



Propriedades físico-químicas dos solos em diferentes fases de evolução pós-fogo no nordeste de Portugal

Physicochemical properties of soils at different stages of post-fire evolution in northeast Portugal

DOI: 10.54020/seasv3n3-024

Recebimento dos originais: 23/08/2022
Aceitação para publicação: 21/09/2022

Daniela Aparecida Freitas

Doutoranda em Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais
Instituição: Instituto Superior de Agronomia – Universidade de Lisboa
Endereço: Tapada da Ajuda, 1349-017, Lisboa, Portugal
E-mail: daniela13_ita@hotmail.com

Adriana Xavier Pereira

Mestre em Tecnologia Ambiental
Instituição: Instituto Politécnico de Bragança – Escola Superior Agrária
Endereço: 5300-253, Bragança, Portugal
E-mail: driengambiental@gmail.com

Felícia Fonseca

Professora do Instituto Politécnico de Bragança, Portugal
Instituição: Instituto Politécnico de Bragança – Escola Superior Agrária
Endereço: 5300-253, Bragança, Portugal
E-mail: ffonseca@ipb.pt

Tomás de Figueiredo

Professor do Instituto Politécnico de Bragança, Portugal
Instituição: Instituto Politécnico de Bragança – Escola Superior Agrária
Endereço: 5300-253, Bragança, Portugal
E-mail: tomasfig@ipb.pt

RESUMO

Os incêndios são problemas comuns a muitos países, como ocorre em Portugal. São países que estão sob condições climáticas favoráveis a eclosão e a rápida progressão dos fogos florestais. Esses são um dos principais fatores de degradação da terra, causando várias modificações no solo, água e vegetação. Portanto, os incêndios florestais geram grandes impactos ambientais na paisagem por onde se desenvolvem e alastram. Enquanto ocorre a queima, a cobertura vegetal e a camada orgânica são esgotadas, e o solo mineral é aquecido, resultando em mudanças nas características físicas, químicas, mineralógicas e propriedades biológicas do solo. Este trabalho teve como objetivo avaliar as modificações dos solos sob o impacto do fogo ao longo do tempo, comparando áreas aridas e não aridas, no Nordeste de Portugal. Para isso, foram estudadas propriedades físicas e químicas do solo. As áreas de estudo localizam-se em três



zonas distintas: Freguesias de Soutelo, Parâmio e de Quintela de Lampaças, ardidadas respectivamente nos anos de 2015, 2016 e 2017. Em cada área de estudo, foram escolhidas áreas de amostragem em locais que arderam e não arderam, com exceção de Quintela de Lampaças. As amostras foram colhidas aleatoriamente em 4 pontos de amostragem. Foram feitas análises em laboratório das propriedades físicas e químicas dos solos para avaliar as modificações no solo em consequências dos incêndios e da recuperação pós-fogo. Pode-se concluir que as propriedades físico-químicas dos solos sofreram alterações de forma diferente ao longo do perfil do solo e o fogo interferiu nessas propriedades que com o passar do tempo tendem a evoluir para a situação pré-fogo.

Palavras-chave: áreas ardidadas, incêndios florestais, propriedades fisicoquímicas do solo, recuperação pós-fogo.

ABSTRACT

Fires are common problems in many countries, as in Portugal. These are countries that are under favorable climatic conditions for the outbreak and rapid progression of forest fires. These are one of the main factors of land degradation, causing various changes in soil, water and vegetation. Therefore, forest fires generate great environmental impacts on the landscape where they develop and spread. As the burning occurs, the vegetation cover and organic layer are depleted, and the mineral soil is heated, resulting in changes in the physical, chemical, mineralogical and biological properties of the soil. This study aimed to evaluate soil changes under the impact of fire over time, comparing burned and non-burned areas in the Northeast of Portugal. For this, physical and chemical properties of the soil were studied. The study areas are located in three distinct areas: Parishes of Soutelo, Parâmio and Quintela de Lampaças, respectively burned in 2015, 2016 and 2017. In each study area, sampling areas were chosen in places that burned and did not burn, with the exception of Quintela de Lampaças. Samples were taken randomly at 4 sampling points. Laboratory analyzes of the physical and chemical properties of the soils were carried out to assess the changes in the soil as a result of fires and post-fire recovery. It can be concluded that the physicochemical properties of the soils changed differently along the soil profile and the fire interfered with these properties which over time tend to evolve to the pre-fire situation.

Keywords: burnt areas, forest fires, physicochemical properties of soil, post-fire recovery.

1 INTRODUÇÃO

Os incêndios são problemas comuns a muitos países, como ocorre em Portugal. São países que estão sob condições climáticas favoráveis a eclosão e a rápida progressão dos fogos florestais, especificamente aqueles que se estabelecem em climas com características mediterrâneas, onde os verões geralmente são quentes e secos (Lourenço, 1992). Nestes climas, temperaturas altas, precipitação restringida ou inexistente e intensa evaporação no período de



estiagem resultam em vegetação facilmente combustível dada o seu baixo teor de humidade (Lourenço & Bernardino, 2013).

Os incêndios são um dos principais fatores de degradação da Terra, causando várias modificações no solo, água e vegetação (Coelho & Valente, 2015). Através dos incêndios, o risco e a intensidade de danos aumenta no solo, dentre outros fatores, em função da extensão da área, da idade dos povoamentos e da intensidade do fogo (Batista et al, 1997). Portanto, os incêndios florestais geram grandes impactos ambientais na paisagem por onde se desenvolvem e alastram (Vieira et al, 2012).

O número elevado de incêndios florestais acontecidos anualmente em Portugal tem apresentado como implicação grandes extensão de áreas ardidadas, evento afrontado por um efeito de recorrência cada vez mais repetida, o que implica um adensamento de processos que poderão aumentar os efeitos de erosão, intensificando as áreas de degradação dos solos (Rocha, 2016). Enquanto ocorre a queima, a cobertura vegetal e as camadas de areia são esgotadas, e o solo mineral é aquecido, resultando em mudanças nas características físicas, químicas, mineralógicas e propriedades biológicas do solo (Hubbert et al, 2006).

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar as modificações dos solos sob o impacto do fogo ao longo do tempo, comparando áreas ardidadas e não ardidadas dos anos 2015, 2016 e 2017, no Nordeste de Portugal. Para isso, foram estudadas propriedades físicas e químicas dos solos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE AMOSTRAGEM

O presente trabalho foi conduzido em três áreas de amostragem distintas, Soutelo (41° 52' N e 6° 48' O), Parâmio (41° 53' N e 6° 5' O) e Quintela de Lampaças (41° 36' N e 6° 52' O), que foram afetadas por incêndios, respectivamente, nos anos de 2015, 2016 e 2017. Todas as áreas de amostragem localizam-se no nordeste de Portugal, distrito de Bragança (Figura 1).



Figura 1 – Localização geográfica das áreas de amostragem.



Fonte: autora (2018)

As áreas avaliadas caracterizam-se por uma elevada precipitação na estação fria e uma quase ausência de precipitação nos meses mais quentes, com predominância de solos delgados (Leptosolos) de espessura inferior a 30 cm e tem-se os matos como vegetação local.

2.2 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

Nas áreas de amostragem de Soutelo e Parâmio, a colheita de amostras de solo realizou-se em zonas vizinhas ardidas e não ardidas. Em Quintela de Lampaças, a amostragem realizou-se apenas em zonas ardidas, por não haver área não ardida com características idênticas na vizinhança. Foram colhidas amostras aleatoriamente em 4 pontos nas áreas ardidas e não ardidas, nas profundidades 0-5 cm e > 5 cm.

As amostras para avaliação de características físicas e químicas dos solos foram secas a 45°C durante cerca de 48 horas e posteriormente crivadas num crivo de malha de 2 mm. Dessa forma as amostras foram separadas em dois lotes, elementos grosseiros e terra fina, esta destinada às análises químicas.

Todas as análises foram feitas no Laboratório de Solos da Escola Superior



Agrária de Bragança, seguindo metodologias trabalhadas no mesmo.

O tratamento estatístico foi efetuado com recurso às ferramentas do software Excel.

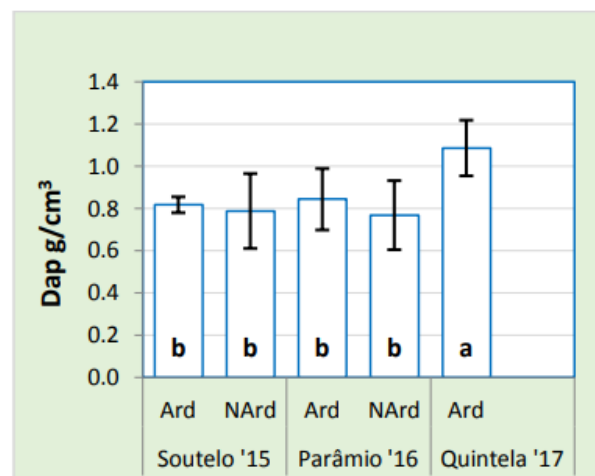
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PROPRIEDADES FÍSICAS

A densidade aparente (Dap) em Soutelo e em Parâmio é inferior nas áreas não ardidadas relativamente às áreas ardidadas, embora as diferenças entre médias não sejam significativas (valores globalmente em torno de 0,8). Em Quintela de Lapaças (área ardidada em 2017) o valor médio de Dap é significativamente superior aos restantes (1,1) (Figura 2).

Segundo Leite (2011) a densidade aparente do solo cresce posteriormente ao fogo e o aumento da densidade aparente nas zonas ardidadas está diretamente relacionado com a diminuição da porosidade. Dessa forma, com o aumento da densidade aparente poderá haver diminuição na infiltração, aumentando por consequência o escoamento superficial e a erosão.

Figura 2 - Densidade aparente (Dap) da camada superficial de 0-5 cm. Médias representadas por pares de colunas com letras diferentes diferem significativamente entre si (Teste LSD, $P < 0,05$).

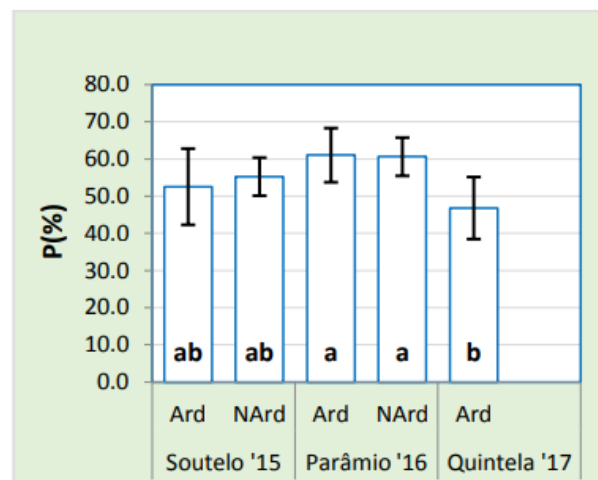


A porosidade (P) em Soutelo e Parâmio apresentou diferenças não significativas em seus valores médios, tanto na área ardidada como não ardidada, variando entre 61% (Parâmio Não Ardidada) e 53% (Soutelo Ardidada). Em Quintela de Lapaças (2017 Ardidada), a média da Porosidade (47%) é significativamente menor do que em Parâmio, mas apesar de ser claramente inferior, não apresenta



diferenças significativas relativamente a Soutelo (Figura 3). Leite (2011) notou em sua pesquisa que a porosidade diminuiu pós-fogo nas áreas de amostragem. Segundo Batista (1995) a ação dos microorganismos e outros organismos da fauna do solo contribuem para a porosidade do solo, sendo esta significativamente reduzida em áreas ardidas.

Figura 3 - Porosidade (P) na camada superficial de 0-5 cm. Médias representadas por pares de colunas com letras diferentes diferem significativamente entre si (Teste LSD, $P < 0,05$).

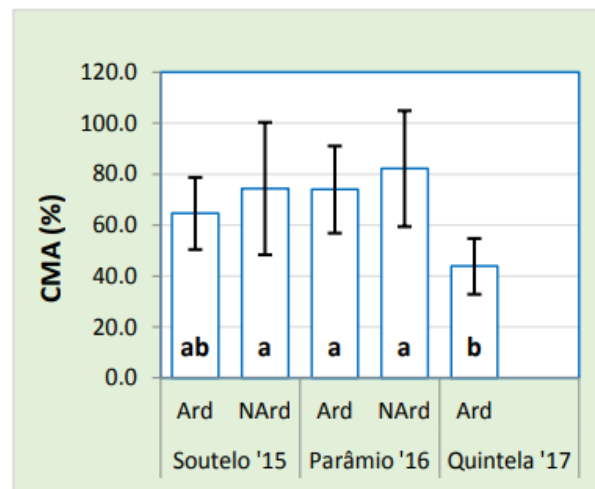


A capacidade máxima para a água (CMA) em Quintela de Lapaças mostrou um valor significativamente inferior (43,8%), exceto, em Soutelo Ardida. As áreas ardidas mostram valores médios de CMA inferiores aos das áreas não ardidas (Figura 4).

Segundo Agvise (2018) à medida que o nível de matéria orgânica aumenta no solo, a capacidade máxima para a água também aumenta, entre outras razões devido à afinidade da matéria orgânica pela água. Os valores obtidos neste trabalho confirmam esta tendência.



Figura 4 – Capacidade Máxima para Água (CMA) na camada superficial de 0-5 cm. Médias representadas por pares de colunas com letras diferentes diferem significativamente entre si (Teste LSD, $P < 0,05$).

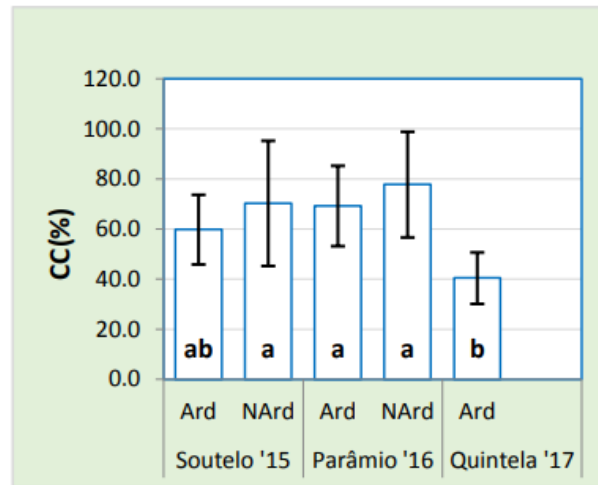


A capacidade de campo (CC) nas áreas de Soutelo e Parâmio mostrou diferenças não significativas entre os seus valores médios, tanto nas áreas ardidas como não ardidas. O maior valor foi de 77,78% em Parâmio na área não ardida e o menor valor foi de 40,45% em Quintela na área ardida (Figura 5). Quintela, área ardida em 2017, apresentou uma média significativamente menor do que os restantes (40%), exceto Soutelo Ardida (60%), apesar da grande diferença entre as médias destes dois locais. Pode-se notar que os maiores valores de capacidade de campo obtiveram-se nas áreas não ardidas.

Comparando os resultados da capacidade de campo com os da capacidade máxima para a água, verifica-se um padrão semelhante de variação entre as áreas amostradas. Em ambas as propriedades, os valores obtidos neste trabalho são elevados e diretamente associáveis aos elevados teores de matéria orgânica das áreas amostradas (Porta et al, 2003).



Figura 5 – Capacidade de Campo (CC) na camada superficial de 0-5 cm. Médias representadas por pares de colunas com letras diferentes diferem significativamente entre si (Teste LSD, $P < 0,05$).



3.2 PROPRIEDADES QUÍMICAS

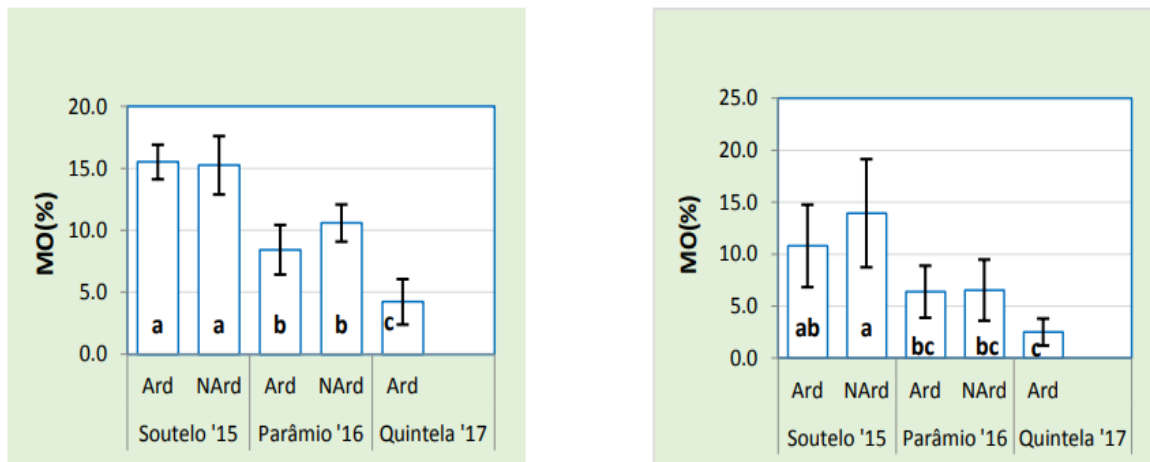
Os padrões de variação temporal da matéria orgânica (MO) do solo são semelhantes nas áreas ardidas e não ardidas (Figura 6 e 7), porém existem diferenças estatisticamente significativas. Na profundidade > 5 cm os teores de MO são inferiores comparado aos da camada mais superficial (0 - 5 cm) e, no decorrer dos anos a percentagem de MO foi diminuindo.

Na camada superficial de 0 - 5 cm em Soutelo na área ardida, o teor de MO foi de 15,52% e na área não ardida foi de 15,25%. Enquanto Parâmio apresentou 8,43% na área ardida e 10,59% na área não ardida, registrando Quintela o menor valor que foi de 4,23%. Na profundidade > 5 cm, o maior valor de MO foi registrado em Soutelo na área não ardida com 13,94% e o menor foi novamente em Quintela com 2,5%, sendo essa a área que ardeu mais recentemente.

Segundo estudo realizado por Torres & Rocha (2014) em solos onde ocorreu incêndio florestal, o teor de MO após o incêndio é superior ao do solo não ardido. De acordo com González-Pérez et al (2004) o efeito do fogo sobre a MO está muito dependente, entre outros fatores, do tipo e da intensidade do fogo, da humidade do solo, do tipo de solo e da natureza dos materiais que foram queimados. Dessa forma, o efeito nos processos do solo e sua intensidade devido ao fogo são muito variáveis, característico de cada incêndio.



Figura 6 e 7 – Matéria Orgânica (MO) na camada superficial de 0-5 cm e > 5 cm. Médias representadas por pares de colunas com letras diferentes diferem significativamente entre si (Teste LSD, P < 0,05).



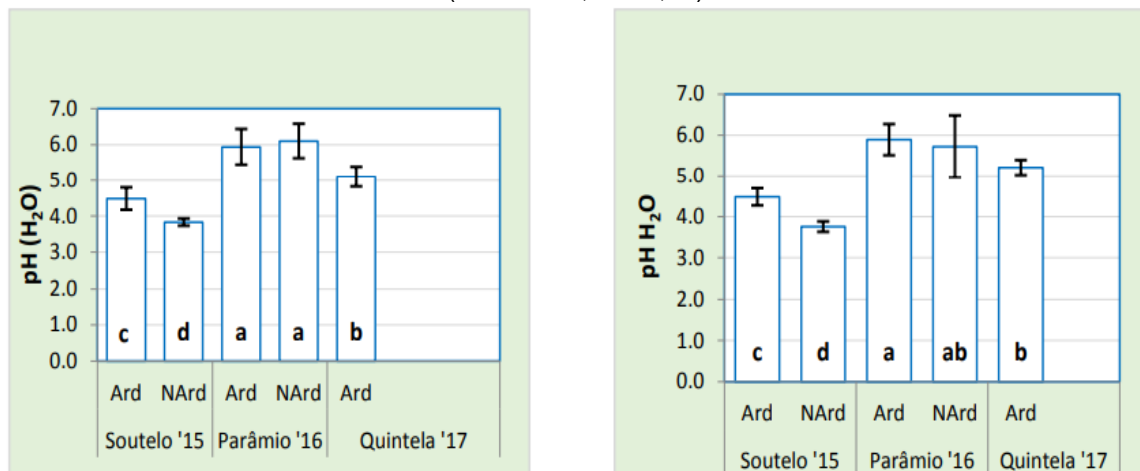
Nas três áreas de estudo, incluindo áreas ardidas e não ardidas, os valores de pH (H₂O), que representa o grau de acidez ou basicidade, apresentam diferenças estatisticamente significativas (Figuras 7 e 8).

Segundo a classificação de Costa (1991), em Soutelo na camada superficial de 0 - 5 cm na área ardida, classifica-se como ácido (4,6 - 5,5) e na área não ardida como hiperácido (4,5 ou menor), aumentando levemente o seu grau de acidez na profundidade > 5 cm. Em Parâmio, o pH é classificado como subácido (5,6 - 6,5) para a área ardida e não ardida, na profundidade de 0 - 5 cm e > 5 cm, apresentado valores bastante homogêneos. E em Quintela na área ardida, tanto na camada superficial de 0 - 5 cm quanto > 5 cm, o pH é classificado como ácido.

Portanto, os resultados obtidos foram todos tendendo a ácidos. Também Nogueira (2014), em sua pesquisa apresentou valores médios de pH do solo antes e pós-fogo, nas três camadas estudadas, classificados como ácidos. Resultados semelhantes são apresentados por Simon et al (2016). Na pesquisa de Leite (2011) o pH no solo diminuiu em todas as camadas após o fogo, sendo mais nítida esta diminuição na camada superficial de 0 - 5 cm.



Figura 7 e 8 – pH (H₂O) do solo na camada superficial de 0-5 cm e > 5 cm. Médias representadas por pares de colunas com letras diferentes diferem significativamente entre si (Teste LSD, P < 0,05).



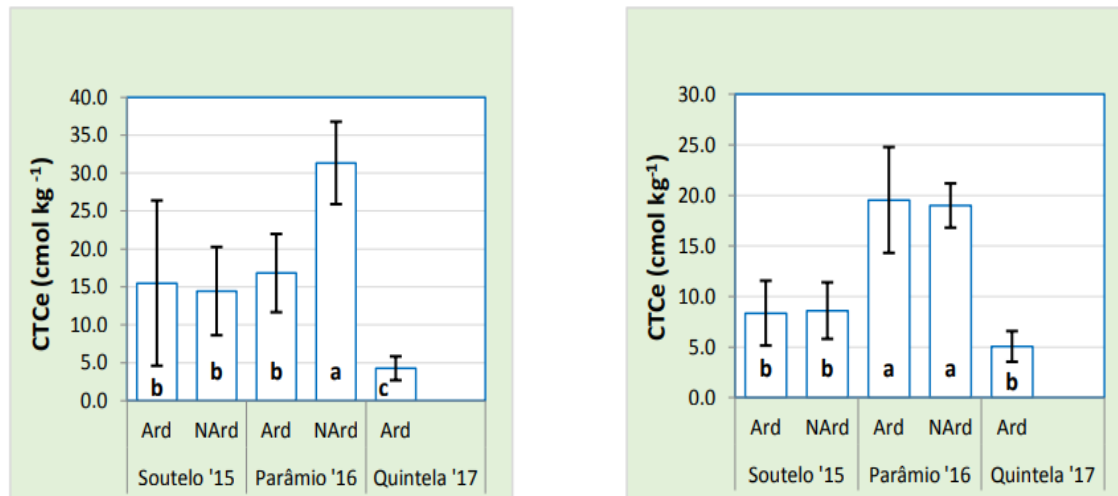
O padrão de variação da capacidade de troca catiónica efetiva (CTCe) não é similar no decorrer do tempo (Figuras 9 e 10). Em Soutelo a CTCe diminuiu da profundidade de 0 - 5 cm para a profundidade > 5 cm tanto na área ardida quanto na não ardida, embora não haja diferença significativa. Em Parâmio na área não ardida os valores são semelhantes em ambas as camadas, ocorrendo uma ligeira redução na profundidade > 5 cm. Já Quintela teve um ligeiro acréscimo na profundidade > 5 cm.

Leite (2011) e Batista et al (1997) chegaram a resultados similares, pois registraram um aumento da CTCe após o fogo. Já Nogueira (2014) notou que a CTCe não é similar ao longo do tempo, três anos após o fogo na camada superficial de 0 - 5 cm, notou uma diminuição do valor da CTCe de cerca de 8%, mas em camadas mais profundas observou um pequeno acréscimo (1%), relativamente ao valor alcançado antes do incêndio.

Mataix-Solera (1999) explica de uma forma geral o que ocorre com a CTCe em relação ao fogo. Existe uma ligação entre a CTCe e a matéria orgânica, verificando-se que a destruição da matéria orgânica por interferência dos incêndios reduz a capacidade dos catiões permanecerem retidos no complexo adsorvente. Dessa forma, estes catiões continuam mais aptos a serem lixiviados em profundidade no perfil do solo, ou pela água das chuvas.



Figura 9 e 10 – Capacidade de troca catiónica efectiva (CTCe) na camada superficial de 0-5 cm e > 5 cm. Médias representadas por pares de colunas com letras diferentes diferem significativamente entre si (Teste LSD, $P < 0,05$).



4 CONCLUSÕES

Os resultados alcançados admitem concluir que ocorreram alterações físico-químicas nos solos em diferentes fases de evolução pós-fogo.

Após dois e três anos, os efeitos do fogo ainda são visíveis na densidade, na porosidade, na capacidade máxima para a água, na capacidade de campo, na matéria orgânica e na capacidade de troca catiónica, geralmente com valores significativamente inferiores à situação anterior aos incêndios. Em contraste, apenas o pH (H₂O) mostraram valores significativamente maiores pós-fogo. A camada superficial de 0 - 5 cm teve uma recuperação um pouco mais rápida quando comparada com a profundidade maior que 5 cm.

O período de recuperação pós-fogo das características do solo pode em algumas áreas ser relativamente longo, superior aos 2 anos. Isso significa que as funções do solo, designadamente o suporte de vegetação, a regulação do ciclo da água e de nutrientes, e a proteção do solo contra a erosão ficam limitadas. Deste modo, nesse período, extensas áreas podem gerar perdas de solo, água e nutrientes por erosão. Assim, avaliar as características físico-químicas dos solos torna-se necessário para uma melhor gestão dessas áreas.



REFERÊNCIAS

Agvise, 2018. Water Holding Capacity. Laboratories. Disponível em: <https://www.agvise.com/educational-articles/water-holding-capacity/>. Acesso em 09 de set. 2018.

Batista, A.C., Reissmann, C.B., Soares, R.V., 1997. Efeitos da queima controlada sobre algumas propriedades químicas do solo em um povoamento de Pinus taeda no município de Sengés-PR. **Floresta**, 27(1/2), p.59-70.

Batista, A.C., 1995. Avaliação da queima controlada em povoamentos de Pinus taeda. Curitiba/Brasil, **Tese de doutorado**.

Coelho, C., Valente, S., 2015. Envolvimento dos agentes locais na identificação e na implementação de soluções para o combate à desertificação e degradação do solo. In: **Proteção do Solo e Combate à desertificação: oportunidade para as regiões transfronteiriças**, pp 37-46.

Costa, J.B., 1991. Caracterização e Constituição do Solo. Lisboa. **Fundação Caloute Gulbenkian**.

González-Pérez, J.A., González-Vila, F.J., Almendros, G., Knicker, H., 2004. The effect of fire on soil organic matter - a review. **Environment international** 30(6), p. 855-870.

Hubbert, K.R., Preisler, H.K., Wohlgemuth, P.M., Graham, R.C., Narog, M.G., 2006. Prescribed burning effects on soil physical properties and soil water repellency in a steep chaparral watershed, southern California, USA. **Geoderma**, 130, p. 284-298.

Leite, M.M., 2011. Impacto dos incêndios nas propriedades dos solos em áreas de montanha sob coberto de matos. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária, **Tese de mestrado**.

Lourenço, L., 1992. Avaliação do risco de incêndio nas matas e florestas de Portugal Continental. **Finisterra**, 27(53/54), p.115-140.

Lourenço, L., Bernardino, S., 2013. Condições meteorológicas e ocorrências de incêndios florestais em Portugal Continental (1971-2010). **Cadernos de Geografia**, 32, p.105-132.

Mataix-Solera, J., Cerdà, A., 2009. Incendios forestales en España. Ecosistemas terrestres y suelos. Cerdà, A., Mataix-Solera, J. (Eds), Efectos de los incendios forestales sobre los suelos en España. El estado de la cuestión visto por los científicos españoles, **Càtedra de Divulgación de la Ciencia Fuegoed**, Valencia, p.27-53.

Nogueira, C., 2014. Efeito do fogo controlado em propriedades químicas do solo em áreas de montanha sob coberto de matos: o caso de Aveleda, Parque Natural de Montesinho. **Tese de Mestrado**, Instituto Politécnico de Bragança.



Porta, J., López-Acevedo, M., Roquero, C., 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente (3ª ed.). **Ediciones Mundi-Prensa**, Madrid, España.

Rocha, J.M.F., 2016. Incêndios florestais como fator de erodibilidade do solo: aplicação experimental de técnicas de fogo controlado e de parcelas de erosão no município de Santo Tirso. **Tese de Mestrado, Universidade do Minho Instituto de Ciências Sociais**.

Simon, C.A., Ronqui, M.B., Roque, C.G., Desenso, P.A.Z., Souza, M.A.V., Kühn, I.E., Penha S.C., 2016. Efeitos da queima de resíduos do solo sob atributos químicos de um latossolo vermelho distrófico do cerrado. **Nativa**, 4(4), p.217-221.

Torres, R., Rocha, J., 2014. Teor de matéria orgânica em solos ardidos e não ardidos, na Serra da Penha (Guimarães). Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316.2/34789>. Acesso em: 06 de set. 2018.

Vieira, A., Nunes, A., Castro, A., Bento Gonçalves, A., Fernandes, S., Lourenço, L., 2012. Causas de incêndios florestais em Portugal continental. Análise estatística da investigação efetuada no último quinquênio (1996 a 2010). **Caderno de geografia**, 30/31, p.61-80.