de solução da solução-padrão para um balão de 100 mL;
- Perfazer o volume do balão com água destilada;
- Agitar para homogeneizar a solução;

Solução-padrão de potássio contendo 6 ppm de K. Preparação de 100mL a partir da solução-padrão de potássio contendo 100 ppm de K

- Pipetar 6 mL de solução da solução-padrão para um balão de 100 mL;
- Perfazer o volume do balão com água destilada;
- Agitar para homogeneizar a solução;

Solução-padrão de potássio contendo 8 ppm de K. Preparação de 100mL a partir da solução-padrão de potássio contendo 100 ppm de K

- Pipetar 8 mL de solução da solução-padrão para um balão de 100 mL;
- Perfazer o volume do balão com água destilada;
- Agitar para homogeneizar a solução;

Técnica experimental

Vaporize a solução-padrão de concentração mais elevada (8 ppm em potássio), e por meio do potenciómetro ajuste a agulha do galvanómetro para o valor máximo da escala;

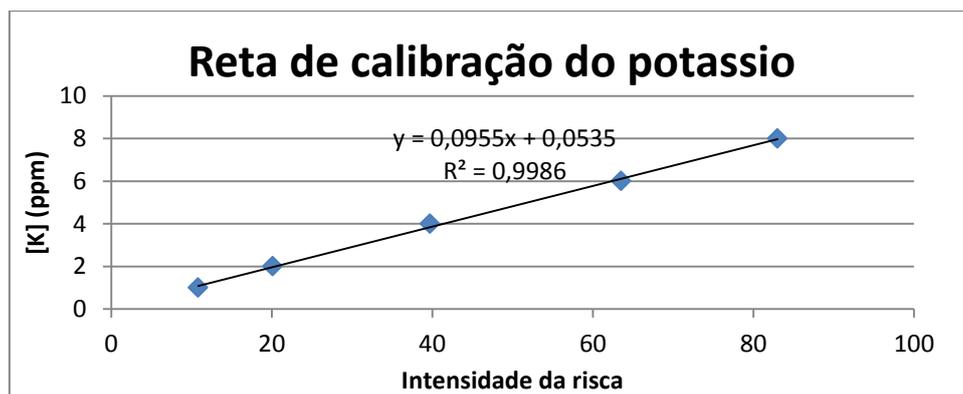
Vaporize água destilada e leve, ao zero do galvanómetro com o controlo de zero; Repita estas operações e determine as intensidades dos padrões de potássio, vaporizando a água destilada entre as leituras;

Proceda da mesma forma com a amostra de água a analisar, levando-a diretamente à chama;

Determine a concentração de potássio na amostra, utilizando a reta de calibração.

Reta de calibração

Concentração de K (ppm)	Intensidade da risca
0	0
1	10.8
2	20.1
4	39.7
6	63.5
8	83.0



Da curva de calibração obtém-se a regressão linear:

$$y = 0.0955x + 0,0535$$

Em que x corresponde ao valor da intensidade da risca, e y à concentração de potássio em ppm.

III - Determinação de nitratos em amostras de solos

III - 1º - Extração dos nitratos

Fonte: Jones, 2001; pag. 123

Reagentes

- Cloreto de potássio (KCl).

Técnica:

- Preparação da solução de KCl 2M (1000mL)
- Pesar 150g de cloreto de potássio (KCl) num balão volumétrico de 1000 mL, perfazendo o volume com água destilada e homogeneizando a solução.

Procedimento de extração

- Pesar 10 g de solo para um erlenmeyer de 125 mL;
- Adicionar 50 mL de reagente de extração e agitar num agitador magnético durante 15m;
- Filtrar de imediato o líquido, após a filtração recolher o filtrado para a determinação da concentração de azoto.

III – 2º - Determinação dos Nitratos no filtrado

Reagentes

- Acido acético glacial, CH_3COOH , $\rho = 1,05 \text{ g/mL}$
- Solução de 2,6-dimetilfenol, $[(\text{CH}_3)_2\text{C}_6\text{H}_3\text{OH}]$ a 1,2 g/L;
Dissolver 1,2g de 2,6-dimetilfenol em 1000mL de ácido acético glacial
Esta solução é estável durante uma semana e deve ser conservada em frasco de vidro.
- Mistura ácida;
Misturar com precaução 1000 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) ($\rho = 1,84 \text{ g/mL}$) e 1000 mL de ácido ortosfórico (H_3PO_4) ($\rho = 1,71 \text{ g/mL}$) num copo de precipitação de 3000 mL.
Adicionar 0,08 g de ácido amidossulfónico ($\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$) e dissolver.

Solução Padrão

Preparação das soluções padrão:

A concentração dos nitratos foi determinada a partir de uma solução de nitrato de sódio de teor igual a 1000mg/L que por diluições prepararam-se as soluções de concentrações que constam na tabela seguinte.

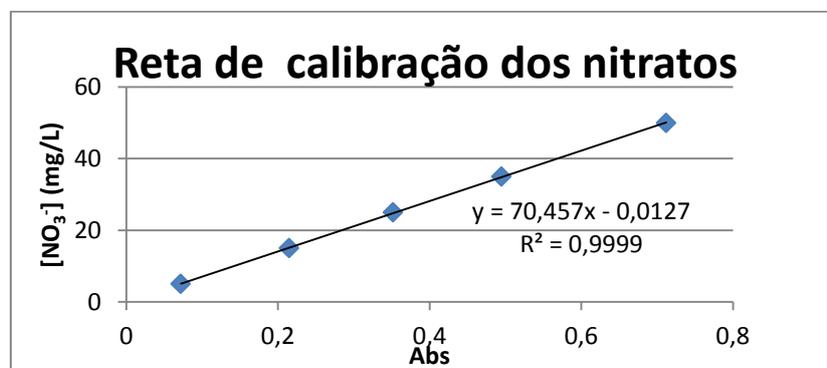
Concentração (mg/L)
5
15
25
35
50

Preparação dos padrões e das amostras

Pipetar 35 mL da mistura ácida, adicionar 5 mL de padrão / amostra e 5 mL de 2,6-dimetilfenol e homogeneizar.

Depois de pelo menos 10 min, mas não mais de 30 min, meça a absorvância de cada padrão / amostra a 324 nm,

Medir as absorvâncias usando o branco como referência;



IV - Determinação do pH

O aparelho de pH deve ser calibrado de acordo com o manual de instruções pois estas podem variar ligeiramente, dependendo do aparelho.

Técnica:

- Lavar o eléctrodo com água destilada, com ajuda de um esguicho e secá-lo suavemente com papel absorvente;
- Mergulhar o eléctrodo na solução tampão de referência com valor de pH 4,0; Aguardar e verificar o resultado. Caso o valor registado pelo aparelho seja diferente do esperado para solução tampão referência, deve fazer-se o ajuste no botão de calibração;
- Retirar a solução tampão e lavar o eléctrodo novamente com água destilada e secá-lo com papel absorvente;
- Voltar a mergulhar o eléctrodo numa segunda solução tampão de referência de pH 7,0 e aguardar a verificação do valor de pH registado. Se necessário, ajustar no botão de calibração;
- Depois de validado o valor, voltar a lavar o eléctrodo com água destilada e secá-lo com papel absorvente;
- A medição do pH da solução deve ser realizada logo depois da última lavagem do eléctrodo após a calibração, mergulhando o eléctrodo na amostra e carregando na tecla do aparelho correspondente ao início da leitura.

V - Condutividade

Técnica:

- Calibrar o aparelho, Micro CM 2220, Crison, com a solução standard de cloreto de potássio (KCl) à temperatura ambiente;
- Colocar a amostra da água à temperatura ambiente num copo e em seguida mergulhar o eléctrodo no recipiente;
- Fazer a medição e registar o valor obtido.

VI - Análise granulométrica

Fonte: Laboratório Nacional de Engenharia Civil – Portugal; Documentação normativa; E 239 – 1970

Tema: Análise granulométrica de uma amostra de solo

Objetivo: Determinar quantitativamente a distribuição por tamanho das partículas de um solo e a percentagem de material passada nesse peneiro.

Aparelhos e utensílios:

- Série de peneiros de malha quadrada na seguinte ordem: 2.00; 1.40; 1.00; 0.71; 0.50; 0.25; 0.125; 0.063; 0.038; 0.000 (mm)

- Balança analítica;
- Estufa de secagem;
- Repartidores;
- Exsicador com sílica-gel;
- Cápsula de inox;

Técnica:

Os peneiros são encaixados do 0.000 ate ao 2.00 uns nos outros de modo a formarem uma coluna de peneiração como se mostra na figura seguinte. Na parte inferior (0.000) encaixa-se um peneiro destinado a receber as partículas menores que atravessaram a coluna sem serem retidos em nenhum outro peneiro.

A amostra a peneirar tem de ser sujeita a uma secagem completa utilizando, geralmente, uma estufa com temperatura não superior a 35°C ou então, em alternativa, secagem ao ar livre. Após secagem, a amostra deve ser cuidadosamente pesada de modo a poderem estimar-se eventuais perdas que possam ocorrer durante o processo de peneiração e de pesagem das frações peneiradas. O tempo de peneiração é determinado em função do peso da amostra sendo que, normalmente, se peneira por períodos entre 10 a 15 minutos para uma amostra média. É normal que o peso total das frações de peneiração seja um pouco inferior ao da amostra original, devido a partículas que se perderam em todo o processo.



VII - Determinação do teor em matéria orgânica

Objetivo: Determinar o teor em matéria orgânica dum solo.

Aparelhos e utensílios:

- Estufa;
- Balança Analítica;
- Mufla

Técnica:

O teor de matéria orgânica do solo é determinada diretamente por calcinação, sendo a amostra calcinada numa mufla a 425°C durante cerca 6h.

Compara-se a massa inicial e a massa após calcinação e determina-se pela diferença destas massas a quantidade de matéria orgânica no solo que e expressa em g/kg de solo.

VIII - Determinação do teor em água

Fonte: Norma Portuguesa Definitiva, NP- 84, “Solos – Determinação do teor em água”, 1965

Tema: Determinação do teor em água de uma amostra de solo.

Objetivo: Determinar o teor em água de um provete de solo (quociente, expresso em percentagens, da massa da água que se evapora do provete entre 105 e 110°C, pela massa do provete depois de seca) quando este não se destine a ser utilizado noutras determinações normalizadas, tais como as de limites de consistência.

Aparelhos e utensílios:

- Balança para pesagens da massa do provete.
- Estufa para a secagem entre 105°C a 110°C.

Provetes:

- Se mais de 80% da massa das partículas passa no peneiro de malha quadrada de 2,38mm de abertura deve tomar-se um provete de, pelo menos, 30g.
- Se mais de 80% da massa das partículas passa no peneiro de malha quadrada de 19,1mm de abertura, mas não passa no peneiro de 2,38mm, deve tomar-se um provete de, pelo menos, 300g.
- Se mais de 80% da massa das partículas passa no peneiro de malha quadrada de 38,1mm de abertura, mas não passa no peneiro de 19,1mm, deve tomar-se um provete de, pelo menos, 2000g.

Técnica:

- Seca-se na estufa a 105°C – 110°C a proveta e pesa-se até massa constante.
- Introduce-se o solo e pesa-se o conjunto. Introduce-se na estufa a 105°C – 110°C durante um período entre 16h e 24h.
- Após período de secagem deixa-se arrefecer no exsiccador com a tampa bem fechada.
- Assim que as provetas se encontrarem e temperatura normal fazem-se as pesagens até massa constante.

IX - Análise da porosidade

Fonte: Varennes, 2003; pag. 73

Tema: Análise e cálculo da porosidade de um solo.

Objetivo: Calcular de forma simples e eficiente a porosidade da amostra de solo.

Princípio do método:

A porosidade calcula-se a partir da densidade aparente e da massa volúmica das partículas sólidas. A massa volúmica é determinada com base na massa do solo húmido e seu volume. Uma amostra de solo húmido é pesada e colocada numa proveta com um volume conhecido de água. O volume total será igual ao volume das partículas sólidas.

Técnica:

- Pesar 30g de solo húmido e colocar numa proveta de 100 mL;
- Adicionar 40 mL de água destilada;
- Após adicionar a água destilada ao solo verifica-se o volume total da proveta;

Calculo:

$$\text{Massa Volúmica} = \frac{\text{Massa do solo}}{\text{Volume das partículas sólidas}}$$

A porosidade é dada por:

$$\text{Porosidade (\%)} = 100 - \frac{100 * Da}{Me}$$

Em que Da é a densidade aparente (que esta tabelada) e Me a massa volúmica, ambas em g/cm^3 .

Anexo B
Reagentes Químicas

Os reagentes químicos utilizados ao longo do trabalho experimental encontram-se discriminados na tabela seguinte:

Reagentes químicos

Nome	MM	Fórmula Química	Outras características (pureza %; densidade)	Marca
Ácido ascórbico	176.13	C ₈ H ₈ O ₆	≥99%	Fluka
Ácido amidossulfónico	97.0	NH ₂ SO ₃ H	99.5%	Riedel-deHaen
Hidróxido de sódio	40.00	NaOH	98,7%	JMGS
Ácido ortofosfórico	98.00	H ₃ PO ₄	d=1.71	Pronalab
Ácido sulfúrico	98.08	H ₂ SO ₄	d=1.84	Panreac
Fosfato de sódio monobásico	119.98	NaH ₂ PO ₄	≥99%	Fluka
Nitrato de sódio	84.99	NaNO ₃	99.5%	Sigma-Aldrich
Molibdato de amónio tetra hidratado	1235.86	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O	≥99%	Pronalab
Solução indicadora de fenolftaleína	318.33	C ₂₀ H ₁₄ O ₄	99%	Himedia
Bicarbonato de sódio	84.01	NaHCO ₃	99%	Pronalab
2.6 Dimetilfenol	119.98	C ₈ H ₁₀ O	99%	Fluka
Cloreto de Potássio	74.56	KCl	99%	Himedia
Cloreto de hidrogénio	36.46	HCl	37%	Panreac
Persulfato de amónio	228.20	(NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	≥98%	Riedel-deHaen
Tartarato de potássio e antimónio	294.72	C ₄ H ₄ O ₇ Sb.1 /2H ₂ O	99%	Acros organics
Ácido acético glacial	60.05	CH ₃ COOH	99.5%	Panreac

Anexo C

Gráficos dos resultados estatísticos

