



Instituto Politécnico de Castelo Branco  
Escola Superior Agrária

## **Relatório de Projecto Final**

# **Gestão do solo da Quinta da Senhora de Mércules**

**Marta Sofia Solipa Batista**

**Mestrado em Gestão Agro-Ambiental de Solos e Resíduos**

**Orientador: Professora Doutora Maria do Carmo Simões Mendonça Horta  
Monteiro**

**Co – Orientador: Professor Doutor José Pedro Pestana Fragoso de  
Almeida**

**Castelo Branco, Dezembro de 2009**

**Gestão do solo da Quinta da Senhora de Mércules**

**Escola Superior Agrária de Castelo Branco  
Laboratório de Solos e Fertilidade**

**ORIENTADORES:**

**Professora Doutora Maria do Carmo Simões Mendonça Horta Monteiro**

**Professor Doutor José Pedro Pestana Fragoso de Almeida**

*“As doutrinas expressas neste trabalho  
são da inteira responsabilidade do seu autor”*

*Dedicado ao meu marido*

# *Índice geral*

Agradecimentos

Resumo

Abstract

1 - Introdução e Objectivos .....	1
2 - Material e Métodos.....	5
2.1. Caracterização da área em estudo.....	5
2.1.1. Caracterização Climática.....	5
2.1.2. Caracterização Geológica, Litológica e Geomorfológica.....	5
2.1.3. Caracterização do uso actual do solo.....	6
2.2. Avaliação da fertilidade do solo .....	6
2.2.1. Recolha de amostras de solo.....	6
2.2.2. Análises efectuadas e métodos analíticos utilizados .....	7
2.2.3. Interpretação estatística dos resultados .....	8
2.3. Compilação e análise da evolução dos dados da área em estudo no período 1982-2009 .....	11
2.4. Avaliação da aptidão produtiva .....	11
3 - Resultados e Discussão .....	12
3.1. Caracterização da área em estudo.....	12
3.1.2. Caracterização Climática.....	13
3.1.3. Caracterização Geológica, Litológica e Geomorfológica.....	14
3.1.4. Caracterização do uso actual do solo.....	16
3.2. Avaliação da Fertilidade dos solos .....	18
3.2.1. pH, MO, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O e CE .....	18
3.2.2. Catiões de Troca: Ca <sup>2+</sup> ; Mg <sup>2+</sup> , K <sup>+</sup> e Na <sup>+</sup> .....	22
3.2.3. Metais Pesados .....	25
3.3. Compilação e análise da evolução dos dados da área em estudo no período 1982-2009 .....	31
3.3.1. Propriedades químicas analisadas em 1982 .....	32
3.3.2. Comparação das propriedades químicas dos solos (1982-2009).....	33

3.4. Avaliação da aptidão produtiva potencial .....	42
Considerações Finais .....	45
Referências Bibliográficas.....	47
ANEXOS .....	50

## ***Índice de figuras***

Figura 1 – Carta de Declives da Quinta Senhora de Mércules (1:7500), com indicação da altimetria e dos pontos recolhidos .....	6
Figura 2 – Equipamento de recepção de sinal GPS – Trimble.....	7
Figura 3 – Estatística descritiva do processo de recolha de dados.....	7
Figura 4 – Localização da Quinta Senhora de Mércules (Extracto da Carta Topográfica nº 292, Escala 1:7500).....	12
Figura 5 – Limite da área em estudo (Quinta Senhora de Mércules).....	13
Figura 6 – Diagrama Ombrotérmico da área em estudo.....	14
Figura 7 – Percentagem correspondente às classes de declive da área em estudo .....	16
Figura 8 – Mapa de distribuição espacial do pH .....	18
Figura 9 – Mapa de distribuição espacial da MO.....	19
Figura 10 – Mapa de distribuição espacial do P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	20
Figura 11 – Mapa de distribuição espacial do K <sub>2</sub> O.....	21
Figura 12 – Mapa de distribuição espacial da C.E. ....	22
Figura 13 – Mapa de distribuição espacial do Ca <sup>2+</sup> .....	23
Figura 14 – Mapa de distribuição espacial do Mg <sup>2+</sup> .....	24
Figura 15 – Mapa de distribuição espacial do K <sup>+</sup> .....	24
Figura 16 – Mapa de distribuição espacial do Na <sup>+</sup> .....	25
Figura 17 – Mapa de distribuição espacial do Cu .....	26
Figura 18 – Mapa de distribuição espacial do Zn.....	27

Figura 19 – Mapa de distribuição normal do Cd.....	28
Figura 20 – Mapa de distribuição espacial Cr .....	29
Figura 21 – Mapa de distribuição espacial do Pb.....	29
Figura 22 – Mapa de distribuição espacial do Ni.....	30
Figura 23 – Mapa de classificação da aptidão produtiva potencial da Quinta da Senhora de Mércules.....	43

### ***Índice de tabelas***

Tabela 1 – Metodologias analíticas utilizadas na avaliação das propriedades do solo ....	8
Tabela 2 – Modelos geoestatísticos utilizados na análise das propriedades químicas do solo e respectivas características .....	10
Tabela 3 – Áreas das parcelas da área em estudo.....	13
Tabela 4 – Uso actual do solo e respectiva localização.....	16
Tabela 5 – Características dos sistemas culturais no período 2004 – 2009.....	17
Tabela 6 – Estatística descritiva das propriedades químicas do solo (AS e CE).....	18
Tabela 7 – Teores de CE (suspensão 1:2; dS.m <sup>-1</sup> ).....	22
Tabela 8 – Estatística descritiva das propriedades químicas do solo (BT) .....	23
Tabela 9 – Estatística descritiva das propriedades químicas do solo (MP).....	26
Tabela 10 – Estatística descritiva das propriedades químicas dos dados de 1982 (AS e BT).....	32
Tabela 11 – Estatística descritiva da evolução da AS (1982-2009), na parcela 1 .....	33
Tabela 12 – Estatística descritiva da evolução das BT (1982-2009), na parcela 1 .....	34
Tabela 13 – Estatística descritiva da evolução da AS (1982-2009), na parcela 2.....	34
Tabela 14 – Estatística descritiva da evolução das BT (1982-2009), na parcela 2 .....	35
Tabela 15 – Estatística descritiva da evolução da AS (1982-2009), na parcela 3.....	35
Tabela 16 – Estatística descritiva da evolução das BT (1982-2009), na parcela 3 .....	36
Tabela 17 – Estatística descritiva da evolução da AS (1982-2009), na parcela 4.....	36

Tabela 19 – Estatística descritiva da evolução da AS (1982-2009), na parcela 5.....	37
Tabela 21 – Estatística descritiva da evolução da AS (1982-2009), na parcela 6.....	<b>Erro!</b>
<b>Marcador não definido.</b>	
Tabela 23 – Estatística descritiva da evolução da AS (1982-2009), na parcela 7.....	39
Tabela 24 – Estatística descritiva da evolução das BT (1982-2009), na parcela 7 .....	40
Tabela 25 – Estatística descritiva da evolução da AS (1982-2009), na parcela 8.....	40
Tabela 26 – Estatística descritiva da evolução das BT (1982-2009), na parcela 8 .....	41
Tabela 28 – Estatística descritiva da evolução das BT (1982-2009), na parcela 9 .....	39
Tabela 29 – Classes e subclasses de aptidão da Quinta da Senhora de Mércules .....	42



## ***Lista de abreviaturas***

AS – Análise Sumária; pacote de análises que corresponde ao pH (H<sub>2</sub>O); MO; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; K<sub>2</sub>O e Textura Manual.

BT – Bases de Troca ou Catiões de Troca do solo: Ca<sup>2+</sup>; Mg<sup>2+</sup>; K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>.

Ca – Cálcio.

Ca<sup>2+</sup> – Catião de Troca Cálcio.

Cd – Cádmiio.

C.E. – Condutividade eléctrica, quantificada pelo método do condutívimetro.

Cr – Crómio.

Cu – Cobre.

CV – Coeficiente de Variação (%)

dp – Desvio padrão.

K<sup>+</sup> – Catião de Troca Potássio.

K<sub>2</sub>O – Potássio biodisponível, quantificado pelo método de Egnér-Riehm.

Mg – Magnésio.

Mg<sup>2+</sup> – Catião de Troca Magnésio.

M.O. – Matéria orgânica, quantificada pelo método de Walkey & Black.

MP – Metais Pesados: Cu; Zn; Cd; Cr; Ni e Pb.

N – Tamanho da amostragem, número de amostras analisadas.

Na – Sódio.

Na<sup>+</sup> – Catião de Troca Sódio.

Ni – Níquel.

Pb – Chumbo.

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – Fósforo biodisponível, quantificado pelo método de Egnér-Riehm.

Zn – Zinco.

## ***Agradecimentos***

Gostaria de agradecer a todos que me apoiaram e possibilitaram a realização deste projecto final para obtenção do grau de mestre, em especial:

À Escola Superior Agrária de Castelo Branco, por possibilitar a realização do curso de Mestrado e do projecto final.

À minha orientadora, professora Maria do Carmo Horta, pela simpatia, apoio, tempo disponibilizado e pelos conselhos ao longo de todo o trabalho.

Ao meu co-orientador, professor José Pedro Fragoso de Almeida pela ajuda e apoio na realização do trabalho.

À Natália Roque, técnica superior do Laboratório de SIG e CAD, pela ajuda na fase de georeferenciação dos pontos de recolha, em toda a parte de análise espacial, geoestatística e, por todos os conselhos ao longo da realização do projecto.

À Otilia e à Aurora pela ajuda, paciência, amizade e disponibilidade neste momento tão importante.

Ao meu marido Jorge, a quem dedico este trabalho, pela sua importantíssima ajuda na recolha de todas as amostras de solos, pelo tempo, paciência, carinho e apoio ao longo de todo o curso e do Projecto Final.

Aos meus pais, José Alberto e Manuela, por todo o apoio, carinho e ajuda ao longo do curso.

À minha irmã Joana, por todo o apoio e carinho.

A toda a minha família, por todo o apoio e carinho neste momento importante da minha vida.

A todos aqueles que, mesmo não sendo nomeados, me apoiaram ao longo do trabalho.

***A todos muito bem-haja!***

# **Gestão do Solo da Quinta da Senhora de Mércules**

Marta Sofia Solipa Batista

Projecto Final para obtenção do grau de Mestre em

Gestão Agro-Ambiental de Solos e Resíduos

## ***Resumo***

Este trabalho teve como objectivo a caracterização de nove parcelas da Quinta da Senhora de Mércules, de forma a avaliar a fertilidade do solo com utilização agro-pecuária e efectuar a distribuição espacial das suas propriedades químicas, assim como a compilação dos dados da caracterização edáfica disponível, numa única base de dados e comparação da evolução dessas propriedades ao longo do tempo. Por último, com este trabalho pretendeu-se ainda avaliar a aptidão produtiva potencial da área em estudo.

O trabalho decorreu na Quinta da Senhora de Mércules, propriedade do Instituto Politécnico de Castelo Branco - Escola Superior Agrária. Durante a realização do trabalho, procedeu-se à recolha de amostras de solo, em pontos georeferenciados na área da Quinta, analisando-se os seguintes parâmetros: pH, MO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, C.E., BT e MP.

Os resultados obtidos ao longo deste trabalho levam a concluir que a actividade agro-pecuária desenvolvida na Quinta leva a que ocorram situações de risco a nível ambiental, em algumas das zonas analisadas, nomeadamente, nas zonas de pastoreio intensivo e ainda nas zonas mais baixas, onde se verifica o aumento substancial de algumas das propriedades químicas analisadas.

A avaliação da aptidão do potencial produtivo da Quinta permitiu ainda concluir que existe áreas que apresentam algumas condicionantes que devem ser consideradas, aquando dos processos de gestão do solo.

Assim, com o intuito de prevenir que ocorram situações de degradação do solo e de diminuição da produtividade das culturas, assim como que ocorram riscos ambientais, aconselha-se que se monitorize as diferentes parcelas ao longo do tempo, no que diz respeito, essencialmente, ao P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, C.E., Zn, Ni e Pb, por apresentarem valores acima dos limites.

**Palavras-chave:** Gestão de solos; Quinta da Senhora de Mércules; Aptidão produtiva.

## **Soil Management in Quinta da Senhora de Mércules**

Marta Sofia Solipa Batista

Projecto Final para obtenção do grau de Mestre em  
Gestão Agro-Ambiental de Solos e Resíduos

### ***Abstract***

This study objective is to characterize nine plots in “Quinta da Senhora de Mércules” in order to evaluate the fertility agricultural livestock soils and make the spatial distribution of its chemical properties, as well as the compilation of data available edaphic characterization in a single database and compare the evolution over time. Finally, this work was to further assess the ability of the productive potential of the study area.

The work held in “Quinta da Senhora de Mércules” belonging to the Instituto Superior de Castelo Branco – Escola Superior Agrária. During the work, proceeded to collect soil samples at points referenced in the study area, and it was analysed the following parameters: pH, OM, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CE, BT and MP.

The results obtained in this work lead to the conclusion that the farming and livestock in the farm, leads to situations of risk on the environment in some of the areas examined, notably in areas of intensive grazing and even in lowland areas, where there is a substantial increase of some chemical properties analyzed.

The assessment productive ability potential of the farm conclude that there still areas that have certain conditions that must be considered in soil management.

Thus, in order to prevent situations of soil degradation and declining crop yields, and risks that occur, we are advised to monitor the various plots over time, as regards essentially the P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, EC, Zn, Ni and Pb, because they had values above the limits.

**Key words:** Soil management, Quinta da Senhora de Mércules, productive ability potential.

*Gestão do solo da Quinta da Senhora de Mércules*

## ***1 - Introdução e Objectivos***

O solo é um recurso natural não renovável à escala de tempo humana, que se desenvolve na camada externa da litosfera, e constitui o suporte físico e nutritivo de todos os ecossistemas terrestres. É formado a partir de rochas consolidadas ou não consolidadas, pela acção não só de diferentes factores como também de vários processos de formação, os quais vão definir as propriedades do solo resultante e que o distinguem de outros formados em condições diferentes.

Numa perspectiva global, o solo pode ser definido como um meio natural, vivo e dinâmico, independente e histórico em evolução constante constituído por matéria sólida e não sólida (ar e água) que resulta da acção conjugada de vários factores de formação (Dokouchaev, 1883 citado por Boulaïne, 1983), servindo de suporte físico e nutritivo para as plantas (Sopher e Baird, 1982).

Os factores de formação do solo são: a rocha-mãe, o clima, os organismos vivos, o relevo, o tempo de formação, e actualmente, as actividades desenvolvidas pelo Homem.

No que diz respeito ao material originário, este corresponde ao material que dá origem ao solo, podendo este ser formado a partir de rochas consolidadas (magnéticas e metamórficas) ou não consolidadas (sedimentares) (Zimback, 2003).

Quando os factores clima e vegetação, assumem uma importância relevante na pedogénese, os solos podem classificar-se como zonais, intrazonais e azonais. Os solos zonais correspondem então aos solos que se formam dependentes apenas do factor clima, estando estes associados às diversas zonas climáticas. Os solos intrazonais correspondem aos solos que apresentam uma característica específica do local de formação, como sendo, a presença de sais em elevadas quantidades. Por último, os solos azonais caracterizam-se essencialmente, por serem solos de formação muito jovem e com características muito semelhantes às do material original (Duchaufour e Souchier, 1984).

Outro factor de formação do solo diz respeito aos organismos que o habitam, considerando-se estes como fornecedores de matéria orgânica e, ainda, como fornecedores de determinados compostos orgânicos/minerais que podem promover não só a diferenciação entre os diversos solos (Sopher e Baird, 1982 e Costa, 1999) como também a fertilidade biótica do solo associada ao ciclo dos nutrientes, à formação de

simbioses ou associações mutualistas entre as raízes das plantas e microrganismos melhorando a nutrição das plantas, entre outros aspectos benéficos relacionados com a qualidade do solo.

O factor relevo condiciona a entrada de água no solo e, conseqüentemente, a alteração da sua estrutura e constituição, conforme este se forme em áreas planas ou em áreas com algum declive. Nas zonas planas, ocorre infiltração de grande quantidade de água, com pequena formação de escoamento superficial, ocasionando lixiviações internas, havendo assim a formação de solos mais profundos. Dependendo da perda de iões em solução, os solos serão mais ou menos ácidos e mais ou menos pobres em nutrientes. Em contrapartida, nas áreas com maior declive, a infiltração de água é menor, havendo escoamento superficial da água e erosão do solo, ocasionando-se assim, uma lixiviação menos intensa, formando-se solos pouco profundos. Por fim, nas áreas de baixa, ocorre acumulação de material proveniente, quer de cota superior, quer de possíveis linhas de água, formando-se solos mais profundos, não muito ácidos e normalmente, ricos em nutrientes (Sopher e Baird, 1982, Costa, 1999 e Zimback, 2003).

O tempo é também um factor de formação do solo, uma vez que a sua génese e evolução ocorre como resultado, não só de reacções químicas como também da acção das forças físicas que ocorrem ao longo do tempo. Em termos médios, para se formar 1 cm de solo, são necessários cerca de 100 anos.

A actividade desenvolvida pelo Homem sobre o solo, que pode ter um efeito positivo sobre a sua génese e conservação ou francamente negativo ocasionando a sua degradação quer física quer química, é sem dúvida um factor de formação de extrema importância.

Para além dos factores descritos anteriormente, ocorrem também diversos processos durante a pedogénese que originam a diferenciação do perfil do solo. Estes processos podem resumir-se nas seguintes acções: adição, perda, transporte e transformação. A meteorização das rochas, a acumulação e transformação de matéria orgânica e a migração (minerais secundários/matéria orgânica) são exemplos de processos que ocorrem em todos os solos (Costa, 1999, Zimback, 2003 e Mateus, 2008).

Num solo, a sua camada arável é normalmente constituída por 50% de material sólido que constitui a sua fase sólida e 50% de porosidade que constitui a sua fase líquida e gasosa. A fase sólida é constituída por cerca de 45% de matéria mineral e 5%

de matéria orgânica. No entanto, os solos em Portugal têm normalmente teores de matéria orgânica inferiores a 5%.

A fracção mineral do solo está organizada em elementos de diferente granulometria, constituídos por minerais primários ou secundários com distinta reactividade sob o ponto de vista electroquímico. Desta forma, os elementos da fracção sólida, quer de natureza mineral (argila) quer orgânica (húmus), com dimensão coloidal ( $\phi < 0,002$  mm) possuem a capacidade de desenvolver cargas eléctricas de superfície apresentando também uma elevada superfície específica. Por este motivo, são estes constituintes que conferem ao solo a sua capacidade de retenção de iões (adsorção de nutrientes), e de água (molécula polar) (Bonneau e Souchier, 1982; Duchafour e Souchier, 1984).

A disponibilidade do solo em nutrientes é governada, pelo equilíbrio que se estabelece entre os nutrientes adsorvidos na fase sólida (factor Quantidade Q), e os nutrientes em solução (factor Intensidade, I). Sempre que um dado ião é retirado da solução do solo por absorção pelas plantas ou transferido para as águas de drenagem, a fase sólida tem a capacidade de o repor na solução do solo. Por outro lado, sempre que é adicionado à solução do solo um determinado nutriente, p.ex. quando aplicados fertilizantes, parte dele é adsorvido pela fase sólida do solo estabelecendo-se um novo equilíbrio Q/I. O equilíbrio que se estabelece é função das características da fase sólida, das condições ambientais da fase líquida (ex: pH, concentração de outros iões) e do próprio ião (Varenes, 2003). Por este motivo, na avaliação da fertilidade do solo deve ser considerada não só a disponibilidade do nutriente, como também o conhecimento de outras propriedades do solo, como o seu pH, capacidade de troca cationica, teor de matéria orgânica, entre outros.

A fertilidade do solo diz respeito à capacidade que um solo tem para fornecer elementos nutritivos às culturas nele instaladas nas quantidades adequadas ao longo do seu ciclo vegetativo (Santos, 2002). Esta é apenas uma das funções do solo e que está directamente relacionada com a sustentabilidade dos ecossistemas. Numa perspectiva mais global o termo qualidade do solo integra todas as funções do recurso solo, i.e., capacidade para aceitar, armazenar e reciclar água, nutrientes e energia. Em resumo, diz respeito à capacidade que o solo possui em assegurar as suas funções e responder a ameaças (FAO, 1976 e FAO, 1983).



Nos agro-ecossistemas, em que a intervenção do Homem é intensa e continua no tempo, a manutenção da qualidade mais do que da fertilidade do solo deve ser uma preocupação constante. Assim, a gestão do recurso solo deve-se basear na recolha de informação relevante para a sua caracterização, na identificação dos principais problemas/limitações associados a usos específicos do solo, na apresentação das soluções e na implementação das decisões tomadas (FAO, 1985).

A Quinta da Senhora de Mércules, propriedade do Instituto Politécnico de Castelo Branco – Escola Superior Agrária tem uma área total de 162 ha, dos quais 27 ha estão afectos à actividade florestal e cerca de 128 ha à actividade agro-pecuária. Na área respeitante à actividade agro-pecuária não existe neste momento nenhuma recolha de dados edáficos sistematizada e organizada de forma a poder ser efectuada uma gestão sustentável do recurso solo. Para além disto, foi elaborada em 1982, a Carta de Solos da Quinta da Senhora de Mércules pelo Instituto de Investigação Científica Tropical – Centro de Estudos de Pedologia. Os dados recolhidos na altura encontram-se dispersos, sem localização georreferenciada e com uma leitura e interpretação difícil.

Deste modo, este trabalho tem como principal objectivo estabelecer as bases para a gestão do solo nalgumas parcelas da Quinta. Os objectivos específicos do presente trabalho são: (i) Caracterizar a área sob o ponto de vista climático, geomorfológico e cultural; (ii) Avaliar a fertilidade do solo das parcelas com utilização agro-pecuária e efectuar a distribuição espacial das suas propriedades químicas, recorrendo à georreferenciação da amostragem e à análise geoestatística; (iii) Reunir os dados de caracterização edáfica recolhidos em 1982 que serviram de base para a elaboração da carta de solos da Quinta da Senhora de Mércules, numa única base de dados e comparar com os dados actuais; (iv) Avaliar a aptidão produtiva dos solos de algumas parcelas e, numa perspectiva de sustentabilidade, definir possíveis usos agronómicos.

## ***2 - Material e Métodos***

Neste capítulo, proceder-se-á à descrição sucinta dos procedimentos e métodos analíticos utilizados, para a concretização dos objectivos do presente trabalho.

### **2.1. Caracterização da área em estudo**

A caracterização da área em estudo é importante uma vez que existem vários factores que influenciam a gestão do recurso solo, nomeadamente no que diz respeito à climatologia, geomorfologia e do uso actual do solo da área em estudo.

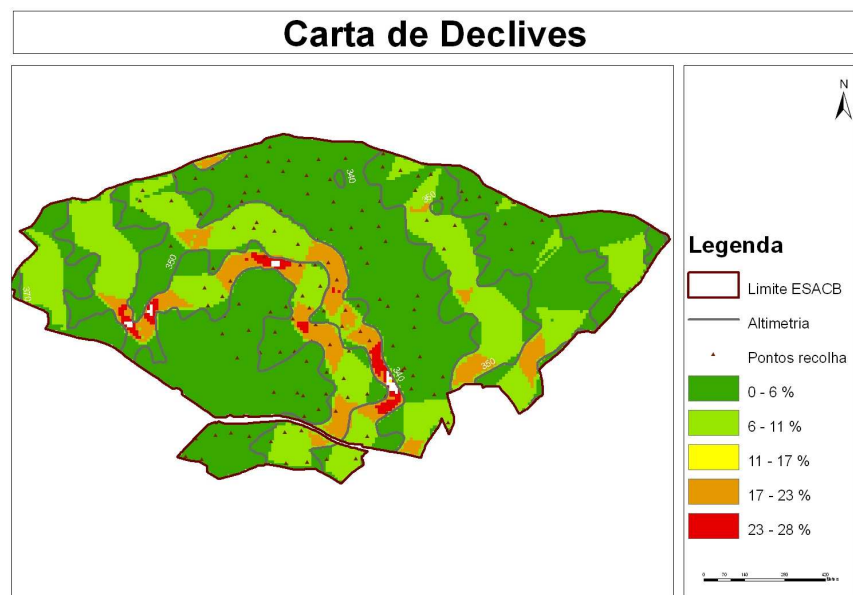
#### **2.1.1. Caracterização Climática**

A caracterização climática da área em estudo efectuou-se, procedendo-se à análise das normais climatológicas do Posto Meteorológico da ESACB, no período de 1986-2008, dos parâmetros Temperatura (Média, Máxima e Mínima), Insolação, Humidade relativa do ar (às 9 horas) e Precipitação. Com os valores médios de Temperatura e Precipitação, elaborou-se ainda o Diagrama Ombrotérmico. A análise dos dados foi efectuada utilizando o programa Microsoft Excel, versão 2003. Procedeu-se ainda, à classificação bioclimática da área em estudo através da Carta Bioclimática da FAO (1962).

#### **2.1.2. Caracterização Geológica, Litológica e Geomorfológica**

A caracterização geológica, litológica e geomorfológica foi elaborada com base na memória descritiva da Carta de Solos da ESACB (Pinheiro, 1990a).

Neste trabalho, elaboraram-se também a Carta de Declives da Quinta Senhora de Mércules, na escala de 1:7500, tal com se pode observar na figura seguinte (Figura 1), a Carta Hipsométrica e a Carta de Orientação das Encostas (Escala 1:7500) (ANEXO I). As cartas indicadas foram elaboradas utilizando o programa ArcGis, versão 9.1.



**Figura 1** – Carta de Declives da Quinta Senhora de Mércules (1:7500), com indicação da altimetria e dos pontos recolhidos

### 2.1.3. Caracterização do uso actual do solo

A caracterização do uso actual do solo foi efectuada com base nos registos de ocupação do solo dos últimos cinco anos. Para isso, foi consultada a informação disponível na ESACB.

## 2.2. Avaliação da fertilidade do solo

O segundo objectivo do presente trabalho consistiu em avaliar a fertilidade do solo da área em estudo e sua distribuição espacial.

### 2.2.1. Recolha de amostras de solo

A recolha das amostras de terra foi efectuada em pontos previamente seleccionados. Estes pontos de colheita foram definidos a partir de uma rede de malha de 75 x 75 m, seleccionados aleatoriamente e georeferenciados, num total de 161 pontos de amostragem, como se verifica na figura 1, apresentada anteriormente.

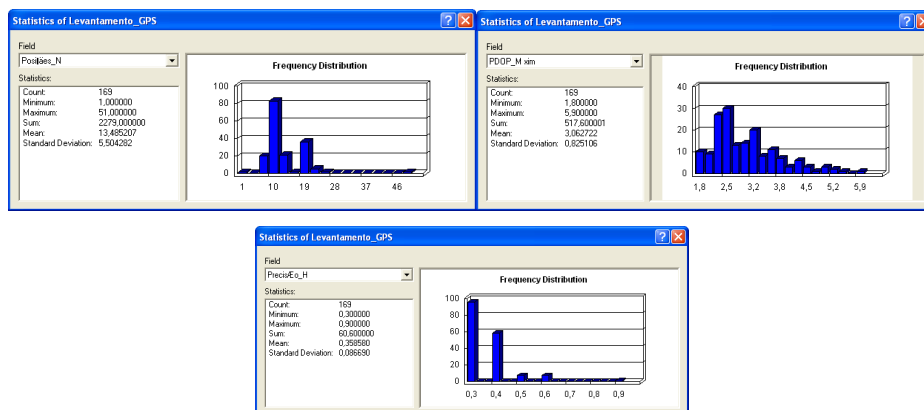
A amostragem foi efectuada a cerca de 20 cm de profundidade, utilizando uma sonda de recolha de amostras de solos. No campo e em cada ponto de amostragem, procedeu-se à georeferenciação utilizando para isso o equipamento de recepção de sinal GPS – marca Trimble, integrado com *Windows Mobile CE 3.0*, precisão sem correcção diferencial abaixo de 1 metro, precisão pós-processada de 0,30 m<sup>2</sup>, tempo médio para a 1<sup>a</sup>

posição, 30 segundos, actualização de 1 Hz e que suporta diferentes sistemas de coordenadas (Figura 2).



**Figura 2** – Equipamento de recepção de sinal GPS – Trimble.

O processo de recolha de amostras de solos decorreu de 25 de Fevereiro a 22 de Julho de 2009. Tal como se pode observar na Figura 3, efectuaram-se em média 13 posições por cada ponto amostrado, obtendo-se um PDOP (Dilution of precision, ou seja, factor que afecta as posições do sistema de GPS, relativamente ao posicionamento tridimensional) médio de 3,1 e uma precisão horizontal média de 36 cm por ponto, o que significa que é elevada a precisão do ponto de amostragem assim como a sua georeferenciação.



**Figura 3** – Estatística descritiva do processo de recolha de dados.

### 2.2.2. Análises efectuadas e métodos analíticos utilizados

A análise da fertilidade do solo foi efectuada em 161 amostras de solos, numeradas sequencialmente de 1 a 161, com base na quantificação dos parâmetros descritos na Tabela 1.

**Tabela 1** – Metodologias analíticas utilizadas na avaliação das propriedades do solo

<b>Parâmetro analisado</b>	<b>Metodologia utilizada</b>	<b>Unidades</b>
pH (H <sub>2</sub> O)	Potenciometria; eléctrodo de vidro; suspensão da terra em água, 1:2,5	Escala de Sorensen
Matéria Orgânica (MO)	Método de Walkey & Black (1934)	%
Potássio assimilável (K <sub>2</sub> O)	Egnér <i>et al</i> 1960, fotometria de chama (doseamento)	mg kg <sup>-1</sup>
Fósforo assimilável (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Egnér <i>et al</i> 1960, colorimetria por espectrofotometria de absorção molecular (doseamento)	mg kg <sup>-1</sup>
Classe de Textura	Textura “Manual”	
Condutividade Eléctrica (C.E.)	Condutívimetro; suspensão da terra em água, 1:5	dS.m <sup>-1</sup>
Bases de Troca (Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> e K <sup>+</sup> )	Extracção com Acetato de Amónio e leitura em espectrofotometria de absorção atómica	cmol <sub>(+)</sub> . kg <sup>-1</sup>
Metais Pesados (Cobre, Zinco, Níquel, Chumbo, Cádmio e Crómio)	Extracção pelo método das águas régias (EN13346, 2000) e leitura em espectrofotometria de absorção atómica	mg kg <sup>-1</sup>

### 2.2.3. Interpretação estatística dos resultados

A análise da estatística descritiva, assim como a análise da geoestatística, dos dados observados, foi realizada utilizando o programa ArcGis versão 9.1., extensão Geostatistical Wizard.

A análise descritiva dos dados foi elaborada com o objectivo de verificar a existência de um processo de autocorrelação espacial inerente aos dados obtidos, e deve anteceder sempre o processo de utilização das ferramentas geoestatísticas.

A estatística descritiva dos dados foi elaborada através da ferramenta “explore data”, que permite a elaboração do histograma, da curva normal QQplot que nos indica a semelhança ou não à curva de distribuição normal, e ainda, a determinação do

semivariograma e covariância, elementos essenciais para a escolha do modelo mais correcto para a elaboração dos mapas de distribuição espacial.

Depois desta fase, procedeu-se à análise geoestatística dos parâmetros analisados nas amostras de solo recolhidas na área em estudo. Esta análise foi realizada através de uma metodologia de interpolação geoestatística com base em modelos que incluem procedimentos estatísticos, erros e incertezas na determinação.

A análise geoestatística consistiu, na maioria dos casos, na utilização do método “kriging”, que permite gerar superfícies modeladas que incorporam os dados processados estatisticamente, obtendo-se ainda dados sobre os erros e as incertezas do modelo. No entanto, para a MO do solo, não foi possível aplicar este método devido a observarem-se valores de  $R^2 > 1$ . Desta forma, este parâmetro foi avaliado pelo método “IDW” (Inverse Distance Weighting) que consiste num método de interpolação exacto e rápido, não efectuando no entanto, a estimativa dos erros nem a probabilidade associada à distribuição espacial dos dados (Tabela 2). Os parâmetros utilizados na elaboração dos mapas de distribuição espacial e as características do modelo encontram-se em anexo (ANEXO III).

Na elaboração dos mapas de distribuição espacial foi verificada a distribuição normal, o histograma e o semivariograma das propriedades químicas analisadas (ANEXO II). Por vezes, as propriedades não se ajustavam à curva de distribuição normal, pelo que se procedeu à transformação logarítmica dos dados ou ainda à eliminação de alguns dos pontos que se afastavam da linha de normalidade, de forma a garantir que o modelo fosse o mais adequado ( $R^2 \approx 1$ ). Os semivariogramas mostram uma elevada variabilidade espacial de todas as propriedades químicas do solo.

Tal como foi referido, a análise geoestatística por “kriging”, possibilita a determinação de erros e incertezas, pelo que se apresenta ainda na tabela 2, as equações de regressão, coeficiente de correlação e erro de estimativa, para as propriedades químicas do solo analisadas.

**Tabela 2** – Modelos geoestatísticos utilizados na análise das propriedades químicas do solo e respectivas características

Variável	Modelo	Características do modelo	Equação de Regressão	R <sup>2</sup>	Erro de Estimativa
pH	“kriging”	- Sem transformação logarítmica - Amostragem: 161 pontos	$y = 0,251 x + 4,21$	0,9265	0,5791
MO	“IDW”	- Amostragem: 157 pontos	$y = 0,411 x + 1,64$	0,9978	a)
K <sub>2</sub> O	“kriging”	- Sem transformação logarítmica - Amostragem: 161 pontos	$y = 0,254 x + 135,97$	0,9766	125,5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	“kriging”	- Sem transformação logarítmica - Amostragem: 161 pontos	$y = 0,293 x + 141,15$	0,9520	105,7
C.E.	“kriging”	- Sem transformação logarítmica - Amostragem: 161 pontos	$y = 0,286 x + 0,031$	0,9623	0,0278
<b>Bases de Troca:</b>					
Ca <sup>2+</sup>	“kriging”	- Com transformação logarítmica	$y = 0,029 x + 1,990$	0,908	2,983
K <sup>+</sup>		- Amostragem: 139 pontos	$y = 0,447 x + 0,215$	0,7518	0,4355
Mg <sup>2+</sup>	“kriging”	- Sem transformação logarítmica - Amostragem: 141 pontos	$y = 0,119 x + 1,150$	0,9683	3,031
Na <sup>+</sup>	“kriging”	- Sem transformação logarítmica - Amostragem: 139 pontos	$y = 0,495 x + 0,072$	0,9637	0,1722
<b>Metais Pesados:</b>					
Cu	“kriging”	- Sem transformação	$y = 0,381 x + 6,657$	0,9688	6,331
Zn		logarítmica	$y = 0,052 x + 78,88$	0,9945	31,7
Cr		- Amostragem: 91 pontos	$y = 0,117 x + 15,779$	0,9971	14,71
Pb			$y = 0,214 x + 15,756$	0,8828	24,87
Cd	“kriging”	- Sem transformação	$y = 0,019 x + 0,139$	0,9791	0,2215
Ni		logarítmica - Amostragem: 56 pontos	$y = 0,005 x + 120,17$	0,9941	30,12

Como se pode observar pela Tabela 2, os modelos utilizados na estimativa da distribuição espacial das propriedades do solo na área em estudo, apresenta uma significativa aproximação aos valores observados: elevado valor de  $R^2$  e baixo valor do erro da estimativa do modelo.

### **2.3. Compilação e análise da evolução dos dados da área em estudo no período 1982-2009**

Com base na informação disponível na biblioteca da ESACB: Carta de Solos da Quinta Senhora de Mércules (Versão Preliminar - Centro de Estudos Pedologia – IICT, 1983 e Versão Final - Pinheiro, 1990a, b, c e d), procedeu-se à recolha e compilação dos dados referentes à área em estudo, no que respeita à caracterização edáfica da área e, ainda, às propriedades químicas analisadas na referida data.

Depois de compilados os dados recolhidos em 1982, foi elaborada a estatística descritiva referente aos mesmos utilizando o programa Microsoft Excel, versão 2003, procedendo-se, de seguida, a comparação e análise dos dados de 1982 e de 2009 para cada uma das parcelas.

### **2.4. Avaliação da aptidão produtiva**

O último objectivo do presente trabalho consistiu na avaliação da aptidão produtiva potencial dos solos da Quinta. Com esse intuito, foram definidas classes de aptidão com base nas características e/ou limitações que os solos da área em estudo apresentam, nomeadamente, no que respeita ao arejamento, à fertilidade, à retenção de nutrientes, à capacidade de armazenamento de água, às condições de enraizamento, à toxicidade e ao excesso de sais do solo; para além destes, inerentes às características do solo, foram considerados ainda, o risco de erosão e degradação e capacidade de suportar a mobilização/mecanização. Adicionalmente foram consideradas outros factores que poderão limitar ou favorecer determinadas culturas: insolação e temperatura, declives e exposição das encostas. Depois de definidas as classes, procedeu-se à avaliação das áreas correspondentes a cada uma das classes de aptidão, com o objectivo de determinar os factores que condicionam a aptidão de cada uma das parcelas. Por último, foi ainda elaborado o mapa de aptidão potencial utilizando, para isso, o software ArcGis versão 9.1.

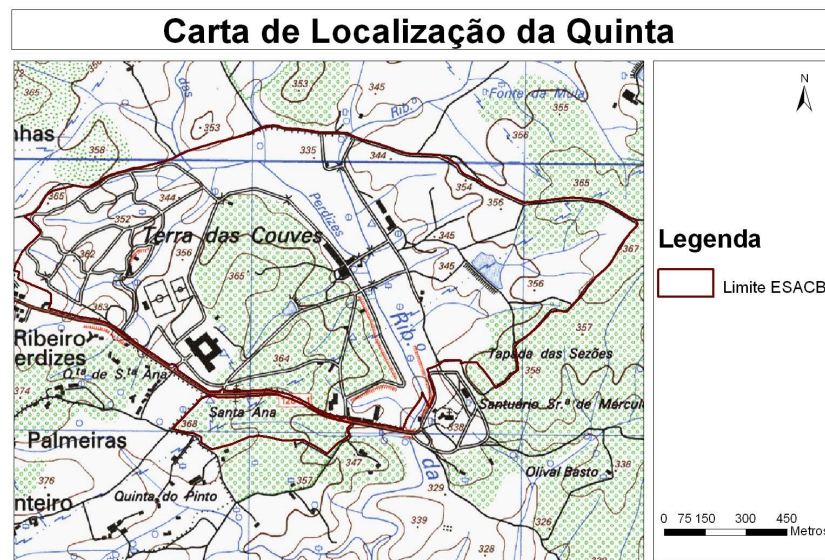


### 3 - Resultados e Discussão

#### 3.1. Caracterização da área em estudo

##### 3.1.1. Localização

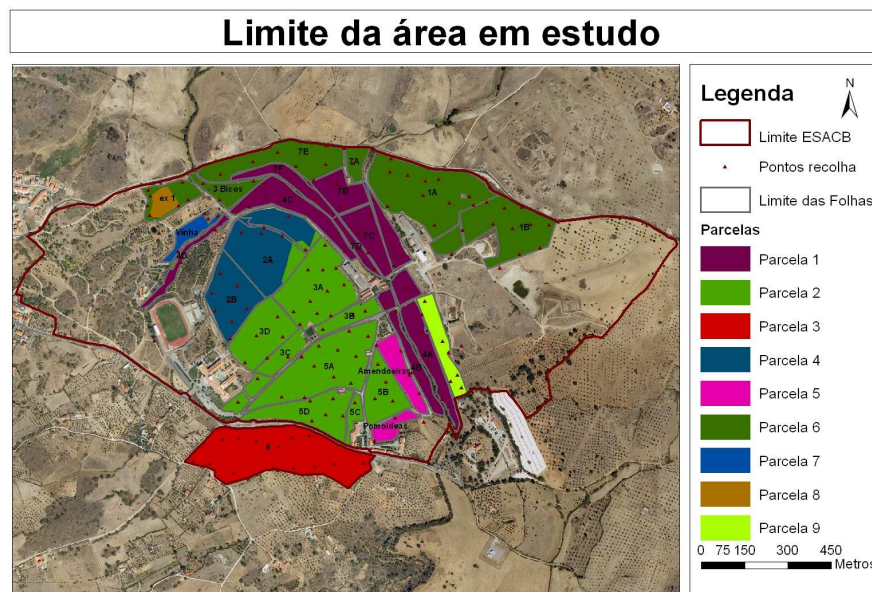
A área em estudo neste trabalho localiza-se na Quinta Senhora de Mércules, propriedade do Instituto Politécnico de Castelo Branco – Escola Superior Agrária. Esta localiza-se a leste da cidade de Castelo Branco e tem no total cerca de 162 ha (Figura 4).



**Figura 4** – Localização da Quinta Senhora de Mércules (Extracto da Carta Topográfica nº 292, Escala 1:7500)

A Quinta encontra-se enquadrada pelas estradas que saem de Castelo Branco, respectivamente, para o Rio Ponsul e para a Senhora de Mércules, sendo também propriedade da Quinta, uma pequena faixa localizada a Sul da estrada de ligação à Senhora de Mércules, junto da Capela de Santa Ana. A leste é limitada pelo Ribeiro da Senhora de Mércules, estendendo-se depois para Nordeste, para lá do Ribeiro das Perdizes; a oeste tem como limites algumas Quintas pertencentes ao lugar das Perdizes (Pinheiro, 1990a).

A área em estudo corresponde a nove parcelas da Quinta Senhora de Mércules (Figura 5), o que corresponde a cerca de 82 ha (Tabela 3).



**Figura 5** – Limite da área em estudo (Quinta Senhora de Mércules)

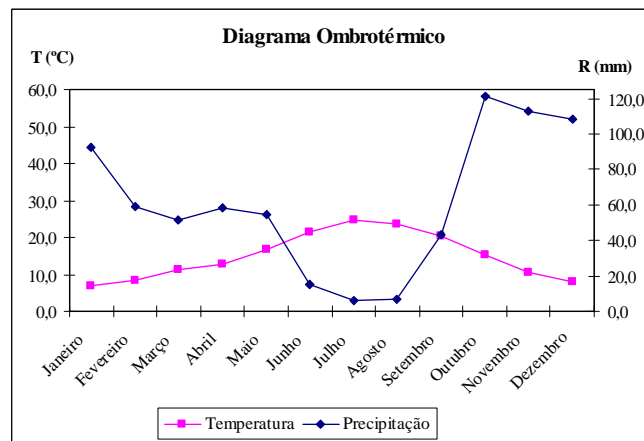
**Tabela 3** – Áreas das parcelas da área em estudo

Parcelas	Área total (ha)
Parcela 1	15,4
Parcela 2	24,6
Parcela 3	8,7
Parcela 4	8,9
Parcela 5	2,3
Parcela 6	18,6
Parcela 7	0,9
Parcela 8	0,7
Parcela 9	1,7
<b>TOTAL</b>	<b>81,9</b>

### 3.1.2. Caracterização Climática

O factor clima é muito relevante no processo de gestão e avaliação de solos. Com base na análise das normais climatológicas do período de 1986 – 2008 (ANEXO IV), a área em estudo caracteriza-se por apresentar temperatura média anual de 14,8 °C, com média da temperatura máxima anual de 21,3°C e ainda média da temperatura mínima anual de 9,3°C; insolação média anual de 2889 horas; humidade relativa do ar média às 9 horas de 72,5 % e ainda, precipitação média de 731 mm. Com os valores médios de Temperatura e Precipitação, elaborou-se ainda o Diagrama Ombrotérmico da área em estudo para caracterização do período seco da referida área (Figura 6). Com a elaboração do referido diagrama, concluiu-se que a área apresenta um período seco, de aproximadamente, quatro

meses (Junho, Julho, Agosto e Setembro). Após a determinação do período seco da área em estudo, procedeu-se à classificação da mesma através da Carta Bioclimática da FAO, determinando-se para esse efeito, o Índice Xerotérmico, que corresponde ao número de dias biologicamente secos que ocorrem durante o período seco. A Quinta apresenta um índice Xerotérmico de 111,4 dias, classificando-se como Clima Termomediterrânico Atenuado, segundo a classificação bioclimática da FAO (1962).



**Figura 6** – Diagrama Ombrotérmico da área em estudo

### 3.1.3. Caracterização Geológica, Litológica e Geomorfológica

No que diz respeito à geologia, a Quinta Senhora de Mércules localiza-se na orla de contacto do complexo xisto-grauváquico ante-Ordovícico com o granito porfiroide de grão grosseiro, da idade hercínica. As séries metamórficas derivadas da orla de contacto são constituídas por xistos mosqueados muito siliciosos, apresentando estes, junto do contacto, facies de corneanas. Consoante nos afastamos desta área, assim os xistos vão passando a xistos argilosos e grauvaques, sendo toda a área do xisto-grauváquico ocupada pela Quinta, situada na orla de contacto, apresentando formações fortemente alteradas (Pinheiro, 1990a).

É ainda de referir, os aluviões holocénicos dos Ribeiros das Perdizes, da Fonte da Mula e da Senhora de Mércules, do ponto de vista granulométrico, apresentam maior homogeneidade os dois primeiros ribeiros citados e sendo mais heterogéneo o último, dado que o material transportado pelos ribeiros das Perdizes e da Fonte da Mula provêm somente do maciço granítico, enquanto que aquele que afluí ao Ribeiro da Senhora de Mércules provêm simultaneamente do xisto-grauváquico e do granito (Pinheiro, 1990a).

Por último, deve referir-se também a existência de vários poços e nascentes ao longo dos alinhamentos atrás mencionados. Este facto parece ser consequência importante

---

do contacto entre as duas formações litológicas como também devido ao diaclasamento que afecta o granito (Pinheiro, 1990a).

Em termos geomorfológicos, a Beira Baixa, a partir do sopé da Cordilheira Central, corresponde à antiga superfície de aplanção desnivelada por importante falha durante a orogenia alpina, dando origem à formação de dois compartimentos separados por um imponente degrau de falha com orientação NE-SW e/ou ENE-WSW (Pinheiro, 1990a).

No compartimento elevado, situa-se a região de Castelo Branco, conservando-se bem no granito a aplanção inicial, muito retalhada nas formações do complexo xisto-grauváquico (Pinheiro, 1990a).

Na área do contacto granito-xisto, domina a erosão diferencial o que origina a assimetria dos vales. Dado que a orla de metamorfismo é dominada por rochas com facies de corneana, as vertentes do lado destas são declivosas com cornija, sendo as do lado do granito com declive mais suave (Pinheiro, 1990a).

Ainda no âmbito da orla de contacto, devido aos xistos se encontrarem muito metamorfizados, estes constituem por vezes soleiras de rocha dura e, dado o domínio da erosão vertical nos cursos de água, originam-se constantes rupturas de declives (Pinheiro, 1990a).

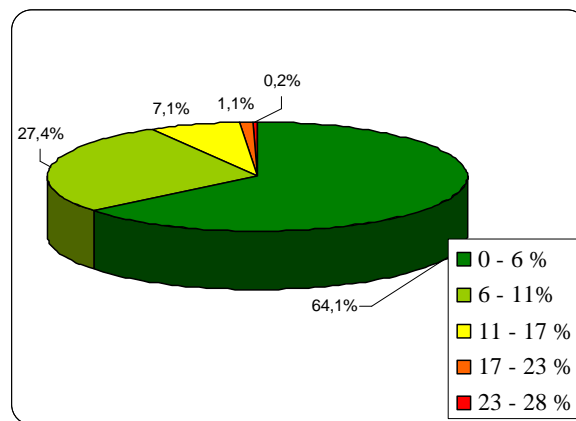
A Quinta enquadra-se na classe de relevo de ondulado muito suave, sendo a drenagem realizada para Sul, por intermédio do Ribeiro da Senhora de Mércules.

A Carta Hipsométrica foi elaborada com o intuito de determinar a altitude média da área em estudo, concluindo-se que esta se localiza entre os 338 e os 362 m de altitude (ANEXO I).

No que diz respeito à Carta de Declives (Figura 1) e, como se pode verificar pela análise da Figura 7, 64 % da área em estudo apresenta declive entre os 0 e 6% e os restantes 36 % apresenta declive superior a 6 %. A Carta de Capacidade de Uso do Solo apresenta seis classes de declive, verificando-se que a área em estudo apresenta na sua maioria declives correspondentes às classes 1 (0 – 2 %) e 2 (3 – 5 %), podendo concluir-se que estas áreas apresentam declives pouco acentuados, no entanto, nas restantes áreas o declive deve ser tido em consideração no processo de gestão do recurso solo, dado que a partir da classe 3, os solos apresentam declives que, sendo sujeitos a mobilizações convencionais poderão induzir perdas de solo consideráveis, o que vai influenciar a aptidão produtiva dos mesmos. O estudo realizado na ESACB (Lopes et al, 1999) evidencia que a perda de solo média, em kg/ha, no período de 1991/92 a 1997/98, em que não existe

nenhuma cultura (solo nu) é de 1646,8 kg/ha. No entanto, nas áreas ocupadas por Prado de Sequeiro, verifica-se que essa perda diminui para 20,6 kg/ha, o que permite concluir que a existência de cobertura vegetal no solo e a diminuição da frequência de mobilizações, proporciona uma protecção eficaz neste, no que respeita aos processos erosivos.

Foi ainda elaborada a Carta de Orientação das Encostas (ANEXO I), verificando-se que a área em estudo apresenta, na sua maioria, Zonas Planas.



**Figura 7** – Percentagem correspondente às classes de declive da área em estudo

### 3.1.4. Caracterização do uso actual do solo

No que diz respeito ao uso actual do solo da Quinta, este pode classificar-se em, essencialmente, nove sistemas culturais distintos (Tabela 4). Na Tabela 5, identificam-se as culturas realizadas nestes sistemas, nos últimos cinco anos – 2004/2009.

**Tabela 4** – Uso actual do solo e respectiva localização

Uso do solo	Parcela	Folhas
Pastagens Permanentes (Espécies anuais)	Parcela 6	7E
Pastagens Permanentes (Espécies vivazes)	Parcela 1 Parcela 6	7B, 7C, 7D e 7F 1A, 1B e 7A
Rotação (Cereal Inverno/Pousio/Pousio)	Parcela 1 Parcela 3 Parcela 9	--- 6 ---
Rotação (Cereal Inverno/Forrageira Primavera)	Parcela 1	4A, 4B, 4C e 4D
Olival com Pastagens Naturais sob coberto	Parcela 2 Parcela 4	3A, 3B, 3C e 3D 2A e 2B
Olival com Pastagens Semeadas (Espécies anuais) sob coberto	Parcela 2	5A, 5B, 5C e 5D

Uso do solo	Parcela	Folhas
Pomar de Amendoeiras, Macieiras e Pereiras	Parcela 5	---
Pomar de Pessegueiros	Parcela 8	---
Vinha	Parcela 7	---

Tabela 5 – Características dos sistemas culturais no período 2004 – 2009

Sistema	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Destino
1	Espécies anuais	Espécies anuais	Espécies anuais	Espécies anuais	Espécies anuais	Espécies anuais	ii)
2	Trevo Branco x Festuca	Trevo Branco x Festuca	Trevo Branco x Festuca	Trevo Branco x Festuca	Trevo Branco x Festuca	Trevo Branco x Festuca	ii)
3	Pousio	Pousio	a)	Pousio	Pousio	Centeio	i) e ii)
4	Aveia/Milho	Milho Aveia	Aveia/Milho Avex <sup>(*)</sup> /Sorgo Aveia/Erva do Sudão	Aveia/Milho Aveia/Sorgo	Aveia/Sorgo Aveia	Aveia/Sorgo Aveia	i) e ii)
5	Olival + Pastagens naturais	Olival + Pastagens naturais	Olival + Pastagens naturais	Olival + Pastagens naturais	Olival + Pastagens naturais	Olival + Pastagens naturais	ii) e iii)
6	Olival + Pastagens anuais	Olival + Pastagens anuais	Olival + Pastagens anuais	Olival + Pastagens anuais	Olival + Pastagens anuais	Olival + Pastagens anuais	ii) e iii)
7	Amendoeiras Macieiras Pereiras	Amendoeiras Macieiras Pereiras	Amendoeiras Macieiras Pereiras	Amendoeiras Macieiras Pereiras	Amendoeiras Macieiras Pereiras	Amendoeiras Macieiras Pereiras	iii)
8	Pessegueiros	Pessegueiros	Pessegueiros	Pessegueiros	Pessegueiros	Pessegueiros	iii)
9	Vinha	Vinha	Vinha	Vinha	Vinha	Vinha	iii)

1 – Pastagens Permanentes (Espécies anuais); 2 – Pastagens Permanentes (Espécies vivazes); 3 – Cereal Inverno/Pousio/Pousio; 4 – Cereal Inverno/Fornagem Primavera; 5 – Olival com Pastagens Naturais sob coberto; 6 – Olival com Pastagens semeadas (Espécies anuais) sob coberto; 7 – Pomar de Amendoeiras, Macieiras e Pereiras; 8 – Pomar de Pessegueiros; 9 – Vinha; a) sem informação disponível; (\*) – Mistura de Aveia, Azevém, Ervilhacas anuais e outras leguminosas; i) Fornagem (Armazenamento); ii) Pastoreio Directo e iii) Venda em fresco ou para transformação.

Como se pode analisar pela tabela 5, a Quinta apresenta um uso actual maioritariamente para pastagens e forragens, uma vez que possui um efectivo animal bastante elevado, nomeadamente 37 bovinos (22 vacas leiteiras), 330 ovinos, 15 equinos e 20 caprinos, que normalmente pastoreia pelas várias parcelas da Quinta.

Segundo Pinheiro 1990, nas áreas de pousio podem aparecer matos nomeadamente, giestas (*Cytisus multiflorus* L'Her), codeços (*Adenocarpus complicatus* L) e estevas (*Cistus ladanifer* L). Estas áreas também podem ser sujeitas a pastoreio, intermitente ou contínuo.

### 3.2. Avaliação da Fertilidade dos solos

Apresentam-se, de seguida, os resultados obtidos na análise das propriedades químicas do solo, procedendo-se, de seguida, à elaboração dos mapas de distribuição espacial para as referidas propriedades.

#### 3.2.1. pH, MO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O e CE

Como se pode observar na Tabela 6, os valores de pH do solo variam desde a zona ácida (4,7) até à zona alcalina (7,8), com um valor médio na zona ácida (5,7).

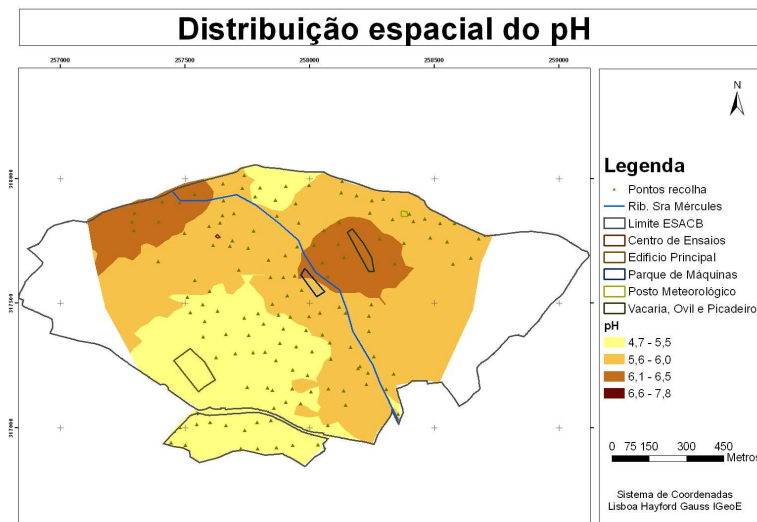
Os valores de pH na zona ácida reflectem a pobreza de bases do material originário do solo (granitos e xistos) enquanto que os valores na zona neutra a alcalina indicam adição de correctivos alcalinizantes ao solo ou de resíduos que apresentam acção alcalinizante.

**Tabela 6** – Estatística descritiva das propriedades químicas do solo (AS e CE)

Propriedades químicas	pH	M.O. (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg.kg <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (mg.kg <sup>-1</sup> )	C.E. (dS.m <sup>-1</sup> )
N	161	161	161	161	161
Mínimo	4,7	0,89	20	57	0,012
Máximo	7,8	20,09	563	1139	0,173
Média	5,7	3,11	200,7	201,1	0,045
dp	0,6	2,05	118,6	155,2	0,031
C.V. (%)	11	66	59	77	69

AS – Análise Sumária; CE – Condutividade eléctrica; C.V. – Coeficiente de Variação; dp – Desvio padrão

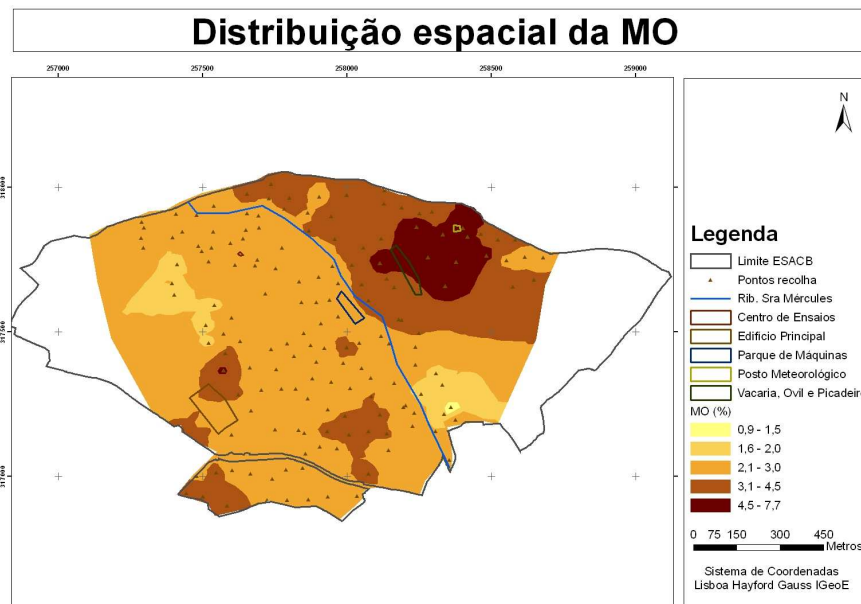
O pH da amostra apresenta valores dentro da distribuição normal, 75% dos valores observados estão entre 4,7 e 5,9 (zona ácida).



**Figura 8** – Mapa de distribuição espacial do pH

O mapa da distribuição espacial do pH (Figura 8), mostra que os valores mais elevados ocorrem nas zonas de pastoreio de bovinos, principalmente na Parcela 6 (Folha 1A e 7E) e na área ocupada pela vinha (Parcela 7). O aumento de pH na zona de pastoreio reflecte a adição de bases, nomeadamente Ca, Mg e Na na dieta dos animais e, na vinha, a correcção do pH do solo.

No que respeita à MO (Tabela 6), os valores variam entre teores baixos (0,89 %) e muito altos (20,09%), com um valor médio alto (3,11 %). Os teores baixos e médios de MO são os mais comuns nos solos em Portugal, verificando-se o mesmo na Quinta, estando os valores altos e muito altos associados às áreas de cultura intensiva e de pastoreio, devido à aplicação frequente de estrumes e outros resíduos de origem animal. Verificou-se pela análise do histograma que cerca de 75 % dos valores observados localizam-se abaixo de 3,42 % (valor alto).



**Figura 9** – Mapa de distribuição espacial da MO

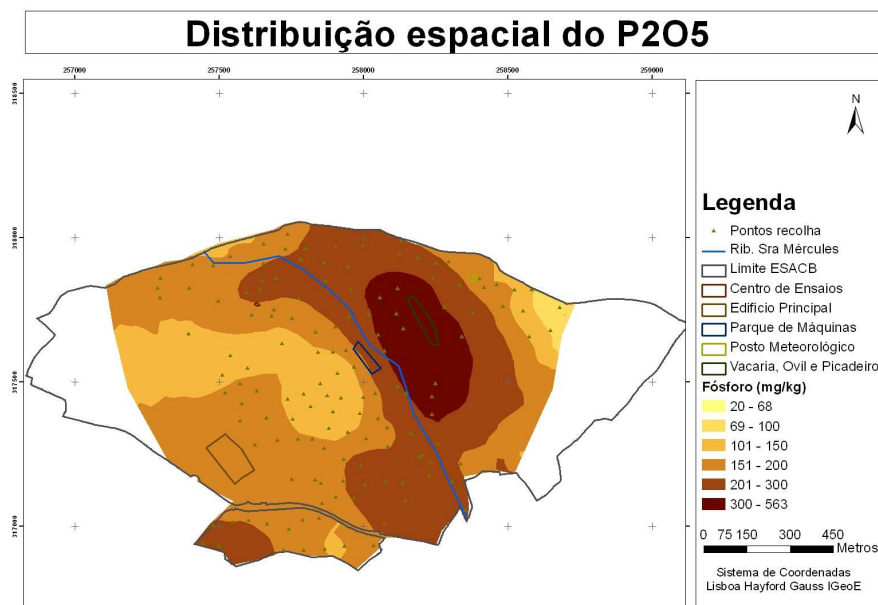
Os valores altos e muito altos de MO (Figura 9) ocorrem nas áreas de pastoreio de bovinos, nomeadamente na Parcela 6 (Folhas 1A, 7A, 7B e parte da 7E), na área ocupada pelos equinos (Parcela 6 – Folha 1B) e ainda na Parcela 2 (Folha 5C), área ocupada permanentemente por ovinos, devendo-se este facto, principalmente à constante adição de material orgânico proveniente dos dejectos dos animais e das rações.

O  $P_2O_5$  (Tabela 6) apresenta valores desde muito baixos (20 mg.  $kg^{-1}$ ) até a valores muito altos (563 mg.  $kg^{-1}$ ), sendo o valor médio de 201 mg.  $kg^{-1}$  (teor alto). A elevada variabilidade dos teores de  $P_2O_5$ , deve-se ao facto de nalgumas zonas da Quinta, não ser



efectuada fertilização, apresentando essas áreas, por isso, teores nativos baixos e muito baixos de fósforo. Os teores altos e muito altos de  $P_2O_5$  estão associados à aplicação de adubos e de resíduos de origem animal. Esta propriedade do solo apresenta 75 % dos dados abaixo de  $276 \text{ mg.kg}^{-1}$  (teor muito alto) e 25 % dos valores encontram-se abaixo dos  $112 \text{ mg.kg}^{-1}$  (teor alto).

O mapa (Figura 10) permite concluir que a área em estudo apresenta zonas com teores elevados de  $P_2O_5$  ( $> 200 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), em particular toda a área de pastoreio de bovinos (Parcela 6 – Folhas 1A, 7A e parte da 7E), zonas de baixa (Parcela 1 – Folhas 4A, 4B, 4C, 7B, 7C, 7D e parte da 7F), as áreas de olival onde ocorre o pastoreio de ovinos (Parcela 2 – Folha 5B) e, ainda, a área ocupada permanentemente por estes animais (Parcela 2 – Folha 5C). A constante e permanente acumulação de restos de alimentação assim como dos dejectos dos animais levam a que estas áreas apresentem teores muito elevados deste elemento. Nas áreas de baixa, os teores elevados devem-se às culturas intensivas aí praticadas e também ao facto de serem áreas onde ocorre a acumulação de sedimentos provenientes de cota superior. Segundo Horta e Torrent, 2007 para valores de  $P_2O_5$  superiores a  $88 \text{ mg.kg}^{-1}$ , existe risco de perda deste elemento para as águas subterrâneas e consequentemente, para as águas superficiais, podendo concluir-se que 75% da área em estudo apresenta esse risco.

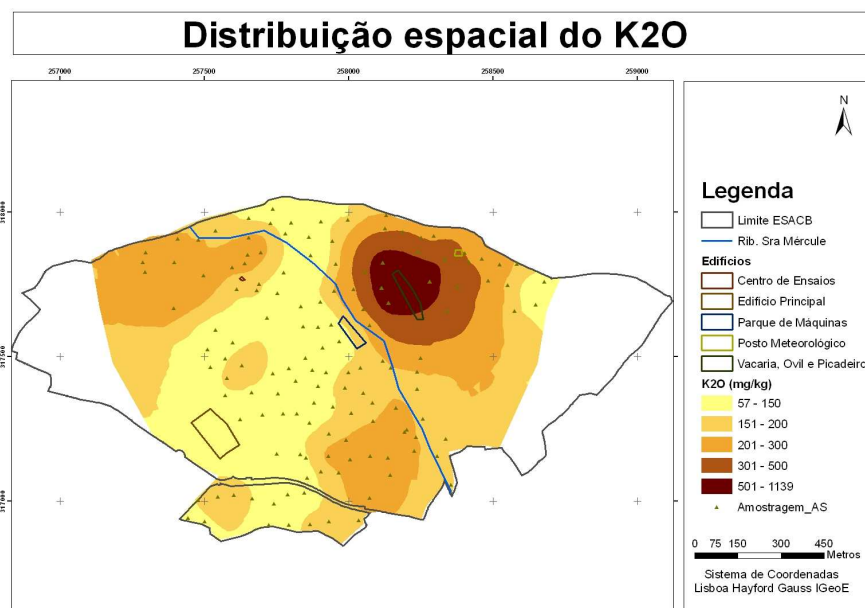


**Figura 10** – Mapa de distribuição espacial do  $P_2O_5$

O  $K_2O$  varia entre  $57 \text{ mg.kg}^{-1}$  (teor médio) e  $1139 \text{ mg.kg}^{-1}$  (teor muito alto), com um valor médio de  $201 \text{ mg.kg}^{-1}$  (valor muito alto) (Tabela 6). Este elemento faz parte da

constituição de alguns minerais como as micas apresentando por isso os nossos solos teores médios a elevados de potássio. Além disso, tem havido também fertilização potássica nalgumas parcelas da Quinta. Na análise do histograma observou-se que 75 % dos dados se localizam entre os 57 e os 284 mg.kg<sup>-1</sup> (valores médios a muito altos).

O mapa de distribuição espacial (Figura 11) evidencia que, tal como para o parâmetro P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, também este apresenta teores muito altos (> 200 mg.kg<sup>-1</sup>) na zona de pastoreio de bovinos e ovinos (Parcela 6 – Folha 1A) e, ainda em algumas áreas de baixa (Parcela 1 – Folhas 7C e 7D). As razões para tal acontecer, tal como no P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, são a acumulação de dejectos, restos de alimentação e fertilização.

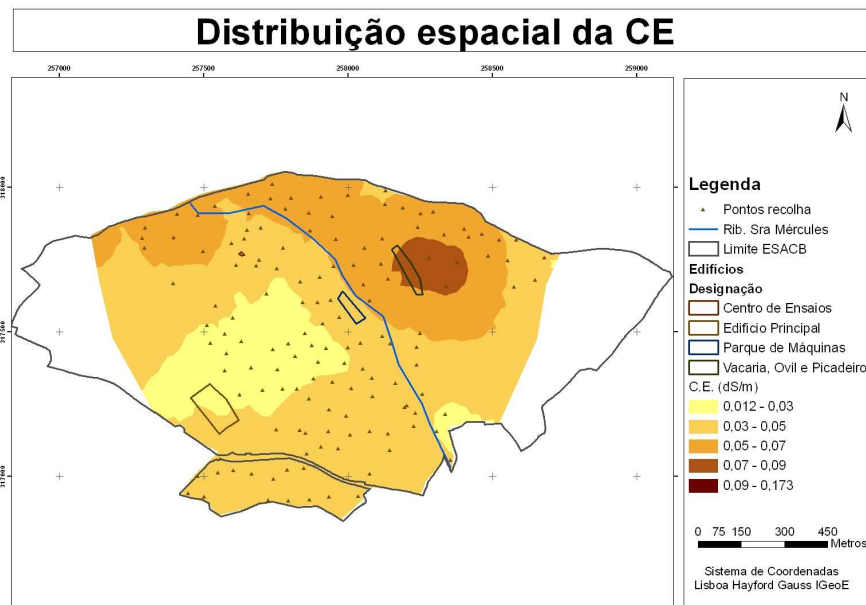


**Figura 11** – Mapa de distribuição espacial do K<sub>2</sub>O

A C.E. (Tabela 6) varia entre 0,012 e 0,173 dS.m<sup>-1</sup>, apresentando valor médio de 0,045 dS.m<sup>-1</sup>. Verificou-se, pela análise do histograma, que 75 % dos dados encontram-se abaixo do valor 0,052 dS.m<sup>-1</sup>.

Para este parâmetro, apenas existe classificação no extracto 1:2 (solo:água). Os valores apresentados e, com os quais se elaborou o mapa de distribuição espacial foram determinados numa suspensão de 1:5 (solo:água) pelo que não se pode analisar a sua classificação, segundo as classes constantes em LQARS, 2006. No entanto, com o intuito de avaliar se os valores mais elevados excedem ou não o estipulado para solos sem problemas (LQARS, 2006), determinou-se a CE na suspensão 1:2 (solo:água) nalgumas amostras de solo com elevados de C.E. no extracto de 1:5 (Tabela 7), concluindo-se que

estes não ultrapassam o valor de C.E.  $< 0,4 \text{ dS.m}^{-1}$ , a partir do qual se fazem sentir os efeitos de salinidade. Verifica-se que apenas o ponto 40 está quase nesse valor limite. Este ponto foi recolhido na Parcela 6 – Folha 1A.



**Figura 12** – Mapa de distribuição espacial da C.E.

**Tabela 7** – Teores de CE (suspensão 1:2;  $\text{dS.m}^{-1}$ )

Pontos	C.E. (1:2; $\text{dS.m}^{-1}$ )	Pontos	C.E. (1:2; $\text{dS.m}^{-1}$ )	Pontos	C.E. (1:2; $\text{dS.m}^{-1}$ )
4	0,27	40	0,39	52	0,29
35	0,27	49	0,23	54	0,34

Os valores mais elevados de CE localizam-se, essencialmente, nas zonas mais baixas das áreas de pastoreio dos bovinos, devido ao arrastamento dos sais. É ainda de salientar que as amostras foram recolhidas na sua maioria, no período de Primavera/Verão pelo que os solos apresentam teores muito baixos de humidade não tendo sido sujeitos a processos de lixiviação/drenagem há já algum tempo.

### 3.2.2. Catiões de Troca: $\text{Ca}^{2+}$ ; $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{K}^+$ e $\text{Na}^+$

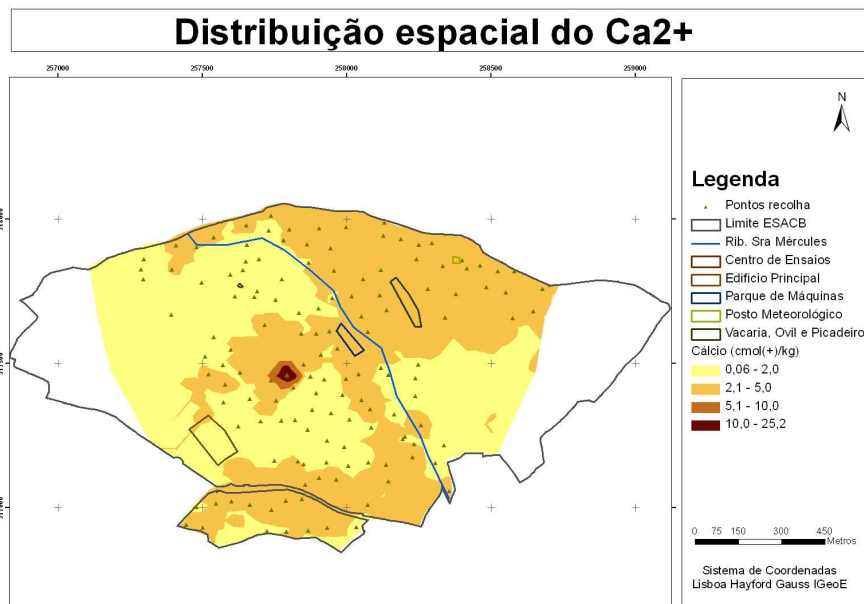
De seguida, apresentam-se os resultados obtidos na análise dos catiões de troca (Tabela 8), bem como os mapas com a distribuição espacial dos mesmos.

O cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) varia entre valores muito baixos ( $0,06 \text{ cmol}_{(+)}.\text{kg}^{-1}$ ) e valores muito altos ( $25,24 \text{ cmol}_{(+)}.\text{kg}^{-1}$ ), sendo o seu valor médio de  $2,82 \text{ cmol}_{(+)}.\text{kg}^{-1}$  (teor baixo) (Tabela 8). Após a análise do histograma, conclui-se que 75% dos valores observados estão abaixo de  $3,28 \text{ cmol}_{(+)}.\text{kg}^{-1}$  (teor baixo).

**Tabela 8** – Estatística descritiva das propriedades químicas do solo (BT)

Propriedades químicas	Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )
N	152	152	152	152
Mínimo	0,06	0,01	0,03	0,01
Máximo	25,24	40,15	6,00	1,11
Média	2,82	2,28	0,51	0,17
Mediana	1,89	0,33	0,28	0,05
dp	3,38	5,28	0,72	0,22
C.V. (%)	119,9	231,5	141,2	129,4

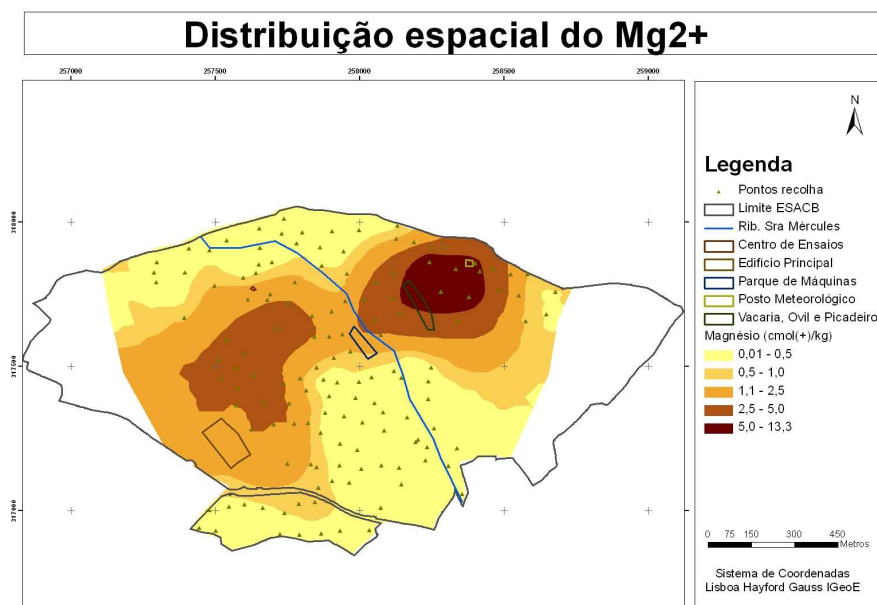
BT – Bases de Troca; C.V. – Coeficiente de Variação; dp – Desvio padrão

**Figura 13** – Mapa de distribuição espacial do Ca<sup>2+</sup>

A análise do mapa (Figura 13) permite concluir que os valores são na sua maioria muito baixos e baixos, aparecendo apenas alguns valores mais elevados na zona mais alta da Parcela 2 – Folhas 3A e 3B. A pobreza de Ca<sup>2+</sup> está associada à pobreza do material originário em bases.

O parâmetro magnésio (Mg<sup>2+</sup>) varia entre 0,01 cmol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup> (muito baixo) e 40,15 cmol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup> (muito alto), com valor médio de 2,28 cmol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup> (médio) (Tabela 8). Verificou-se que 75 % dos valores encontram-se abaixo de 2,15 cmol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup> (teor médio).

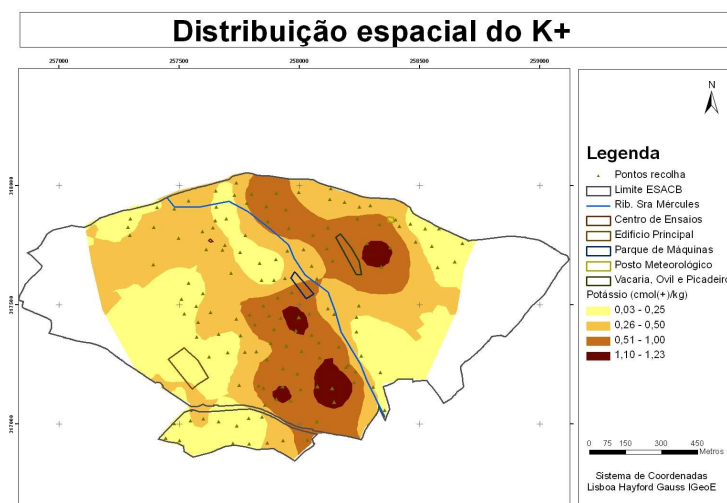
As áreas com teores mais elevados de Mg<sup>2+</sup> de troca (Figura 14) são uma vez mais as zonas ocupadas pelos bovinos (Parcela 6 – Folha 1A) assim como a zona de olival de solos derivados de granito (Parcela 4). O aumento de Mg<sup>2+</sup> na zona de pastoreio reflecte a adição de bases na dieta dos animais.



**Figura 14** – Mapa de distribuição espacial do Mg<sup>2+</sup>

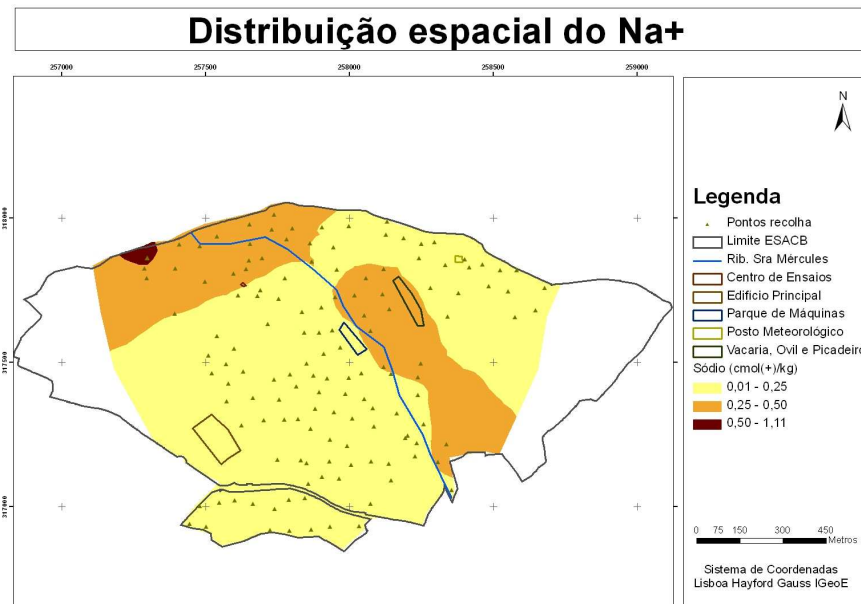
O potássio (K<sup>+</sup>) (Tabela 7) varia desde valores muito baixos (0,03 cmol(+) .kg<sup>-1</sup>) até valores muito altos (6,00 cmol(+) .kg<sup>-1</sup>), com valor médio de 0,51 cmol(+) .kg<sup>-1</sup> (teor alto). A análise do histograma permitiu concluir que 75 % dos dados observados encontram-se abaixo de 0,60 cmol(+) .kg<sup>-1</sup> (valor médio).

O mapa do catião K<sup>+</sup> (Figura 15) apresenta teores elevados em algumas zonas, como sendo toda a área ocupada pelos bovinos (Parcela 6 – Folhas 1A, 7A e parte da 7E) e ainda as zonas de olival de solos derivados de xistos (Parcela 2 – Folhas 3A, 3B, 5A, 5B, 5C e 5D). A presença de K<sup>+</sup> pode estar associada à presença deste elemento no material originário.



**Figura 15** – Mapa de distribuição espacial do K<sup>+</sup>

No que respeita ao catião sódio ( $\text{Na}^+$ ) (Tabela 8), este varia entre  $0,01 \text{ cmol}_{(+)}\cdot\text{kg}^{-1}$  (valor muito baixo) e  $1,11 \text{ cmol}_{(+)}\cdot\text{kg}^{-1}$  (valor muito alto), sendo o valor médio de  $0,17 \text{ cmol}_{(+)}\cdot\text{kg}^{-1}$  (valor baixo). A análise do histograma permite concluir que 75% dos valores observados estão entre  $0,01$  e  $0,38 \text{ cmol}_{(+)}\cdot\text{kg}^{-1}$  (valores muito baixo a médios).



**Figura 16** – Mapa de distribuição espacial do  $\text{Na}^+$

A distribuição espacial do catião  $\text{Na}^+$  (Figura 16) é muito uniforme por toda a área em estudo, com exceção da faixa a jusante da Ribeira Senhora de Mércules (Parcela 1 – Folha 4A), a zona de pastoreio de bovinos (Parcela 6 – Folhas 7A e 7E) e, ainda, na Parcela 7, parcela da vinha. A presença de  $\text{Na}^+$  nos solos pode estar associada à intensificação das culturas, nas zonas de baixa, mas também ao arrastamento e posterior acumulação de sedimentos ricos em  $\text{Na}^+$ , enquanto que nas zonas de pastoreio devido à utilização de Na na dieta dos animais.

### 3.2.3. Metais Pesados

Apresentam-se, de seguida, os resultados obtidos na análise dos metais pesados do solo (Tabela 9), bem como os mapas da distribuição espacial de cada um dos elementos em análise.

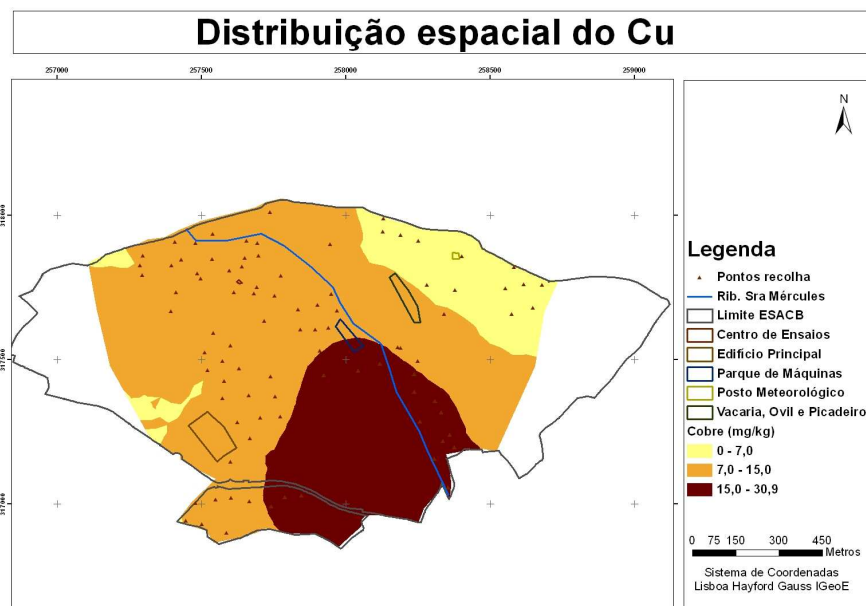
Com a análise da Tabela 9, pode-se concluir que o parâmetro Cu varia entre 0 e  $30,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , com valor médio de  $10,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . A análise do histograma permite ainda concluir que 75 % dos dados localizam-se abaixo de  $15,88 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Segundo o DL 118/2006, de 21 de Junho, para solos com pH 5,7 (valor médio da amostra), o valor limite

para este elemento é de 100 mg/kg, pelo que se verifica que, o Cu não apresenta teores acima do limite estabelecido.

**Tabela 9** – Estatística descritiva das propriedades químicas do solo (MP)

Propriedades químicas	Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	Cd (mg.kg <sup>-1</sup> )	Cr (mg.kg <sup>-1</sup> )	Pb (mg.kg <sup>-1</sup> )	Ni (mg.kg <sup>-1</sup> )
N	91	91	91	91	91	91
Mínimo	0	28,9	0	0	0	0
Máximo	30,1	202,9	1,01	65,1	230,1	166,9
Média	10,6	83,1	0,14	16,9	18,1	22,7
Mediana	8,7	77,3	0,01	12,3	8,1	15,3
dp	7,3	31,6	0,22	14,5	38,9	23,4
C.V. (%)	68,9	38	157,1	85,8	214,9	103,1

C.V. – Coeficiente de Variação; dp – Desvio padrão; MP – Metais Pesados

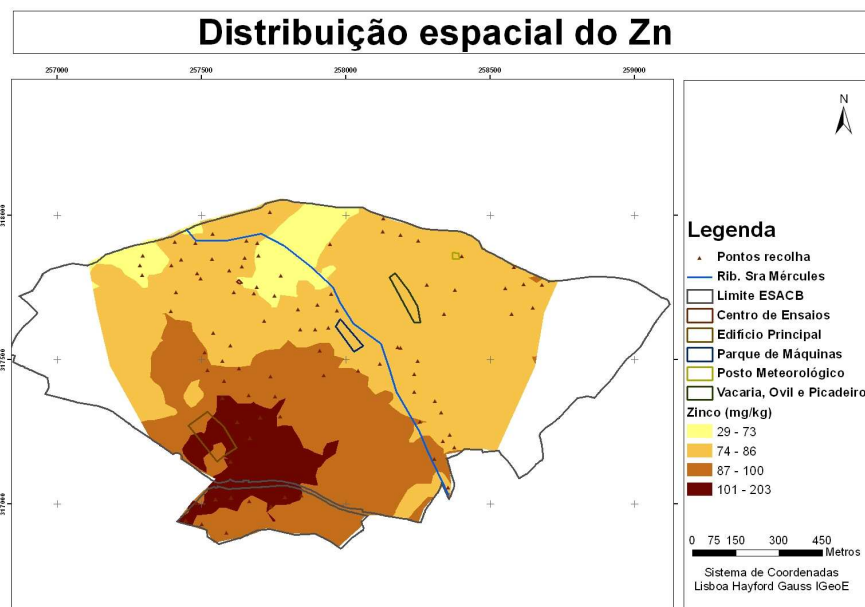


**Figura 17** – Mapa de distribuição espacial do Cu

O Cu aparece com teores mais elevados a Sudeste da Quinta (Figura 17), nomeadamente em cerca de metade da área da parcela 3 (Olival exterior à Quinta), na parcela 2 (Olival em solos derivados de xistos), na parcela 5 (parcela das Amendoeiras, Macieiras e Pereiras) e ainda, nas folhas 4A e 4B da baixa (últimas folhas a Sudeste da parcela 1). A presença deste elemento nos solos pode estar associado a questões de fertilidade ou ainda a questões litológicas. Nas zonas de baixa pode ocorrer o arrastamento deste elemento e, conseqüente, acumulação do mesmo, na Parcela 5, pode dever-se à

presença de culturas com sensibilidade média a situações de carência deste elemento, pelo que é necessária a sua aplicação através da fertilização, o que pode levar à sua acumulação no solo. Em termos litológicos, a presença de Cu no solo deve-se à presença de minerais metálicos presentes nas zonas de transição entre o granito e o xisto.

Na tabela 9, verifica-se que o elemento Zn varia entre 28,9 e 202,9 mg.kg<sup>-1</sup>, com valor médio de 83,1 mg.kg<sup>-1</sup>. Pode-se ainda concluir que 75% dos valores observados localizam-se abaixo de 105,8 mg.kg<sup>-1</sup>. Para solos com pH inferior a 5,5, o limite para este elemento é de 150 mg.kg<sup>-1</sup>, verificando-se que o valor máximo ultrapassa este valor, o que leva a que ocorra em algumas zonas da Quinta, toxicidade com este elemento.



**Figura 18** – Mapa de distribuição espacial do Zn

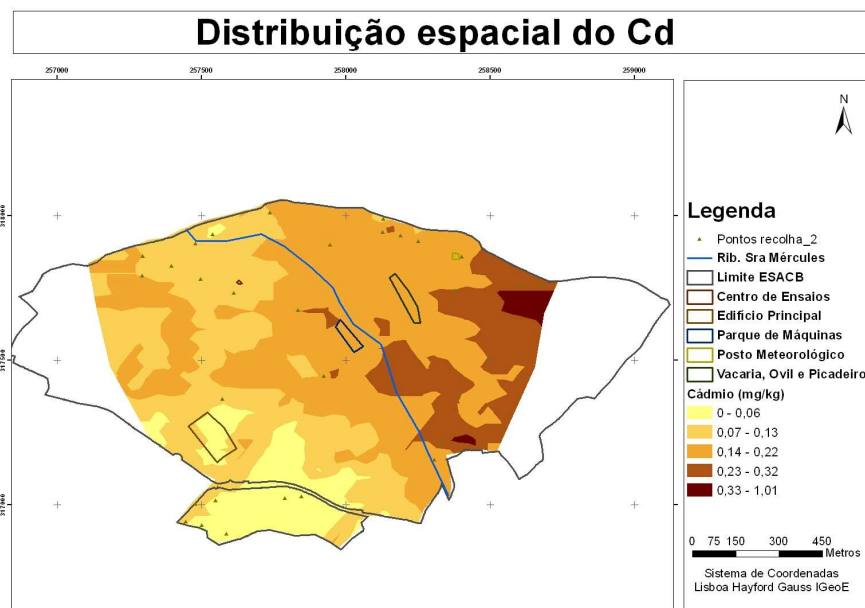
No mapa de distribuição espacial do Zn (Figura 18), verifica-se que este elemento aparece com teores superiores a 100 mg.kg<sup>-1</sup>, nas áreas a Sul da Ribeira Sra de Mércules e a Sul da Quinta, nomeadamente na parcela exterior à Quinta (Parcela 3) e ainda nos olivais de solos derivados de xistos (Parcela 2). A presença de teores elevados deste elemento deve-se ao pastoreio de animais nessas áreas, nomeadamente, ovinos, que levam à acumulação de elevadas concentrações de material orgânico, muitas vezes contaminado com Zn, mas também devido à sua litologia, i.e., devido à presença de minerais metálicos, nas zonas de transição entre o xisto e o granito.

No que respeita ao Cd (Tabela 9), este varia entre 0 e 1,01 mg.kg<sup>-1</sup>, com valor médio de 0,14 mg.kg<sup>-1</sup> e 75% dos valores observados abaixo de 0,20 mg.kg<sup>-1</sup>. Para este



elemento, ocorrem os valores mais altos onde o pH é maior de 5,5, sendo para este casos o valor limite de Cd de  $3 \text{ mg.kg}^{-1}$ , não sendo, por isso, preocupantes os valores máximos obtidos.

O elemento Cd (Figura 19) apresenta valores superiores a  $0,23 \text{ mg.kg}^{-1}$ , em parte da Parcela 6 (Folha 1B), nomeadamente na área mais a Nordeste da Quinta, onde se encontram-se os equinos em pastagem, mas também nas zonas mais a Este da Quinta e nas zonas de baixa a Sudeste da mesma (Parcela 1 – Folha 4A). A fonte deste elemento pode ser devida ao sucessivo uso de fertilizantes fosfatados.

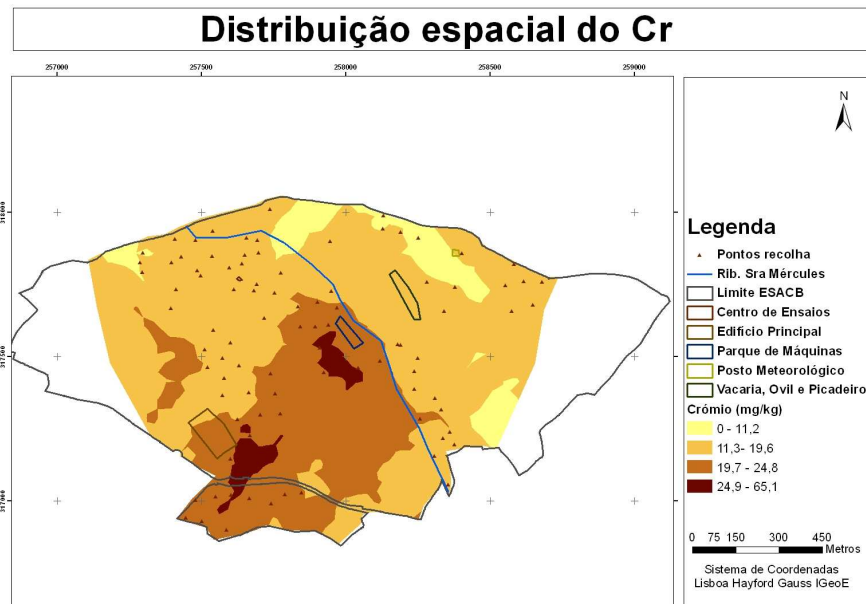


**Figura 19** – Mapa de distribuição normal do Cd

Na tabela 9, verifica-se que o Cr varia entre 0 e  $65,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ , apresentando um valor médio de  $16,9 \text{ mg.kg}^{-1}$  e 75 % dos valores abaixo de  $23,59 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

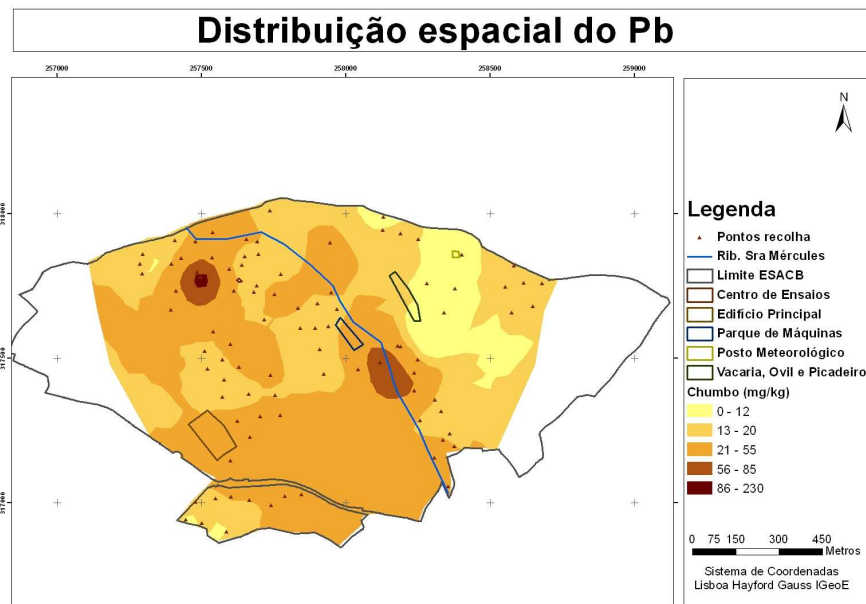
O valor limite para este elemento, nos solos com pH abaixo de 5,5, é de  $50 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Pela análise do mapa de distribuição (Figura 20), verifica-se que o valor máximo obtido é superior que o valor estipulado, podendo por isso este elemento torna-se tóxico nestas áreas.

A distribuição espacial do elemento Cr não é uniforme ao longo da Quinta uma vez que este elemento aparece com valores superiores a  $19,7 \text{ mg.kg}^{-1}$  nas zonas Sul e Sudoeste da Quinta, nomeadamente nas áreas ocupadas pelos olivais de solos derivados de xistos (Parcela 2) e ainda na Parcela 3 (Olival exterior à Quinta), podendo estar a sua presença associada ao material originário.



**Figura 20** – Mapa de distribuição espacial Cr

O parâmetro Pb varia entre 0 e 230,1 mg.kg<sup>-1</sup> (Tabela 9) e tem um valor médio de 18,1 mg.kg<sup>-1</sup>, verificando-se ainda que, 75 % dos valores observados localiza-se abaixo de 26,52 mg.kg<sup>-1</sup>. O valor limite estipulado para esta elemento é de 300 mg.kg<sup>-1</sup>, para solos com pH entre 5,5 e 7,0, não sendo ultrapassado assim o valor decretado.



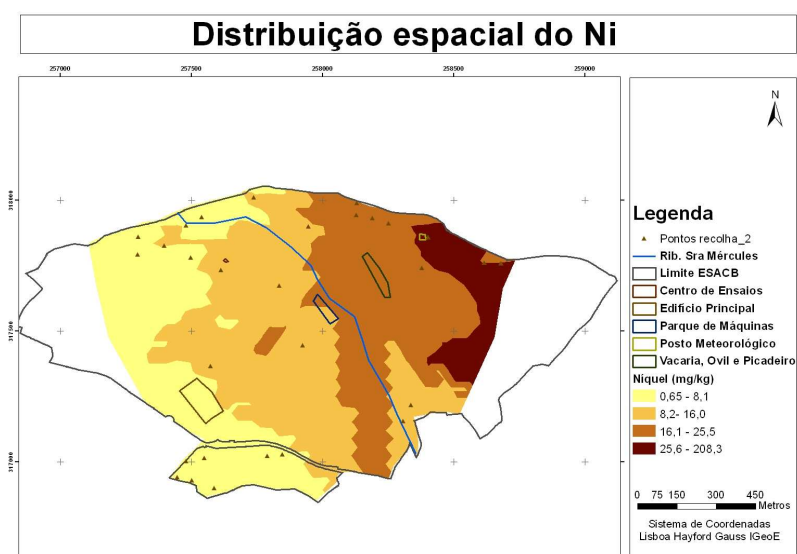
**Figura 21** – Mapa de distribuição espacial do Pb

A distribuição do elemento Pb apresenta maioritariamente teores abaixo de 55 mg.kg<sup>-1</sup> na área em estudo (Figura 21), com excepção da zona da vinha (Parcela 7) e Pomar de Pessequeiros (Parcela 8) e ainda, nas zonas de baixa (Parcela 1) que se localizam

junto às instalações do CERAS. A presença pontual de valores elevados deste elemento apenas pode ser justificada através da aplicação de produtos fitossanitários nas culturas, que pudessem levar à acumulação deste no solo.

A análise da tabela 9 permite concluir que o Ni varia entre 0 e 166,9 mg.kg<sup>-1</sup>, com valor médio de 22,7 mg.kg<sup>-1</sup>. A análise do histograma permite ainda verificar que 75 % dos dados observados localizam-se abaixo de 26,52 mg.kg<sup>-1</sup>.

Os valores mais elevados referentes a este elemento localizam-se nas áreas em que o pH do solo é superior a 5,5 sendo o valor limite de 75 mg.kg<sup>-1</sup>, para esses solos. Observa-se que o valor máximo obtido é mais do dobro do estipulado, o que leva a que este solo apresente nalgumas zonas toxicidade em relação ao Ni.



**Figura 22** – Mapa de distribuição espacial do Ni

O elemento Ni aparece distribuído uniformemente de Oeste para Este da Quinta (Figura 22), aparecendo os teores mais elevados nas parcelas a Este da mesma, nomeadamente, na Parcela 6 – Folhas 1A e 1B, podendo este facto estar associado ao material originário e ainda, devido à aplicação de resíduos de origem animal (pastoreio intensivo e aplicação de chorume e estrume). A presença de Ni pode ainda estar associada aos processos de metamorfismo que ocorreram nas zonas de contacto entre o granito e o xisto, pois este elemento é um dos constituintes da biotite, mineral comum nestas áreas.

Em suma, no que respeita aos MP, algumas áreas da Quinta apresentam valores muito elevados, nomeadamente, em termos de Ni e Pb, pelo que se aconselha a monitorização da área dos equinos e bovinos (Parcela 6 – Folhas 1A e 1B), vinha (Parcela 7) e Pomar de Pessegueiros (Parcela 8).

### 3.3. Compilação e análise da evolução dos dados da área em estudo no período 1982-2009

Com o intuito de proceder mais eficientemente à análise da evolução das propriedades químicas da área em estudo, analisaram-se os dados da Carta de Solos da ESACB (Centro de Estudos de Pedologia – IICT, 1983), fazendo correspondência entre os pontos recolhidos actualmente e os perfis caracterizados em 1982. Em anexo (ANEXO V), apresenta-se a caracterização dos solos da área em estudo no que diz respeito ao material originário e profundidade dos perfis correspondentes aos pontos recolhidos neste trabalho.

Na área em estudo, os solos classificam-se, essencialmente, em Solos Incipientes e Solos Litólicos (Classificação Portuguesa, SROA, 1973). Os Solos Incipientes correspondem a solos pouco evoluídos, sem horizontes claramente diferenciados, praticamente reduzidos ao material originário. Na Quinta podem observar-se três subordens destes: Litossolos, Aluviossolos e Coluviossolos. Os primeiros correspondem aos solos derivados de rochas consolidadas, de espessura efectiva normalmente inferior a 10 cm; os aluviossolos correspondem a solos incipientes não hidromórficos constituídos por depósitos estratificados de aluvião e, por último, os Coluviossolos correspondem aos solos de origem coluvial localizados em vales, depressões ou na base das encostas (Pinheiro, 1990a). Para além dos Solos Incipientes, a Quinta apresenta ainda Solos Litólicos, correspondentes aos solos pouco evoluídos formados, em geral, a partir de rochas não calcárias. Na Quinta, estes podem classificar-se como Solos Litólicos Não Húmicos muito a pouco insaturados (com grau de saturação em bases, em geral, inferior a 50 %) (Pinheiro, 1990a). Segundo a classificação da WRB (2006), os solos da Quinta classificam-se como Fluvisolos, solos jovens, azonais e localizados em áreas de depósitos aluvionares e como Regossolos, que correspondem a solos minerais muito pouco evoluídos, originados a partir de materiais consolidados e não consolidados.

Estando a informação da Quinta demasiado dispersa e sendo de difícil compreensão, optou-se por se proceder à junção da informação obtida em 1982 e a recolhida actualmente, para permitir a criação de uma base de informação georreferenciada e mais acessível da Quinta, de forma a ser possível avaliar a evolução do solo e auxiliar o planeamento.

### 3.3.1. Propriedades químicas analisadas em 1982

A análise pormenorizada dos dados obtidos em 1982, permitiu avaliar o estado global da fertilidade do solo da Quinta na referida data (Tabela 10). Em anexo (ANEXO V), apresenta-se a tabela com os dados reunidos através da análise da informação disponível (Centro de Estudos de Pedologia – IICT e Pinheiro, 1990a, b, c e d).

**Tabela 10** – Estatística descritiva das propriedades químicas dos dados de 1982 (AS e BT)

Propriedades químicas	pH	M.O. (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg.kg <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (mg.kg <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )
N	150	121	53	53	74	74	74	74
Mínimo	4,4	0,5	180	58	0,15	0,02	0,06	0,03
Máximo	7,5	3,6	4620	840	5,61	1,39	1,16	0,25
Média	5,7	1,56	1306,7	200,5	2,14	0,49	0,28	0,08
dp	0,59	0,54	1172,3	178,2	1,66	0,40	0,20	0,05
C.V. (%)	10,4	34,6	89,7	88,9	77,3	81,9	73	64,3

AS – Análise Sumária; BT – Bases de troca; C.V. – Coeficiente de Variação; dp – Desvio padrão

Pela análise da Tabela 10, podemos concluir que os valores de pH variavam, em 1982, entre 4,4 e 7,5, apresentando um valor médio de 5,7, classificando-se como solos muito ácidos a solos neutros. No que respeita aos teores de MO, estes variavam entre 0,5 e 3,6 %, com valor médio de 1,56 %, sendo caracterizada à área por apresentar valores baixos a médios de MO. Outro dos parâmetros avaliados em 1982 foi o P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> apresentando este, valores entre os 180 e os 4620 mg.kg<sup>-1</sup>, com teores médios de 1306,7 mg.kg<sup>-1</sup>. Os valores de K<sub>2</sub>O variavam entre 58 e 840 mg.kg<sup>-1</sup>, apresentando valor médio de 200,5 mg.kg<sup>-1</sup>. No que respeita aos valores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e de K<sub>2</sub>O, não serão analisados nem comentados uma vez que não se sabe qual o método utilizado na sua determinação e, para além disso, os valores são muito elevados.

Segundo a tabela 10, verifica-se que os valores do catião Ca<sup>2+</sup> variavam entre 0,15 e 5,61 cmol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup>, com valor médio de 2,14 cmol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup>, caracterizando assim a área por apresentar valores muito baixos a baixos, no que respeita a este parâmetro. O catião Mg<sup>2+</sup> variava entre 0,02 e 1,39 cmol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup>, com valor médio de 0,49 cmol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup>, teores que caracterizam a área em estudo como apresentando teores muito baixos a médios. Os catiões K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup> variavam, respectivamente, entre 0,06 e 1,16 cmol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup> e 0,03 e 0,25 cmol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup>, com valores médios de 0,28 cmol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup> e 0,08 cmol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Estes teores permitem classificar a área em estudo como apresentando teores muito baixos a altos para o catião K<sup>+</sup> e teores muito baixos e baixos em termos de Na<sup>+</sup>.

Globalmente, e comparando com os dados de 2009 (Tabelas 6 e 8), observa-se que a MO teve tendência a aumentar devido às práticas agrícolas conservativas, p.ex., a mobilização mínima ou não mobilização. Os catiões  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  do solo tiveram tendência para aumentar como resultado das fertilizações e do uso do solo. O pH é a propriedade química do solo mais constante ao longo destes 27 anos.

### 3.3.2. Comparação das propriedades químicas dos solos (1982-2009)

Neste subcapítulo, proceder-se-á à comparação das propriedades químicas dos solos, tendo em conta os resultados analíticos disponíveis referentes às amostras de 1982 e os resultados actuais, de forma a avaliar mais eficientemente a aptidão produtiva dos solos da Quinta. Os parâmetros C.E. e MP não foram analisados nas amostras recolhidas em 1982, pelo que não é possível avaliar a evolução destas propriedades no solo ao longo dos 27 anos em análise.

A parcela 1 corresponde às zonas de baixa da Quinta, com área total de cerca de 15,4 ha, apresentando uma variação da gama de pH (Tabela 11) muito semelhante nos dois anos (5,1 – 7,0, em 1982 e 4,8 – 7,0, em 2009), com valores médios de 6,0 e 5,8, em 1982 e 2009, respectivamente; sendo, no entanto, a área classificada como pouco ácida. Em termos de MO (Tabela 11), verifica-se que ocorreu um aumento substancial dos valores mínimo e máximo, de 1982 para a actualidade, à acumulação constante que ocorre nas zonas de baixa de sedimentos de diferente natureza, nomeadamente, orgânica, apesar que o aumento do valor médio não ser muito elevado.

**Tabela 11** – Estatística descritiva da evolução da AS (1982-2009), na parcela 1

Parâmetros	1982		2009	
	pH	MO (%)	pH	MO (%)
N	32	23	32	32
Média	6,0	2,2	5,8	3,7
Mínimo	5,1	0,5	4,7	1,3
Máximo	7,0	6,8	7,0	20,1
dp	0,49	1,89	0,62	3,39
C.V. (%)	8,2	85,9	10,7	91,6

AS – Análise Sumária; C.V. – Coeficiente de Variação; dp – Desvio padrão

A análise dos valores dos catiões de troca (Tabela 12) permite verificar que ocorreu um aumento do valor de  $\text{Ca}^{2+}$ , atingindo-se em 2009 o valor máximo de  $18,8 \text{ cmol}_{(+)}.\text{kg}^{-1}$  e do valor de  $\text{Mg}^{2+}$ , atingindo-se em 2009 o valor máximo de  $40,1 \text{ cmol}_{(+)}.\text{kg}^{-1}$ . No entanto,

os valores dos cátions  $K^+$  e  $Na^+$  diminuíram, passando de valores máximos de 6,8  $cmol_{(+)}.kg^{-1}$  de  $K^+$  e 6,8  $cmol_{(+)}.kg^{-1}$   $Na^+$  em 1982, para valores máximos de 4,4 e 1,0  $cmol_{(+)}.kg^{-1}$ , respectivamente, em 2009. O aumento do  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  pode estar associado às fertilizações que ocorrem nesta parcela.

**Tabela 12** – Estatística descritiva da evolução das BT (1982-2009), na parcela 1

Parâmetros	1982				2009			
	$Ca^{2+}$ ( $cmol_{(+)}.kg^{-1}$ )	$Mg^{2+}$ ( $cmol_{(+)}.kg^{-1}$ )	$K^+$ ( $cmol_{(+)}.kg^{-1}$ )	$Na^+$ ( $cmol_{(+)}.kg^{-1}$ )	$Ca^{2+}$ ( $cmol_{(+)}.kg^{-1}$ )	$Mg^{2+}$ ( $cmol_{(+)}.kg^{-1}$ )	$K^+$ ( $cmol_{(+)}.kg^{-1}$ )	$Na^+$ ( $cmol_{(+)}.kg^{-1}$ )
<b>N</b>	20	20	20	20	32	32	32	32
<b>Média</b>	3,6	1,4	1,3	1,1	3,8	5,0	0,7	0,3
<b>Mínimo</b>	0,4	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0
<b>Máximo</b>	6,8	6,8	6,8	6,8	18,8	40,1	4,4	1,0
<b>dp</b>	2,35	2,34	2,38	2,46	4,33	9,31	0,93	0,25
<b>C.V. (%)</b>	66,2	167,9	186,1	222,2	114,3	185,0	131,8	90,5

BT – Bases de Troca; C.V. – Coeficiente de Variação; dp – Desvio padrão

A parcela 2 corresponde às zonas de Olival localizado em solos derivados de xistos, com área total de cerca de 24,6 ha.

Os valores de pH (Tabela 13) variaram de valores entre os 4,4 e 6,8, em 1982 para valores entre 4,9 e 7,8, em 2009. No entanto, o valor médio nos dois anos é muito semelhante, 5,4 em 1982 e 5,5 em 2009, classificando-se o solo como ácido nesta parcela. Em termos de MO, pode verificar-se que ocorreu um aumento dos valores mínimo e máximo, assim como do valor médio, obtendo-se valores médios de 1,7 % em 1982 e 2,8 %, em 2009, devido ao constante pastoreio nesta área dos ovinos e, ainda, devido à localização nesta parcela de zonas de permanência de ovinos, o que leva à acumulação de elevada quantidade de dejectos e restos de alimentação.

**Tabela 13** – Estatística descritiva da evolução da AS (1982-2009), na parcela 2

Parâmetros	1982		2009	
	pH	MO (%)	pH	MO (%)
<b>N</b>	44	36	45	45
<b>Média</b>	5,4	1,7	5,5	2,8
<b>Mínimo</b>	4,4	1,0	4,9	1,7
<b>Máximo</b>	6,8	3,1	7,8	5,4
<b>dp</b>	0,65	0,54	0,61	0,73
<b>C.V. (%)</b>	12,0	31,8	11,0	26,1

AS – Análise Sumária; C.V. – Coeficiente de Variação; dp – Desvio padrão

Nos valores dos catiões de troca (Tabela 14) verificou-se um aumento do valor de  $\text{Ca}^{2+}$  e de  $\text{Mg}^{2+}$ , atingindo-se em 2009 o valor máximo de  $25,2 \text{ cmol}_{(+)}\cdot\text{kg}^{-1}$  e de  $22,0 \text{ cmol}_{(+)}\cdot\text{kg}^{-1}$ , respectivamente, assim como os valores dos catiões  $\text{K}^{+}$  e  $\text{Na}^{+}$ , que passaram de valores máximos de 1,2 e  $0,1 \text{ cmol}_{(+)}\cdot\text{kg}^{-1}$  de  $\text{K}^{+}$  e  $\text{Na}^{+}$  em 1982 para valores máximos de 6,0 e  $0,5 \text{ cmol}_{(+)}\cdot\text{kg}^{-1}$ , respectivamente, em 2009. Este facto pode estar associado à presença destes elementos na dieta dos animais, o que faz com que haja um aumento dos teores no solo.

**Tabela 14** – Estatística descritiva da evolução das BT (1982-2009), na parcela 2

Parâmetros	1982				2009			
	$\text{Ca}^{2+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	$\text{Mg}^{2+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	$\text{K}^{+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	$\text{Na}^{+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	$\text{Ca}^{2+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	$\text{Mg}^{2+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	$\text{K}^{+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	$\text{Na}^{+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}\cdot\text{kg}^{-1}$ )
N	22	22	22	22	45	45	45	45
Média	2,0	0,5	0,4	0,1	3,0	2,7	0,5	0,1
Mínimo	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
Máximo	5,6	1,4	1,2	0,1	25,2	22,0	6,0	0,5
dp	1,45	0,45	0,24	0,02	4,25	4,39	0,90	0,16
C.V. (%)	72,5	90	60	20	141,7	162,6	180	160

BT – Bases de Troca; C.V. – Coeficiente de Variação; dp – Desvio padrão

A parcela 3 corresponde à área exterior ao limite da Quinta e corresponde a Olival, com área total de cerca de 8,7 ha. Nesta parcela o valor de pH (Tabela 15), diminuiu no período 1982-2009, de valor máximo de 7,5 para 5,8, classificando-se o solo da área como pouco ácido. Este facto pode estar associado ao facto de em 1982, sofrer fertilização, o que não acontece actualmente, sendo esta sujeita a pastoreio de ovinos e equinos, e daí se verificar um aumento dos valores mínimo e máximo de MO, de 1982 para a actualidade, de 1,1 – 3,6 % e 2,3 – 3,8 %, respectivamente, com valores médios de 1,6 e 3,0 %.

**Tabela 15** – Estatística descritiva da evolução da AS (1982-2009), na parcela 3

Parâmetros	1982		2009	
	pH	MO (%)	pH	MO (%)
N	16	15	16	16
Média	5,9	1,6	5,2	3,0
Mínimo	5,0	1,1	4,8	2,3
Máximo	7,5	3,6	5,8	3,8
dp	0,65	0,61	0,29	0,47
C.V. (%)	11,0	38,1	5,5	15,7

AS – Análise Sumária; C.V. – Coeficiente de Variação; dp – Desvio padrão



A análise da Tabela 16, permite verificar um aumento do valor de  $\text{Ca}^{2+}$ , atingindo-se em 2009 o valor máximo de  $6,8 \text{ cmol}_{(+)}.\text{kg}^{-1}$ . No entanto, o valor de  $\text{Mg}^{2+}$  manteve-se em termos de valores mínimo e máximo, havendo no entanto, uma diminuição do valor médio, em 2009. Os valores dos catiões  $\text{K}^{+}$  e  $\text{Na}^{+}$  diminuíram, passando de valores máximos de 0,6 e  $0,2 \text{ cmol}_{(+)}.\text{kg}^{-1}$  de  $\text{K}^{+}$  e  $\text{Na}^{+}$ , em 1982 para valores máximos de 0,3 e  $0,1 \text{ cmol}_{(+)}.\text{kg}^{-1}$ , respectivamente, em 2009.

**Tabela 16** – Estatística descritiva da evolução das BT (1982-2009), na parcela 3

Parâmetros	1982				2009			
	$\text{Ca}^{2+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}.\text{kg}^{-1}$ )	$\text{Mg}^{2+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}.\text{kg}^{-1}$ )	$\text{K}^{+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}.\text{kg}^{-1}$ )	$\text{Na}^{+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}.\text{kg}^{-1}$ )	$\text{Ca}^{2+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}.\text{kg}^{-1}$ )	$\text{Mg}^{2+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}.\text{kg}^{-1}$ )	$\text{K}^{+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}.\text{kg}^{-1}$ )	$\text{Na}^{+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}.\text{kg}^{-1}$ )
N	11	11	11	11	16	16	16	16
Média	2,2	0,6	0,2	0,1	2,2	0,3	0,2	0,0
Mínimo	0,4	0,1	0,1	0,0	0,6	0,0	0,1	0,0
Máximo	5,3	1,1	0,6	0,2	6,8	1,1	0,3	0,1
dp	1,48	0,35	0,17	0,07	1,46	0,26	0,08	0,03
C.V. (%)	67,3	58,3	85,0	70,0	66,4	86,7	40,0	0

BT – Bases de Troca; C.V. – Coeficiente de Variação; dp – Desvio padrão

A parcela 4 corresponde às zonas de Olival localizado em solos derivados de granito, com área total de cerca de 8,9 ha.

A análise da tabela 17 permite concluir que os valores obtidos na análise em 1982 e 2009 não variaram muito, verificando-se que houve um aumento do valor médio de 5,3 para 5,5. No que respeita à MO, os valores aumentaram verificando-se um aumento significativo no valor máximo de 2,4 % em 1982 para 3,6 % em 2009, associado à acumulação de resíduos de natureza orgânica devido ao pastoreio dos ovinos da Quinta.

**Tabela 17** – Estatística descritiva da evolução da AS (1982-2009), na parcela 4

Parâmetros	1982		2009	
	pH	MO (%)	pH	MO (%)
N	12	12	13	13
Média	5,3	1,4	5,5	2,2
Mínimo	4,8	1,1	5,0	1,3
Máximo	5,9	2,4	5,1	3,6
dp	0,43	0,35	0,30	0,78
C.V. (%)	8,1	25,0	5,5	35,5

AS – Análise Sumária; C.V. – Coeficiente de Variação; dp – Desvio padrão

Em termos gerais, pode-se verificar pela análise da tabela 18 que os valores dos cátions de troca aumentaram nesta parcela de 1982 até à actualidade, verificando-se ainda um aumento mais substancial nos valores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , que poderá estar associado à utilização destes elementos na dieta dos animais.

**Tabela 18** – Estatística descritiva da evolução das BT (1982-2009), na parcela 4

Parâmetros	1982				2009			
	$\text{Ca}^{2+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}, \text{kg}^{-1}$ )	$\text{Mg}^{2+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}, \text{kg}^{-1}$ )	$\text{K}^{+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}, \text{kg}^{-1}$ )	$\text{Na}^{+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}, \text{kg}^{-1}$ )	$\text{Ca}^{2+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}, \text{kg}^{-1}$ )	$\text{Mg}^{2+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}, \text{kg}^{-1}$ )	$\text{K}^{+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}, \text{kg}^{-1}$ )	$\text{Na}^{+}$ ( $\text{cmol}_{(+)}, \text{kg}^{-1}$ )
<b>N</b>	7	7	7	7	13	13	13	13
<b>Média</b>	2,4	0,8	0,4	0,1	3,9	3,8	0,5	0,1
<b>Mínimo</b>	0,4	0,1	0,1	0,1	0,8	0,1	0,1	0,0
<b>Máximo</b>	4,0	1,4	0,5	0,1	9,3	13,3	2,3	0,6
<b>dp</b>	1,62	0,58	0,16	0,02	2,81	4,17	0,64	0,19
<b>C.V. (%)</b>	0,68	0,72	0,45	0,26	0,72	1,11	1,36	1,52

BT – Bases de Troca; C.V. – Coeficiente de Variação; dp – Desvio padrão

A parcela 5 corresponde às áreas ocupadas pelos pomares das Amendoeiras, Macieiras e Pereiras, com área total de cerca de 2,3 ha.

A análise da tabela 19 permite concluir que os valores de pH diminuíram, enquanto que os teores de MO se mantiveram praticamente iguais. Este facto pode estar associado de estas parcelas serem fertilizadas em 1982, nomeadamente, em termos correcção da reacção do solo, o que não acontece actualmente.

**Tabela 19** – Estatística descritiva da evolução da AS (1982-2009), na parcela 5

Parâmetros	1982		2009	
	pH	MO (%)	pH	MO (%)
<b>N</b>	6	5	6	6
<b>Média</b>	5,8	2,2	5,7	1,9
<b>Mínimo</b>	4,8	1,0	5,3	0,9
<b>Máximo</b>	7,5	3,6	5,8	3,5
<b>dp</b>	1,11	0,99	0,18	0,92
<b>C.V. (%)</b>	19,1	45,0	3,2	48,4

AS – Análise Sumária; C.V. – Coeficiente de Variação; dp – Desvio padrão

A análise comparativa dos cátions de troca para esta parcela (Tabela 20) não é possível uma vez que não existe informação disponível referente ao ano de 1982.

**Tabela 20** – Estatística descritiva da evolução das BT (1982-2009), na parcela 5

Parâmetros	1982				2009			
	Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )
N	a)	a)	a)	a)	6	6	6	6
Média	a)	a)	a)	a)	1,5	0,6	0,5	0,1
Mínimo	a)	a)	a)	a)	0,9	0,0	0,1	0,0
Máximo	a)	a)	a)	a)	2,7	3,1	1,3	0,4
dp	a)	a)	a)	a)	0,71	1,23	0,46	0,16
C.V. (%)	a)	a)	a)	a)	47,3	205,0	92,0	160,0

a) Parâmetro não analisado; BT – Bases de Troca; C.V. – Coeficiente de Variação; dp – Desvio padrão

A parcela 6 corresponde às zonas de pastagem que se encontram a Norte da Quinta e que dão com o limite da mesma, com área total de cerca de 1,7 ha. A análise da tabela 27 permite concluir que, apesar do valor médio não apresentar diferenças significativas, verifica-se que, os valores mínimo e máximo apresentam algumas diferenças, uma vez que em 1982 os valores eram de 5,3 e 6,8 e em 2009 os valores variaram entre 4,9 e 7,6. O valor médio em 2009 é de 5,8, classificando-se o solo como pouco ácido. No que respeita à MO, verifica-se que existe um aumento relativamente a 1982, passando-se de um máximo de 2,0 para 11,8 %. Este aumento é bastante significativo e deve-se essencialmente, ao facto de a maioria da área desta parcela ser utilizada pelos bovinos para pastoreio durante cerca de 20 horas/dia, o que leva a acumulação excessiva de material de natureza orgânica na mesma.

**Tabela 21** – Estatística descritiva da evolução da AS (1982-2009), na parcela 6

Parâmetros	1982		2009	
	pH	MO (%)	pH	MO (%)
N	33	29	34	34
Média	5,7	1,4	5,8	4,0
Mínimo	5,3	0,5	4,9	1,6
Máximo	6,8	2,0	7,6	11,8
dp	0,30	0,37	0,70	2,35
C.V. (%)	5,3	26,4	12,1	58,8

AS – Análise Sumária; C.V. – Coeficiente de Variação; dp – Desvio padrão

No que respeita aos teores de BT (Tabela 28), estes aumentaram substancialmente, sendo esse aumento mais significativa nos teores de Ca<sup>2+</sup> e de Mg<sup>2+</sup>, podendo o aumento ser devido à presença destes elementos na dieta dos animais.

**Tabela 22** – Estatística descritiva da evolução das BT (1982-2009), na parcela 6

Parâmetros	1982				2009			
	Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )
<b>N</b>	14	14	14	14	34	34	34	34
<b>Média</b>	1,5	0,3	0,1	0,1	3,3	4,0	0,6	0,3
<b>Mínimo</b>	0,4	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0
<b>Máximo</b>	5,3	0,7	0,4	0,2	18,8	40,1	4,4	1,1
<b>dp</b>	1,42	0,19	0,10	0,04	3,96	9,06	0,86	0,28
<b>C.V. (%)</b>	0,97	0,70	0,79	0,44	1,20	2,29	1,37	0,95

BT – Bases de Troca; C.V. – Coeficiente de Variação; dp – Desvio padrão

A parcela 7 corresponde à vinha, com área total de cerca de 0,9 ha. Na tabela 23, verifica-se que os valores de pH aumentaram devido a estar instalada nesta parcela a vinha da Quinta, cultura que necessita de valores referência de pH entre 6,0-6,5. No que diz respeito ao valor de MO, apenas se possui informação de uma amostra em 1982, com valor de 1,3 %, verificando-se, no entanto, que na actualidade esta parcela apresenta um valor médio de 2,3 % e ainda um máximo de 5,3 %, valor quantificado como muito alto, devido às fertilizações que são efectuadas.

**Tabela 23** – Estatística descritiva da evolução da AS (1982-2009), na parcela 7

Parâmetros	1982		2009	
	pH	MO (%)	pH	MO (%)
<b>N</b>	4	1	5	5
<b>Média</b>	5,2	1,3	6,0	2,3
<b>Mínimo</b>	5,1	1,3	5,4	0,9
<b>Máximo</b>	5,4	1,3	7,1	5,8
<b>dp</b>	0,15	b)	0,63	2,02
<b>C.V. (%)</b>	2,9	b)	105,0	87,8

b) Não determinado por apenas estar disponível informação de uma amostra;

AS – Análise Sumária; C.V. – Coeficiente de Variação; dp – Desvio padrão

Para os valores dos catiões de troca (Tabela 24), apenas se possui informação de uma amostra em 1982, com valores muito abaixo em todos os catiões em relação aos valores obtidos em 2009.

**Tabela 24** – Estatística descritiva da evolução das BT (1982-2009), na parcela 7

Parâmetros	1982				2009			
	Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )
<b>N</b>	1	1	1	1	5	5	5	5
<b>Média</b>	2,5	1,4	0,1	0,0	54,3	1,5	0,6	0,3
<b>Mínimo</b>	2,5	1,4	0,1	0,0	15,8	0,2	0,1	0,2
<b>Máximo</b>	2,5	1,4	0,1	0,0	172,5	3,4	1,5	0,5
<b>dp</b>	b)	b)	b)	b)	66,3	1,19	0,59	0,10
<b>C.V. (%)</b>	b)	b)	b)	b)	122,1	79,3	98,3	33,3

b) Não determinado por apenas estar disponível informação de uma amostra; BT – Bases de Troca; C.V. – Coeficiente de Variação; dp – Desvio padrão

A parcela 8 corresponde ao pomar dos Pessegueiros, com área total de cerca de 0,7 ha, pelo que se verifica que os valores de pH aumentaram devido a esta cultura apresentar valores referência de pH entre 6,0 e 7,5. No que diz respeito ao valor de MO, apenas se possui informação de uma amostra em 1982, com valor de 0,5 %, verificando-se no entanto que na actualidade este parâmetro apresentar um valor médio de 2,1 % (valor médio).

A análise aos teores de cationes de troca (Tabela 26), permite concluir que apenas se possui informação de uma amostra em 1982, com valores abaixo em termos de Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup> em relação a 2009, apresentando valores acima em termos de Mg<sup>2+</sup> em relação à actualidade.

**Tabela 25** – Estatística descritiva da evolução da AS (1982-2009), na parcela 8

Parâmetros	1982		2009	
	pH	MO (%)	pH	MO (%)
<b>N</b>	3	1	3	3
<b>Média</b>	5,5	0,5	6,8	2,1
<b>Mínimo</b>	5,1	0,5	6,4	1,8
<b>Máximo</b>	6,2	0,5	7,1	2,3
<b>dp</b>	0,64	b)	0,40	0,24
<b>C.V. (%)</b>	11,6	b)	5,8	11,4

b) Não determinado por apenas estar disponível informação de uma amostra;  
AS – Análise Sumária; C.V. – Coeficiente de Variação; dp – Desvio padrão

**Tabela 26** – Estatística descritiva da evolução das BT (1982-2009), na parcela 8

Parâmetros	1982				2009			
	Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )
<b>N</b>	1	1	1	1	3	3	3	3
<b>Média</b>	0,7	0,2	0,1	0,0	1,4	0,1	0,3	0,5
<b>Mínimo</b>	0,7	0,2	0,1	0,0	0,3	0,0	0,2	0,5
<b>Máximo</b>	0,7	0,2	0,1	0,0	2,4	0,2	0,6	0,5
<b>dp</b>	b)	b)	b)	b)	1,06	0,11	0,23	0,04
<b>C.V. (%)</b>	b)	b)	b)	b)	75,7	110,0	76,7	8,0

b) Não determinado por apenas estar disponível informação de uma amostra; BT – Bases de Troca; C.V. – Coeficiente de Variação; dp – Desvio padrão

A parcela 9 corresponde à zona dos antigos pomares, com área total de cerca de 18,6 ha. A análise comparativa dos valores de pH, MO (Tabela 21) e BT (Tabela 22) não pode ser realizada uma vez que, os dados referentes a estes parâmetros não estão disponíveis para o ano de 1982.

**Tabela 27** – Estatística descritiva da evolução da AS (1982-2009), na parcela 9

Parâmetros	1982		2009	
	pH	MO (%)	pH	MO (%)
<b>N</b>	a)	a)	6	6
<b>Média</b>	a)	a)	5,8	2,1
<b>Mínimo</b>	a)	a)	5,3	1,0
<b>Máximo</b>	a)	a)	6,7	3,3
<b>dp</b>	a)	a)	0,54	0,85
<b>C.V. (%)</b>	a)	a)		

a) Parâmetro não analisado; AS – Análise Sumária; C.V. – Coeficiente de Variação; dp – Desvio padrão

**Tabela 28** – Estatística descritiva da evolução das BT (1982-2009), na parcela 9

Parâmetros	1982				2009			
	Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup> )
<b>N</b>	a)	a)	a)	a)	6	6	6	6
<b>Média</b>	a)	a)	a)	a)	1,1	1,5	0,3	0,1
<b>Mínimo</b>	a)	a)	a)	a)	0,3	0,1	0,1	0,0
<b>Máximo</b>	a)	a)	a)	a)	2,5	4,1	0,6	0,5
<b>dp</b>	a)	a)	a)	a)	0,84	1,67	0,19	0,18
<b>C.V. (%)</b>	a)	a)	a)	a)	76,4	111,3	63,3	180,0

a) Parâmetro não analisado; BT – Bases de Troca; C.V. – Coeficiente de Variação; dp – Desvio padrão

### 3.4. Avaliação da aptidão produtiva potencial

Neste capítulo, pretende-se avaliar a aptidão produtiva potencial da Quinta, de forma a determinar a capacidade que as unidades solo apresentam em termos culturais.

Tendo em consideração os factores que afectam a aptidão do solo, classificou-se a área em estudo em duas classes de aptidão, consoante as limitações e/ou benefícios que esses factores representam para as culturas (Tabela 29).

**Tabela 29** – Classes e subclasses de aptidão da Quinta da Senhora de Mércules

<b>Classes</b>	<b>Subclasses</b>	<b>Parcelas</b>
<b>MN</b>	<b>LS</b>	Parcela 2 Parcela 4 Parcela 6
	<b>LC</b>	Parcela 2 Parcela 4
<b>ZS</b>	<b>LP</b> <b>MP</b>	Parcela 3 Parcela 6 Parcela 7 Parcela 8
	<b>PT</b>	Parcela 1 Parcela 9

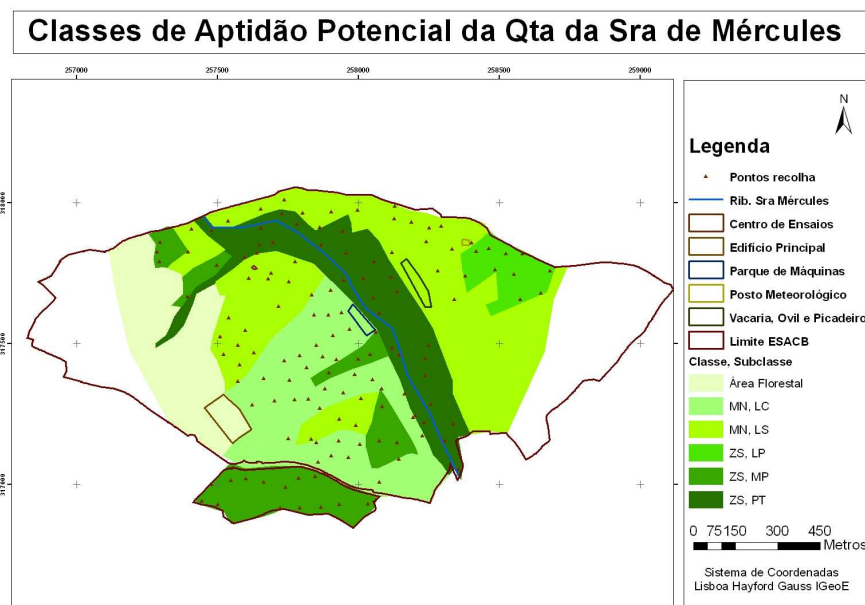
MN – Mobilização mínima/nula; ZS – Zonas sensíveis; LS – Limitação do solo;  
LC – Limitação do clima e exposição das encostas; LP - Limitações ao pastoreio;  
MP – Metais pesados e PT – Posição topográfica.

A Classe MN (mobilização mínima/nula) corresponde às áreas que apresentam aptidão para culturas permanentes, sujeitas a mobilizações menores e às áreas ocupadas pelas culturas que apresentam intolerância às condições climáticas, dividindo-se esta em duas subclasses: subclasse LS (limitação do solo) que corresponde às áreas que apresentam limitações em termos de mecanização, riscos de erosão e degradação do solo, devido a apresentarem solos pouco profundos, com declives acentuados e com presença de afloramentos rochosos, factores que condicionam as propriedades físicas do solo; e a subclasse LC (limitação climática e exposição das encostas) que corresponde às áreas em que as condições climáticas (Temperatura e Insolação) condicionam as culturas aí instaladas. Assim, as áreas correspondentes a esta subclasse apresentam aptidão para culturas que se desenvolvam melhor em Encostas quentes e muito quentes, p.ex. Sorgo.

Para além do Sorgo, estas áreas apresentam ainda aptidão para prados de espécies anuais como trevos brancos e luzernas, espécies resistentes ao frio e às geadas.

A Classe ZS (zonas sensíveis) pode ser subdividida em três subclasses: LP (limitações ao pastoreio), MP (metais pesados) e PT (posição topográfica). Esta classe corresponde às áreas nas quais é necessária monitorização permanente devido à presença de sais no valor limite a partir do qual se verificam os efeitos da salinidade, mas também devido à presença de alguns elementos em excesso, nomeadamente, Zn, Pb e Ni, que levam à toxicidade dessas áreas e, conseqüentemente, a efeitos sobre as culturas (Subclasse MP); às áreas em que as cargas orgânicas são muito elevadas, pelo que o pastoreio deve ser limitado (Subclasse LP) e, ainda, às áreas de baixa que, apesar que apresentarem aparentemente condições óptimas para as culturas, por se localizarem junto à linha de água, por apresentarem solos pouco profundos e o lençol freático próximo da superfície, pode levar a que ocorram riscos ambientais (Subclasse PT).

De forma a minimizar os impactos que podem ocorrer devido às limitações de cada uma das classes de aptidão, deve-se ter em consideração todos estes factores no processo de gestão do recurso solo. Posto isto, apresenta-se, de seguida, o mapa de aptidão potencial da Quinta, que evidencia a aptidão produtiva potencial das várias parcelas da área em estudo (Figura 23).



**Figura 23** – Mapa de classificação da aptidão produtiva potencial da Quinta da Senhora de Mércules.





## ***Considerações Finais***

As parcelas analisadas neste trabalho correspondem a duas unidades de solo distintas: os Aluviosolos e os Regossolos, que se apresentam declives, maioritariamente, entre os 0 e os 6 %.

No que respeita à fertilidade do solo avaliada, concluiu-se que a área em estudo apresenta solo ácido e teores altos de MO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O. A C.E. apresenta, na sua maioria, valores não muito preocupantes, apenas com excepção da zona de pastoreio dos bovinos, onde esta tem valor muito próximo do valor a partir do qual se fazem sentir os efeitos da salinidade (C.E. > 0,4 dS.m<sup>-1</sup>). Em termos de cationes de troca, a área apresenta valores baixo e médio de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, respectivamente, e valores alto e baixo de K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>, respectivamente. Quanto aos teores em MP, a área apresenta valores dentro dos valores estipulados na maioria dos elementos, com excepção do Zn, Ni e Pb.

A actividade agro-pecuária da Quinta, condiciona as propriedades químicas do solo pelo que a elaboração deste trabalho permitiu avaliar o estado dos solos agrícolas, concluindo-se que é necessária a monitorização de algumas áreas, nomeadamente, a Parcela 6 – Folha 1A, em que o valor de C.E. é muito próximo do limite estipulado, mas também nas áreas em que se verifica toxicidade do solo com alguns MP, isto é, zona a Sudoeste da Quinta, junto ao Edifício Principal e Parcela 3 (exterior à Quinta), Parcela 7 (Vinha) e Parcela 6 (Folha 1B) localizada a Nordeste da área em estudo. Para além da monitorização dos parâmetros descritos anteriormente, deverá monitorizar-se ainda o fósforo uma vez que mais de 75 % da área em estudo, apresenta valores acima do valor a partir do qual existe risco de perda deste elemento para as águas subterrâneas (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> > 88 mg.kg<sup>-1</sup>). A acumulação deste nutriente no solo origina a saturação da capacidade de retenção de fosfatos pelo mesmo, conduzindo a contínuas perdas por escoamento superficial ou por drenagem interna, que conduz à eutrofização acelerada dos sistemas aquáticos.

Em suma, aconselha-se que, no que diz respeito ao pastoreio, se diminua o encabeçamento por área, nomeadamente, na área de pastoreio dos bovinos para assim se prevenir a acumulação de materiais de natureza orgânica. Para além da diminuição do encabeçamento nas áreas de pastoreio, aconselha-se a optimização da rotação de culturas de forma a melhorar a sua eficiência na absorção de nutrientes acumulados no solo.

A classificação da aptidão produtiva potencial da quinta permite avaliar as áreas que apresentam limitações em termos culturais, concluindo-se que para além da monitorização aconselhada anteriormente, deve-se ter em atenção toda a área da baixa (Classe ZS, Subclasse PT), uma vez que esta caracteriza-se por apresentar solos pouco desenvolvidos, com toalha freática próxima da superfície, localizando-se junto às linhas de água, pelo que uma gestão não eficiente destas áreas, pode levar ao arrastamento de nutrientes do solo para as águas subterrâneas e, conseqüentemente, à perda da qualidade das águas, quer subterrâneas, quer superficiais.

É ainda de salientar que ficaram por resolver algumas questões relevantes para o processo de gestão da Quinta, pelo que se aconselha:

- a definição de sistemas culturais adaptados a cada uma das classes de aptidão;
- a definição da capacidade de carga animal nas parcelas com limitações a este nível;
- a gestão dos factores de produção nas parcelas com limitações no que diz respeito à aplicação de fertilizantes e pesticidas;
- a gestão da dotação e qualidade da água de rega.

**Referências Bibliográficas**

- ArcGIS 9 - *Using ArcGIS - Geostatistical Analyst*. Esri Press, 2001, 306 pp.
- Banneau, M. & Souchier, B. (1982) – *Constituents and properties of soils*. Academia Press, London, 496 pp.
- Booth, T.H. (1986) - Using a Computerized Land-use Planning Package with the FAO Framework for Land Evaluation. *Environmental Management* 10, 3: 351 – 358.
- Boulaine, J. (1983) – V. V. Dokouchaev et les débuts de la pédologie. *Revue d'histoire des sciences* (online) 36, 3: 285-306. Disponível em <http://www.persee.fr> (Acesso em: 09 de Abril de 2009).
- Centro de Estudos de Pedologia – IICT (1983) – *Carta de Solos da Quinta Senhora de Mércules (Versão Preliminar)*. Escola Superior Agrária – Instituto Politécnico de Castelo Branco, Castelo Branco.
- Costa, J.B. (1999) – *Caracterização e constituição do solo*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 527 pp.
- Decreto-lei nº 118/2006, de 21 de Junho. Diário da Republica nº 118/2006 – I série A. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa, Portugal.
- Duchafour, P. & Soucheir, B. (1984) – *Edafologia: I. Edafogenesis y Clasificacion*. MASSON, SA, Barcelona, Espanha, 493 pp.
- Duiker, S.W. (s/data) – Chapter 6: Soil Management. Disponível em: [www.mawaterquality.org/...atlantic%20nutrient%20management%20handbook/chapter6.pdf](http://www.mawaterquality.org/...atlantic%20nutrient%20management%20handbook/chapter6.pdf). (Acesso em: 15 de Maio de 2009).
- Egnér H., Riehm E. & Domingo, E.R. (1960) – *Untersuchungen uber die chemische bodenanalyse als grundlage fur die Beurteilung der Nahrstoffzustandes der Boden II. Chemische extractions methoden zur phosphor, und kaliumbestimmung*. *Kunglia lantbrukshogskolans annaler* 26: 199-215.
- FAO Soils Bulletin nº 32 (1976) – *A framework for land evaluation*. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Netherlands, 87 pp.
- FAO Soils Bulletin nº 52 (1983) – *Guidelines: land evaluation for rained agriculture*. Soil Resources Management and Conservation Service – Land and Water Development Division, Rome, Italy, 237 pp.

- FAO Soils Bulletin nº 55 (1985) – *Guidelines: land evaluation for irrigated agriculture*. Soil Resources Management and Conservation Service – Land and Water Development Division. Disponível em: [www.fao.org/docrep/x5648e/x5648e00.htm](http://www.fao.org/docrep/x5648e/x5648e00.htm) (Acesso em 27 de Junho de 2009).
- FAO-UNESCO (1962) – *Carta Bioclimática para a Zona Mediterrânea, na escala 1:5000000*.
- Geometral & Agroconsultores (2004) – *Memória da Elaboração da Carta de Solos e Aptidão das Terras da Zona Interior Centro*. Instituto de Desenvolvimento Rural e Hidráulica (IDRHa) - Ministério da Agricultura, Pescas e Florestas, Lisboa, 248 pp.
- Horta, M. C. & Nunes, J. (2006) – *Dados climatológicos referentes ao período 1986-2005. Posto Meteorológico da Escola Superior Agrária*. Escola Superior Agrária. Instituto Politécnico de Castelo Branco, Castelo Branco.
- Horta, M. C. & Nunes, J. (2007) – *Dados climatológicos referentes ao ano de 2006. Posto Meteorológico da Escola Superior Agrária*. Escola Superior Agrária. Instituto Politécnico de Castelo Branco, Castelo Branco.
- Horta, M. C. & Nunes, J. (2008) – *Dados climatológicos referentes ao ano de 2007. Posto Meteorológico da Escola Superior Agrária*. Escola Superior Agrária. Instituto Politécnico de Castelo Branco, Castelo Branco.
- Horta, M. C. & Nunes, J. (2009) – *Dados climatológicos referentes ao ano 2008. Posto Meteorológico da Escola Superior Agrária*. Escola Superior Agrária. Instituto Politécnico de Castelo Branco, Castelo Branco, 89 pp.
- Horta, M. C. & Torrent (2007) - *The Olsen P method as an agronomic and environmental test for predicting phosphate release from acid soils*. *Nutricion Cycle of Agroecosystem* 77: 283-292.
- IUSS, ISRIC & FAO (2006) – *World reference base for soil resources – A framework for international classification, correlation and communication*. Roma, 128 pp.
- EN 13346. (2000) – *Caractérisation des boues – Détermination des éléments traces et du phosphore – Méthodes d'extraction à l'eau regale*. Comité Europeu de Normalização, Bruxelas.
- Kachigan, S. K. (1986) – *Statistical Analysis – Na interdisciplinary introduction to univariate and multivariate methods*. Radius Press, NY, USA, 589 pp.

- Lopes, P., Cortez, N. & Goulão, J. (1999) – *Erosão hídrica de solos na região de Castelo Branco*. Comunicação em painel apresentada no encontro “A investigação em Ciência do Solo em Portugal”. Vil Real.
- LQARS (2006) – *Manual de Fertilização das Culturas*. INIAP – Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, Mem Martins, 282 pp.
- Rodcha, R, Narkwiboonwong, W. & A. Sawatruang (2008) – Land Evaluation for na Agricultural Land Reform area using GIS. *Agricultural Land Reform Office* (online). Disponível em: [gis.esri.com/library/userconf/proc08/papers/papers/pap\\_1437.pdf](http://gis.esri.com/library/userconf/proc08/papers/papers/pap_1437.pdf). (Acesso em: 15 de Maio de 2009)
- Matos, J. (2008) – *Fundamentos de Informação Geográfica*. Lidel – Edições Técnicas, Lda, Lisboa, 405 pp.
- Pinheiro, M.J.S.M.G. (1990a) – *Carta de Solos da Quinta da Senhora de Mércules – ESACB (Parte 1)*. Instituto de Investigação Científica Tropical – Centro de Estudos de Pedologia, 108 pp.
- Pinheiro, M.J.S.M.G. (1990b) – *Carta de Solos da Quinta da Senhora de Mércules – ESACB (Parte 2)*. Instituto de Investigação Científica Tropical – Centro de Estudos de Pedologia, 149 pp.
- Pinheiro, M.J.S.M.G. (1990c) – *Carta de Solos da Quinta da Senhora de Mércules – ESACB (Parte 3)*. Instituto de Investigação Científica Tropical – Centro de Estudos de Pedologia, 134 pp.
- Pinheiro, M.J.S.M.G. (1990d) – *Carta de Solos da Quinta da Senhora de Mércules – ESACB (Parte 4)*. Instituto de Investigação Científica Tropical – Centro de Estudos de Pedologia, 106 pp.
- Samranpong, C., Ekasingh, B. & Ekasingh, M. (2009) - Economic land evaluation for agricultural resource management in Northern Thailand. *Environmental Modelling & Software*, 24: 1381 – 1390.
- Santos, J. Q. (2002) – *Fertilização – Fundamentos da utilização dos adubos e correctivos*. Publicações Europa-América, Mem Martins, 547 pp.
- Schjonning, P., Elmholt, S. & Christensen, B.T. (2004) – *Managing soil quality – challenges in modern agriculture*. CABI Publishing, Denmark, 344 pp.

- Smagin, A.V., Azovtseva, M.V., Smagina, A.L., Stepanov, A.D. & Kurbatova, A.S. (2006) – *Criteria Methods to assess the ecological status of sols in relation to the labdscaoping of urban territories*. Eurasian Soil Science, 39 (5): 539-551.
- Soares, A. (2006) – *Geoestatística para as ciências da terra e do ambiente*. IST – Press, Lisboa, 214 pp.
- Sopher, C. D. & Baird, J.V. (1982) – *Soil e soil management*. Reston Publishing Company, Londres, 365 pp.
- Varennes, A. (2003) – *Produtividade dos solos e ambiente*. Escolar Editora, Lisboa, 490 pp.
- Walkley, A & Black, I.A. (1934) – *An examination of the Degtjareff method for determination soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method*. Soil Science 37: 29 – 37.
- Xue, F. e Bian, Z. (2008) - GIS combined with MCE to evaluate land quality. *IFIP International Federation for Information Processing, Computer and Computing Technologies in Agriculture*, Vol. 1; Daoliang Li; (Boston: Springer), 258: 215–222.
- Zimback, C. R. L. (2003) – Formação dos Solos. *Grupo de estudos e pesquisas agrárias georreferenciadas*. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agronômicas. Disponível em [www.pessoal.utfpr.edu.br/zanello/arquivos/Formacao\\_do\\_solo.pdf](http://www.pessoal.utfpr.edu.br/zanello/arquivos/Formacao_do_solo.pdf) (Acesso em: 07 de Abril de 2009).