

PROPRIEDADES HIDRÁULICAS DE SOLOS ALGARVIOS EM CENÁRIO POS-INCÊNDIO

HYDRAULIC PROPERTIES OF THE ALGARVE SOILS AFTER POST FIRE SCENARIO

Almeida, Soraia; *Universidade do Algarve, Faro, Portugal, a39700@ualg.pt*
Silva, Elisa; *Universidade do Algarve, Faro, Portugal, esilva@ualg.pt*
Martins, Fernando; *Universidade do Algarve, Faro, Portugal, fmmartin@ualg.pt*
Fernandez, Helena; *Universidade do Algarve, Faro, Portugal, hfernand@ualg.pt*
Costa, Rui; *Universidade do Algarve, Faro, Portugal, rcosta@ualg.pt*
Lança, Rui; *Universidade do Algarve, Faro, Portugal, rlanca@ualg.pt*

RESUMO

A ocorrência de incêndios florestais tem implicações nas propriedades hidráulicas dos solos. (Pierce et al., 2004), devido ao aparecimento de uma camada superficial de cinzas por combustão da mata e arvoredo. A fim de caracterizar a modificação das propriedades hidráulicas do solo devido à presença de incêndios florestais, foi realizada uma campanha experimental em que se recolheram amostras de solo da Serra Algarvia e do litoral Algarvio, sob as quais foram realizados ensaios de simulação de incêndio. Foram de igual modo realizados ensaios para caracterização das propriedades físicas dos solos em questão e sua classificação. Na simulação dos ensaios de incêndio foram consideradas diferentes quantidades de material combustível. Em seguida, realizaram-se novos ensaios para determinar o teor em água no solo e realizaram-se também ensaios de infiltração, com infiltrómetro de duplo anel, de modo a determinar a condutividade hidráulica quase saturada (Ks) e a sorvidade (S) nas diferentes amostras.

ABSTRACT

The destruction of vegetation and the appearance of a surface layer of ash due to the occurrence of forest fires, have implications in the hydraulic properties of soils (Pierce et al., 2004). In order to characterize the change of the hydraulic properties on the soils due to the presence of forest fire, an experimental campaign was realized, using soil from the Algarve coastland as well as the Algarve sierra. These tests were performed for different amounts of combustible mass material. Before the fire simulation soil samples were collected in the same areas, in order to obtain their classifications as well as the determinations of their physical characteristics. Afterwards, more tests were carry out in order to determine the water content in the soil and also infiltration tests, with infiltrometer double ring, to determine the *casí*-saturated hydraulic conductivity (Ks) and the sorptivity (S) in the different samples.

1 - INTRODUÇÃO

O Sul da Europa é uma região em que os incêndios florestais são parte integrante dos ecossistemas. Nas últimas décadas observa-se um aumento na frequência e intensidade dos mesmos. Portugal, Espanha, Itália, França e Grécia, são os países da União Europeia com maior índice de risco de deflagração e onde ocorrem as maiores perdas humanas, ambientais e económicas devido aos incêndios florestais (Laranjeira e Leitão, 2008). Segundo Lourenço (2007), durante os últimos anos tem-se registado em Portugal um aumento do número de incêndios florestais e da área ardida.

Durante os incêndios florestais os solos sofrem alterações das suas propriedades devido à exposição a temperaturas muito elevadas, ao depósito de cinzas, e aos compostos voláteis que penetram nos interstícios dos solos superficiais. O solo pós-incêndio tende a apresentar um incremento da repelência à água e conseqüentemente uma diminuição da capacidade de infiltração. Tal facto contribui para o aumento do potencial de escoamento superficial e conseqüente inundaçãõ e transporte de sedimentos à escala da bacia hidrográfica.

Segundo Stoof (2011), o aquecimento acima dos 300°C durante um incêndio, origina o aumento da densidade aparente seca do solo, diminuindo o teor de matéria orgânica do mesmo, o que por sua vez, faz com que a textura do solo seja bastante alterada, aumentando o conteúdo de argila e silte e diminuindo o conteúdo de areia. Assim sendo, confirma-se que os solos queimados retêm menos água do que solos não queimados.

Neste sentido, regista-se a necessidade de aprofundar o conhecimento nesta área, por forma a quantificar as modificações que os incêndios florestais induzem nas propriedades hidráulicas dos solos.

Assim sendo, e com vista a caracterizar a modificação das propriedades hidráulicas dos solos devido aos incêndios florestais, foi realizada uma campanha experimental nos Laboratórios de Geotecnia e Hidráulica da Universidade do Algarve, em que se recolheram quatro amostras de solo de duas zonas completamente distintas, nomeadamente da Serra Algarvia e do Litoral Algarvio. Ambas as zonas eleitas são áreas que já foram afetadas por incêndios na última década, apesar do diferente tipo de solo e vegetação presente. Após a caracterização inicial física das amostras, foram realizados ensaios de simulação do incêndio em laboratório sobre três dessas amostras, com diferentes quantidades de material combustível, levando a diferentes intensidades de combustão e conseqüentemente a tempos de exposição a temperaturas elevadas e a distintas quantidades de cinzas depositadas. Uma amostra não foi sujeita a condições de incêndio e foi utilizada para caracterizar a situação de referência pré-incêndio.

Depois de realizada a simulação de incêndio em laboratório, foi determinada a condutividade hidráulica quase saturada e a sorvidade para as diferentes amostras, através do ajuste dos modelos de Philips, associadas às curvas de infiltração observadas. Os ensaios em questão foram realizados com recurso a infiltrómetro de duplo anel.

Os resultados obtidos permitem quantificar a variação nas propriedades hidráulicas em solos ardidos, o que se torna relevante na aferição de modelos hidrológicos aplicados a bacias hidrográficas, em cenário pós-incêndio.

2 - RECOLHA DAS AMOSTRAS E ENSAIOS

2.1 - Solos do Litoral Algarvio

Numa primeira fase procedeu-se à recolha de várias amostras de solo no litoral Algarvio, mais especificamente na zona do Ludo (coordenadas: 37°2'15.23"N; 7°58'43.60"W).

As quatro amostras de solo foram recolhidas através da cravação de uma caixa quadrangular de 50cm de lado por 25cm de altura. Dada a dificuldade de cravação da caixa metálica e de modo a não danificar a mesma, abriu-se uma vala de pequena dimensão na zona limítrofe, sendo a partir daí mais fácil realizar a cravação do molde no terreno. Posteriormente, cortou-se a base da amostra através da cravação horizontal de estacas de madeira. Finalmente colocou-se a base da caixa, construída em chapa metálica perfurada, entre as estacas de madeira e a amostra, de modo a permitir o seu transporte para o laboratório (Figura 1a, Figura 1b e Figura 1c).

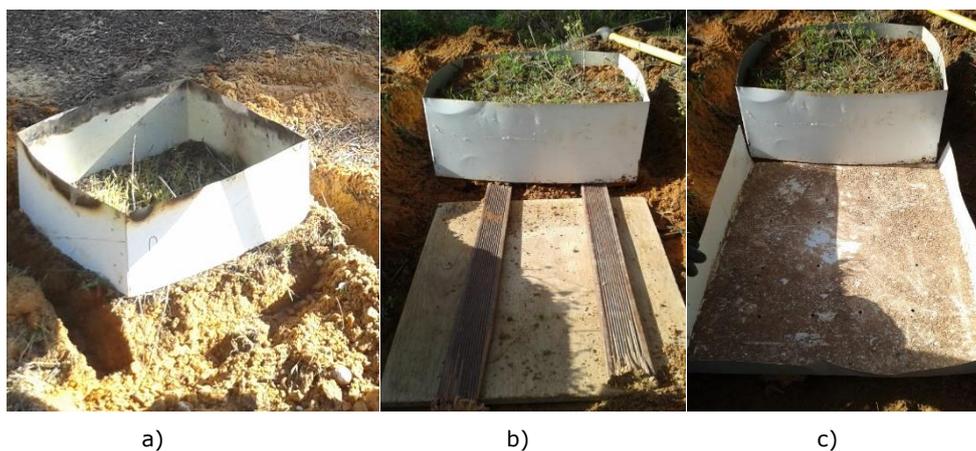


Figura 1 – a) Recolha das amostras para submeter a incêndio; b) Corte pela base e cravação das estacas; c) Colocação da caixa metálica sobre a base para transporte a laboratório

Paralelamente à recolha destas 4 amostras de grandes dimensões, realizou-se a recolha de outros 4 provetes na mesma zona de estudo, mas com recurso a 4 moldes cilíndricos metálicos de 7.4cm de diâmetro e 14.1cm de altura (Figura 2a). Os provetes foram devidamente acondicionados durante o transporte para o laboratório (Figura 2b), tendo sido imediatamente pesados (Figura 2c) quando chegaram ao laboratório. Posteriormente os solos destes provetes foram secos em estufa, novamente pesados e só depois estiveram embebidos em água durante 4 dias, com vista à sua saturação (Figura 2d). As pesagens foram realizadas em todas as etapas, tendo-se obtido assim o peso volúmico aparente seco (γ_d), o natural (γ_{nat}) e o saturado (γ_{sat}) das amostras dos provetes cilíndricos.

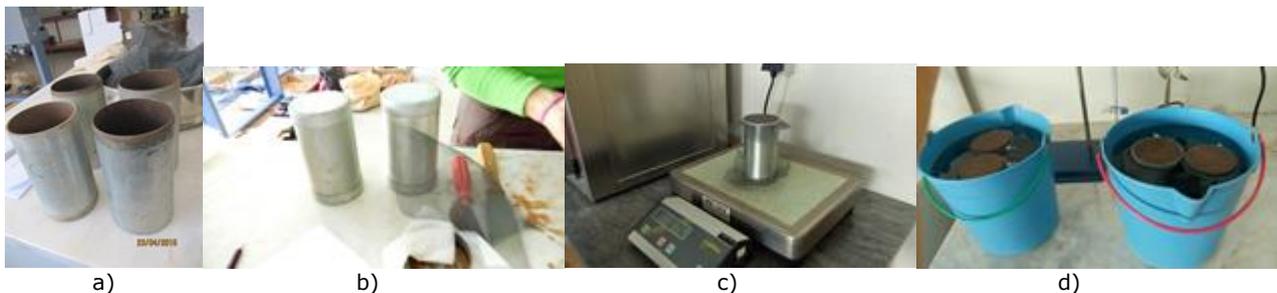


Figura 2 – a) Provetes cilíndricos; b) Transportes dos provetes com o solo para laboratório; c) Pesagem dos provetes e preparação para embebição; d) Embebição dos provetes durante 4 dias para saturação dos mesmos

Determinou-se ainda o índice de vazios e a porosidade (n) das amostras, a densidade das partículas sólidas (G) (Figura 3a) e o teor de matéria orgânica (MOS) antes da combustão, determinado pelo método “Loss-on-Ignition”, obtendo-se um valor médio de 16.42 gKg^{-1} , o qual representa 1.64% em massa (Figura b). Para a análise granulométrica recolheu-se o solo superficial (apenas nos 25cm abaixo da superfície), tendo-se extraído as raízes e vegetação presentes. Em termos de granulometria foi necessário realizar quer o ensaio de peneiração húmida quer o de sedimentação (Figura 3c e 3d), uma vez que se pretendia classificar texturalmente o solo. Os resultados das análises revelaram que o solo do litoral é constituído por 91% de areia, 1% de silte e 8% de argila. Em termos de classificações, foram aplicadas as classificações S.R.O.A (Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário), Trilinear e F.A.O (Food and Agriculture Organization das Nações Unidas), tendo-se obtido as seguintes classificações para o solo litoral Algarvio: S.R.O.A.- Solo arenoso; Trilinear- Areia; F.A.O.- Areia Limosa. A utilização destas classificações, e não de outras mais usuais em geotecnia, prende-se com o facto de os estudos hidrológicos para determinação dos caudais de cheias recorrerem a estas.



Figura 3 – a) Determinação das partículas sólidas; b) Determinação da percentagem de matéria orgânica no solo do litoral Algarvio; c) Análise granulométrica por peneiração húmida; d) Ensaio de Sedimentação

No Quadro 1 estão apresentados os resultados dos ensaios acima descritos para os 4 provetes de solo recolhidos no litoral Algarvio.

Quadro 1 – Resultados dos ensaios laboratoriais geotécnicos realizados sobre o solo do litoral Algarvio: pesos volúmicos, densidade das partículas sólidas, teor de matéria orgânica, índices de vazios e porosidade (Soraia, A. 2015)

Provetes cilíndricos	E_{LA}	F_{LA}	G_{LA}	H_{LA}
Peso volúmico aparente seco (γ_d) (kN/m^3)	19.41	19.83	14.64	15.14
Peso volúmico natural (γ_{nat}) (kN/m^3)	20.46	20.88	15.82	16.01
Peso volúmico saturado (γ_{sat}) (kN/m^3)	22.55	22.73	19.48	19.72
Densidade das partículas Sólidas (G)	2.59	2.59	2.59	2.59
Matéria orgânica (MOS) (%)	1.72	1.65	1.23	1.74
Índice de vazios (e)	0.27	0.24	0.67	0.63
Porosidade (n) (%)	21.05	19.62	40.29	38.49

De salientar que se verificou a existência de diferenças significativas entre os resultados dos provetes E_{LA} e F_{LA} retirados de um local e dos provetes G_{LA} e H_{LA} , recolhidos a 3 metros de distância dos anteriores. Tal facto, permite aferir da heterogeneidade, ao nível da compactidade, dos solos do litoral Algarvio.

Os ensaios para a determinação da condutividade hidráulica e sorvidade do solo, foram realizados sobre as 4 amostras de grandes dimensões, em que 3 delas foram sujeitas a simulação de incêndio com diferentes massas de material combustível (M), sendo esta constituída, na sua maioria, por pinheiro e caruma, as quais constituem a base da flora nesta região. A amostra A_{LA} não foi sujeita a incêndio, enquanto que sobre as restantes amostras foram queimadas as seguintes massas de material combustível: Amostra B_{LA} ($M_B=1\text{kg}$), amostra C_{LA} ($M_C=2\text{kg}$) e amostra D_{LA} ($M_D=4\text{kg}$) e que correspondem às Figuras 4a, 4b e 4c, respetivamente. As temperaturas foram monitorizadas durante a combustão em todos os ensaios simulação de incêndio, através de termopares inseridos a 1.5cm, 3.0cm e 4.5cm de profundidade, contudo só as amostras B_{LA} e D_{LA} deram resultados coerentes, verificando-se á posteriori que os termopares da amostra C_{LA} não estavam corretamente aplicados.



Figura 4 – a) Ensaio de combustão na amostra B_{LA} (MB=1kg); b) Amostra C_{LA} (MC=2kg); c) Amostra D_{LA} (MD=4kg)

Os resultados mostram que a temperatura decresce abruptamente com a distância à superfície do terreno e que temperaturas superiores a 300°C apenas se fazem sentir muito próximo da superfície. Após as simulações de incêndio, foram retiradas amostras para determinação do teor em água do solo. O Quadro 2 apresenta as variáveis dos ensaios:

Quadro 2 – Variáveis dos ensaios de simulação de incêndio em laboratório sobre o solo do litoral Algarvio (Soraia, A. 2015)

Amostra	A _{LA}	B _{LA}	C _{LA}	D _{LA}
Material combustível total, M (kg)	0	1	2	4
Material combustível total, m (kgm ⁻²)	0	4	8	16
Teor em água médio no solo, pré-incêndio (%)	0.87	1.03	0.93	1.05
Teor em água médio no solo, pós-incêndio (%)	0.87	0.55	0.65	0.38
Duração da combustão (min)	--	5	20	25
Temperatura máxima durante a combustão (°C)	--	254.5	--	308.5

Na Figura 5 é possível observar as temperaturas registadas pelos termopares, nas amostras B e D.

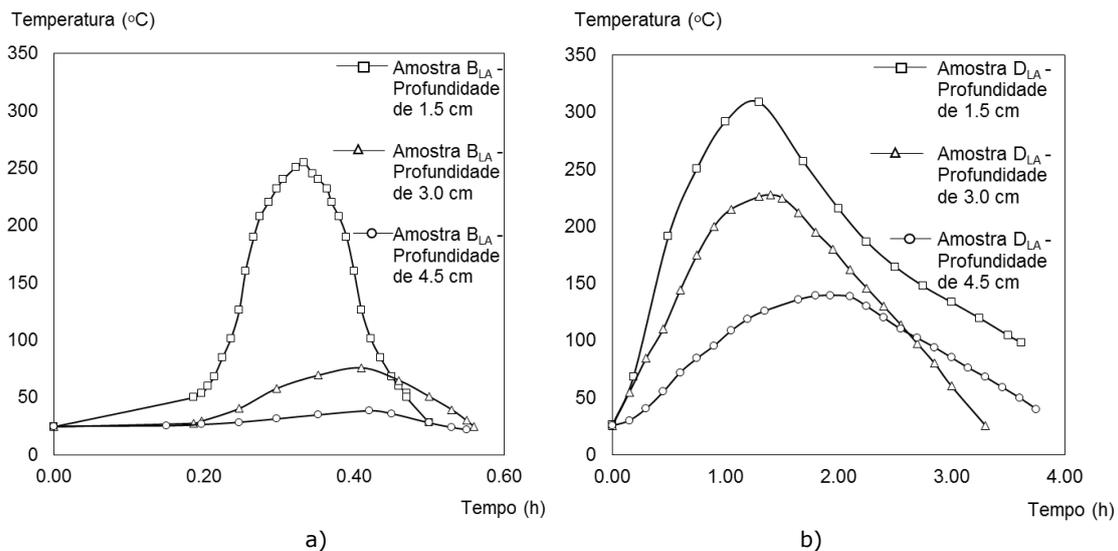


Figura 5 – Temperaturas durante a simulação de incêndio em laboratório: a) Amostra B_{LA}; b) Amostra D_{LA}.

Relativamente à medição da taxa de infiltração recorreu-se ao ensaio com infiltrómetro de duplo anel, possuindo os respetivos anéis um diâmetro interior de 20cm e um diâmetro exterior de 30cm, sendo que os mesmos foram cravados na amostra, até uma profundidade de 5cm. Durante a realização do ensaio foi mantida uma carga hidráulica constante, com recurso a duas válvulas de nível, uma no anel interior e outra no espaço entre o anel exterior e o anel interior, conforme mostrado na Figura 6.

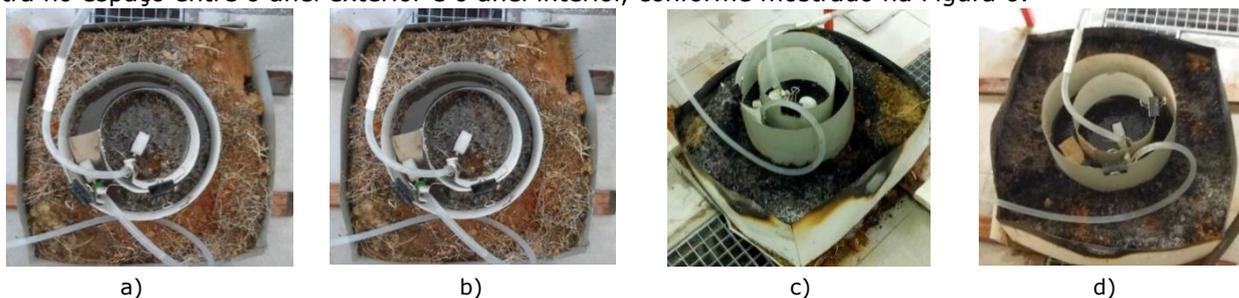


Figura 6 – Ensaio infiltrómetro de duplo anel: a) Amostra A_{LA}; b) Amostra B_{LA}; c) Amostra C_{LA}; d) Amostra D_{LA}

Foram também efetuadas medições do volume de água no reservatório que alimentava o anel interior (Figura 7), a cada minuto, durante 20 minutos, a cada 2 minutos, durante 14 minutos, a cada 5 minutos, durante 25 minutos e a cada 10 minutos durante o resto do ensaio. Os ensaios tiveram durações aproximadas de três horas, sendo que no final do ensaio a taxa de infiltração permanecia aproximadamente constante.

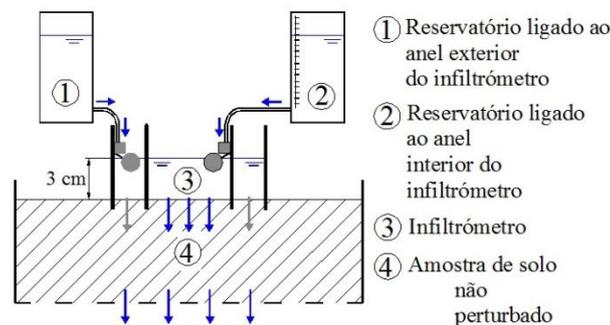


Figura 7 - Esquema hidráulico dos ensaios realizados com infiltrômetro de duplo anel, adaptado de Lança et al. (2014)

2.2 - Solo da Serra Algarvia

Os ensaios físicos referentes ao solo da serra Algarvia foram realizados por Lança et al. (2014), tendo-se seguido o procedimento descrito anteriormente.

As amostras relativas a este ensaio foram retiradas na Serra do Caldeirão (Figura 8a), num local com as coordenadas: 37°12'0.6"N; 7°55'32.5"W. A granulometria do solo, determinada através do ensaio granulométrico por peneiração (8b), consiste em 49% de cascalho anguloso (proveniente da erosão do xisto), 20% de areia e 31% de partículas finas (26% de silte e 7% de argila). A matéria orgânica do solo, antes da combustão, apresenta um valor médio de 26.51 gKg⁻¹, o que representa 2.65% da massa de solo. Face à elevada percentagem de finos e à quantidade de matéria orgânica presente no solo (superior a 2%), foi realizado um pré-tratamento ao solo para o ensaio de sedimentação. Para tal, juntou-se 150cm³ de água oxigenada a 20 volumes e deixou-se repousar durante a noite. No dia seguinte procedeu-se ao aquecimento e evaporação da mistura, tendo sido necessário juntar mais 50cm³ de água oxigenada. Quando o volume reduziu-se a 1/3 do inicial, colocou-se a mistura num tabuleiro e foi a secar à estufa a 100°C (Figura 8c). Com base nos resultados dos ensaios de peneiração e sedimentação (Figura 8d) classificou-se o solo da serra Algarvia de acordo com as classificações já anunciadas anteriormente. Convém aqui salientar que estas classificações recorrem apenas às percentagens de areias, silte e argilas, daí terem carecido de correção para o solo em questão, visto que este apresenta 49% de cascalho. Assim sendo, obteve-se para o solo da serra Algarvia: S.R.O.A.- Solo Franco areno-argiloso; Trilinear- Areia Siltosa; F.A.O.- Limo.



Figura 8 – a) Local onde foi recolhido o solo da Serra Algarvia; b) Peneiração do solo: separação do material no peneiro de 2mm; c) Pré-tratamento da amostra devido à quantidade de matéria orgânica; d) Ensaio de sedimentação

No Quadro 3 estão apresentados os resultados dos restantes ensaios laboratoriais geotécnicos que permitiram caracterizar fisicamente o solo da serra Algarvia.

O procedimento experimental adotado por Lança et al. (2014), para a determinação da condutividade hidráulica e sorvidade do solo, foi idêntico ao que se descreveu para os solos do litoral algarvio. Ao longo destes ensaios, foram realizadas medições do volume de água no reservatório que alimentava o anel interior, a cada minuto, durante uma hora, e a cada cinco minutos, durante o resto do ensaio, detendo estes ensaios durações aproximadas de quatro horas (Figura 9). O material combustível utilizado para as simulações de incêndio nestes 3 ensaios foram estevas, urze, alfazema e outras plantas autóctones da serra Algarvia. Nestes ensaios os valores de temperatura foram apenas registados à superfície, tendo-se observado que em todos foi ultrapassada a graduação máxima dos mesmos (300°C).

Quadro 3 – Resultados dos ensaios laboratoriais geotécnicos realizados sobre o solo da serra Algarvia: pesos volúmicos, densidade das partículas sólidas, teor de matéria orgânica, índices de vazios, porosidade e porosidade volumétricas (Soraia, A. 2015)

Provetes cilíndricos	E _{SA}	F _{SA}	G _{SA}	H _{SA}
Peso volúmico aparente seco (γ_d) (kN/m ³)	10.89	12.56	13.24	13.81
Peso volúmico natural (γ_{nat}) (kN/m ³)	12.56	14.32	15.34	15.95
Peso volúmico saturado (γ_{sat}) (kN/m ³)	17.02	17.92	18.39	18.73
Densidade das partículas Sólidas (G)	2.53	2.53	2.53	2.53
Matéria orgânica (MOS) (%)	2.71	2.52	2.85	2.48
Índice de vazios (e)	1.18	0.91	0.81	0.74
Porosidade (n) (%)	54.16	47.75	44.81	42.55

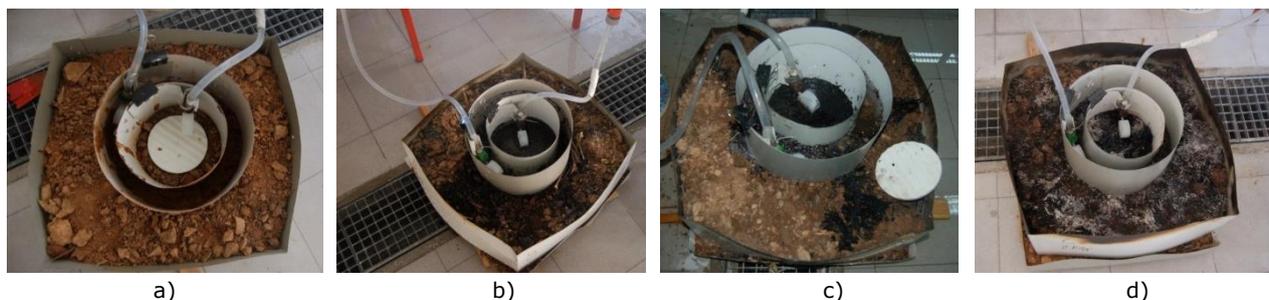


Figura 9 – Ensaio com recurso a infiltrómetro de duplo anel em Solos da Serra Algarvia: a) Amostra A_{SA}, b) Amostra B_{SA}, c) Amostra C_{SA}; d) Amostra D_{SA} (Lança et al., 2014)

As variáveis características, obtidas por Lança et al. (2014) são apresentadas no Quadro 4:

Quadro 4 – Variáveis características dos ensaios da serra Algarvia, Lança et al., 2014)

Amostra	A _{SA}	B _{SA}	C _{SA}	D _{SA}
Material combustível total, M (kg)	0	1	2	4
Material combustível total, m (kgm ⁻²)	0	4	8	16
Teor em água médio no solo, pós-incêndio (%)	2.49	2.02	1.73	1.55
Duração da combustão (min)	--	19	16	18
Temperatura máxima durante a combustão (°C)	--	>300	>300	>300

Nestes ensaios de simulação de incêndio, observou-se que a dependência do tempo de duração da combustão em função da quantidade de massa de material combustível, utilizada em cada amostra, não seguiu a mesma relação que nos solos arenosos do litoral Algarvio. Além disso, e talvez pelo tempo excessivo que o material da amostra B levou a arder, o termómetro também excedeu os 300°C à superfície apenas para 1kg de material ardido.

3 - CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA E SORVIDADE

3.1 - Solos do Litoral Algarvio

Com base nas infiltrações medidas com o ensaio de duplo anel traçaram-se 4 curvas, estando cada uma delas associada a uma amostra ou provete sujeita a incêndio com carga combustível distinta (Figura 10). Posteriormente, considerando o modelo de Philips (Equação 1) e através do ajuste por regressão polinomial de segunda ordem às curvas de infiltração acumulada (I) traçadas, cada curva pode ser expressa por uma equação em função da raiz quadrada do tempo, sendo a partir delas que se obtém diretamente os valores da condutividade hidráulica (k_s) e da sorvidade (S).

$$I = K_s \times t \times S \times t^{0.5} \quad [1]$$

Os valores da condutividade hidráulica e da sorvidade determinados a partir das regressões polinomiais apresentadas na Figura 10, são apresentados no quadro 5, assim como os fatores de correção da condutividade hidráulica (K_{k_s}) e da sorvidade (K_s), em função do material combustível (M) utilizado no incêndio, por unidade de área ($m=M/A$). Estes são obtidos de acordo com as Equações 2 e 3, em que x representa um determinado valor de massa m.

$$K_{k_s} = K_{s(m-x)} / K_{s(m-0)} \quad [2]$$

$$K_s = S_{(m-x)} / S_{(m-0)} \quad [3]$$

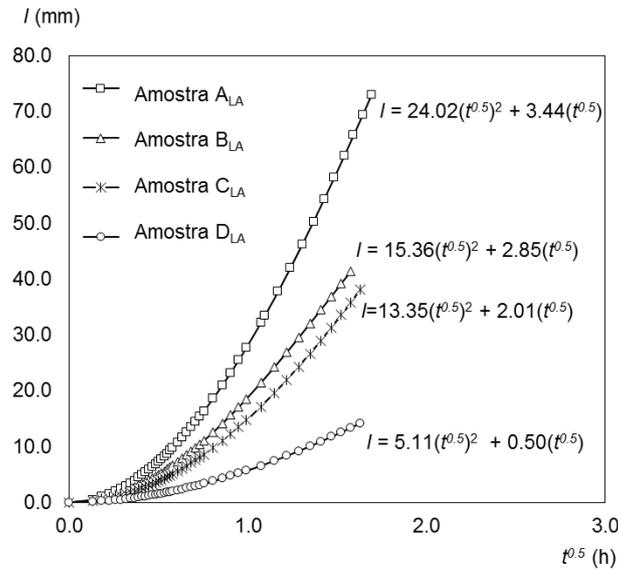


Figura 10 – Infiltração acumulada (I), em função da raiz quadrada do tempo ($t^{0.5}$), para os ensaios do litoral Algarvio

Quadro 5 – Valores da condutividade hidráulica (K_s), sorvidade (S) e respectivos fatores (K_{KS} e K_S), para os solos do litoral Algarvio (Soraia, A. 2015)

Amostra	m (kg m^{-2})	K_s (mm h^{-1})	S ($\text{mm h}^{-0.5}$)	K_{KS}	K_S
A _{LA}	0	24.02	3.44	1.00	1.00
B _{LA}	4	15.36	2.85	0.64	0.83
C _{LA}	8	13.35	2.01	0.56	0.59
D _{LA}	16	5.11	0.5	0.21	0.15

Através da observação dos resultados anteriores é possível verificar que os valores de k_s e S tendem a diminuir com a massa de material combustível, m. Este resultado traduz que os solos de textura arenosa franca do litoral Algarvio, após um incêndio, apresentam menor capacidade para reter água à superfície e menor aptidão para deixar a água deslocar-se no seu interior, uma vez que os interstícios ficam preenchidos pelas cinzas da capa superficial deste material que se forma à superfície após um incêndio.

3.2 - Solos da Serra Algarvia

Apresentam-se na Figura 11 as curvas de infiltração acumuladas (I), em função da raiz quadrada do tempo, obtidas nos ensaios laboratoriais de infiltração para as amostras de solos da Serra Algarvia, realizados por Lança et al. (2014).

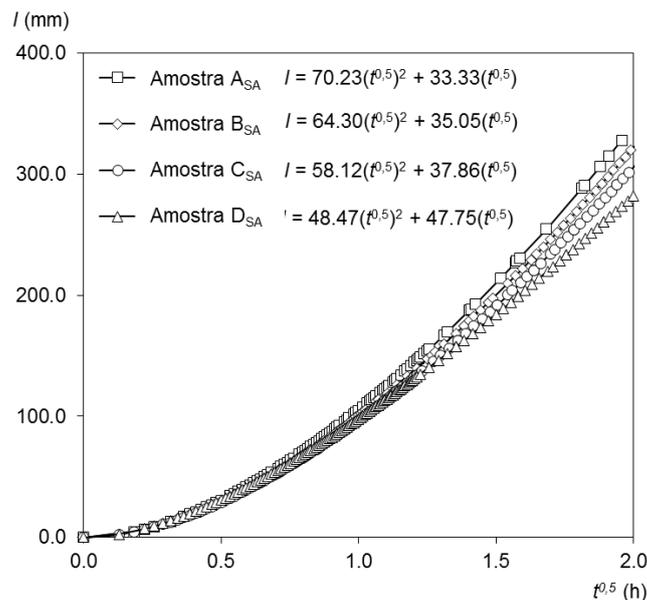


Figura 11 – Infiltração acumulada (I), em função da raiz quadrada do tempo ($t^{0.5}$), para os ensaios da serra Algarvia

Da regressão polinomial de segunda ordem, das curvas da figura 11, foram obtidos os valores da condutividade hidráulica (K_s) e da sorvidade (S) indicados no quadro 6, bem como os respetivos fatores da condutividade hidráulica (K_{KS}) e da sorvidade (K_S), que são função do material combustível (M), por unidade de área, tal como foi elucidado anteriormente.

As curvas de infiltração para os solos da serra Algarvia obtidas apresentam menor dispersão que as obtidas para os solos do litoral Algarvio, dando à partida indicação de que as diferenças obtidas para a condutividade hidráulica e sorvidade, face à quantidade de matéria ardida, não apresentarão uma disparidade tão significativa como para os solos do litoral Algarvio. De facto, analisando os resultados do quadro 6, observa-se que o aumento do material combustível dá origem a uma diminuição da condutividade hidráulica do solo, tal como observado nos solos arenosos do litoral, contudo ocorre um aumento da sorvidade. Este último parâmetro está diretamente relacionado não só com o índice de vazios de um solo, mas também com o teor de água que este possui no seu estado natural e do que necessita até atingir a saturação. No solo da serra, e apesar de a percentagem de finos ser superior a do solo do litoral, a porosidade superficial é bastante superior, sendo os teores em água baixos, uma vez que os ensaios foram realizados de Verão, precisamente na época em que ocorrem os incêndios. Assim sendo, constata-se que para os solos de textura areno-argilosa da serra algarvia, após sujeitos a condições de incêndio, a capacidade de retenção de água à superfície aumenta, mas reduzem-se a aptidão para a movimentação de água no seu interior.

Quadro 6 – Valores da condutividade hidráulica, K_s , sorvidade, S , e respetivos fatores, K_{KS} e K_S , para a serra Algarvia (Lança et al., 2014)

Amostra	M (kg m ⁻²)	K_s (mm h ⁻¹)	S (mm h ^{-0.5})	K_{KS}	K_S
A _{SA}	0	70.23	33.33	1.00	1.00
B _{SA}	4	64.30	35.05	0.92	1.05
C _{SA}	8	58.12	37.86	0.83	1.14
D _{SA}	16	48.47	47.75	0.69	1.43

No quadro 7, e apenas para comparação com os solos ensaiados, são apresentados os valores típicos de condutividade hidráulica e sorvidade para diferentes classes texturais de solos, de acordo com Hubert et al. (1981).

Quadro 7 – Condutividade hidráulica e sorvidade para diferentes classes texturais de solos, segundo Hubert et al. (1981)

Classe textural do solo	K_s (mm h ⁻¹)	S (mm h ^{-0.5})
Argila	0.33	16.76
Argila siltosa	0.51	27.18
Argila arenosa	0.76	18.54
Limo argiloso siltoso	1.02	22.86
Limo argiloso	1.02	26.92
Limo argiloso arenoso	1.52	18.29
Limo	3.30	24.64
Limo siltoso	6.60	28.19
Limo arenoso	10.92	26.67
Areia limosa	29.97	26.67

Os valores do quadro 7 refletem que os solos com maior quantidade de partículas finas terão menor condutividade hidráulica (permeabilidade), contudo e face à variabilidade observada para a sorvidade, é difícil estabelecer uma norma para este parâmetro, uma vez que o mesmo tem relação com a capacidade de sucção dos solos e esta depende de diversos fatores.

4 - CONCLUSÃO

Este estudo permitiu verificar que, num incêndio, o aumento da quantidade de material combustível, as altas temperaturas registadas no solo e o tempo de exposição às mesmas, provocam uma diminuição do teor em água do solo, fazem aumentar a quantidade de cinzas depositadas sobre a superfície do solo e, conseqüentemente diminui da taxa de infiltração potencial de água nos solos através da superfície.

Com base nos ensaios realizados em laboratório em solos de textura arenosa franca, verifica-se que a condutividade hidráulica e sorvidade tendem a diminuir com o aumento da carga de material combustível e conseqüente intensidade do incêndio.

O modelo de *Phillips* permite aferir a condutividade hidráulica e a sorvidade dos solos, para cenários

pós-incêndio, a partir de valores de condutividade hidráulica e sorvidade iniciais de referência para o solo em questão, sempre que sejam corrigidos dos fatores que contabilizem a quantidade de matéria combustível ardida por área.

De salientar ainda que os resultados obtidos no laboratório, para a condutividade hidráulica e para a sorvidade, podem divergir dos resultados que seriam obtidos em campo, devido, essencialmente, à diferença nas condições de drenagem da amostra entre o ensaio em laboratório e o ensaio em campo; contudo, crê-se que os fatores K_{KS} e K_S , obtidos pelo rácio entre os resultados de pós-incêndio e pré-incêndio (amostra de referência) manter-se-iam iguais, face à quantidade de matéria combustível utilizada.

REFERÊNCIAS

- Hubert J., Morel-Seytoux e James P. V. (1981). Extension of the soil conservation service rainfall. *Report No. HWA/RD81/060. Federal Highway Administration. Washington DC.*
- Lança, R., Rocheta, V., Martins, F., Fernandez, H., Silva, E. e Pedras, C. (2014). Modificação das propriedades hidráulicas dos solos da serra algarvia devido aos incêndios florestais. *Multidimensão e Território de Risco*, Imprensa da Universidade de Coimbra, pp. 715-719.
- Laranjeira, I. e Leitão, T. (2008). Avaliação do Impacte de Fogos Florestais nos Recursos Hídricos Subterrâneos. Análise do impacte dos fogos florestais na qualidade química das águas superficiais e subterrâneas das áreas de estudo da Região Centro. 3º Relatório de Progresso relativo ao ano de 2007. LNEC.
- Lourenço, L. (2007). Incêndios florestais de 2003 e 2005. Tão perto no tempo e já tão longe na memória. Riscos Ambientais e Formação de Professores. *Actas das VI Jornadas Nacionais 151 do Prosepe, Colectâneas Cindínicas VII*. Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais, Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, pp. 19-91.
- Pierce, J.L., Meyer, G.A. e Jull, A.J.T. (2004). Fire-induced erosion and millennial-scale climate change in northern ponderosa pine forests. *Nature*, V. 432, pp. 87-90.
- Soraia, A. (2015). Impacte da erosão localizada potenciada por cheias pós-incêndio no comportamento estrutural de pilares de pontes. Tese de Mestrado. Instituto Superior de Engenharia da Universidade do Algarve. Portugal.
- Stoof, C. (2011). Fire effects on soil and hydrology. *Tese de Doutoramento*. Universidade de Wageningen. Netherlands.