

Gestão do solo na Quinta da Senhora de Mércules – Estudo de caso

Marta Batista¹, Carmo Horta^{1a}, José Pedro Fragoso Almeida¹

¹Escola Superior Agrária, Quinta da Senhora de Mércules,

6000-909 Castelo Branco-Portugal

^ae-mail: martab@ipcb.pt

RESUMO

6 O solo é um recurso natural não renovável à escala de tempo humana. O uso agrícola do solo deve ter por base o conhecimento da sua constituição a nível do perfil, da localização topográfica e das propriedades físico-químicas de forma a compatibilizar a produção agro-pecuária com a sustentabilidade do recurso solo e do ambiente envolvente. No presente trabalho foi efectuada a caracterização do uso agro-pecuário das parcelas da quinta da Senhora de Mércules, a evolução da fertilidade do solo ao longo do tempo e, com base nessa informação elaborou-se uma proposta de aptidão potencial para uso agro-pecuário dessas parcelas. Os solos classificam-se como Fluvisolos, Regossolos e Cambissolos. São predominantemente ácidos a pouco ácidos, com níveis elevados de fósforo e potássio. Os teores em matéria orgânica (MO) são muito variáveis. Nas parcelas com maior intensidade de pastoreio e de uso agrícola registam-se os valores mais elevados de MO e de nutrientes no solo, o que constitui uma fonte de poluição difusa. Pontualmente, observam-se valores de Zn, Ni e Cr, acima do limite estabelecido no DL 118/2006 de 1 de Junho, o que será, em princípio, devido às características do material originário. Relativamente à aptidão produtiva potencial, dividiu-se a área em duas classes, uma de Mobilização Mínima e outra de Zonas Sensíveis, por limitação ao pastoreio, excesso de alguns metais pesados e zona de baixa com risco de degradação química e poluição difusa para águas subterrâneas e superficiais. Aconselha-se a monitorização da qualidade do solo nas parcelas da classe Zonas Sensíveis.

Palavras-chave: Agricultura; Avaliação de Terras; Fósforo; Matéria Orgânica; Qualidade do Solo.

ABSTRACT

Soil is a non-renewable natural resource considering the human time scale. Thus, the agricultural use of soil should be managed taking into account its profile development, and also topographic and physical-chemical properties. This will allow harmonizing the agricultural and livestock production to the sustainability of soil resources and the surrounding environment. The present study was undertaken to characterize the agricultural systems in use in “Quinta da Senhora de Mércules”, to characterize and evaluate the evolution of soil fertility over time and based on information collected it was elaborated a proposal of soil use management. Soils are classified as Fluvisols, Regosols and Cambisols, they are predominantly acid or with low-acidity, with high levels of phosphorus and potassium. The amounts of organic matter (OM) are highly variable. In the areas with greater grazing or agricultural intensity it was observed the highest values of soil organic matter and nutrients. These areas are non point source pollution. In some points of the area values of Zn, Ni and Cr, are above the limit set out in the National Law- DL/118/2006 of June 1. This is probably due to the characteristics of the soil parent material. The productive area was proposed to be divided into two classes, one of “minimum mobilization” and another class of “sensitive areas”. This last class has limitations for grazing, or excessive heavy metals levels or risk of chemical degradation and pollution of groundwater or surface water. It is advisable to monitorize soil quality namely in the “sensitive area”.

Key Words: Agriculture; Organic Matter; Phosphorus; Soil Evaluation; Soil Quality.

1. INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural não renovável à escala de tempo humana. Forma-se ao longo do tempo, na camada externa da litosfera e constitui o suporte físico e nutritivo de todos os ecossistemas terrestres. Em termos médios, cada cm de solo demora cerca de 100 anos a formar-se. Estima-se que na União Europeia se perdem por erosão entre 6-60 toneladas por ha e ano de solo agrícola. Um uso inadequado do solo conduz à sua degradação física, química e biológica. O uso agrícola do solo deve, pois, ter por base o conhecimento da sua constituição a nível do perfil, localização topográfica, propriedades físico-químicas e informação obtida através da cartografia temática disponível de forma a compatibilizar a produção agro-pecuária com a sustentabilidade do recurso solo. O objectivo deve ser seleccionar o melhor uso da terra com base em critérios objectivos e salvaguardando a sustentabilidade desse uso, em termos agrónomicos, sociais e ambientais (FAO, 1981; FAO, 1985; FAO, 1998). Por outro lado, as acções que se exercem sobre o sistema solo podem ter reflexos na qualidade de outros sistemas da biosfera como o hídrico e a atmosfera que com ele estão ligados (FAO, 1998). Deste modo, uma correcta gestão do solo sob o ponto de vista do seu uso agro-pecuário é fundamental para a sustentabilidade global dos sistemas da biosfera, e para a manutenção da sua biodiversidade. A Escola Superior Agrária (ESA) situa-se numa propriedade agrícola, a quinta da Senhora de Mércules, com 162 ha. A ESA iniciou atividade agropecuária nesta quinta há cerca de 27 anos. Os sistemas culturais foram então definidos com base no que se considerou ser a potencialidade de uso desta área e, também, nas necessidades de formação dos alunos que frequentavam/frequentam a Escola, sob o ponto de vista pedagógico, de demonstração e práticas de campo dos cursos em funcionamento na ESA. Em 1983 foi efectuada uma caracterização edáfica da quinta com a elaboração de cartografia específica (Centro de Estudos de Pedologia, 1983; Pinheiro, 1990). Decorridos estes anos, considerou-se importante avaliar o efeito decorrente da atividade agropecuária sobre o solo ao longo destes 27 anos e, com base nessa informação, elaborar uma proposta de gestão sustentável do recurso solo na quinta da Senhora de Mércules. Deste modo, são objectivos do presente trabalho: (i) a caracterização do uso agro-pecuário das parcelas da quinta da Senhora de Mércules; (ii) a avaliação da fertilidade do solo e da sua evolução ao longo do tempo; (iii) a elaboração de uma proposta de aptidão potencial para uso agropecuário dessas parcelas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho decorreu na quinta da Senhora de Mércules que é propriedade do Instituto Politécnico de Castelo Branco – Escola Superior Agrária.

LOCALIZAÇÃO DA QUINTA DA SENHORA DE MÉRCULES E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A quinta da Senhora de Mércules é uma propriedade com 162 ha, situa-se a leste da cidade de Castelo Branco, sendo delimitada pelas estradas que seguem na direcção do Rio Ponsul e da Ermida da Senhora de Mércules (Fig. 1).



Fig. 1 – Localização da quinta Senhora de Mércules (Extrato da Carta Topográfica nº 292, Escala 1:7500)

A área em estudo neste trabalho é de 82 ha e corresponde a nove parcelas (Fig. 2) com uso agropecuário (Tab. 1).



Fig. 2 – Parcelas em estudo da quinta da Senhora de Mércules.

Tab. 1 – Áreas das parcelas da zona 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
TOTAL	81,9

No que diz respeito à geologia, a quinta localiza-se na orla de contacto do complexo xisto-grauváquico ante-Ordovício com o granito porfiróide de grão grosseiro, da idade hercínica (Pinheiro, 1990). As séries metamórficas derivadas da orla de contacto apresentam fácies de corneanas. Existem também aluviões holocénicos dos Ribeiros das Perdizes, da Fonte da Mula e da Senhora de Mércules. Os aluviões formados a partir dos depósitos dos dois primeiros ribeiros apresentam maior homogeneidade do ponto de vista granulométrico, pois provêm somente do maciço granítico, enquanto o do último ribeiro apresenta maior heterogeneidade pois provém, simultaneamente, do xisto-grauváquico e do granito. Existem também vários poços e nascentes que parecem ser consequência do contacto entre as duas formações litológicas e também do diaclasamento que afecta o granito. Em termos geomorfológicos, a quinta enquadra-se na classe de relevo de ondulado muito suave, tendo no entanto vertentes declivosas nas zonas dominadas por fácies de corneanas e um declive mais suave nas zonas de granito. A carta de declives (Fig. 3) mostra que 64% da área de estudo apresenta declive < 6%, que corresponde às classes 1 (0-2%) e 2 (3-5%) de declive pouco acentuado. Na restante área (a partir da classe 3) o declive será um factor a considerar na avaliação da aptidão produtiva do solo.



Fig. 3 – Carta de declives da quinta Senhora de Mércules (1:7500)

A carta de orientação de encostas (Fig. 4) evidencia que a área em estudo apresenta, sobretudo, zonas planas.

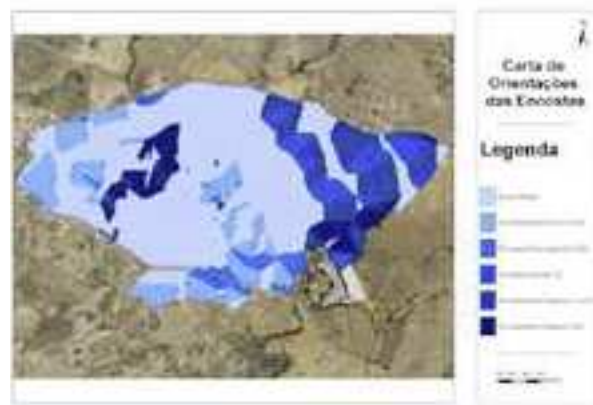


Fig. 4 – Carta de orientação das encostas da quinta Senhora de Mércules (1:7500)

A drenagem é realizada para Sul, por intermédio da ribeira da Senhora de Mércules. Segundo a classificação bioclimática da FAO para a zona mediterrânea (FAO-UNESCO, 1962), a quinta situa-se numa zona de clima Termomediterrâneo atenuado, com um índice Xerotérmico de 111,4 dias e o período seco compreendido entre os meses de Junho a Setembro, como se pode observar no diagrama ombrotérmico (Fig. 5), elaborado para o período de 1986 – 2008 (Horta e Nunes, 2006; 2007; 2008 e 2009).

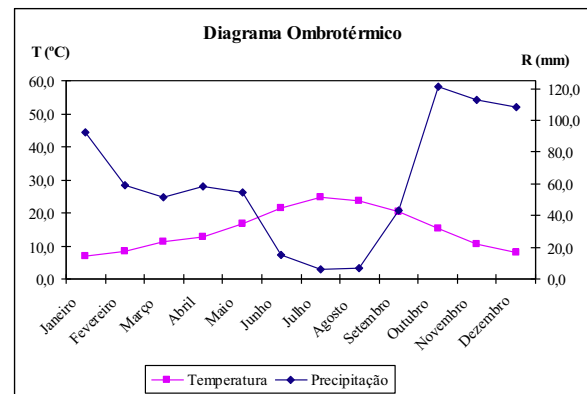


Fig. 5 – Diagrama ombrotérmico da zona em estudo (1986-2008)

2.1 Caracterização das propriedades do solo

A caracterização das propriedades do solo foi efectuada com o objectivo de avaliar a fertilidade do solo da área em estudo e a sua distribuição espacial. Deste modo, efectuou-

-se uma recolha de amostras de solo georeferenciada, com base numa rede de malha de 75 x 75 m, sobre a qual os pontos foram seleccionados aleatoriamente num total de 161 pontos de amostragem (Figura 3). A colheita de amostras foi efectuada entre 25 de Fevereiro e 22 de Julho de 2009. As amostras foram colhidas a uma profundidade de 0,20 m. Na Tabela 2 apresentam-se os parâmetros quantificados no solo e as metodologias utilizadas.

Tab. 2 - Propriedades do solo, métodos analíticos e unidades usados na sua caracterização

Parâmetros avaliados	Método	Unidades
pH (H ₂ 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 ₂ O)	Egnér et al 1960, fotometria de chama (doseamento)	mg kg ⁻¹
Fósforo assimilável (P ₂ O ₅)	Egnér et al 1960, colorimetria por espectrofotometria de absorção molecular (doseamento)	mg kg ⁻¹
Classe de Textura	Textura "Manual"	
Condutividade Eléctrica (C.E.)	Condutímetro; suspensão da terra em água, 1:5	dS.m ⁻¹
Bases de Troca (Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ e K ⁺)	Extracção com Acetato de Amónio pH 7.0 e leitura em espectrofotometria de absorção atómica	cmol ₍₊₎ .kg ⁻¹
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 ⁻¹

2.2 Avaliação da aptidão produtiva potencial

Na avaliação da aptidão produtiva potencial, foram definidas classes de aptidão com base nas características e/ou limitações que os solos da área em estudo apresentam, nomeadamente: condições de enraizamento, arejamento, fertilidade, capacidade de retenção de nutrientes, capacidade de armazenamento de água, toxicidade e excesso de sais no solo. Foram considerados também o risco de erosão

e degradação, e a capacidade de suportar a mobilização/mecanização. Adicionalmente foram considerados outros factores que poderão limitar ou favorecer determinadas culturas: insolação e temperatura, declives e exposição das encostas. Estas características foram avaliadas através da descrição dos perfis (Centro de Estudos de Pedologia do IICT, 1983), da cartografia realizada para a área da quinta, i.e. carta de declives, de exposição de encostas e de distribuição espacial dos nutrientes e metais pesados, bem como da classificação climática - diagrama ombrotérmico.

2.3 Interpretação estatística dos resultados

A distribuição espacial das propriedades do solo, assim como o mapa de aptidão potencial, foi efectuada utilizando a análise geoestatística dos dados observados através do programa ArcGIS 9.1, extensão Geostatistical Wizard. Para estimar os modelos da distribuição espacial foi usado, em geral, o método de krigagem. Na tabela 3, apresentam-se os modelos geoestatísticos e respetivas características.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se de seguida a caracterização do uso actual do solo, da fertilidade e sua evolução ao longo do tempo, e aptidão produtiva potencial da área em estudo.

3.1. Caracterização do uso actual do solo

O uso actual do solo compreende 9 sistemas culturais distintos conforme está referido na Tabela 4.

A localização na quinta da Senhora de Mércules dos sistemas culturais no período de 2004 a 2009 está referida na Tabela 5.

Pode observar-se que a quinta apresenta um uso actual maioritariamente de pastagens e forragens, uma vez que possui um efectivo animal bastante elevado (Tab. 6), que normalmente pastoreia pelas várias parcelas.

Investigação e experimentação

(artigos com revisão científica por pares)

Tab. 3 – Modelos geoestatísticos utilizados na análise das propriedades químicas do solo e respetivas características

Variável	Modelo do modelo	Características de Regressão	Equação R2	Estimativa	Erro de
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 ₂ O	"kriging"	- Sem transformação logarítmica - Amostragem: 161 pontos	$y = 0,254 x + 135,97$	0,9766	125,5
P ₂ O ₅	"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
Bases de Troca:					
Ca ²⁺ K ⁺	"kriging"	- Com transformação logarítmica - Amostragem: 139 pontos	$y = 0,029 x + 1,990$ $y = 0,447 x + 0,215$	0,908 0,7518	2,983 0,4355
Mg ²⁺	"kriging"	- Sem transformação logarítmica - Amostragem: 141 pontos	$y = 0,119 x + 1,150$	0,9683	3,031
Na ⁺	"kriging"	- Sem transformação logarítmica - Amostragem: 139 pontos	$y = 0,495 x + 0,072$	0,9637	0,1722
Metais Pesados:					
Cu Zn Cr Pb	"kriging"	- Sem transformação logarítmica - Amostragem: 91 pontos	$y = 0,381 x + 6,657$ $y = 0,052 x + 78,88$ $y = 0,117 x + 15,779$ $y = 0,214 x + 15,756$	0,9688 0,9945 0,9971 0,8828	6,331 31,7 14,71 24,87
Cd Ni	"kriging"	- Sem transformação logarítmica - Amostragem: 56 pontos	$y = 0,019 x + 0,139$ $y = 0,005 x + 120,17$	0,9791 0,9941	0,2215 30,12

Tab. 4 – 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 Aveia (*)/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/Forragem 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, Ervilhas anuais e outras leguminosas; i) Forragem (Armazenamento); ii) Pastoreio Directo e iii) Venda em fresco ou para transformação.

Tab. 5 – Sistemas culturais na quinta da Senhora de Mércules e respetiva localização (2004 – 2009)

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/Forragem 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
Pomar de Amendoeiras, Macieiras e Pereiras	Parcela 5	---
Pomar de Pessegueiros	Parcela 8	---
Vinha	Parcela 7	---

Tab. 6 – Efetivo animal da quinta Senhora de Mércules

Animais	Efetivo (número de animais)
Bovinos	37 (22 vacas leiteiras)
Ovinos	330
Equinos	15
Caprinos	20

3.2. Caracterização do solo e avaliação da sua fertilidade

Segundo a carta de solos e de aptidão das terras da região interior centro na escala 1:100 000 (Geometral Et Agroconsultores, 2004), os solos da quinta podem classificar-se como Regossolos (IUSS, 2006) caracterizados por serem “solos minerais espessos, bem drenados de textura mediana, não diferenciados com uma expressão mínima de horizontes de diagnóstico para além de um horizonte *Ochric* superficial”. No entanto, a classificação dos solos da quinta, efectuada por Pinheiro (Centro de Estudos de Pedologia, 1983 e 1990) à escala de 1:20 000, evidencia a existência de uma zona de baixa constituída por Fluvissois e uma área circundante onde aparecem Leptosolos e Cambissolos derivados de granito ou xisto grauváquico/corneanas. Podemos dizer que a observação dos perfis realizados e a observação no terreno leva-nos a concluir sobre a existência de 4 grupos de referência de

solos (IUSS, 2006): Fluvissois, Regossolos e Cambissolos, e também, nalgumas zonas de maior erosão, aparecem Leptosolos. Os Fluvissois situam-se na zona de baixa na margem da ribeira da Senhora de Mércules, os Regossolos na zona do granito e os Cambissolos fundamentalmente na zona do Xisto grauváquico/corneanas.

Nas figuras 6 a 13 apresentam-se os mapas de distribuição espacial das propriedades químicas do solo.

Os solos são maioritariamente ácidos (75% dos valores observados situam-se entre 4,7 e 5,9), o que reflecte a pobreza em bases do material originário. Os valores mais elevados de pH vão até 7,8 e observam-se na zona da vinha, devido à correcção da acidez efectuada e na zona de pastoreio de bovinos devido provavelmente à adição ao solo de Ca e Mg provenientes da dieta dos animais (Fig. 6). O teor em MO do solo apresenta uma elevada variabilidade, com valores desde 0,89% até 20%. 75% dos valores observados situa-se abaixo dos 3,4% de MO, estando os valores mais altos associados às áreas de pastoreio e de cultivo mais intensivo, com aplicação frequente de estrumes e outros resíduos de origem animal (Fig. 7). O teor em fósforo varia entre 20 a 563 mg P₂O₅ kg⁻¹, e apenas 25% da área apresenta um valor inferior a 112 mg P₂O₅ kg⁻¹, o qual se situa na classe de fertilidade alta. A distribuição espacial deste nutriente (Figura 8) permite concluir que os teores mais elevados de P (> 200 mg P₂O₅ kg⁻¹) se situam em toda a área de pastoreio de bovinos, na zona da baixa, nas áreas de olival onde ocorre o pastoreio de ovinos e na área ocupada permanentemente por estes animais. Estes solos são naturalmente pobres em fósforo, conduzindo a contínua deposição de restos de ração e dos dejectos dos animais nas zonas de pastoreio, a uma elevada acumulação deste elemento no solo. Na zona de baixa, este aumento deve-se fundamentalmente à aplicação de adubos fosfatadas nas culturas intensivas aí praticadas e possivelmente também, a alguma deposição de material rico em fósforo arrastado de zonas de cota superior. Resultados de trabalhos efectuados em solos Portugueses indicam que para valores de P₂O₅ superiores a 88 mg kg⁻¹, existe risco de perda deste elemento para as águas de drenagem interna do solo (Horta e Torrent, 2007, Torrent et al, 2007, Horta et al., 2010). Observa-se, portanto, que em 75% da área em estudo existe esse risco. O conteúdo em potássio no solo varia entre 57 e 1139 mg K₂O kg⁻¹, com 75% da área com valores entre os 57 e 284 mg K₂O kg⁻¹ (classes de fertilidade média a muito alta). Os solos da quinta são derivados de rochas constituídas por minerais ricos em potássio, como é o caso das micas, e além disso tem havido alguma adubação potássica nalgumas parcelas da quinta, o que fundamental-

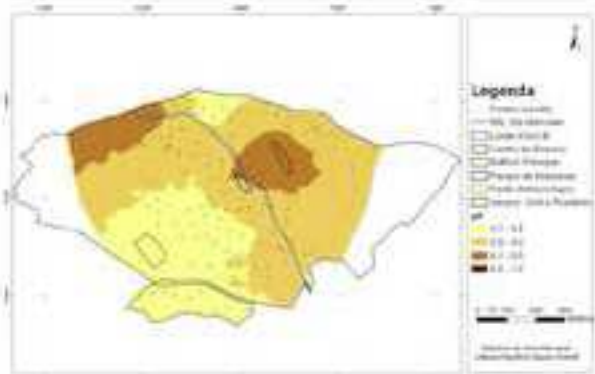


Fig. 6 – Mapa de distribuição espacial do pH

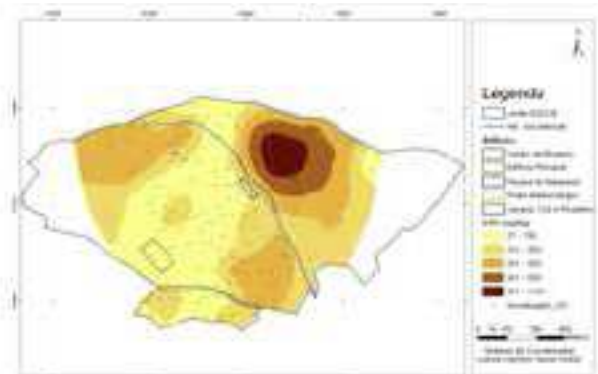


Fig. 9 – Mapa de distribuição espacial do K₂O

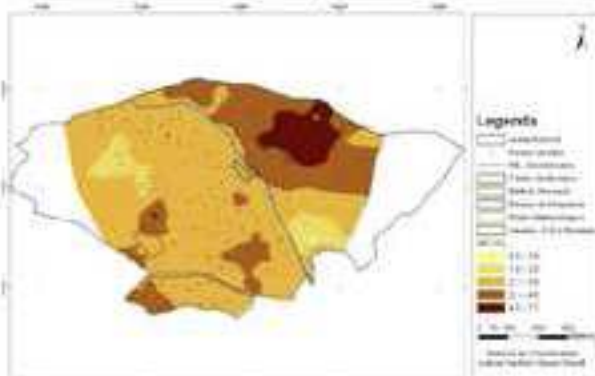


Fig. 7 – Mapa de distribuição espacial da MO

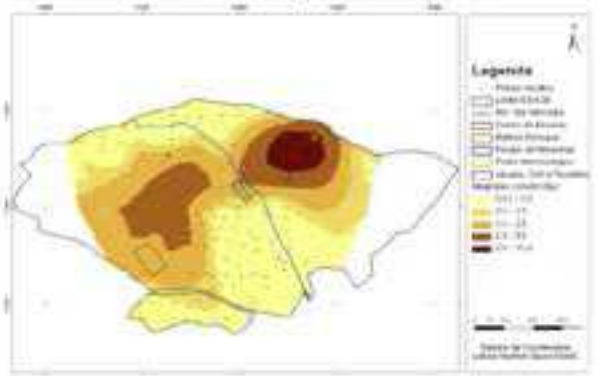


Fig. 10 – Mapa de distribuição espacial do Mg²⁺

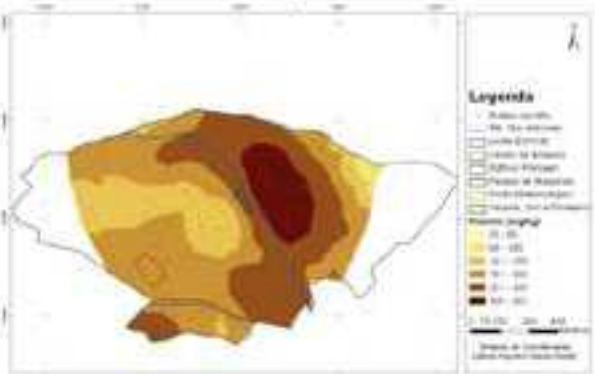


Fig. 8 – Mapa de distribuição espacial do P₂O₅

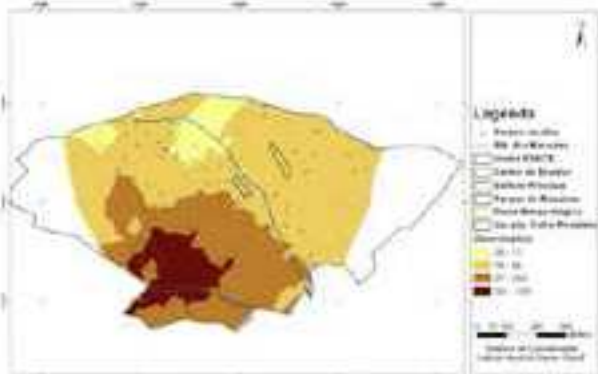


Fig. 11 – Mapa de distribuição espacial do Zn

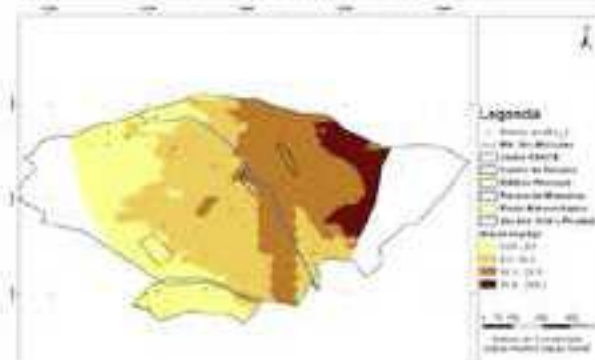


Fig. 12 – Mapa de distribuição espacial do Ni

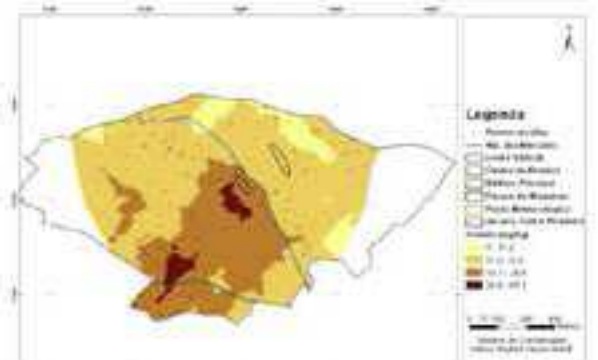


Fig. 13 – Mapa de distribuição espacial do Cr

mente justifica estes valores (Fig. 9). Observa-se que 75% dos valores da CE são baixos, inferiores a $0,052 \text{ dS m}^{-1}$. No entanto, nas zonas de pastoreio dos bovinos, observam-se valores relativamente elevados e próximos do valor $0,4 \text{ dSm}^{-1}$ (no extracto 1:2) a partir do qual se fazem sentir os efeitos da salinidade (LQARS, 2000). Relativamente ao cálculo de troca, 75% dos valores observados são inferiores a $3,28 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$, que corresponde a um teor baixo. Como já referido, o material originário do solo é pobre em bases o que justifica o baixo conteúdo do solo neste elemento. No que diz respeito ao magnésio, 75% dos valores encontram-se abaixo dos $2,15 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$ (teor médio), observando-se os valores mais elevados na zona de pastoreio dos bovinos devido, essencialmente, à incorporação deste elemento na dieta dos animais e, na zona de granito ocupada pelo olival que poderá ser devido à aplicação de fertilizantes com Mg (Fig. 10). A distribuição espacial do potássio de troca é semelhante à do K_2O “assimilável”. Relativamente ao sódio de troca, 75% dos valores estão entre os $0,01$ e $0,38 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$ (teores muito baixo a médios), observando-se os valores mais elevados na zona de pastoreio de bovinos, na parcela da vinha e a jusante da Ribeira da Senhora de Mércules. Este acréscimo de Na nos solos poderá ser devido à sua utilização na dieta dos animais, à drenagem/erosão para zonas de baixa e, eventualmente, a água de rega com algum sódio. Relativamente aos oligoelementos micronutrientes Cu, Zn e Ni, observa-se que os teores em Cu do solo são inferiores ao valor limite para causar toxicidade estabelecido no DL 118/2006 de 21 de Junho ($< 100 \text{ mg Cu kg}^{-1}$). A distribuição espacial do Zn mostra que nalgumas zonas da quinta os teores são superiores ao valor limite para causar toxicidade estabelecido no mesmo Decreto Lei ($< 150 \text{ mg Zn kg}^{-1}$). Um aumento do teor de Zn no solo dever-se-á à presença de minerais metálicos nas zonas de transição entre o granito e o xisto e, possivelmente, também a algum efeito dos dejectos dos animais que poderão conter Zn proveniente das rações (Fig. 11). Relativamente ao Ni, verifica-se que nalgumas zonas de pH superior a 5,5 o seu valor é superior ao valor limite ($< 75 \text{ mg Ni kg}^{-1}$). Este aumento poderá também estar associado aos processos de metamorfismo que ocorrem nas zonas de contacto entre o granito e o xisto, pois a biotite é um mineral rico neste elemento e comum nestas zonas (Fig. 12). Em relação aos metais pesados Cd e Pb a distribuição espacial mostra que não são ultrapassados os valor limite estabelecidos (< 3 e 300 mg kg^{-1} , respectivamente). Relativamente ao Cr pontualmente apresenta valores superiores ao valor limite de 50 mg kg^{-1} , o que poderá estar associado à composição do material originário do solo (Fig. 13).

3.3. Evolução da fertilidade do solo

A comparação entre os resultados analíticos disponíveis relativamente às amostras colhidas em 1982, quando se efectuou a caracterização edáfica da quinta, e as colhidas em 2009, revela que o teor em matéria orgânica aumentou em termos médios, mas este aumento é devido, principalmente, aos valores muito elevados observados nalgumas zonas. O valor máximo de MO observado foi de 6,8% em 1982 e de 20,1% em 2009. Nas mesmas parcelas, o teor em Mg e em Na de troca também aumentaram. Estes aumentos são devidos ao efeito do pastoreio e da alimentação, nomeadamente de bovinos durante cerca de 20 horas/dia em áreas confinadas, correspondentes a estas parcelas. Também a incorporação de matéria orgânica e acumulação de nutrientes/partículas na zona da baixa, oriundos de zonas de cota superior, originou estes resultados. Por outro lado, nas parcelas onde se instalou a vinha e o pomar de pessegueiros observa-se um aumento do valor de pH do solo, de 5,1 para 6,8 e do valor do Ca de troca. Estes aumentos são devidos à correcção da acidez que se efectuou antes da instalação destas culturas.

3.4. Avaliação da aptidão produtiva do solo

Tendo em consideração os aspectos mencionados anteriormente, estabeleceram-se os factores que poderão afectar o uso dos solos na quinta da Senhora de Mércules (Tab. 7). De acordo com esses factores de limitação classificou-se a área em estudo em duas classes (Tabela 8): Mobilização Mínima (MN) e Zonas Sensíveis (ZS).

Tab. 7 – Factores que afectam o uso do solo

Factores de Limitação	
Caraterísticas do solo	Unidade pedológica
	Profundidade Drenagem externa e interna Textura Propriedades químicas
Climáticos	Clima Exposição das encostas
Carga Animal	Nº de animais/ha Maneio
Metais pesados	Teor no solo Origem
Posição topográfica	Localização Declive

Tab. 8 – Classes e subclasses de aptidão da quinta da Senhora de Mércules,

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

Classes: MN – Mobilização mínima/nula; ZS – Zonas sensíveis. Sub-classes: 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 corresponde às áreas que apresentam aptidão para culturas permanentes, sujeitas a menos mobilizações (ou mobilização nula) e às áreas ocupadas pelas culturas mais sensíveis a condições climáticas adversas. Esta classe dividiu-se em duas sub-classes, LS (limitação do Solo) e LC (Limitação Climática e exposição das encostas). A sub-classe LS corresponde às áreas que apresentam limitações em termos de mecanização, riscos de erosão e degradação química do solo, devido a apresentarem solos pouco profundos, com declives acentuados ($\geq 5\%$) e com presença de afloramentos rochosos, factores que condicionam as propriedades físicas do solo. A sub-classe LC corresponde às áreas nas quais as culturas a instalar se desenvolvem melhor em encostas quentes e muito quentes, como é o caso do Sorgo, ou de prados de espécies anuais espécies resistentes ao frio e às geadas, como sejam trevos brancos e luzernas. A classe ZS foi dividida em três sub-classes: LP (limitações ao pastoreio), MP (Metais Pesados) e PT (Posição Topográfica). Esta classe corresponde às áreas com maior probabilidade de degradação química, perda de biodiversidade e sobrepastoreio, nas quais será necessário efectuar a monitorização das propriedades do solo, devido à presença de sais, valores elevados de metais pesados nomeadamente Zn, Pb e Ni, e às áreas com cargas orgânicas e nutrientes muito elevadas devido ao excesso de carga no pastoreio. A sub-classe PT abrange a área de baixa que se localiza junto à linha de água, com condições de boa fertilidade para culturas arvenses mais intensivas, apresenta no Inverno o lençol freático muito próximo ou mesmo à superfície e sendo uma zona que recebe a drenagem ou partículas coluviadas das zonas envolventes é especialmente vulnerável à degradação química ou pode facilitar a transferência de nutrientes para os lençóis freáticos ou águas superficiais. Apresenta-se na Figura 14 o mapa das classes de aptidão potencial de uso do solo.

4. CONCLUSÕES

As parcelas avaliadas neste trabalho localizam-se fundamentalmente em unidades pedológicas correspondentes a Fluvissoles, Regossolos e Cambissolos. A área em estudo apresenta, globalmente, um nível de fertilidade adequado, o que reflecte a adição de factores de produção, em particular de fertilizantes ao longo do tempo. Os solos são predominantemente ácidos a pouco ácidos, e têm níveis elevados de fósforo e potássio. Os teores em MO são muito variáveis e estão de acordo com o uso do solo. Nas parcelas com maior intensidade de pastoreio e de uso agrícola registam-se os valores mais elevados de MO e de nutrientes no solo, nomeadamente de fósforo, o que poderá constituir uma fonte de poluição difusa com impactos ambientais negativos. Pontualmente, observam-se valores totais dos metais pesados Zn, Ni e Cr, acima do limite estabelecido no DL 118/2006 de 1 de Junho. Estes teores serão, possivelmente, devidos às características do material originário do solo formado por processos de metamorfismo por contacto entre as formações litológicas de xisto/grauvâque e granito. Relativamente à aptidão produtiva potencial, dividiu-se a área em duas classes que reflectem os principais cuidados a ter no uso do solo destas parcelas. Uma classe de Mobilização Mínima e uma outra classe de Zonas Sensíveis, por limitação ao pastoreio, excesso de alguns metais pesados e zona de baixa com risco de degradação química e de transferência de nutrientes para águas subterrâneas e superficiais. Aconselha-se a monitorização da qualidade do solo nas parcelas da classe Zonas Sensíveis.

Com base nas limitações/potencialidades identificadas, espera-se ter contribuído para uma mais correcta definição dos sistemas culturais a adoptar, tendo especial atenção ao uso dos factores de produção (quantidade e qualidade) e à capacidade de carga animal que as parcelas podem suportar.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ArcGIS 9 2001. Using ArcGIS – Geostatistical Analyst. Esri Press. 306 p.
- Centro de Estudos de Pedologia-IICT 1983. Carta de Solo da Quinta Senhora de Mércules (versão preliminar). Escola Superior Agrária – Instituto Politécnico de Castelo Branco, Castelo Branco. 74 p.
- Geometral e Agroconsultores 2004. Elaboração da Carta de Solos e Aptidão das Terras da Zona Interior Centro- Memória. Ministério da Agricultura, Pescas e Florestas, Instituto de Desenvolvimento Rural e Hidráulica (IDRHa), Lisboa. 248 p.
- Decreto Lei 118/2006 de 21 de Junho. Diário da República nº 118/2006 – I Série A Ministério do Ambiente, do Ordenamento do território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa, Portugal.

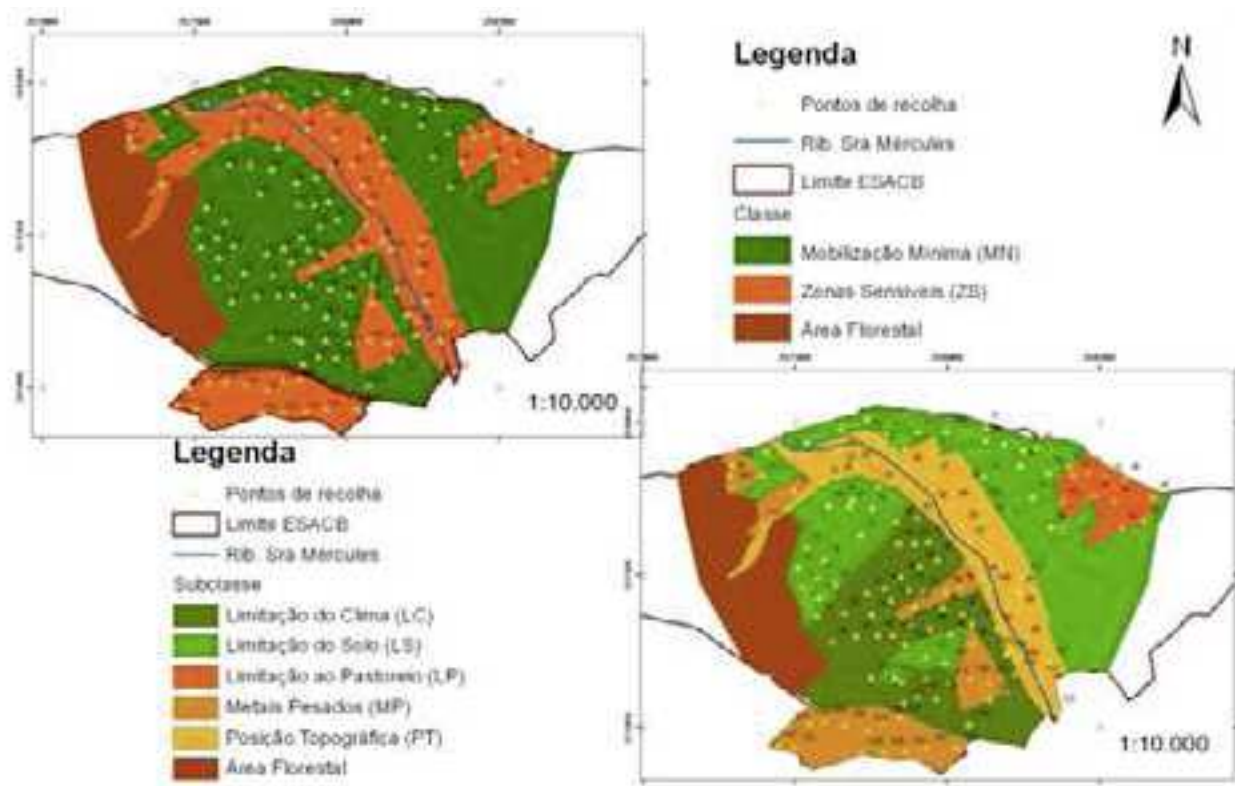


Fig. 14 – Mapa de classificação da aptidão produtiva potencial da quinta da Senhora de Mércules

Egnér H., Riehm E. & Domingo E.R. 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. *Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler* 26:199-215.

EN 13346 2000. Caractérisation des boues – Détermination des éléments traces et du phosphore – Méthodes d'extraction à l'eau régale. Comité Européen de Normalisation, Bruxelles.

FAO-UNESCO 1962. Carta Bioclimática da FAO para a Zona Mediterrânea – Escala 5000000.

FAO 1985. Guidelines: Land evaluation for irrigated agriculture. *FAO Soils Bulletin* 55. Rome.

FAO 1983. Guidelines: Land evaluation for rainfed agriculture. *FAO Soils Bulletin* 52. Rome.

FAO 1981. A framework for land evaluation. *FAO Soils Bulletin* 32. Rome.

FAO 1998. Land quality indicators and their use in sustainable agriculture and rural development. *FAO Land and Water Bulletin* 5. Rome.

Horta, M. C. & Torrent, J. 2007. The Olsen P method as an agronomic and environmental test for predicting phosphate release from acid soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 77: 283 - 292.

Horta, M.C. & Nunes, J. 2006. Dados climáticos referentes ao período 1986-2005. Posto Meteorológico da Escola Superior Agrária. Instituto Politécnico de Castelo Branco, ESACB, Castelo Branco.

Horta, M.C. & Nunes, J. 2007. Dados climáticos referentes ao ano de 2006. Posto Meteorológico da Escola Superior Agrária. Instituto Politécnico de Castelo Branco, ESACB, Castelo Branco.

Horta, M.C. & Nunes, J. 2008. Dados climáticos referentes ao ano de 2007. Posto Meteorológico da Escola Superior Agrária. Instituto Politécnico de Castelo Branco, ESACB, Castelo Branco.

Horta, M.C. & Nunes, J. 2009. Dados climáticos referentes ao ano de 2008. Posto Meteorológico da Escola Superior Agrária. Instituto Politécnico de Castelo Branco, ESACB, Castelo Branco.

Horta, M.C. Roboredo, M., Coutinho, J. & Torrent, J. 2010. Relationship between Olsen P and Ammonium Lactate-extractable P in Portuguese acid soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41: 2358-2370.

IUSS Working Group WRB 2006. World reference base for soil resources 2006. *World Soil Resources Reports* No. 103. FAO, Rome.

Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva 2000. Manual de Fertilização das Culturas. INIA- Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, Lisboa. 221 p.

Murphy, J. & Riley, J. P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, 27: 31 - 36.

Pinheiro, M.J.S.M.G. 1990. Carta de Solos da Quinta da Senhora de Mércules – ESACB. Parte 1. Instituto de Investigação Científica e Tropical, Centro de Estudos de Pedologia. 108 p.

Torrent, J. Barberis, E. & Gil-Sotres, F. 2007. Agriculture as a source of phosphorus for eutrophication in southern Europe. *Soil Use and Management*, 23(1): 25 - 35.

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.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se à Escola Superior Agrária de Castelo Branco todo o apoio prestado para a realização deste trabalho, o qual foi efetuado com vista à obtenção do grau de Mestre em “Gestão Agro-Ambiental de Solos e Resíduos”.