

Pedregosidade como indicador do estado de degradação física do solo: comparação entre solos climácicos e solos degradados

Ana Sofia Martins Pires

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança
para obtenção do Grau de Mestre em Gestão dos Recursos
Florestais*

Orientado por

Felícia Maria da Silva Fonseca

Tomás d’Aquino Rosa de Figueiredo

Bragança

Dezembro, 2015

Pedregosidade como indicador do estado de degradação física do solo: comparação entre solos climáticos e solos degradados.

Pedregosidade como indicador do estado de degradação física do solo: comparação entre solos climáticos e solos degradados.

Aos pilares da minha vida !!!

David Pires

Celeste Martins

Sandra Pires

Sílvia Pires

Agradecimentos

A realização desta dissertação contou com o apoio e colaboração de várias pessoas e instituições às quais quero expressar o meu sincero reconhecimento. Desta forma, agradeço a todas as pessoas que desde o início me incentivaram e apoiaram na realização da mesma.

À Professora Doutora Felícia Maria da Silva Fonseca e ao Professor Doutor Tomás D’Aquino Rosa de Figueiredo, da Escola Superior Agrária de Bragança, meus orientadores, agradeço desde já todo o auxílio que me deram ao longo deste trabalho. Na adaptação das metodologias e aplicação das mesmas, na preciosa ajuda do tratamento estatístico dos dados e interpretação dos resultados, demonstrando sempre um grande entusiasmo, dedicação, esforço, disponibilidade, compreensão e amizade ao longo da realização deste trabalho. Um muito sincero obrigado por tudo, sem vocês a realização deste trabalho não teria sido possível.

Ao Engenheiro Arsénio Araújo, pela sua disponibilidade e ajuda, no tratamento das amostras em laboratório bem como no tratamento dos dados geográficos.

Ao Instituto Politécnico de Bragança, nomeadamente à Escola Superior Agrária de Bragança pela cedência do laboratório e do material usado.

Aos colegas do Mestrado de Gestão de Recursos Florestais, pelo companheirismo e pela troca de conhecimentos ao longo destes dois últimos anos, principalmente a Mafalda Cardoso, Mauro Micheu e a Rosário Franco que apesar de colega se tornou uma amiga fundamental nesta jornada. Obrigado pela disponibilidade, pela amizade e pela ajuda.

Aos meus colegas e amigos da Licenciatura em Geografia da Faculdade de Letras da Universidade do Porto, pois apesar de ter partido para esta aventura sem eles, nunca me deixaram sozinha e sempre me acompanharam e deram força para a sua conclusão. Aos meus “geógrafos” Sara Costa, Miguel Perreira, Marco Vale, Eugénia Mendes, João Ribeiro, Tiago Sampaio, Joel Tiago e Lia Rosas.

Aos meus amigos pela transmissão de confiança e força ao longo desta caminhada longa e difícil, porque apesar das dificuldades eles sempre me apoiaram, destacando o apoio e a ajuda imprescindível da Sílvia Antunes, Mafalda Cardoso, Ludgero Afonso, Luís Reis, Nádía Afonso e da Raquel Costa.

À Carla Vaz, Vânia Esteves e Ricardo Anjos, pelos intermináveis desabafos, pela partilha dos bons e dos maus momentos, pelo apoio e carinho, pelas palavras certas nos momentos certos, pela transmissão de confiança e de força, por nunca me terem deixado desistir e principalmente por terem sempre acreditado que eu era capaz de terminar esta etapa da minha vida, foram sem dúvida os principais responsáveis pela minha força e persistência ao longo destes dois anos. Obrigado aos três por me terem acompanhado ao longo desta caminhada e por me mostrarem que apesar de não termos o mesmo sangue podemos ser irmãos.

Ao Rui Costa, pelos estímulos e incentivos constantes, dedicação, paciência e compreensão, pela troca de ideias, partilha de conhecimentos e o inestimável contributo em todas as fases não só desta dissertação mas também da minha vida.

À minha família, particularmente aos pilares da minha vida os meus pais e as minhas irmãs, pela compreensão e por todo o apoio e ajuda que me deram ao longo desta jornada, pelos sacrifícios, contínuo incentivo e motivação, mesmo nos momentos mais difíceis desta longa caminhada. Sem eles nada disto seria, possível.

Um Muito Obrigado!

Resumo

O solo é um recurso natural, não renovável à escala da vida humana, e por isso é muito importante a preservação do mesmo.

A pedregosidade (elementos grosseiros) dos solos é uma característica incontornável na análise de processos pedológicos, geoquímicos e geomorfológicos, sendo bastante significativa em várias áreas da Europa Mediterrânica, estando Trás-os-Montes incluído nessas áreas. Os efeitos da pedregosidade superficial são notáveis em vários solos, tendo um papel importante na redução da erosão. Os solos mais representativos em Trás-os-Montes são os Leptosolos, principalmente em áreas de xistos de maiores declives, caracterizando-se por serem limitados em profundidade e terem um elevado teor de elementos grosseiros.

O principal objetivo deste trabalho é testar uma metodologia de avaliação do estado de degradação física dos solos, usando como indicador o teor de elementos grosseiros presente nos 20 cm superficiais do solo. Foram assim selecionadas duas áreas de amostragem: uma em condição assumida como climática (Serra da Nogueira, sob carvalhal), ou seja um local representativo de degradação baixa do solo, e outra em áreas queimadas, onde a degradação do solo é severa (Aveleda, Parque Natural de Montesinho, sob mato ardido). Em 6 pontos aleatoriamente definidos em cada área, e numa superfície quadrada de 20 cm x 20 cm, foram colhidas amostras em diferentes camadas do solo, as quais se trataram em laboratório de forma a obter massa e volume dos elementos grosseiros, calculando-se o seu teor e densidade, bem como da densidade aparente do solo amostrado.

A análise dos resultados obtidos mostra que em casos de degradação severa o teor em elementos grosseiros à superfície é maior do que em condição não degradada, situação explicada pela remoção seletiva de elementos finos por erosão hídrica acelerada naquelas áreas.

Palavras-chave: Pedregosidade; erosão hídrica; solos climáticos; solos degradados.

Abstract

Soil is a natural resource, non renewable in life's human scale, therefore is very important to the preservation of it.

The stony (gross elements) of the soil is an essential feature in the analysis of geochemical and geomorphological pedological processes, and is quite significant in many areas of Mediterranean Europe, Trás-os-Montes included. The effects of the surface stony are notable in various soils, with a major role in erosion reducing. The Leptosolo, characterized by limited depth and the high content of coarse elements, are the most representative soil in Trás-os-Montes, especially in the major shale slopes areas.

The main objective of this study is testing a methodology for assessing the state of physical soil degradation, using the content of gross elements present in the first 20 cm of soil as indicator. Two sampling areas were thus selected: one in an climax forests (Serra da Nogueira, under oak), that represents a place of zero soil degradation, and the other in burned areas, where soil degradation is severe (Aveleda, Montesinho Natural park, in burnt bush). The samples were collected from 6 random points of different soil layers defined in each area, with an square samples of 20 cm x 20 cm each. Those samples were treated in the laboratory to obtain mass and volume of coarse elements, by the calculation of its content and density, as well as the bulk density of the sampled soil.

The results analysis shows a higher content of gross elements in severe degradation soil than in a non- degraded condition soil, which is explained by selective removal of fine elements through the accelerated water erosion in these areas.

Keywords: stoniness; water erosion ; climáticos soils ; degraded soils

Índice Geral

1. Introdução	1
1.1- Enquadramento	1
1.2- Objetivos	1
1.3- Estrutura do trabalho.....	2
2. Revisão Bibliográfica	3
2.1- Os solos.....	3
2.2- Solos climáticos e solos degradados	4
2.3- Pedregosidade dos solos	5
2.3.1- Definição e caracterização	5
2.3.2- Pedregosidade dos solos em Trás-os-Montes	6
2.3.3- Avaliação da pedregosidade	7
2.3.3.1- Teor de elementos grosseiros	7
2.3.3.2- Fração de cobertura por elementos grosseiros.....	7
2.3.3.3- Dimensão dos elementos grosseiros	8
2.3.3.4- Forma dos elementos grosseiros	8
2.3.3.5- Distribuição espacial dos elementos grosseiros.....	8
2.4- Erosão e Processos Erosivos em solos pedregosos.....	9
2.4.1- Definição e caracterização	9
2.4.2- Erosão e paisagem em Trás-os-Montes	10
2.4.3- Efeitos da pedregosidade na erosão	11
3. Materiais e métodos	12
3.1- Áreas de amostragem: caracterização genérica	12
3.2- Procedimentos de campo	16
3.3- Procedimentos de laboratório e métodos analíticos	18
3.3.1 Processamento das amostras de solo	18
3.3.2- Volume dos elementos grosseiros	19

3.3.3- Percentagem de Elementos Grosseiros	20
3.3.4- Densidade dos Elementos Grosseiros	20
3.3.5- Profundidade das camadas e do solo	20
3.4- Análise estatística	22
4. Resultados e Discussão	23
4.1- Teor de elementos grosseiros	23
4.2- Variação dos elementos grosseiros com a profundidade.....	26
4.3- Espessura das camadas	28
4.4- Densidade dos elementos grosseiros	30
5. Conclusões Finais	31
6. Referências bibliográficas	33
7. Anexos	36

Índice Figuras

Figura 1-Esquema Metodológico.	2
Figura 2-Representação espacial dos solos de maior pedregosidade em Trás-os-Montes (Figueiredo,2012).	6
Figura 3-Cartas para a avaliação de superfícies cobertas e descobertas. Extraído de Godron (1983).	8
Figura 4 - Inter-relação entre os fatores que condicionam a erosão. Extraído de Soares (2008).	9
Figura 5 – Mapa litológico do concelho de Bragança.	10
Figura 6 - Localização geográfica das áreas de amostragem.	12
Figura 7 - Área de amostragem da Serra de Nogueira.	13
Figura 8 - Área de amostragem, dois meses após incêndio.	13
Figura 9 - Área de amostragem da Aveleda.	14
Figura 10- Carta da Pedregosidade superficial dos solos (% elementos grosseiros), para as áreas de amostragem.	15
Figura 11 - Materiais usados na recolha de amostras de solo no campo.	16
Figura 12 - Recolha de amostras de solo e medição da profundidade das camadas.	17
Figura 13 - Agitador de peneiros.	18
Figura 14 - Processo de separação das frações elementos grosseiros e terra fina das amostras de solo.	19
Figura 15 -Determinação do volume dos elementos grosseiros.	19
Figura 16 - Medições da profundidade do solo, no solo climático.	21
Figura 17 - Percentagem de elementos grosseiros, por camada, na situação de solo degradado (Aveleda).	24
Figura 18 - Percentagem de elementos grosseiros, por camada, na situação de solo climático (Serra da Nogueira).	25
Figura 19 - Relação entre a profundidade média obtida e os elementos grosseiros por camadas, nas duas áreas de amostragem.	26
Figura 20 - Rocha contínua nos pontos 4, 5 e 6.	27
Figura 21 - Profundidade do solo obtida com um sonda nas situações de solo degradado e solo no solo climático.	27
Figura 22 - Espessura das camadas, na situação de solo degradado (Aveleda).	28

Figura 23 - Espessura das camadas, na situação de solo climático (Serra da Nogueira).
..... 29

Índice Quadros

Quadro 1- Sistema de classificação da pedregosidade dos solos (CEPT,1968)..... 5
Quadro 2- Parâmetros estatísticos das variáveis em análise..... 30

Índice dos Anexos

Anexo 1- Unidades Principais dos Solos dominantes nas Unidades Cartográficas de Solos do Nordeste de Portugal (legenda FAO/UNESCO (1988), para as áreas de amostragem..... 36
Anexo 2- Mapa de ocupação de uso do solo, para as áreas de amostragem. 36
Anexo 3- Mapa de elevação do terreno, para a Freguesia de Rebordãos..... 37
Anexo 4-Mapa de elevação do terreno, para a Freguesia da Aveleda..... 37
Anexo 5- Mapa de Declives da Freguesia de Rebordãos, em percentagem..... 38
Anexo 6- Mapa de Declives da Freguesia da Aveleda, em percentagem..... 38
Anexo 7- Tabela de dados do solo climático..... 39
Anexo 8- Tabela de dados do solo degradado..... 40
Anexo 9- Tabela de dados, sobre as medições das camadas, no solo climático..... 41
Anexo 10- Tabela de dados, sobre as medições das camadas, no solo degradado..... 42
Anexo 11-Estatística descritiva, feita através da percentagem de elementos grosseiros.
..... 43

1. Introdução

1.1- Enquadramento

O solo é a camada superficial da crosta terrestre, cobre os continentes, constitui a interface entre a terra, o ar e a água e aloja a maior parte da biosfera (Costa, 1999). Situa-se entre a superfície e a rocha-mãe, apresentando a camada superficial o maior teor em nutrientes. O processo de formação é muito lento, demora milhares de anos a desenvolver-se, sendo formado por partículas minerais, matéria orgânica, água, ar e organismos vivos (Costa, 1999; Comissão das Comunidades Europeias, 2006; Comissão Europeia, 2007). O solo é um recurso natural não renovável à escala da vida humana, e como tal, é indispensável a sua conservação. Qualquer tipo de perturbação deste recurso pode traduzir-se em danos no meio ambiente e nos ecossistemas.

“A terra, que compreende o solo e a água, e a vida vegetal e animal que lhes está associada, é um dos recursos de que o homem dispõe. O seu uso não deve conduzir à sua degradação nem à sua destruição, já que a sobrevivência do homem está ligada à manutenção da capacidade produtiva dos solos” (Princípio 1 da Carta Mundial dos Solos, Conferência da FAO, Roma, 1982).

No ano de 2015 comemora-se o Ano Internacional dos Solos, e foi nesse contexto que surgiu a possibilidade de realizar este trabalho, que visa estudar a pedregosidade como indicador do estado de degradação física dos solos. Os solos com aptidão elevada em Portugal são escassos e estão seriamente ameaçados, daí a preocupação constante de vários cientistas pela temática. Ao longo dos últimos anos tem-se notado um maior envolvimento da sociedade civil nestas questões, resultando numa maior compreensão sobre o solo e sobre as suas funções.

1.2- Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é testar uma metodologia de avaliação do estado de degradação física dos solos, usando como indicador o teor de elementos grosseiros presente nos 20 cm superficiais do solo. Foram assim selecionadas duas áreas de amostragem: uma em condição assumida como climática (Serra da Nogueira, sob carvalho), ou seja um local representativo de degradação baixa do solo e outra em áreas queimadas, onde a degradação do solo é severa (Aveleda, Parque Natural de Montesinho, sob mato ardido).

1.3- Estrutura do trabalho

A estrutura da dissertação foi definida de acordo com o esquema apresentado na Figura 1, tendo por base o objectivo do trabalho. Seguiu-se uma sequência metodológica, que envolveu a recolha e consulta de bibliografia sobre a temática bem como a aquisição de informação sobre os ensaios laboratoriais possíveis de utilizar. Está subdividida em 5 capítulos.

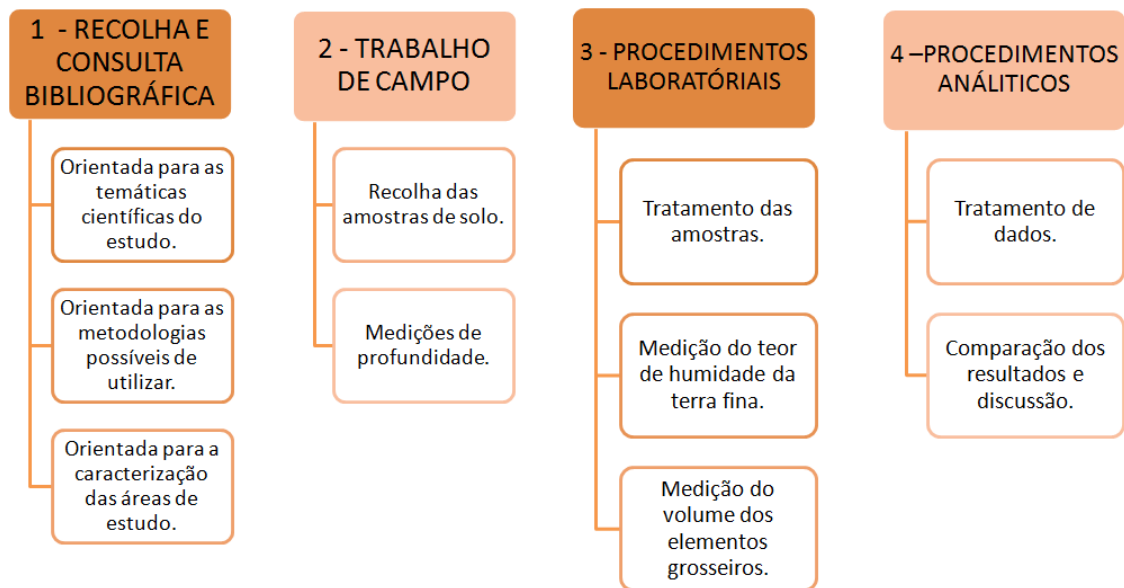


Figura 1-Esquema Metodológico.

O primeiro capítulo contempla o objetivo e a metodologia usada. O segundo capítulo diz respeito ao enquadramento conceptual, abordando questões relacionadas com o solo, pedregosidade e erosão. O terceiro capítulo é dedicado aos materiais e métodos aplicados na execução do objetivo da presente dissertação. Através de uma caracterização genérica descrevem-se as áreas de amostragem e os métodos utilizados no trabalho de campo e de laboratório. Refere-se ainda a avaliação de alguns parâmetros como o volume, a percentagem e a densidade dos elementos grosseiros e a profundidade de colheita das amostras de solo, assim como, o tratamento estatístico dos dados. No quarto capítulo apresentam-se e discutem-se os resultados por comparação entre as duas áreas de amostragem. No quinto e último capítulo mencionam-se as considerações finais, onde se pretende responder ao objetivo principal da dissertação, apontando-se ainda futuras linhas de investigação.

2. Revisão Bibliográfica

2.1- Os solos

O solo é um dos recursos mais importantes da Biosfera e do Património Natural. O solo fornece todos os elementos fundamentais à vida. O conhecimento dos solos de um determinado território é um dos elementos essenciais para a identificação de potencialidades, limitações e riscos associados ao uso atual ou futuro da terra (Figueiredo, 2002).

O solo armazena, filtra e transforma várias substâncias como a água, nutrientes e carbono (Costa, 1999; Comissão das Comunidades Europeias, 2006; Comissão Europeia, 2007). O solo é ainda abordado como um recurso básico que suporta toda a cobertura vegetal, sem a qual os seres vivos não poderiam existir (Bertoni e Neto, 1990). Sendo o solo um recurso finito há que ter preocupações constantes, pois as taxas de degradação têm vindo a aumentar ao longo das últimas décadas (pela pressão crescente das atividades humanas), daí, a preocupação cada vez maior com a proteção deste recurso. No ano de 2015 comemora-se o Ano Internacional dos Solos, onde entre outros, a degradação dos solos é um tema bastante presente. Um dos objetivos da Organização das Nações Unidas para este ano é alertar a população para a importância que este recurso tem na sociedade.

O projeto da Avaliação Global da Degradação do Solo (Glasod, 1990), por exemplo, calcula que 22,5 % de toda a terra produtiva tem vindo a degradar-se desde 1945 e que esta situação está a agravar-se rapidamente. A degradação do solo constitui um grave problema a nível mundial, com consequências graves a níveis ambientais, sociais e económicos. A importância sobre a necessidade de conhecer os processos de degradação do solo e todas as suas implicações nos ecossistemas, tem sido mencionado como condição básica para a elaboração de estratégias, ações e práticas de conservação deste recurso. O Presidente da Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo (Entrevista dada no âmbito das comemorações do Ano Internacional dos Solos, <http://www.sra.pt/DRF/index.php>) refere que “o solo demora milhares de anos a ser desenvolvido e pode perder-se em horas”, daí torna-se de extrema importância estudar este recurso natural de forma a conservá-lo, permitindo assim a permanência da vida na Terra.

2.2- Solos climáticos e solos degradados

O solo é recurso qualitativamente escasso no Nordeste de Portugal e mais ainda nas áreas marginais onde dominam os matos (Figueiredo, 2002). O uso do solo é principalmente constituído por áreas florestais, agrícolas e culturas perenes (Anexo 2).

A formação do solo e a sua evolução ao longo do tempo, leva ao desenvolvimento de diferentes tipos de solos que se classificam de acordo com o processo de formação, as propriedades e o uso.

É impossível definir solos climáticos sem recorrer à definição de vegetação climática, pois estas duas definições estão interligadas. Considera-se como vegetação climática, toda a vegetação primitiva de uma determinada área geográfica, ou seja, vegetação que é considerada uma comunidade estável, que resultou da evolução de todo o ecossistema (Honrado *et al.*, 2000). A vegetação climática representa assim a etapa madura da sucessão da vegetação, ou seja, quando esta atinge o seu ponto clímax. Pode-se assim dizer que, o solo climático depende de uma comunidade vegetal única, a qual tem repercussões nas condições climáticas locais.

Por outro lado, a degradação dos solos é uma problemática cada vez mais abordada estando relacionada com modificações nas características do solo, acabando, geralmente, por produzir impactos negativos nos ecossistemas. Uma das funções do solo diz respeito à sua capacidade para sustentar a vida vegetal e as modificações referidas afetam as condições do meio físico e do ambiente químico e nutritivo que as plantas encontram no solo (Figueiredo, 2005). Quando se aborda a temática dos solos degradados, geralmente associa-se a definição de erosão, pois esta afeta as funções do solo a vários níveis, principalmente a erosão hídrica que causa perda de solo por efeito da água da precipitação e do escoamento superficial, representando a velocidade do impacto das gotas da chuva um fator determinante neste processo (De Ploey, 1983).

Também os incêndios florestais e a destruição da cobertura vegetal devido à expansão urbana constituem fatores responsáveis pela degradação da terra e desertificação na Região Mediterrânea (Coelho, 2001). Em áreas de matos, os incêndios destroem não só a vegetação como deixam o solo e os elementos rochosos expostos à ação dos agentes erosivos, intensificando os processos de meteorização das rochas e movimentação dos solos (Lourenço, 1994).

Segundo Figueiredo *et al.* (2015) os solos mais degradados do Nordeste de Portugal são os que apresentam espessura inferior a 30 cm, risco potencial de erosão elevado e pedregosidade elevada ou muito elevada (mais de 30 % de elementos grosseiros em volume). Nesta região, este tipo de solos estão principalmente representados pelos Leptosolos derivados de xisto e granito.

2.3- Pedregosidade dos solos

2.3.1- Definição e caracterização

A pedregosidade e o papel desta nos estudos sobre erosão dos solos, tem vindo a merecer destaque nos últimos anos (Figueiredo *et al.*, 2004). Pode ser entendida como a presença de partículas minerais com dimensões superiores a 2 mm localizadas na superfície ou nos horizontes superficiais e constituem aspetos caracterizadores dos solos e das paisagens. Existem sistemas de classificação textural dos solos que diferenciam essas partículas, usando como principal critério a sua dimensão. A existência de elementos grosseiros e a sua análise espacial é um aspeto caracterizador da existência de pedregosidade nos solos (Quadro 1).

Quadro 1- Sistema de classificação da pedregosidade dos solos (CEPT,1968).

Designação	Saibro* Cascalho* e Pedra Miúda**	Pedras** e Calhaus	Blocos
	% Volume	% Volume	% Área
Poucos	0 a 5	0 a 3	0 a 0,5
Alguns	5 a 15	3 a 10	0,5 a 5
Muitos	15 a 30	10 a 20	5 a 15
Bastantes	30 a 50	20 a 40	15 a 20
Sufixos* - então ou ** - OSSO	>50	-	-

Nota : Saibro - 2 a 5mm; cascalho - 5 a 20mm; pedra miúda - 20 a 50mm; pedras - 50 a 100mm; calhaus - 100 a 200mm; blocos >200mm.

2.3.2- Pedregosidade dos solos em Trás-os-Montes

A pedregosidade dos solos em Trás-os-Montes é um marco pedológico e geomorfológico muito caracterizador da região (Figueiredo, 2001). Assim, quando algum trabalho é realizado nesta região, o conceito de pedregosidade é notado e abordado porque implica muitas alterações ao nível do solo (Agroconsultores e Coba, 1991). A pedregosidade detém uma característica de múltiplo alcance porque se por um lado é uma característica associada aos solos de Trás-os-Montes, que afeta o uso do solo e as práticas culturais a este associadas, por outro lado, afeta também a qualidade dos solos e a sua aptidão para a prática agrícola (Agroconsultores e Coba, 1991).

Segundo Figueiredo (2012) os solos mais pedregosos são os Leptossolos, a figura 2 identifica as unidades de solo mais pedregosas em Trás-os-Montes, onde se destacam os Leptossolos êutricos de xistos, os dístricos de granitos e os Antrossolos Surríbicos de xistos.

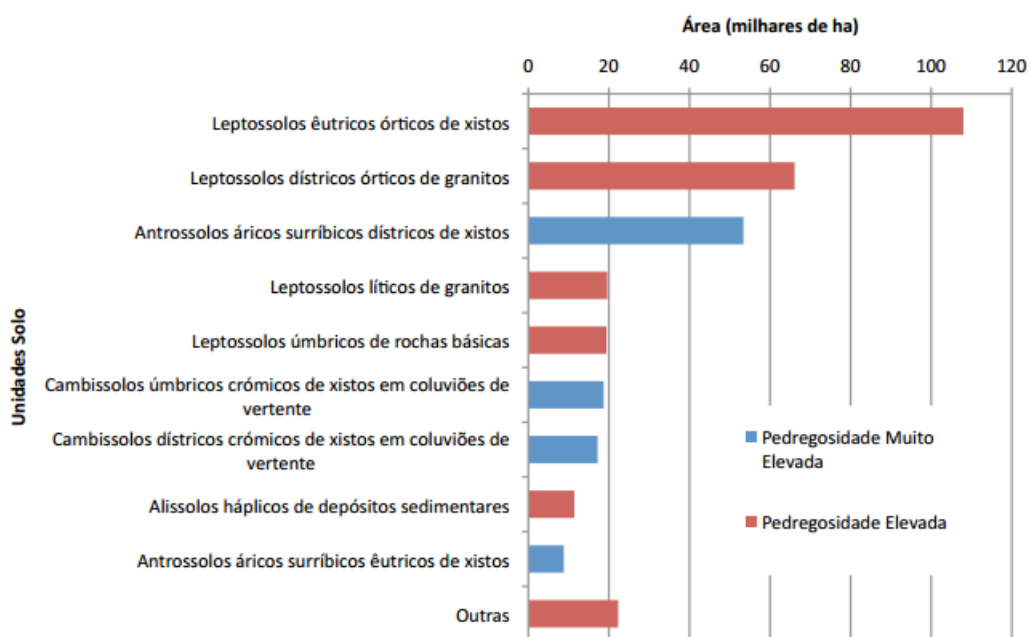


Figura 2-Representação espacial dos solos de maior pedregosidade em Trás-os-Montes (Figueiredo,2012).

2.3.3- Avaliação da pedregosidade

A pedregosidade do solo pode ser avaliada, consoante os objetivos da análise. São usados diferentes métodos de avaliação, para as diferentes metodologias usadas na recolha dos elementos grosseiros. Segundo Figueiredo (2001), é de máxima importância ter uma precisão nas medições.

2.3.3.1- Teor de elementos grosseiros

Para determinar o teor de elementos grosseiros é necessário proceder à separação das frações granulométricas que constituem as amostras de solo. Geralmente esta separação faz-se com recurso a uma crivagem, malha do crivo de 2 mm, onde são individualizadas as partículas com dimensões superiores a 2 mm (elementos grosseiros) e as de dimensões inferiores a 2 mm (terra fina). Na determinação do volume dos elementos grosseiros, geralmente usa-se o método de emersão em água, correspondendo o volume dos elementos grosseiros ao volume de água deslocado (Gee *et al.*, 1986).

2.3.3.2- Fração de cobertura por elementos grosseiros

A fração de cobertura por elementos grosseiros pode ser realizada através da interpretação de imagens fotográficas da superfície do solo, onde numa primeira abordagem se identifica os elementos grosseiros e numa segunda a área que estes ocupam. Outro método é o de contagem de pontos, utilizando a sobreposição de fotografias a uma grelha de malha quadrada e contar o número de nós da grelha que coincidem com os elementos grosseiros (Dunkerley, 1996). Também pode ser determinada recorrendo a cartas de avaliação de superfícies cobertas/descobertas (Figura 3). Este método consiste na comparação de imagens correspondentes a fracções de cobertura com as observadas na superfície do solo, atribuindo a estas um valor por aproximação (Godron, 1983).

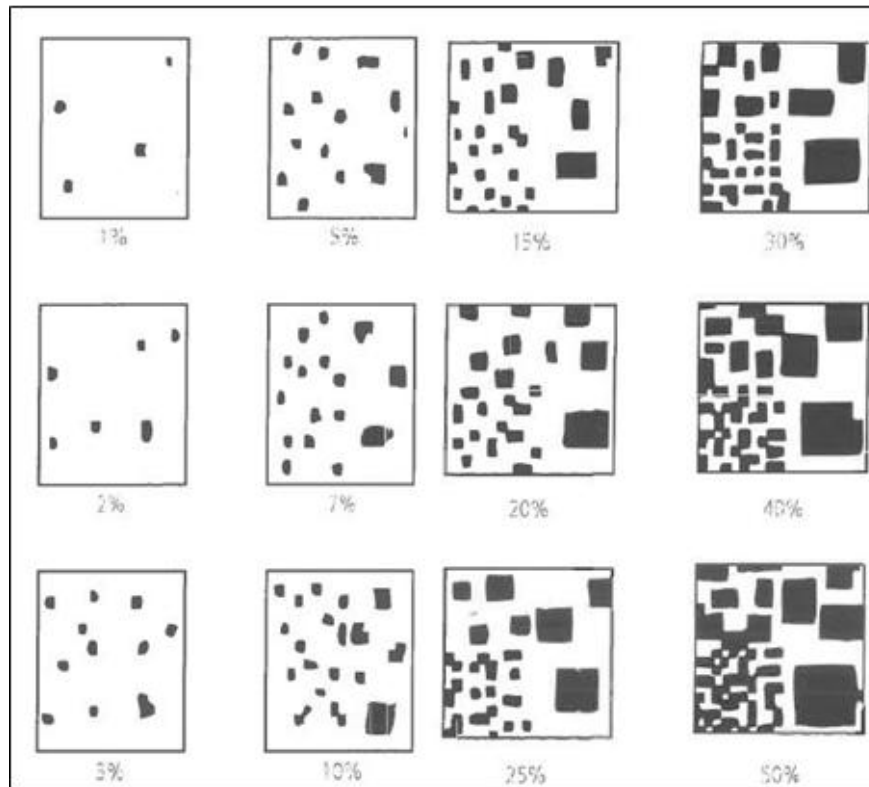


Figura 3-Cartas para a avaliação de superfícies cobertas e descobertas. Extraído de Godron (1983).

2.3.3.3- Dimensão dos elementos grosseiros

Para este método usa-se a crivagem das amostras e a respetiva medição de elementos singulares. A crivagem separa os elementos grosseiros por diferentes dimensões, através das diferentes malhas do crivo. Estima-se assim a distribuição de dimensões na amostra através da construção de curvas somatórias (Whalley,1990).

Para os elementos grosseiros mais singulares (maiores), usa-se o método de medição para cada um deles, usando três eixos (Figueiredo, 2001).

2.3.3.4- Forma dos elementos grosseiros

Para avaliar a forma dos elementos grosseiros, Whalley (1990) usa a descrição visual, a comparação visual, a medição direta e a avaliação de respostas, através de formas geométricas diversificadas, e aproximação visual dos elementos.

2.3.3.5- Distribuição espacial dos elementos grosseiros

A distribuição espacial dos elementos grosseiros pode ser feita de diversas formas, embora a mais utilizada seja a visualização no terreno (Figueiredo, 2001). Recorre-se à

sinalização das áreas com mais elementos grosseiros à superfície de forma a perceber a sua origem e o porquê da sua distribuição espacial.

2.4- Erosão e Processos Erosivos em solos pedregosos

2.4.1- Definição e caracterização

A erosão é a principal ameaça ambiental para a sustentabilidade. Esta é condicionada por um conjunto de fatores que se conjugam, dependendo da quantidade/duração/intensidade de diversos agentes atmosféricos como a precipitação e a formação de gelo e dos processos de escoamento (Soares, 2008). A forma como os processos de erosividade e erodibilidade se desencadeiam, vai influenciar uma maior ou menos suscetibilidade à atuação dos processos erosivos (Figura 4).

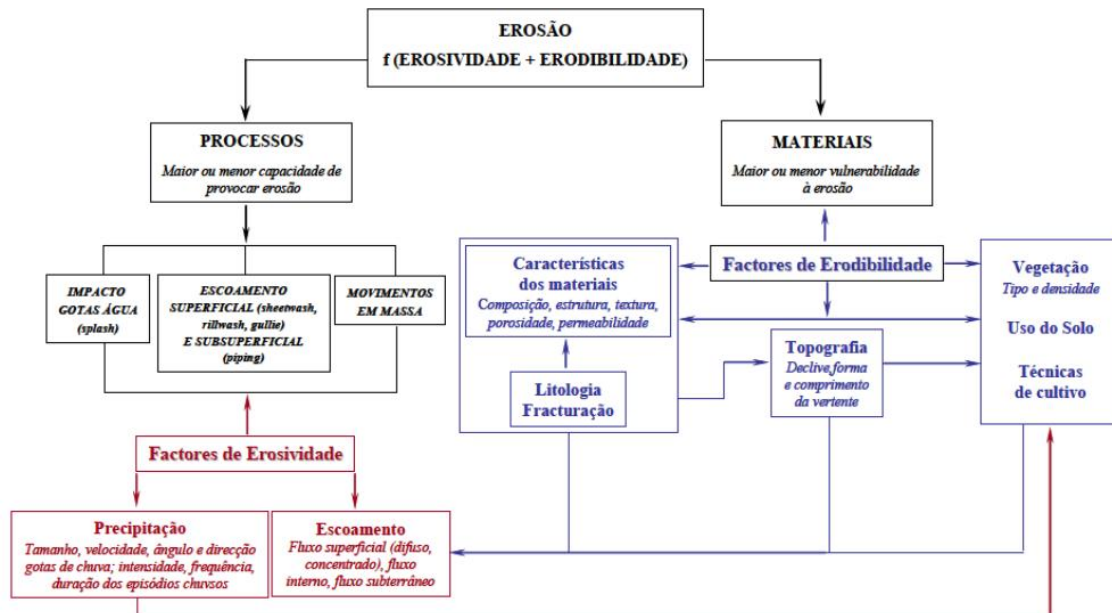


Figura 4 - Inter-relação entre os fatores que condicionam a erosão. Extraído de Soares (2008).

Apesar de ocorrerem vários tipos de erosão no solo, é de destacar a perda de solo por erosão hídrica, que se entende como um processo complexo que envolve o deslocamento e transporte de partículas quer por ação direta da chuva quer através do escoamento superficial. Assim, a erosão hídrica inicia-se a partir da ação da energia das gotas da chuva que ao entrar em contacto com o solo causa o destacamento de partículas (Gonçalves, 2002). A água que atinge o solo pode infiltrar-se através dos poros ou gerar um fluxo superficial (escoamento superficial), se os poros do solo já estiverem saturados, provocando desta forma a desagregação das partículas constituintes do solo.

Quando o escoamento se distribui de forma uniforme sobre a superfície ocorre erosão laminar, por outro lado se o escoamento se concentrar em áreas de menor declive pode originar pequenos canais designados de sulcos/regos e, se não forem tomadas medidas de prevenção pode conduzir à formação de ravinas (Desta, 2012). Por sua vez, o ravinamento pode também acontecer com um aumento esporádico do fluxo de escorrência, causado pela deterioração da vegetação da bacia ou mesmo pela concentração de fluxo em áreas impermeabilizadas (Morgan, 2005).

2.4.2- Erosão e paisagem em Trás-os-Montes

A morfogénese da paisagem de Trás-os-Montes é marcada pelos processos de erosão hídrica normal ou acelerada (Agroconsultores e Coba, 1991), que é potencialmente impulsionada pelo relevo existente na região. A geologia da região é constituída por rochas que moldam toda a paisagem e constituem marcas históricas das transformações ocorridas ao longo dos tempos. Predominam as rochas de granito, xisto e quartzito (Figura 5).

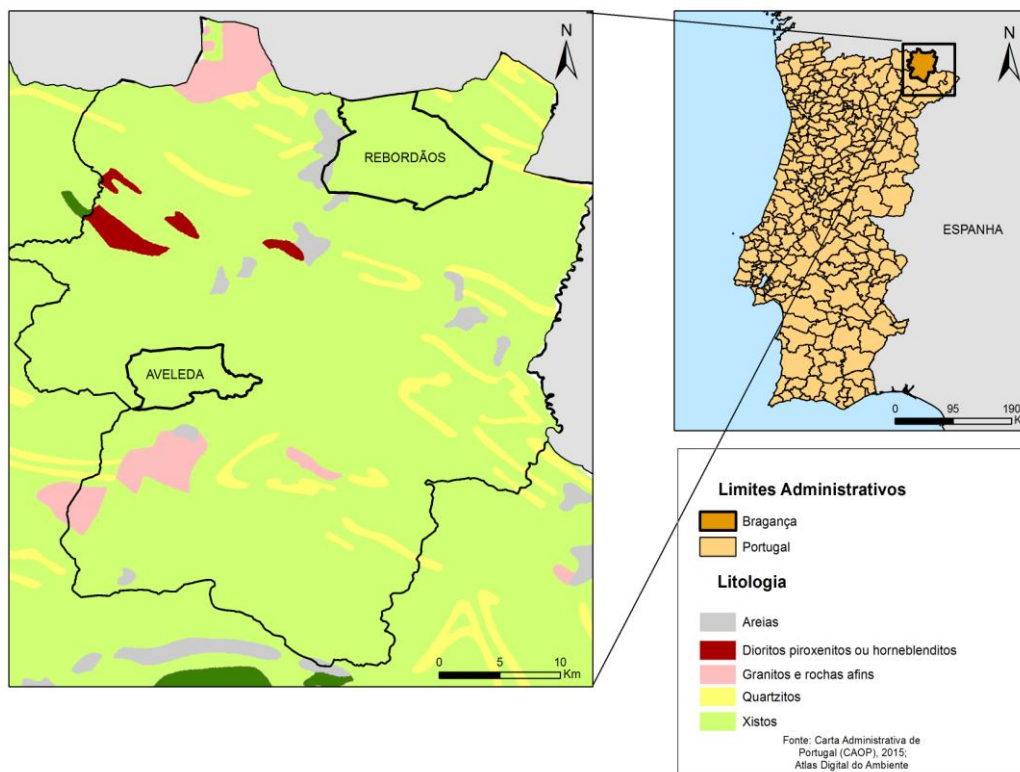


Figura 5 – Mapa litológico do concelho de Bragança.

Esta é também marcada pelo uso do solo, onde a erosão acelerada sempre esteve presente, e deve-se essencialmente: “(i) à extensão das áreas cerealíferas em declives mais acentuados, anteriormente cobertos de mato (promovida pela chamada “campanha do trigo”); (ii) às plantações florestais, que nas fases iniciais de crescimento não asseguram uma cobertura eficaz da superfície do solo; (iii) aos fogos, que reduzem de forma drástica o coberto vegetal e afetam quer áreas florestadas quer de matos” (Figueiredo, 2012).

2.4.3- Efeitos da pedregosidade na erosão

A pedregosidade está intrinsecamente ligada aos processos erosivos, a qual mereceu no decorrer dos últimos anos um especial interesse no seu estudo porque, se por um lado, é reconhecida a influência das características dos elementos grosseiros na perda de solo, por outro, a sua modelação e efeito sobre os processos erosivos nos solos ainda é pouco conhecido. Associa-se assim a pedregosidade ao sinal de erosão, e afirma-se que as características da região bem como do solo são resultantes dos mecanismos de morfogénese presentes, ao qual se destaca a erosão hídrica (Figueiredo, 2012).

3. Materiais e métodos

3.1- Áreas de amostragem: caracterização genérica

As áreas de amostragem localizam-se no Nordeste de Portugal, mais precisamente no concelho de Bragança (Figura 6). Procedeu-se à seleção de duas áreas com realidades diferentes: uma representativa de degradação baixa do solo e outra representativa de degradação severa do solo. Os solos de ambas as áreas são derivados de xisto (Anexo 1), situação que favorece a escorrência superficial e os processos erosivos (Ribeiro, 1987).

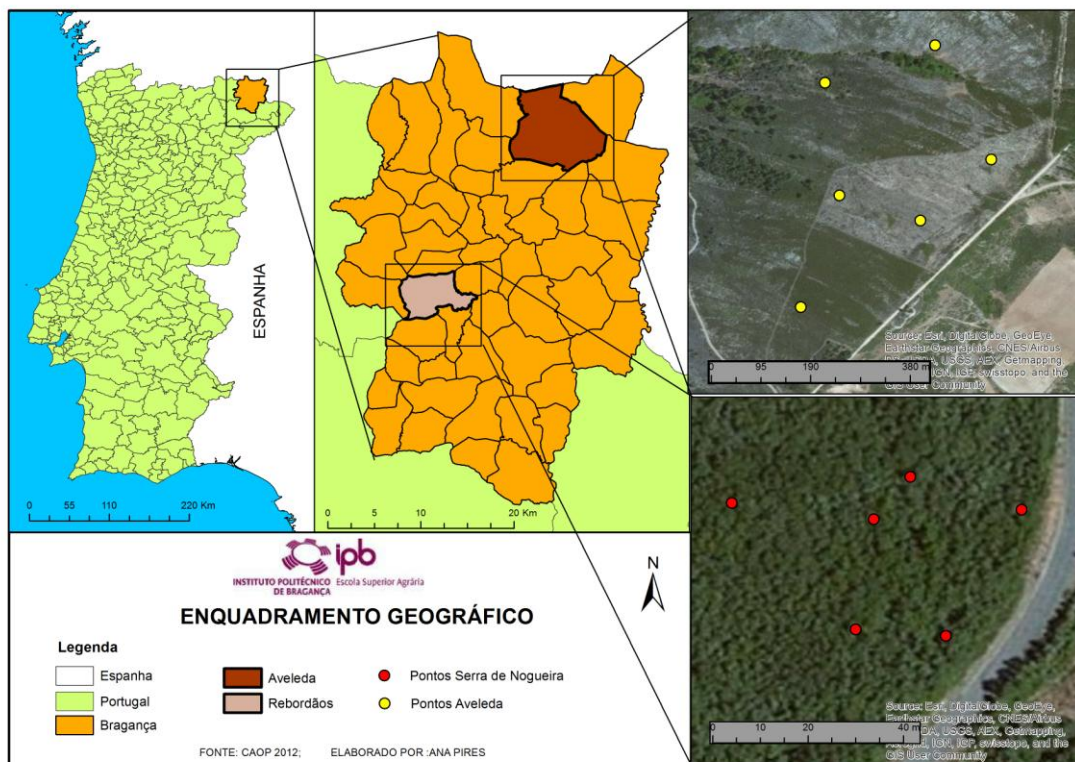


Figura 6 - Localização geográfica das áreas de amostragem.

Como local representativo de degradação baixa do solo, foi selecionada uma área de amostragem na Serra da Nogueira sob a condição assumida como climática (Figura 7). A vegetação climática é do tipo florestal, dominada por *Quercus pyrenaica*, representando um dos maiores carvalhais em Portugal. O carvalho negral (*Quercus pyrenaica*), da Serra da Nogueira é uma das grandes referências, para a espécie, devido à imensa área contínua que ocupa (Rego *et al.*, 1990). A área aqui amostrada pertence à freguesia de Rebordãos, estando a 41° 44'37" de latitude Norte e 6° 51' 46" de longitude Oeste e a 1147 metros de altitude (Anexo 3).



Figura 7 - Área de amostragem da Serra de Nogueira.

Como local representativo de degradação severa do solo, foi selecionada uma área de amostragem sob mato ardido (Figura 8), na aldeia da Aveleda inserida em pleno Parque Natural de Montesinho. O seu território é delimitado pela vizinha Espanha.



Figura 8 - Área de amostragem, dois meses após incêndio.

Esta área (Figura 8) é caracterizada por matos (esteva, giesta e urze), que ocupam 1/3 da área do Parque Natural de Montesinho (IPB/ICN, 2007). Os solos são delgados devido aos processos erosivos constantes. (IPB/ICN,2007). A área aqui amostrada pertence à Freguesia da Aveleda, estando a 41° 53'59'' de latitude Norte e 6° 40' 51'' de longitude Oeste e a 802 metros de altitude (Anexo 4).

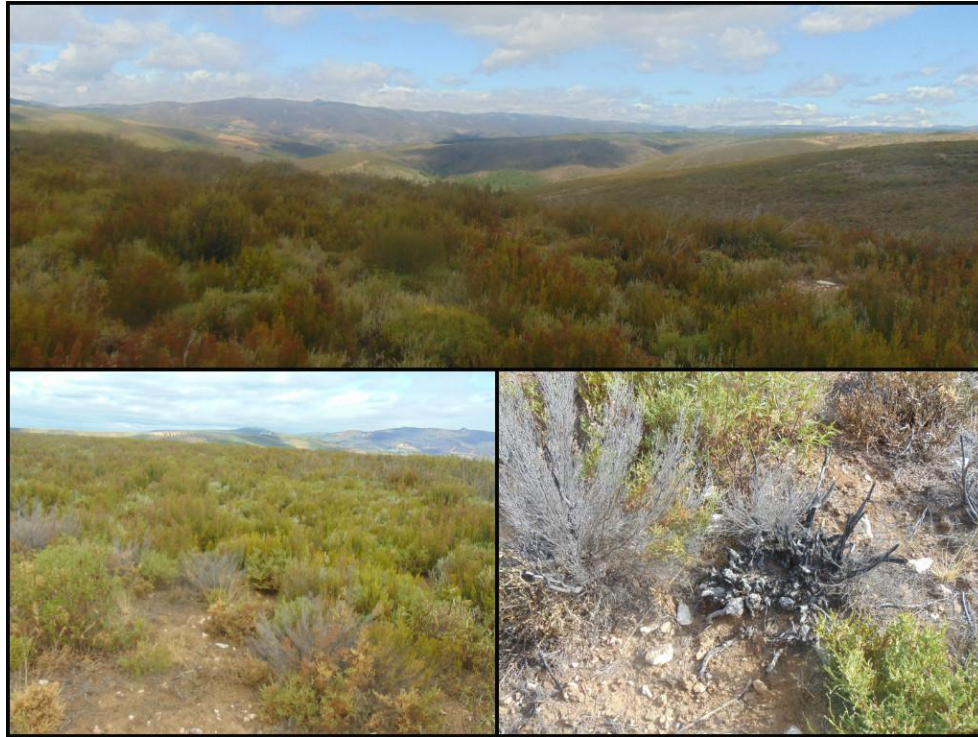


Figura 9 - Área de amostragem da Aveleda.

O declive das áreas de amostragem varia entre 0 e 45%, sendo os valores compreendidos entre 20 e 45% os mais frequentes. É de salientar a presença de declives mais elevados na área de amostragem representativa de solos com degradação baixa (Anexo 5 e 6).

A Figura 10 representa a pedregosidade dos solos nas áreas de amostragem. Comparando as duas áreas constata-se que área de solo de degradação incipiente (Freguesia de Rebordãos) tem presente maior percentagem de elementos grosseiros, pois detém a classe de 30 a 50 % mais representada. Por sua vez na situação de solo degradado (Freguesia de Aveleda), os elementos grosseiros estão distribuídos de forma mais uniforme pela área amostra.

Pedregosidade como indicador do estado de degradação física do solo: comparação entre solos climáticos e solos degradados.

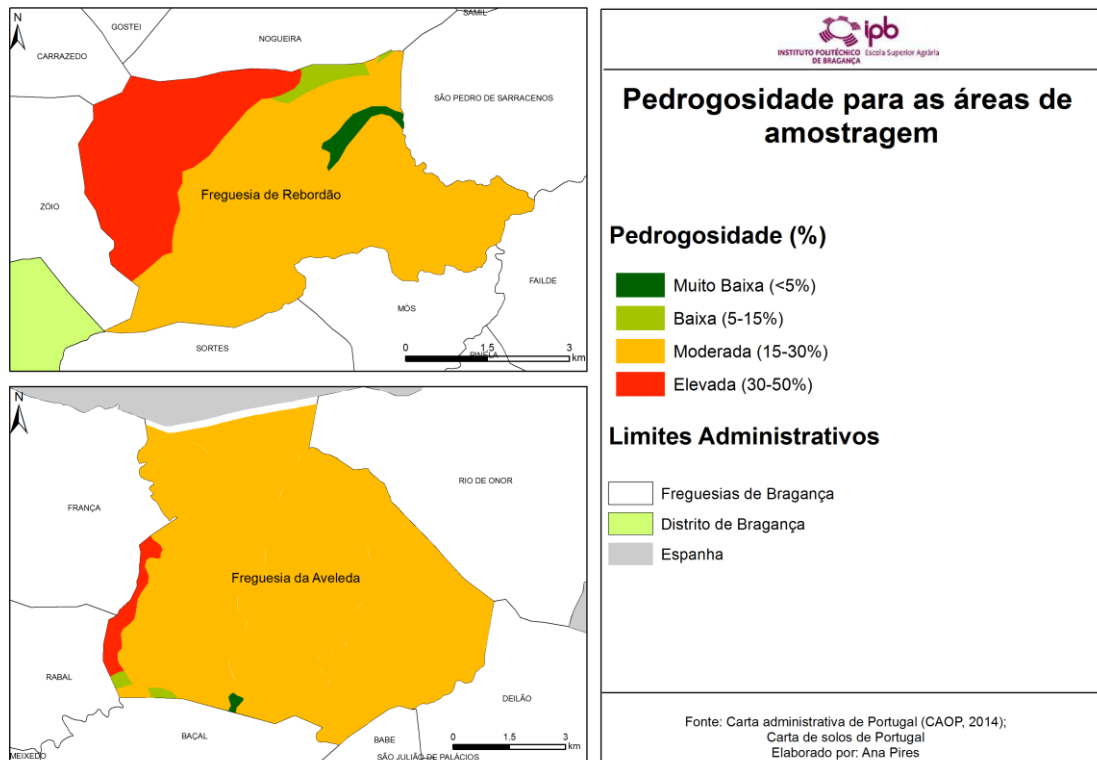


Figura 10- Carta da Pedregosidade superficial dos solos (% elementos grosseiros), para as áreas de amostragem.

3.2- Procedimentos de campo

Nas duas áreas de amostragem foram definidos seis pontos de forma aleatória, sendo estes devidamente sinalizados no campo com uma estaca de madeira e também registadas as coordenadas geográficas com recurso a um GPS. Em cada ponto foi delimitada uma área de 20 × 20 cm, onde se procedeu à recolha de amostras de solo até 20 cm de profundidade, sempre que possível. As amostras foram colhidas por camadas, tendo sido definidas um total de 6 por ponto de amostragem. A definição das camadas obedeceu a diferenças de compactação do solo. Por vezes não foi possível totalizar 6 camadas devido à existência de rocha dura. A colheita destas amostras seguiu a seguinte metodologia: (1) sobre o quadrado foi definido um transeto na parte central e dois paralelos a este, um de cada lado, a 4 cm do lado do quadrado; (2) após a colheita de solo numa determinada camada faziam-se 3 medições da altura por transeto totalizando um total de 9 medições por camada (Figura 12), nestas medições foram utilizados uma rede de pontos e um medidor de distâncias a laser (Figura 11).



Figura 11 - Materiais usados na recolha de amostras de solo no campo.

A partir das 9 medições determinou-se a média de profundidade de cada camada. Na área de amostragem de solo degradado (Aveleda), colheram-se 31 amostras (por vezes não foi possível atingir os 20 cm de profundidade), enquanto na área representativa de degradação baixa colheram-se 34 amostras.

Pedregosidade como indicador do estado de degradação física do solo: comparação entre solos climáticos e solos degradados.



Figura 12 - Recolha de amostras de solo e medição da profundidade das camadas.

3.3- Procedimentos de laboratório e métodos analíticos

3.3.1 Processamento das amostras de solo

Todas as análises físicas foram realizadas no laboratório de solos da Escola Superior Agrária de Bragança.

As amostras de solo foram secas em estufa a 40°C durante 48 horas, seguindo a separação dos elementos grosseiros (partículas com dimensões superiores a 2 mm) da terra fina (partículas com dimensões inferiores a 2 mm) utilizando-se para o efeito um agitador de peneiros (Figura 13).



Figura 13 - Agitador de peneiros.

O tempo de agitação das amostras foi relacionado com o peso das mesmas, tendo sido definidos tempos de agitação de 10 e 15 minutos. Como referido, através deste processo procedeu-se à separação das frações elementos grosseiros e terra fina (Figura 14), o que permitiu avaliar a massa de cada uma destas frações por camada de solo amostrada.



Figura 14 - Processo de separação das frações elementos grosseiros e terra fina das amostras de solo.

3.3.2- Volume dos elementos grosseiros

O volume dos elementos grosseiros foi obtido por deslocamento de água numa proveta graduada de 1000 ml (Figura 15). Depois de colocar um volume de água conhecido, adicionaram-se os elementos grosseiros. O volume de água deslocado corresponde ao volume de elementos grosseiros. As leituras do nível da água foram efetuadas pela linha tangente ao menisco.



Figura 15 -Determinação do volume dos elementos grosseiros.

3.3.3- Percentagem de Elementos Grosseiros

Os elementos grosseiros, ou seja, as partículas minerais com dimensões superiores a 2 mm, foram expressos em percentagem em relação ao peso total da amostra (Anexos 7 e 8).

3.3.4- Densidade dos Elementos Grosseiros

A densidade corresponde ao quociente entre a massa dos elementos grosseiros e o seu volume:

$$D_{eg} = \frac{a}{b}$$

Onde,

D_{eg} – densidade dos elementos grosseiros (g cm^{-3})

a – total de elementos grosseiros (g)

b – volume dos elementos grosseiros (cm^3)

3.3.5- Profundidade das camadas e do solo

A profundidade de cada camada foi obtida a partir da média das nove medições realizadas e referidas anteriormente. A primeira amostra de cada ponto corresponde à camada superficial do solo, as profundidades das camadas seguintes foram obtidas através da diferença dos valores da camada em análise a anterior (Anexo 9 e 10). A partir destes dados foi possível determinar a espessura de cada camada.

Para além da espessura das diversas camadas de solo amostradas também se procedeu à determinação da espessura do solo. Nessa avaliação recorreu-se a uma sonda designada por “trado holandês” (Figura 16), que permitiu obter uma estimativa da profundidade máxima de cada ponto de amostragem.

Pedregosidade como indicador do estado de degradação física do solo: comparação entre solos climácicos e solos degradados.



Figura 16 - Medições da profundidade do solo, no solo climácico.

3.4- Análise estatística

No tratamento estatístico dos dados recorreu-se à estatística descritiva (Anexo 11), análises de variância e testes de comparação de médias (Tukey,5%). Inicialmente, usou-se o Teste F para duas amostras de variâncias iguais, dependendo do valor de significância usou-se o Teste T para as duas amostras com variâncias iguais ($p < 0,05$) ou desiguais ($p > 0,05$).

Em termos de significância para a densidade dos elementos grosseiros optou-se por usar assim um Teste T para variâncias desiguais, pois as médias diferem significativamente.

4. Resultados e Discussão

4.1- Teor de elementos grosseiros

Nos pontos de amostragem correspondentes à situação de solo degradado (Aveleda, PNM) observa-se um teor mais elevado de elementos grosseiros na camada superficial na maioria dos pontos analisados (Figura 17). Contudo, é de salientar dois aspetos fundamentais, o primeiro consiste na irregularidade da presença de elementos grosseiros por camada em cada ponto e o segundo na existência de rocha próximo da superfície, impossibilitando a recolha de amostras até aos 20 cm em alguns pontos de amostragem. Isto significa que trata-se de solos delgados, sendo que grande parte dos elementos finos (com dimensões inferiores a 2 mm) perderam-se por efeito dos processos erosivos. Por sua vez, e analisando os dados referentes à situação de solo climático, logo com degradação baixa (Figura 18), verifica-se que os elementos grosseiros também atingem a percentagem mais elevada na camada superficial, excetuando o ponto 4 que atinge o valor mais alto na camada 3, ultrapassando aí os 80 %.

Globalmente, pode-se constatar que na situação de solo não degradado os elementos grosseiros apresentam uma distribuição mais uniforme em profundidade e raramente ultrapassam valores de 60 %, enquanto na situação de solo degradado, os elementos grosseiros estão mais concentrados à superfície apresentando frequentemente valores superiores a 70 %.

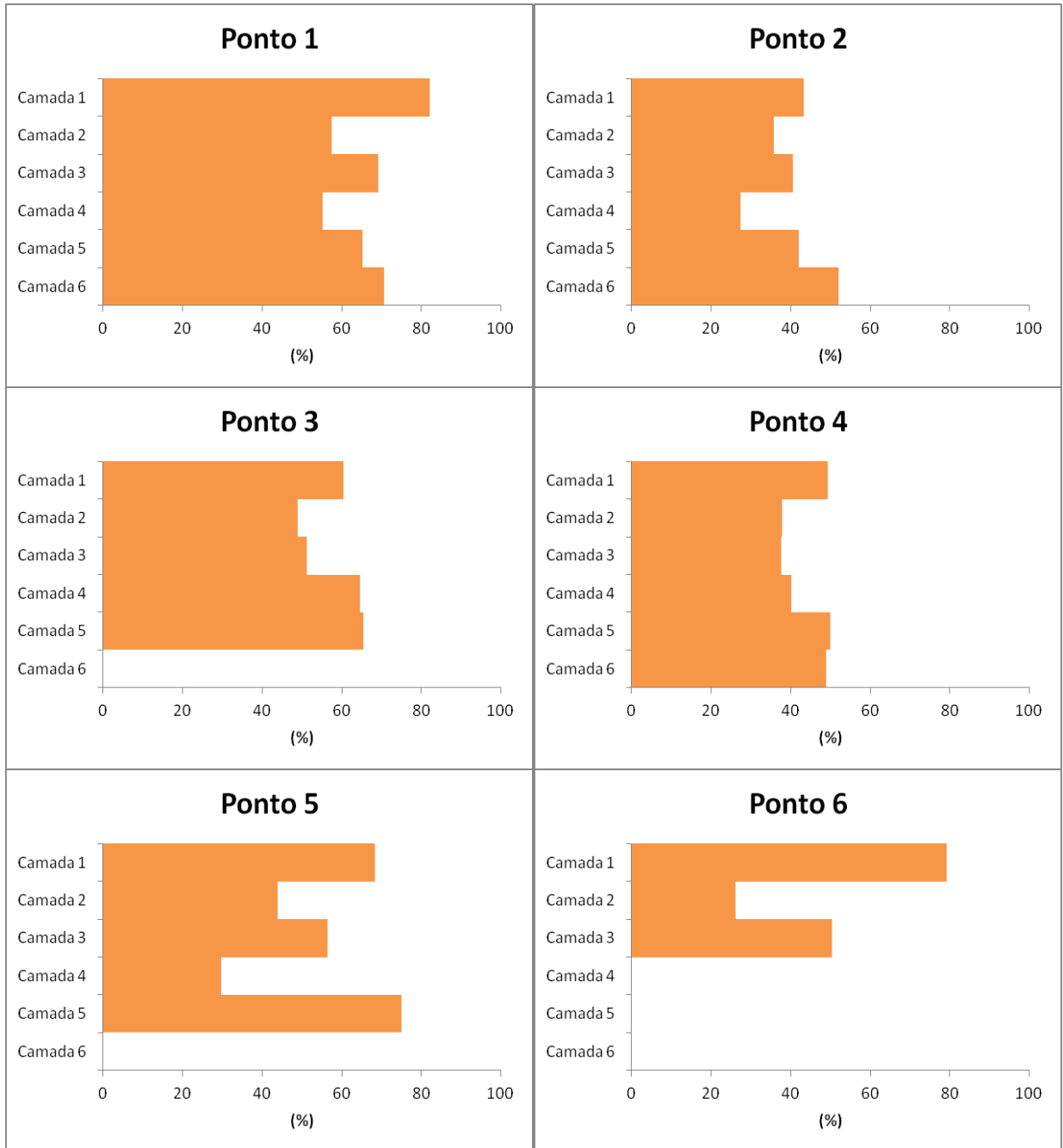


Figura 17 - Percentagem de elementos grosseiros, por camada, na situação de solo degradado (Aveleda).

Pedregosidade como indicador do estado de degradação física do solo: comparação entre solos climáticos e solos degradados.

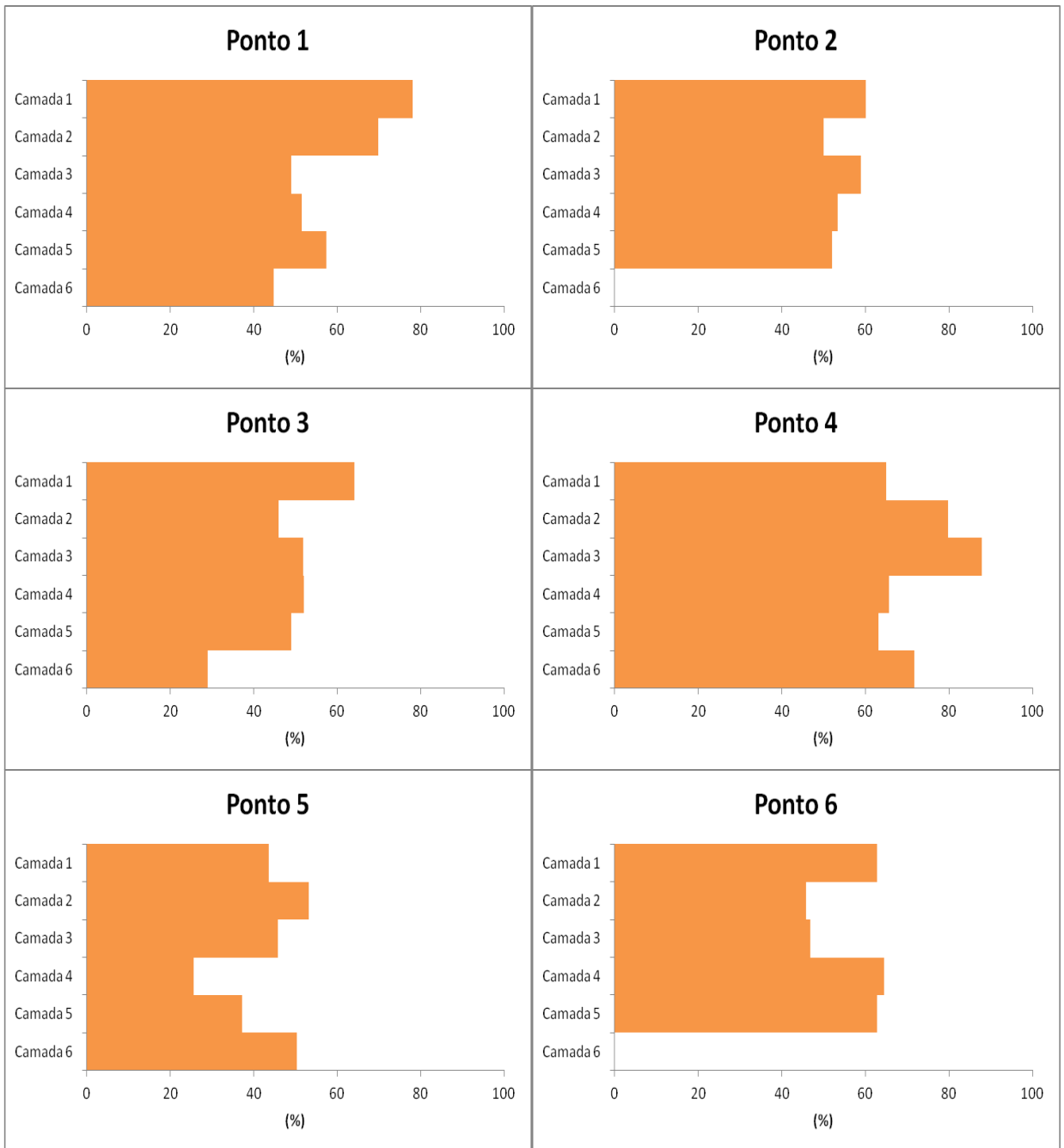


Figura 18 - Percentagem de elementos grosseiros, por camada, na situação de solo climático (Serra da Nogueira).

4.2- Variação dos elementos grosseiros com a profundidade

A Figura 19 mostra a variação entre a percentagem média de elementos grosseiros e a profundidade em cada camada. É de notar que o teor de elementos grosseiros é mais elevado na situação de solo degradado, o que seria de esperar, pois grande parte dos elementos finos foram removidos por erosão, ficando os solos mais delgados e com uma maior concentração de elementos grosseiros próximo da superfície. Na situação do solo de degradação baixa (climático) a menor concentração de elementos grosseiros à superfície está relacionada com os processos de meteorização das rochas e conservação das partículas finas no solo.

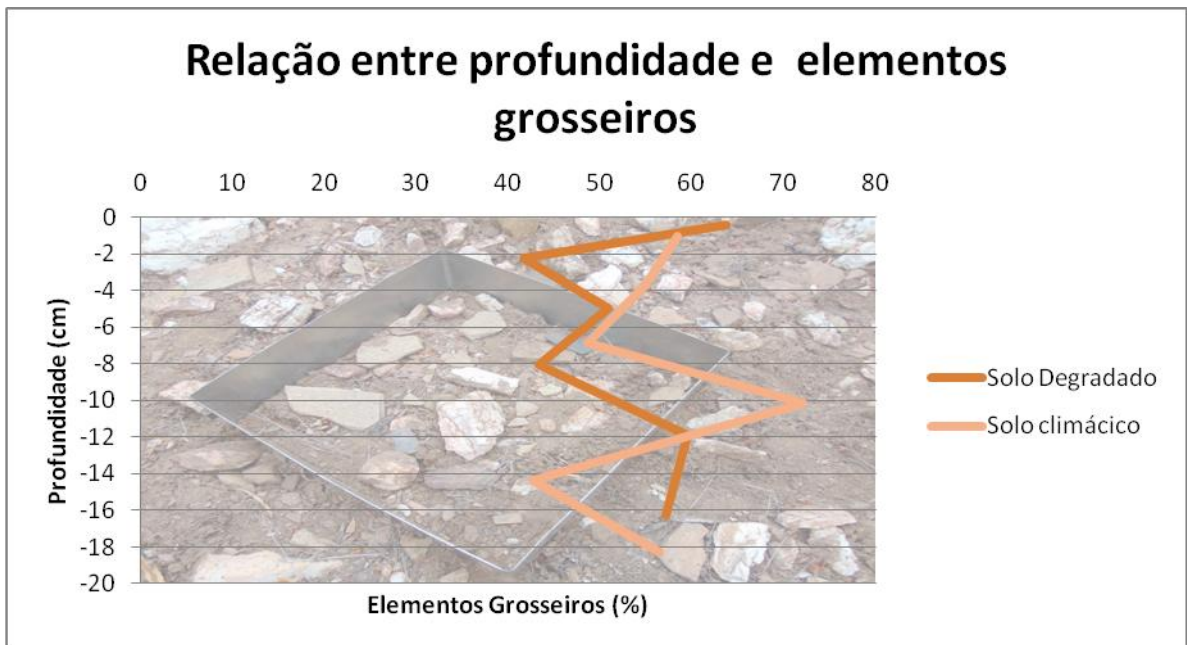


Figura 19 - Relação entre a profundidade média obtida e os elementos grosseiros por camadas, nas duas áreas de amostragem.

No solo climático, em quase todos os pontos foi possível atingir os 20 cm de profundidade ou ficando muito próximo, em contrapartida os valores de profundidade alcançados no solo degradado, na maioria das vezes, não foram além dos 16 cm de profundidade. No solo degradado no ponto 4 só foi possível chegar aos 16 cm, no ponto 5 aos 15 cm e no ponto 6 só foi possível chegar aos 4 cm, devido ao aparecimento de rocha contínua (Figura 20).



Figura 20 - Rocha contínua nos pontos 4, 5 e 6.

Em cada ponto de amostragem e com recurso a uma sonda procurou-se perceber qual a profundidade máxima que seria possível alcançar (Figura 21). Na situação de solo degradado a profundidade obtida não foi além dos 30 cm, existindo bastantes dificuldades ao ultrapassar os 20 cm, já na situação de solo não degradado, as profundidades foram sempre superiores às registadas na situação anterior, chegando a ultrapassar os 80 cm, refletindo a presença de solos mais porosos e permeáveis.

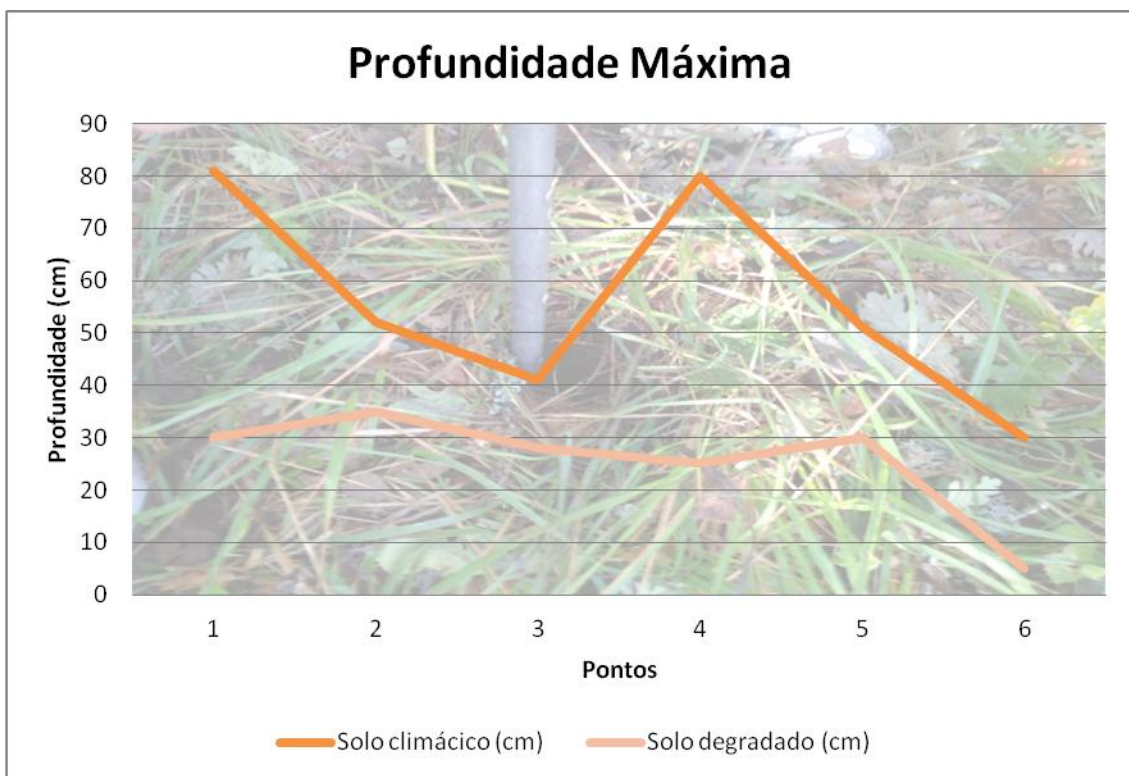


Figura 21 - Profundidade do solo obtida com um sonda nas situações de solo degradado e solo no solo climático.

4.3- Espessura das camadas

Analisando a espessura das diferentes camadas onde se procedeu à colheita de todo o material (elementos grosseiros e terra fina) verifica-se para o caso do solo degradado que a primeira camada é sempre a de menor espessura (Figura 22). Analisando os valores médios das espessuras verifica-se que a primeira camada tem uma média de 1,0 cm, a segunda de 2,1 cm, a terceira de 2,2 cm, a quarta de 3,2 cm, a quinta 5,4 cm e por fim a sexta camada o valor médio de 6,6 cm. As espessuras foram definidas com base na compactidade do solo. Sempre que esta sofria alteração definia-se uma nova camada.

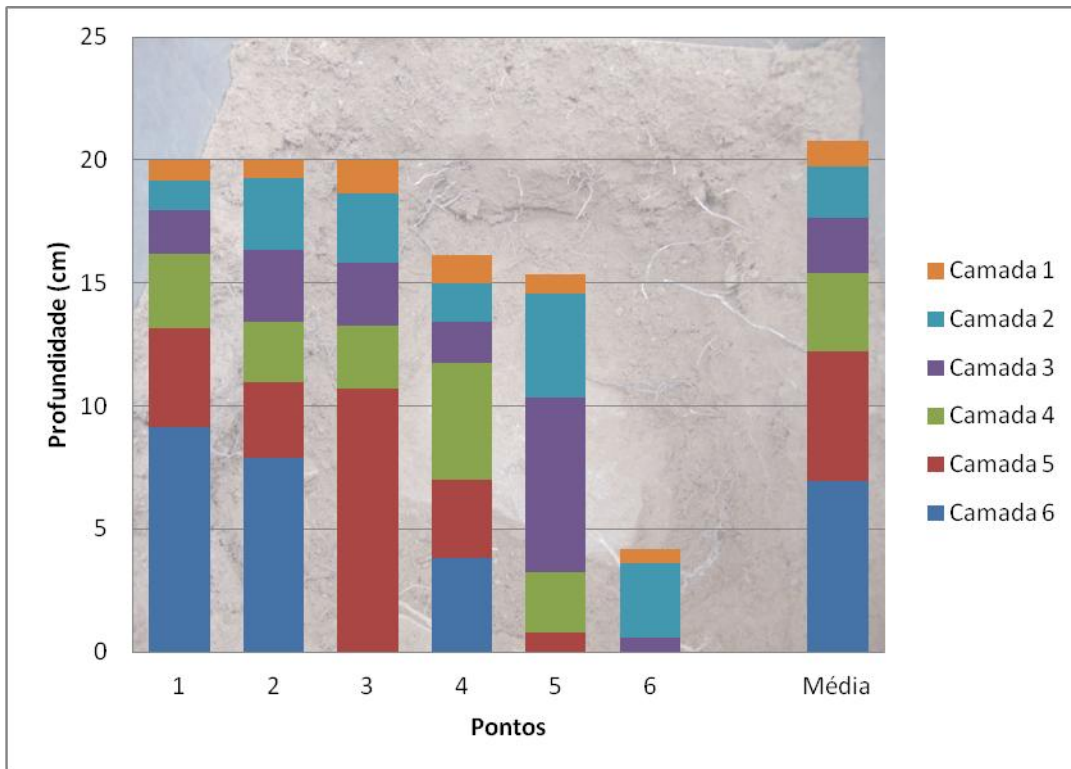


Figura 22 - Espessura das camadas, na situação de solo degradado (Aveleda).

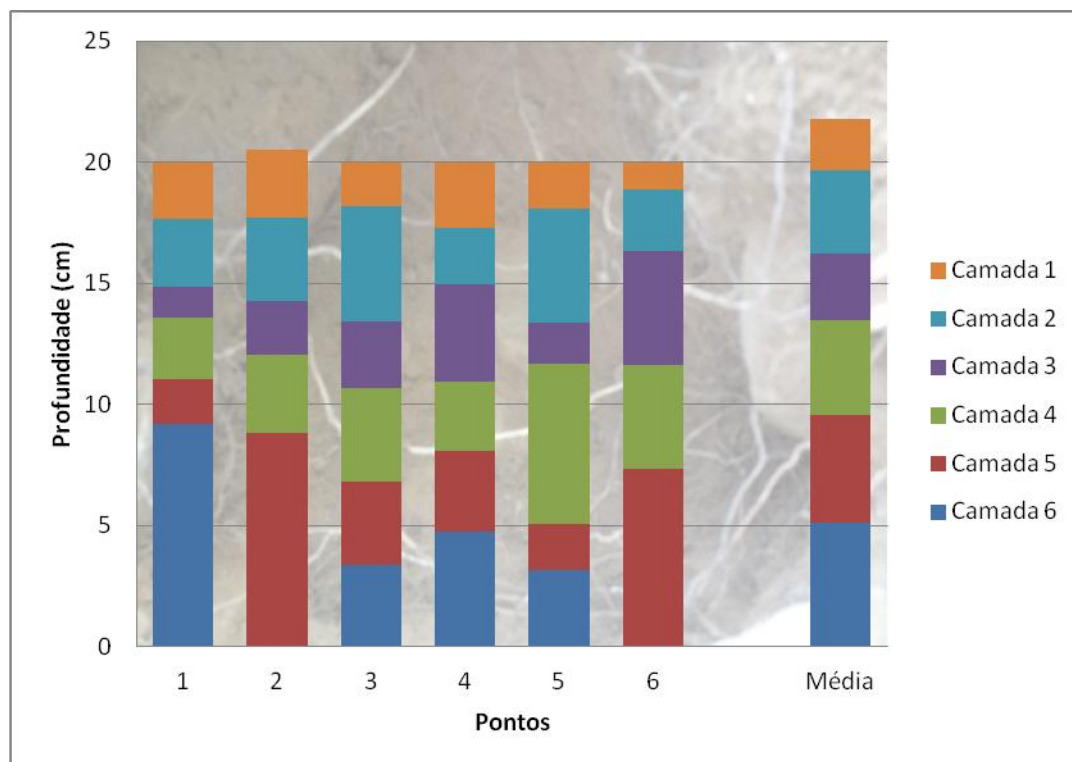


Figura 23 - Espessura das camadas, na situação de solo climácico (Serra da Nogueira).

Analisando a espessura das diferentes camadas para a situação de solo climácico (Figura 23), verifica-se que estas são sempre superiores a 2cm. Analisando os valores médios da espessura de cada camada verifica-se que a primeira camada tem uma média de 2,1 cm, a segunda de 3,4 cm, a terceira de 2,7 cm, a quarta de 3,9 cm, a quinta 4,4 cm e por fim a sexta camada o valor médio de 5,1 cm

Desta forma, observa-se que o solo climácico é menos compacto nas camadas mais superficiais, o que estará relacionado com um teor de matéria orgânica mais elevado. Guerra et al. (2014) referem que a espessura dos solos é uma resposta à ação mais ou menos erosiva a que estão sujeitos. Se for mais ativa, os solos serão menos espessos, o que se comprova no solo degradado (Aveleda). No solo climácico o horizonte orgânico tem grande influência nas propriedades físicas do solo, dependendo das características da vegetação (Fonseca, 2004).

4.4- Densidade dos elementos grosseiros

Por observação do Quadro 2 verifica-se que a densidade média dos elementos grosseiros na situação de solo climático (2,69) é significativamente superior à da situação de solo degradado (2,37). Estas diferenças podem estar relacionadas com o efeito da temperatura do fogo (solo degradado), que poderá ter incrementado os processos de meteorização dos elementos grosseiros presentes no solo e consequentemente contribuindo para a redução da sua densidade.

Quadro 2- Parâmetros estatísticos das variáveis em análise.

Parâmetros	Densidade dos Elementos Grosseiros	
	Solo Climático	Solo Degradado
Média	2.69	2.37
Variância	0.04	0.02
Observações	34	31
Hipótese de diferença de média	0	
Stat t	7.15	
P(T<=t) uni-caudal	6.39972E-10	
t crítico uni-caudal	1.67	
P(T<=t)bi-caudal	1.27994E-09	
T crítico bi-caudal	1.99	

5. Conclusões Finais

O estudo do solo tem sido apresentado como uma necessidade essencial, devido à sua importância no desenvolvimento das atividades humanas. O solo está sujeito a degradação devido essencialmente ao uso inadequado pelo ser humano. A degradação do solo ocorre sempre que este seja sujeito a qualquer tipo de alteração.

A análise dos resultados obtidos mostra que em casos de degradação severa o teor em elementos grosseiros à superfície é maior do que em condição não degradada, situação explicada pela remoção seletiva de elementos finos por erosão hídrica acelerada naquelas áreas. A exposição da camada superficial aos agentes atmosféricos conduz à remoção dos materiais mais finos e deixa os elementos mais grosseiros expostos à superfície.

A densidade dos elementos grosseiros depende do material litológico e do seu grau de alteração. No solo degradado a densidade tende a ser menor devido à maior exposição destes elementos aos agentes de meteorização e erosão

As duas áreas de amostragem mostram realidades diferentes relativamente ao estado de degradação do solo, na área da Aveleda estamos perante um estado de degradação severo do solo e na área da Serra da Nogueira perante um solo com degradação baixa.

É de salientar o interesse em continuar a abordar a temática deste trabalho bem como usar outros métodos para a avaliação da pedregosidade, de forma a esclarecer algumas questões que foram colocadas ao longo do presente estudo.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Marthin Luther King)

6. Referências bibliográficas

Agroconsultores e Coba, (1991). Carta dos Solos, Carta do Uso Actual da Terra e Carta de Aptidão da Terra do Nordeste de Portugal. UTAD/PDRITM, Vila Real.

Bertoni, J., Neto, F.L., 1990. Conservação do solo. 1ª ed. São Paulo, Ícone editora.

CEPT (1968) Informação preliminar acerca de normas para caracterização morfológica dos solos(reimp.).Junta de Investigações do Ultramar, Centro de Estudos de Pedologia Tropical, Lisboa.

Costa, J.B., 1999. Caracterização e constituição do solo. 6ªed. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.

Coelho, C., 2001. Efeitos dos Incêndios Florestais sobre a erosão e a degradação do solo. In Ministério da Administração Interna – Seamai (ed.). A floresta que futuro? 135-146. Instituto Nacional de Administração (INA).

Comissão das Comunidade Europeias, 2006. Estratégia temática de proteção do solo. Comunicação da comissão ao Concelho, ao Parlamento Europeu, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões. Bruxelas, 22 de Setembro.

Comissão Europeia, 2007. Proteção do solo: uma nova política para a UE. Folha de informação sobre o ambiente. Comissão Europeia, Janeiro.

De Ploey, J., 1983. Rainfall simulation, runoff and soil erosion. 1ª ed. West Germany, Catena Supplement 4.

Desta, L., Adugna, B., 2012. A field guide on Gully Prevention and control. Eastern Nile Watershed Management Project, Nile Basin Initiative. Pp. 73

Dunkerley, D.L. 1996, Stone cover on desert hillslopes: extent of bias in diameters estimad from grid samples and procedures for bias correction. Earth Surface Processes and Landforms 21: 573-580.

FAO/UNESCO, 1988. Soil Map of the World, Revised Legend. FAO, Roma.

Figueiredo, T. de, 2001. Pedregosidade e Erosão Hídrica dos Solos em Trás-os-Montes: contributo para a interpretação de registos em vinhas ao alto na Região do Douro. Tese de doutoramento, UTAD, Vila Real.

Figueiredo, T. de, 2002. Uma panorâmica sobre os recursos pedológicos do Nordeste Transmontano. Comunicação ao “II Seminário sobre Recursos Naturais no Nordeste Transmontano”, ESE/IPB. Bragança, Abril.

Figueiredo, T. D., Ferreira, A. G., Gonçalves, D., & Poesen, J. (2004). Efeito das características dos elementos grosseiros na erosão inter-sulcos: um contributo para a sua modelação.

Figueiredo, T. de, 2005. Unidade curricular de Geodiversidade (Apontamentos) - Mestrado de Gestão e Conservação da Natureza. Bragança, ESAB.

Figueiredo, T. de, 2012. Pedregosidade dos Solos em Trás-os-Montes: importância relativa e distribuição espacial. Bragança: Escola Superior Agrária. (Série Estudos 83).

Figueiredo, T. de, Fonseca, F., & Queirós, A., 2013. Efeitos do fogo na erosão do solo em áreas de matos: resultados de um ano de ensaio no Parque Natural de Montesinho. *Grandes Incêndios Florestais, Erosão, Degradação e Medidas de Recuperação dos Solos*, Universidade do Minho, Guimarães, 267-277.

Figueiredo, T. de, Fonseca, F., Nunes, L., 2015. Proteção do Solo e combate à desertificação. Escola Superior Agrária, Bragança.

Fonseca, Felícia, Guerra, Alzira., Nogueira, Clotilde.,2004. "Efeito da substituição de espécies florestais nos horizontes orgânicos e características químicas do solo."

Gee, G.W.E, Bauder, J.W., 1966. Particle-size analysis. In: A. Klute (ed.) *Methods of Soil Analysis, Part I: Physical and Mineralogical Methods*, 2^a ed. Agronomy Monograph, Part 1. ASA e SSSA, Madison, Wisconsin, USA, pp. 383-411.

Gee, G. W., Bauder, J. W., & Klute, A. 1986. Particle-size analysis. *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods*, 383-411.

Godron, M., 1983. Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu. CNRS, Paris, France.

Gonçalves, J.L.M., 2002. Conservação do solo. In: Gonçalves, J.L.M.; STAPE, J. L. (Eds.) *Conservação e cultivo de solos para plantações florestais*. Piracicaba-SP, IPEF, 2002 pp. 47-129

Guerra, A. J. T., e Jorge, M. 2014 Geomorfologia do Cotidiano -A degradação dos solos. *Revista Geonorte, Manaus, 4*, 116-135.

Honrado, J. J., Aguiar, C. & Caldas, F. B. (2000) Relíquias Paleoclimáticas da flora do Norte de Portugal Continental. II Jornadas do Quaternário da APEQ. Porto, FLUP, 12-13 Outubro.

Instituto Politécnico de Bragança (IPB), Instituto da conservação da natureza (ICN), 2007. Plano de Ordenamento do Parque Natural de Montesinho, Bragança.

Lourenço, L., 1994. Risco de incêndio florestal em Portugal Continental. *Informação Florestal, 4*. Lisboa: 22-32.

Morgan, R.P.C., 2005. *Soil erosion & conservation*. 3rd ed. Blackwell, Oxford, UK

Rego, F., Guerra, T., Torres, F., Teixeira, A., 1990. O pastoreio em áreas de carvalhal. Um ensaio na serra de Nogueira. *Pastagens e Forragens*. ISSN 0870-6263. 11:1, p. 73-77

Ribeiro, O., 1987. As formas do relevo. In: *Geografia de Portugal*. vol. 1 167-199.

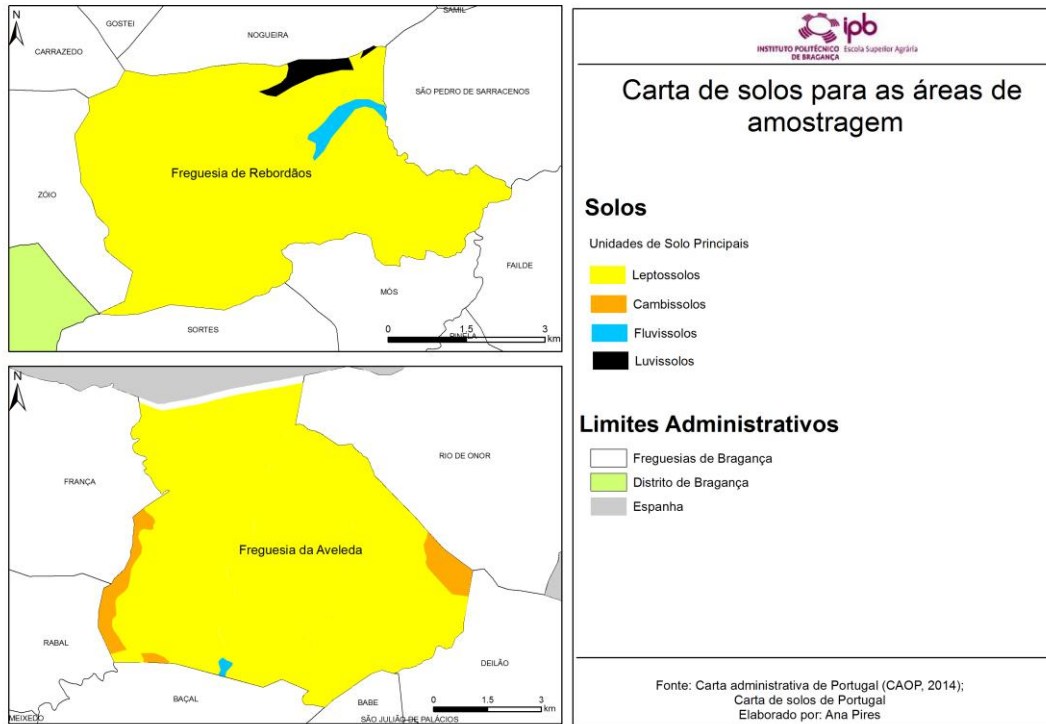
Soares, L., 2008. A importância das formações superficiais no âmbito dos processos de erosão hídrica e movimentos de vertente no NW de Portugal. Tese de doutoramento, Dissertação Faculdade de Letras da Universidade do Porto.

Whalley, W.B. e cols (1990) *Material properties: Physical Properties*. In: A. Goudie (ed.), *Geomorphological Techniques*, 2ª ed.. Unwin Hyman, London, UK. Pp.111-144.

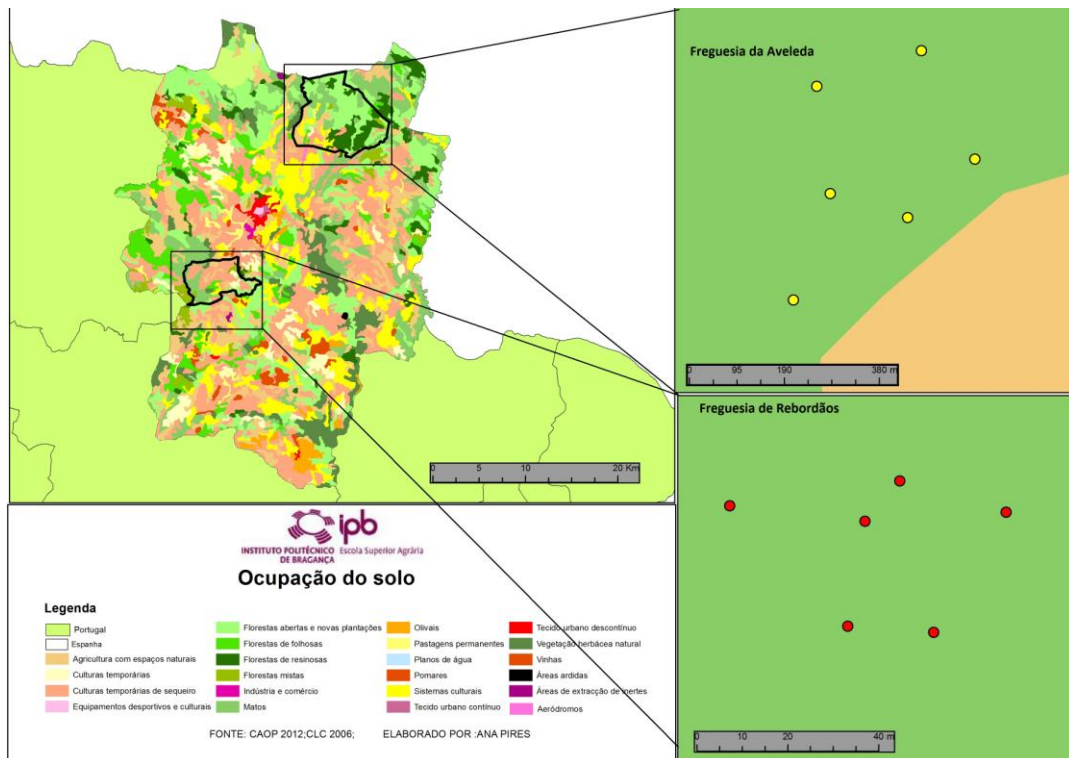
Bibliografia a partir de fontes retiradas da Internet:

Agência Portuguesa do Ambiente. Atlas do Ambiente. Consultado em Agosto 2015. Disponível em: URL: <http://sniamb.apambiente.pt/webatlas/>

7. Anexos

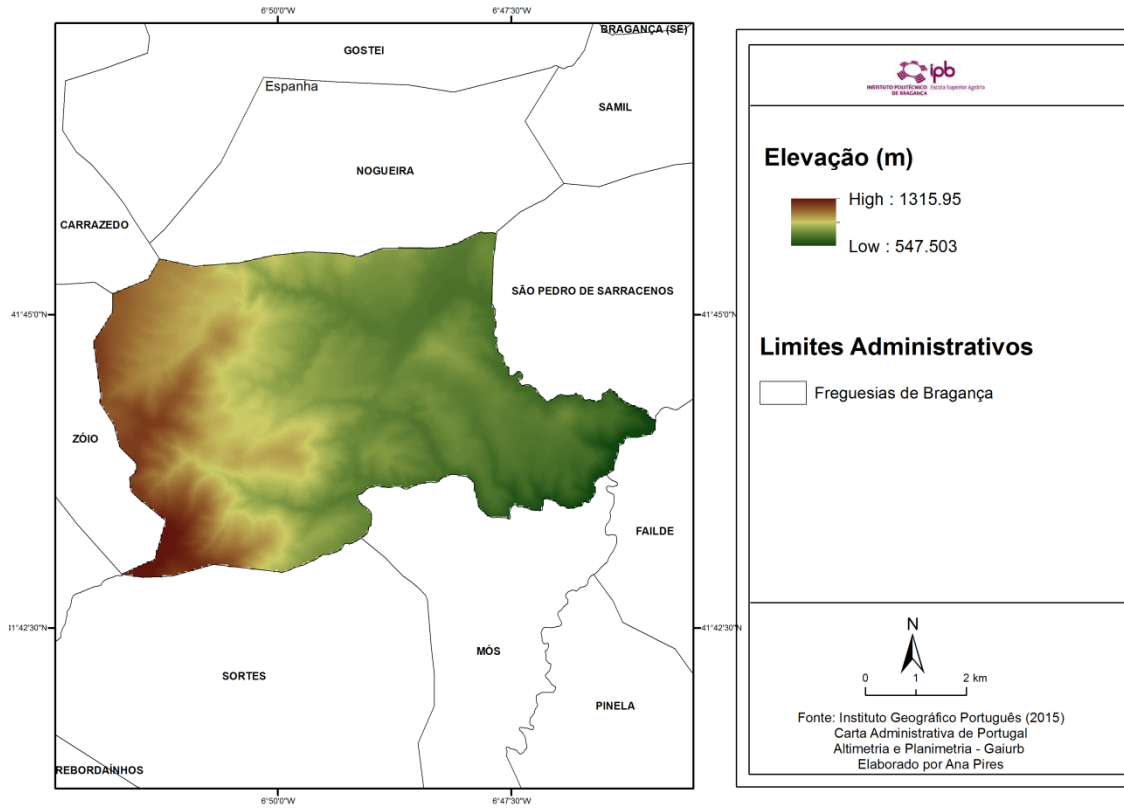


Anexo 1- Unidades Principais dos Solos dominantes nas Unidades Cartográficas de Solos do Nordeste de Portugal (legenda FAO/UNESCO (1988), para as áreas de amostragem.

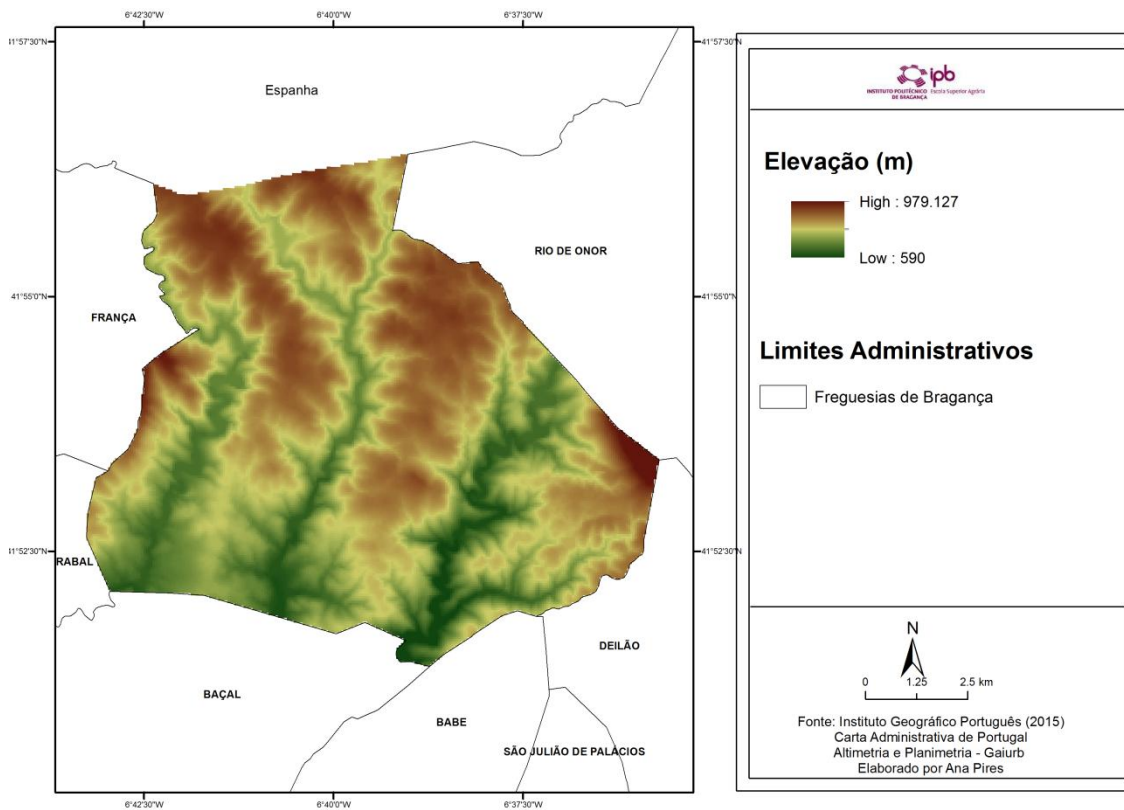


Anexo 2- Mapa de ocupação de uso do solo, para as áreas de amostragem.

Pedregosidade como indicador do estado de degradação física do solo: comparação entre solos climáticos e solos degradados.

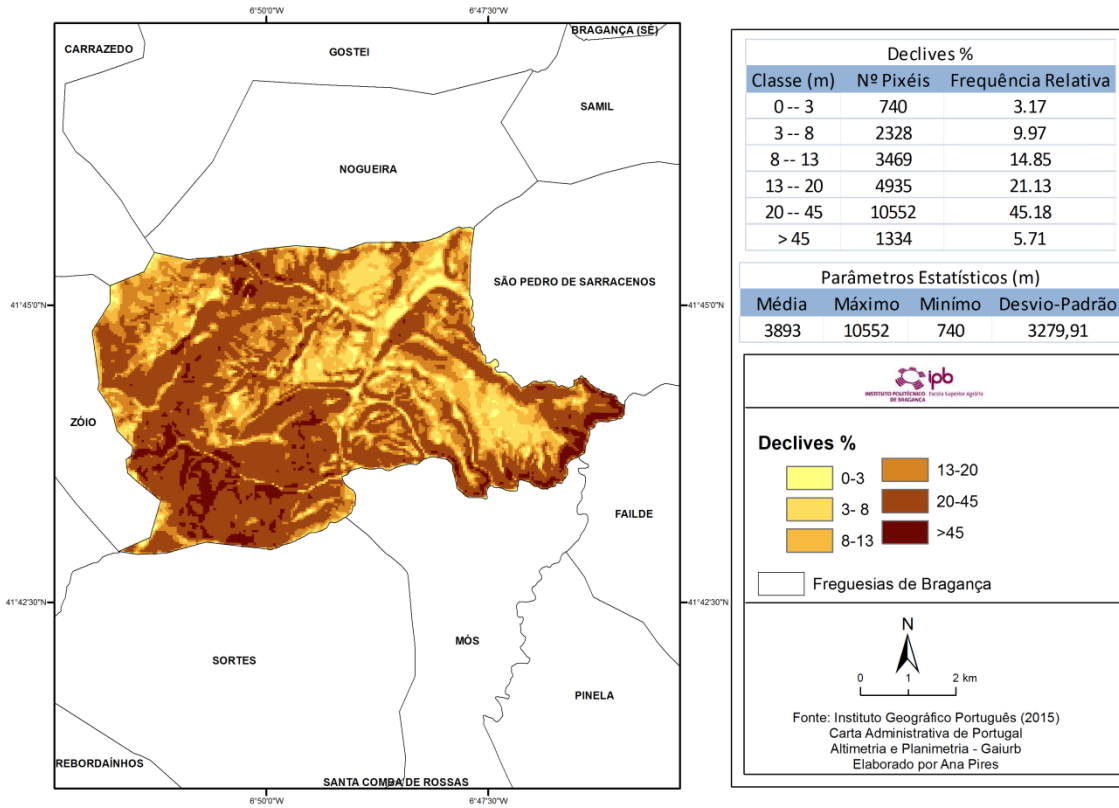


Anexo 3- Mapa de elevação do terreno, para a Freguesia de Rebordãos.

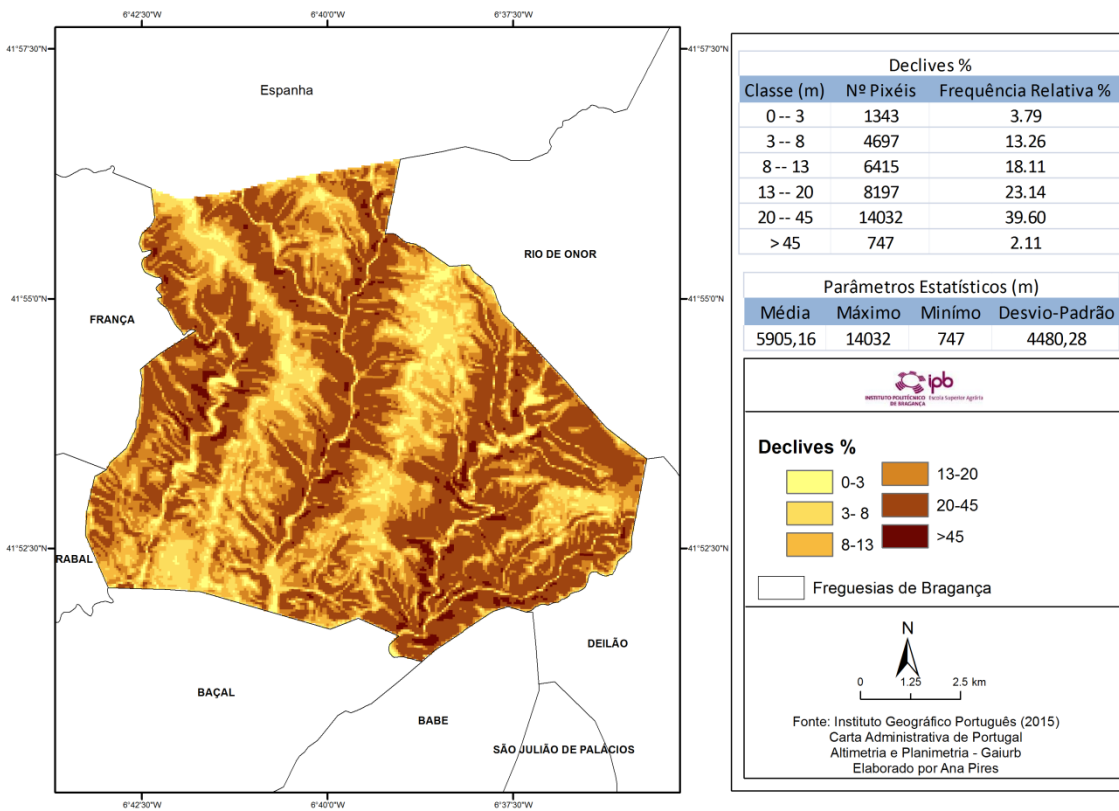


Anexo 4-Mapa de elevação do terreno, para a Freguesia da Aveleda.

Pedregosidade como indicador do estado de degradação física do solo: comparação entre solos climáticos e solos degradados.



Anexo 5- Mapa de Declives da Freguesia de Rebordãos, em percentagem.



Anexo 6- Mapa de Declives da Freguesia da Aveleda, em percentagem.

Pedregosidade como indicador do estado de degradação física do solo: comparação entre solos climáticos e solos degradados.

N.ºdo Ponto	N.ºda Amostra	TF (g)	EG (g)	% de Humidade em massa	EG (volume)	% Elementos Grosseiros	Densidade de Elementos Grosseiros
1	1	178.31	606.75	4.08	190	78.01	3.61
1	2	458.53	965.86	9.10	200	69.85	4.96
1	3	443.82	412.02	3.03	80	48.91	4.25
1	4	1151.5	1136.52	7.32	180	51.57	7.04
1	5	1407	1680.12	11.65	300	57.48	5.14
1	6	755.6	556.64	9.26	80	44.81	9.97
2	8	462.26	647.38	7.13	160	60.13	4.25
2	9	937.87	854.62	9.07	130	50.05	6.40
2	10	452.1	618.85	4.47	110	58.90	5.58
2	11	1078.62	1104.94	10.67	210	53.42	5.21
2	12	1344.86	1310.47	10.40	190	52.10	7.83
3	13	217.42	371.46	4.58	120	64.16	3.11
3	14	674.87	542.61	5.73	180	46.03	3.61
3	15	402.67	411.64	5.31	90	51.91	3.27
3	16	518.73	532.48	5.29	120	52.01	6.15
3	17	549.32	500.06	5.15	100	48.97	4.20
3	18	609.68	236.14	4.75	120	28.91	2.14
4	19	223.65	402.36	2.86	110	64.94	1.79
4	20	282.12	987.27	10.82	210	79.69	8.65
4	21	134.12	922.95	5.31	250	87.90	5.77
4	22	654.02	1130.54	9.20	350	65.56	5.84
4	23	731.45	1136.31	9.38	370	63.16	2.53
4	24	307.21	743.78	4.49	270	71.71	2.75
5	25	189.71	134.78	7.98	120	43.57	1.12
5	26	521.89	567.48	4.52	170	53.24	4.15
5	27	308.92	253.61	3.14	90	45.87	3.32
5	28	589.28	192.37	5.55	80	25.69	8.65
5	29	337.15	194.65	2.61	80	37.22	0.91
5	30	260.69	259.93	1.83	110	50.39	3.08
6	31	85.95	139.86	3.86	40	62.86	2.09
6	32	484.54	382.87	6.32	130	45.75	2.65
6	33	679.41	540.55	9.46	190	46.77	3.07
6	34	626.89	1015.99	10.83	340	64.51	5.21
6	35	585.9	690.98	10.71	240	56.91	2.70

Anexo 7- Tabela de dados do solo climático.

Pedregosidade como indicador do estado de degradação física do solo: comparação entre solos climáticos e solos degradados.

N-ºdo Ponto	N-ºda Amostra	TF (g)	EG (g)	% de Humidade em massa	EG (volume)	% Elementos Grosseiros	Densidade de Elementos Grosseiros
1	1	47.96	221.16	0.22	100	82.21	2.21
1	2	221.04	222.31	0.26	90	50.21	2.47
1	3	616.74	1396.61	0.89	480	69.56	2.91
1	4	661.9	816.38	1.54	340	55.61	2.40
1	5	417.18	765.09	2.48	325	65.29	2.35
1	6	374.77	922.18	1.83	385	71.48	2.40
2	7	157.48	115.72	0.10	45	42.38	2.57
2	8	793.28	443.31	0.56	180	35.98	2.46
2	9	948.81	637.46	1.13	260	40.46	2.45
2	10	779.85	291.27	1.34	120	27.46	2.43
2	11	875.02	649.43	2.57	270	43.24	2.41
2	12	768.64	860.44	1.92	370	53.30	2.33
3	13	232.19	366.33	0.08	155	61.22	2.36
3	14	864.57	847.25	1.34	360	49.83	2.35
3	15	628.35	675.46	2.36	290	52.40	2.33
3	16	518.57	951.35	3.42	410	65.51	2.32
3	17	546.26	1018.33	3.46	450	65.88	2.26
4	18	178.55	170.83	0.81	80	49.10	2.14
4	19	344.12	221.05	1.01	100	39.35	2.21
4	20	520.2	307.24	1.77	140	37.55	2.19
4	21	974.06	639.6	5.26	300	40.94	2.13
4	22	801.88	788.24	3.04	340	50.34	2.32
4	23	893.91	838.33	2.84	370	49.12	2.27
5	24	156.35	336.61	0.14	140	68.31	2.40
5	25	999.47	750.35	2.21	300	43.43	2.50
5	26	800.84	1021.22	2.17	430	56.59	2.37
5	27	908.34	376.91	1.40	150	29.62	2.51
5	28	433.89	1276.19	2.50	550	75.10	2.32
6	29	78.05	295.1	0.20	120	79.12	2.46
6	30	889.67	311.11	1.36	150	26.17	2.07
6	31	914.48	887.82	3.33	370	50.11	2.40

Anexo 8- Tabela de dados do solo degradado.

Pedregosidade como indicador do estado de degradação física do solo: comparação entre solos climáticos e solos degradados.

N-ºdo Ponto	N-ºda Amostra	Medição Média Laser (cm)	Med_Prof_campo	Profundidade (cm)	Espessura (cm)	Volume da Camada	Peso seco da Camada (g)
			4.46	0	-		
1	1	20.76	6.83	2.37	2.37	948	687.80
1	2	23.13	9.59	5.13	2.76	1104	940.48
1	3	25.89	10.86	6.4	1.27	508	660.48
1	4	27.16	13.42	8.96	2.56	1024	1516.93
1	5	29.72	15.27	10.81	1.85	740	2087.17
1	6	31.57	20	20	9.19	3676	890.61
			5.61	0	-		
2	8	21.91	7.88	2.27	2.27	8764	837.60
2	9	24.18	11.34	5.73	3.46	9672	1208.57
2	10	27.64	13.54	7.93	2.2	11056	738.68
2	11	29.84	16.8	11.19	3.26	11936	1531.74
2	12	33.1	20	20	8.81	13240	1693.99
			3.96	0	-		
3	13	20.26	5.77	1.81	1.81	8104	490.82
3	14	22.07	10.53	6.57	4.76	8828	1106.56
3	15	26.83	13.27	9.31	2.74	10732	642.08
3	16	29.57	17.16	13.2	3.89	11828	801.50
3	17	33.46	20.59	16.63	3.43	13384	800.37
3	18	36.89	20	20	3.37	14756	890.44
			3.26	0	-		
4	19	19.56	6	2.74	2.74	7824	527.61
4	20	22.3	8.29	5.03	2.29	8920	824.41
4	21	24.59	12.31	9.05	4.02	9836	803.38
4	22	28.61	15.16	11.9	2.85	11444	1627.86
4	23	31.46	18.52	15.26	3.36	12584	1682.04
4	24	34.82	20	20	4.74	13928	985.63
			3.2	0	-		
5	25	19.5	5.1	1.9	1.9	7800	485.10
5	26	21.4	9.83	6.63	4.73	8560	947.16
5	27	26.13	11.5	8.3	1.67	10452	537.24
5	28	27.8	18.14	14.94	6.64	11120	745.39
5	29	34.44	20.06	16.86	1.92	13776	516.85
5	30	36.36	20	20	3.14	14544	496.55
			3.33	0	-		
6	31	19.63	4.46	1.13	1.13	7852	211.83
6	32	20.76	6.98	3.65	2.52	8304	841.10
6	33	23.28	11.69	8.36	4.71	9312	1168.21
6	34	27.99	16.01	12.68	4.32	11196	1563.59
6	35	32.31	20	20	7.32	12924	1205.22

Anexo 9- Tabela de dados, sobre as medições das camadas, no solo climático.

Pedregosidade como indicador do estado de degradação física do solo: comparação entre solos climáticos e solos degradados.

N-ºdo Ponto	N-ºda Amostra	Medição Média Laser (cm)	Med_Prof _campo	Profundidade (cm)	Espessura (cm)	Volume da Camada	Peso seco da Camada (g)
			3.83	0	-		
1	1	20.13	4.67	0.84	0.84	336	269.01
1	2	20.97	5.86	2.03	1.19	476	442.77
1	3	22.16	7.63	3.8	1.77	708	2007.88
1	4	23.93	10.67	6.84	3.04	1216	1468.06
1	5	26.97	14.7	10.87	4.03	1612	1171.92
1	6	31	20	20	9.13	3652	1290.08
			3.46	0	-		
2	7	19.76	4.18	0.72	0.72	288	273.04
2	8	20.48	7.14	3.68	2.96	1184	1232.13
2	9	23.44	10.03	6.57	2.89	1156	1575.53
2	10	26.33	12.51	9.05	2.48	992	1060.68
2	11	28.81	15.59	12.13	3.08	1232	1501.98
2	12	31.89	20	20	7.87	3148	1614.33
			3.96	0	-		
3	13	20.26	5.33	1.37	1.37	548	598.33
3	14	21.63	8.13	4.17	2.8	1120	1700.26
3	15	24.43	10.72	6.76	2.59	1036	1289.00
3	16	27.02	13.26	9.3	2.54	1016	1452.19
3	17	29.56	20	20	10.7	4280	1545.67
			3.89	0	-		
4	18	20.19	5.01	1.12	1.12	448	347.94
4	19	21.31	6.57	2.68	1.56	624	561.69
4	20	22.87	8.26	4.37	1.69	676	818.22
4	21	24.56	12.98	9.09	4.72	1888	1562.46
4	22	29.28	16.17	12.28	3.19	1276	1565.78
4	23	32.47	20	16.11	3.83	1532	1706.82
			4.67	0	-		
5	24	20.97	5.44	0.77	0.77	308	492.74
5	25	21.74	9.64	4.97	4.2	1680	1727.71
5	26	25.94	16.76	12.09	7.12	2848	1804.70
5	27	33.06	19.23	14.56	2.47	988	1272.53
5	28	35.53	20	15.33	0.77	308	1699.23
			4.38	0	-		
6	29	20.68	4.97	0.59	0.59	236	372.99
6	30	21.27	7.99	3.61	3.02	1208	1188.69
6	31	24.29	9	4.62	1.01	404	1771.83

Anexo 10- Tabela de dados, sobre as medições das camadas, no solo degradado.

Pedregosidade como indicador do estado de degradação física do solo: comparação entre solos climácicos e solos degradados.

Parâmetros	Aveleda						Serra de Nogueira					
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
Média	66.64	40.21	58.10	43.96	54.69	51.89	58.44	54.92	48.67	72.16	42.66	55.36
Mediana	67.22	41.30	60.39	44.44	56.43	50.27	54.52	53.42	50.44	68.64	44.72	56.91
Desvio-padrão	9.83	8.22	7.60	6.00	18.38	26.54	12.95	4.38	11.48	9.81	10.01	8.78
Variância da amostra	96.58	67.58	57.73	35.94	337.92	704.49	167.61	19.21	131.86	96.31	100.14	77.10
Mínimo	55.17	27.46	49.00	37.68	29.70	26.19	44.81	50.05	28.91	63.16	25.69	45.75
Máximo	82.19	52.13	65.45	50.01	75.11	79.20	78.01	60.13	64.16	87.90	53.24	64.51
Contagem	6	6	5	6	5	3	6	5	6	6	6	5

Anexo 11-Estatística descritiva, feita através da percentagem de elementos grosseiros.