



# XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas  
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

## OCORRÊNCIA DE HIDROFOBICIDADE EM UM PLANOSSOLO SUBMETIDO A QUEIMADAS

**Eduardo S. Vogelmann<sup>(1)</sup>; José M. Reichert<sup>(2)</sup>; Juliana Prevedello<sup>(3)</sup>; Cláudia A. P. de Barros<sup>(3)</sup>; Fernando L. F. de Quadros<sup>(4)</sup>; Bruno R. P. de Aguiar<sup>(5)</sup>**

<sup>(1)</sup> Estudante de Pós-Graduação; Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Av. Roraima, 1000, Santa Maria, RS, CEP: 97105-900. E-mail: [eduardovogelmann@hotmail.com](mailto:eduardovogelmann@hotmail.com). <sup>(2)</sup> Professor; Depto. de Solos, UFSM. <sup>(3)</sup> Estudante de Pós-Graduação; Depto. de Solos, UFSM. <sup>(4)</sup> Professor; Depto. de Zootecnia, UFSM. <sup>(5)</sup> Estudante de Graduação; Depto. de Solos, UFSM.

**Resumo** – A queima da vegetação pode promover modificações nos solos, como a formação de substâncias hidrofóbicas que se acumulam na camada subsuperficial do solo, resultando na formação de camadas repelentes à água. O objetivo deste trabalho foi verificar a indução à ocorrência de hidrofobicidade em um campo nativo submetido à queima. O estudo foi desenvolvido no período entre os anos de 2006 e 2011, em um Planossolo Háplico Distrófico típico. Foram delimitados os seguintes tratamentos: sem queima; queimado há 5 anos; queimado há 3 anos; queimado há 1 ano; 2 meses após queima; 4 meses após queima; e 6 meses após queima. O teste de sortividade foi conduzido utilizando-se um microinfiltrômetro de tensão, com 15 repetições. No teste, foram utilizados dois líquidos, água destilada e etanol (95%), os quais possuem diferentes densidades, viscosidades e ângulos de contato com o solo. A camada superficial do solo é a mais sensível à ação do fogo, apresentando elevação do grau de hidrofobicidade por período de até 2 meses após a queima da vegetação. O índice de hidrofobicidade e o ângulo de contato apresentam correlação significativa positiva com o teor de matéria orgânica do solo.

**Palavras-Chave:** campo nativo, ângulo de contato, hidrorrepelência, matéria orgânica.

### INTRODUÇÃO

O fogo incide sobre a vegetação desde tempos remotos e é amplamente utilizado como ferramenta de manejo na abertura de novas áreas agrícolas, no controle de plantas daninhas e pragas de lavouras e como forma de manejo das pastagens.

Entretanto, durante a queima são formadas substâncias hidrofóbicas as quais se tornam fortemente cimentadas na camada subsuperficial do solo, podendo resultar na formação de camadas repelentes à água e aumento do potencial de perdas por erosão (Giovannini et al., 1987). Segundo De Bano (2000), foi a partir dos anos 60 que se identificou o fogo como causador de repelência, pois anteriormente acreditava-se que o efeito pós-queimada nos processos hidrogeomorfológicos (infiltração, escoamento e erosão) era ocasionado pela perda da proteção do dossel, somado ao bloqueio da porosidade superficial

devido a cinzas que permaneciam sobre a superfície do solo. Entretanto, De Bano (2000); Doerr et al. (2005) e Fox et al. (2007) ressaltam que a ocorrência de incêndios e queimadas, provocam o aquecimento do solo, originando assim, principalmente por meio do mecanismo de volatilização e condensação de substâncias orgânicas hidrofóbicas, uma camada superficial hidrófoba, a qual se constitui em um impedimento ao umedecimento do solo. No entanto, não foram encontrados registros na literatura de trabalhos nesse âmbito no sul do país bem como sob áreas de campo nativo onde a prática das queimadas ainda é usual. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a indução à ocorrência de hidrofobicidade e alterações nas características físico-hídricas de um campo nativo submetido à queima.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no período entre os anos de 2006 e 2011, em um Planossolo Háplico Distrófico típico (EMBRAPA, 2006), localizado no município de Santa Maria/RS. A área está situada aproximadamente a 80 m de altitude. A região caracteriza-se pela ocorrência de precipitação pluvial anual de 1500 mm, distribuídas ao longo de todos os meses do ano, sendo o clima enquadrado na zona Cfa, com médias anuais de temperatura de 19,3° C.

A pastagem natural estudada era composta predominantemente por *Paspalum notatum*, pastejadas por bovinos de corte. Foram delimitados os seguintes tratamentos: sem queima; queimado há 5 anos; queimado há 3 anos; queimado há 1 ano; 2 meses após a queima; 4 meses após a queima e 6 meses após a queima.

Para determinação da densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade, foram coletadas amostras com estrutura preservada com cilindros metálicos com 0,057 m de diâmetro e 0,04 m nas camadas de 0,00 – 0,05, 0,05 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m. Foram ainda coletadas amostras deformadas para determinação da composição granulométrica pelo método da pipeta e para determinar o teor de matéria orgânica (EMBRAPA, 1997).

Para determinação da sortividade foram coletadas amostras indeformadas nas diferentes camadas estudadas, essas foram separadas manualmente por meio de movimentos de tração, obtendo agregados de aproximadamente 20 mm de diâmetro e formato circular.

O teste de sortividade foi conduzido utilizando-se um microinfiltrômetro de tensão, com 15 repetições (Hallet e

Young, 1999). No teste, foram utilizados dois líquidos, água destilada e etanol (95%), os quais possuem diferentes densidades, viscosidades e ângulos de contato com o solo.

A sortividade (S) foi obtida pela equação 1:

$$S = \sqrt{\frac{Qf}{4br}} \quad [1]$$

onde: Q corresponde à medida do fluxo de líquido ( $m s^{-1}$ ); b é dependente do parâmetro da função de difusão da água no solo, r é o raio ponta do infiltrômetro; f é a porosidade total ( $m^3 m^{-3}$ ).

A hidrofobicidade foi avaliada de acordo com o sugerido por Tillman et al. (1989), relacionando a sortividade da água, (S<sub>água</sub>), e do etanol, (Setanol), obtendo um índice de hidrofobicidade, R. O índice R é simplificado para a equação 2.

$$R = 1,95 \left( \frac{S_{etanol}}{S_{água}} \right) \quad [2]$$

Um solo completamente não repelente teria um R com valor 1, como é definido pela relação física apresentada na equação 2. Foi ainda determinado o ângulo de contato solo-água de acordo com a metodologia proposta por Greyze et al., (2006).

Procedeu-se a análise de variância e comparação de médias utilizando-se o teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. A existência de inter-relações entre os dados obtidos foi testada por meio de correlações lineares, empregando-se o coeficiente de correlação de Pearson com nível de significância de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A camada superficial do solo (0,00 a 0,05 m) apresentou a menor densidade e, os maiores valores foram encontrados nas camadas subsuperficiais (0,05 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m), caracterizando a ocorrência de compactação em subsuperfície, provavelmente derivada da compressão externa efetuada pelo pisoteio animal (Uhde, 2009) (Tabela 1). Entretanto, os valores de densidade estão abaixo do limite crítico de densidade (1,50 a 1,60  $g cm^{-3}$ ) proposto por Reichert et al. (2009).

A maior porosidade total do solo na camada superficial está associada à menor densidade. Entretanto, houve tendência de redução da porosidade total e aumento da densidade do solo com aprofundidade. Isso decorre do maior teor de matéria orgânica e da elevada quantidade de raízes presentes na camada superficial, característica marcante da vegetação presente no local, predominantemente gramíneas, as quais possuem um sistema radicular fasciculado muito desenvolvido que se acumulam principalmente nos primeiros centímetros do solo. Associado à alta densidade nas camadas de 0,05 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m

O grau de hidrofobicidade no solo 2 meses após a queima diferiu estatisticamente dos demais manejos na camada superficial, diminuindo com o aumento da profundidade. Portanto, houve uma diminuição na sortividade, isso é, na taxa de molhamento inicial (Tabela 2). Este resultado também foi observado por Doerr et al. (2000) e Vogelmann et al. (2010) que

relacionam a diminuição do grau de repelência à água com a profundidade, devido, principalmente, à diminuição do teor de matéria orgânica conforme se avança no perfil do solo.

A repelência à água mais severa no tratamento 2 meses após a queima, no entanto, não esteve associada à variação no teor de matéria orgânica, pois não houve variação nos teores dessa, indicando que a quantidade de material orgânico não é condição essencial para a ocorrência de repelência à água no solo, pois existem outros fatores responsáveis pela hidrofobicidade. Essa exceção, de acordo com Dekker et al. (1998), Mataix-Solera et al. (2007) e Rodrigues-Allerez (2007) é devida à natureza e não à quantidade de material orgânico no solo. Porém, como a vegetação em ambas as áreas são semelhantes, a natureza da matéria orgânica bem como sua quantidade não apresentaram variação, podendo-se inferir que as alterações na hidrofobicidade podem ser derivadas de modificações provocadas pela ação da queima da vegetação, alterando os compostos orgânicos.

A causa provável da existência da hidrofobicidade em maior grau no tratamento com 2 meses após a queima é a elevada temperatura que a superfície do solo foi submetida, ao contrário das camadas subsuperficiais, nos quais o efeito da temperatura não é tão pronunciado e onde a hidrofobicidade não se apresentou elevada. De acordo com Jaramillo (2004) e Dekker (1998), à medida que o solo é submetido a temperaturas cada vez maiores, há o aumento do grau de repelência à água, bem como do volume de solo afetado.

Em outro estudo, Tillman et al. (1989) definiram um solo com R igual a 1,95 como índice crítico hidrofóbico. Assim, podemos verificar que os manejos estudados apresentaram um pequeno grau de repelência, e mesmo com o efeito da queima o grau de hidrofobicidade desenvolvido pelo efeito do fogo não atingiu níveis críticos de acordo com a classificação proposta.

O ângulo de contato da gota de água com a superfície do solo apresentou uma estreita relação com a ocorrência da hidrofobicidade. O valor do ângulo de contato para um solo não repelente é igual a 0, e está entre 0 e 59 para solos ligeiramente repelentes (Hallet e Young, 1999). Entretanto, similarmente ao índice de hidrofobicidade, os maiores valores de ângulo de contato também não estavam associados à elevados teores de matéria orgânica. Segundo Doer et al. (2000), quanto mais decomposta está a substância orgânica, maior é o ângulo de molhamento, evidenciando a inter-relação do ângulo de contato com a matéria orgânica. Porém, como nas áreas estudadas não houve variação na vegetação, bem como no teor de matéria orgânica quando comparadas as camadas superficiais, o elevado ângulo de contato encontrado no solo 2 meses após a queima é decorrente da queima da vegetação, resultando na modificação de compostos orgânicos e no aumento da hidrofobicidade do solo.

Assim, a queima do campo nativo, prática usual em muitos locais, visando à renovação da vegetação pode provocar efeitos adversos como elevação dos índices de hidrofobicidade nos primeiros dois meses após a queima e, a partir desse momento, o solo retorna ao seu estado inicial, com visível redução da hidrofobicidade e não diferindo estatisticamente do solo não submetido a ação do fogo.

Shakesby et al. (2000) ressaltam que, nesse período após as queimadas, o solo fica propenso a ocorrência de escoamento superficial da água, principalmente em áreas com declividade acentuada, aumentando a possibilidade de desgastes do solo pela erosão. Hallet (2008) acrescenta que, com a redução da taxa de infiltração da água no solo, há redução na quantidade de água disponível às plantas, o que pode afetar o processo de germinação de sementes, o crescimento e o desenvolvimento e, conseqüentemente, dificultam a renovação da vegetação e restabelecimento da pastagem.

Observou-se correlação do teor de areia grossa com a ocorrência de hidrofobicidade, concordando com Wallis & Horn (1992), os quais encontraram casos extremos de repelência à água em solos arenosos, e atribuíram à maior facilidade de recobrimento da areia por substâncias hidrofóbicas devido à baixa superfície específica (Tabela 3). Gryze et al. (2006) mostraram que as frações de menor tamanho do solo exibiram o mais alto grau de hidrofobicidade da água devido ao maior conteúdo de material orgânico nessas frações.

**Tabela 3.** Coeficientes de correlação e significância dos coeficientes de Pearson com matéria orgânica (M. O.), sortividade a água (Ságua), sortividade ao etanol (Setanol), índice de hidrofobicidade (R) e ângulo de contato (Âng. Cont.) com algumas propriedades do Planossolo estudados sob diferentes manejos do campo nativo.

	Ságua	Setanol	R	Âng. Cont.
Areia grossa	ns	0,63**	0,54*	0,66****
Areia fina	0,48*	0,46*	ns	ns
Silte	-0,48*	-0,52**	ns	ns
Argila	ns	ns	ns	-0,43*
Porosidade total	ns	0,53*	0,71***	0,80****
Macroporosidade	ns	0,55**	0,69***	0,76****
Microporosidade	ns	0,49*	0,66***	0,76****
Densidade	ns	-0,62**	-0,72****	-0,82****
M. O.	ns	0,50*	0,56**	0,67***
Ságua	-	0,49*	-0,48*	ns
Setanol	-	-	0,53*	0,59**
R	-	-	-	0,95****

\*\*\*\*Significativo a 0,0001. \*\*\*Significativo a 0,001.  
\*\*Significativo a 0,01. \*Significativo a 0,05. ns = não significativo.

A sortividade ao etanol correlacionou-se positivamente com a porosidade total, macroporosidade e microporosidade, explicado pela alta afinidade do etanol às partículas do solo. Assim, sua infiltração é condicionada, principalmente, pela porosidade, independentemente da existência de hidrofobicidade. Contrariamente, a sortividade à água não apresentou correlação significativa com essas variáveis, devido à existência de algum grau de hidrofobicidade que interfere no processo de infiltração de água nos poros, corroborando com o descrito por Vogelmann et al. (2010).

O índice de hidrofobicidade e o ângulo de contato apresentaram correlação positiva com o teor de matéria orgânica presente no solo. Isso concorda com Dekker et al. (1998), Gryze et al. (2006), Mataix-Solera et al.

(2007), Rodrigues-Allerez (2007) e Vogelmann et al. (2010), os quais também encontraram relações positivas entre a repelência à água e o teor de matéria orgânica.

## CONCLUSÕES

1. A camada superficial do solo é a mais sensível à ação do fogo, apresentando elevação do grau de hidrofobicidade por período de até 2 meses após a queima da vegetação.

2. O índice de hidrofobicidade e o ângulo de contato apresentam correlação positiva com o teor de matéria orgânica do solo.

## REFERÊNCIAS

- DE BANO, L. F. The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review. *Journal of Hydrology*, 231:195–206, 2000.
- DEKKER, L. W. et al. Effect of drying temperature on the severity of soil water repellency. *Soil Science*, 163:780-796, 1998.
- DIAS JUNIOR, M. S. Compactação do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., H. V. & CHAEFER, C. E. G. R. Tópicos em ciência do solo. 1ed. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 55-94.
- DOERR, S. H.; SHAKESBY, R. A.; WALSH, R. P. D. Soil water repellency: it causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. *Earth-Science Reviews*, 51:33-65, 2000.
- DOERR, S.H, DOUGLAS, P., EVANS, R.C., MORLEY, C.T., MULLINGER, N.J., BRYANT, R., SHAKESBY, R.A. Effects of heating and post heating equilibrium times on soil water repellency. *Australian Journal of Soil Research*, 43:261-267, 2005.
- EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2 ed. Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA Solos. 1997. 212 p.
- EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2 ed. Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA Solos. 2006. 306p.
- FOX, D. M.; DARBOUX, F.; CARREGA, P. Effects of fire-induced water repellency on soil aggregate stability, splash erosion, and saturated hydraulic conductivity for different size fractions. *Hydrological Processes*, 21:2377-2384, 2007.
- GIOVANNINI, G., LUCCHESI, S., GIACHETTI, M. The natural evolution of a burned soil: a three-year investigation. *Soil Science*, 143:220-226, 1987.
- DE. GRYZE, S.; JASSOGNE, L.; BOSSUYT, H.; SIX, J.; MERCKX, R. Water repellence and soil aggregate dynamics in a loamy grassland soil as affected by texture. *Eur. J. Soil Sci.* 57, 235–246, 2006.
- HALLETT, P. D. A brief overview of the causes, impacts and amelioration of soil water repellency – a review. *Soil & Water Research*, 3:21–29, 2008.
- HALLETT, P. D.; YOUNG, I. M. Changes to water repellence of soil aggregates caused by substrate-induced microbial activity. *European Journal Soil Science*, 50:35-40, 1999.
- JARAMILLO, J. D. F. Repelencia al agua en suelos: con énfasis en Andisoles de Antioquia. Medellín, Universidad Nacional de Colombia, 2004. 197 p.
- MATAIX-SOLERA, J.; ARCENEGUI, V.; GUERRERO, C.; MAYORAL, A.M.; MORALES, J.; GONZÁLEZ, J.; GARCIA-ORENES, GÓMEZ, I. Water repellency

- under different plant species in a calcareous forest soil in a semiarid Mediterranean environment. Hydrological Processes, 21:2300-2309, 2007.
- REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; HORN, R. & HAKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. Soil & Tillage Research, 102:242-254, 2009.
- RODRÍGUEZ-ALLERES, M.; BENITO, I.; BLAS, E. de. Extent and persistence of water repellency in north-western Spanish soils. Hydrological Processes, 21:2291-2299, 2007.
- SHAKESBY, R. A.; DOERR, S. H.; WALSH, R. P. D. The erosional impact of soil hydrophobicity: current problems and future research directions. Journal of Hydrology, 231:178-191, 2000.
- TILLMAN, R.W.; SCOTTER, D.R.; WALLIS, M.G.; CLOTHIER, B.E. Water repellency and its measurement using intrinsic sorptivity. Australian Journal of Soil Research, 27:637-644, 1989.
- UHDE, L. T.; Sistema Pedológico em um ambiente antropizado da Depressão Central do RS. (Tese de Doutorado). Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2009. 226p.
- VOGELMANN, S. E.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; MENTGES, M. I.; VIEIRA, D. A.; DE BARROS, C. A. P.; FASINMIRIN, J. T. Water repellency in soils of humid subtropical climate of Rio Grande do Sul, Brazil. Soil & Tillage Research, 110:126-133, 2010.
- WALLIS, M.G.; HORN, D.J. Soil water repellency. Advances in Soil Science, 20:91-138, 1992.

**Tabela 1.** Porosidade total, densidade do solo e teor de matéria orgânica nas camadas estudadas sob diferentes sistemas de manejo do campo nativo.

Camada (m)	Sem Q. <sup>(1)</sup>	Q. há 5 anos <sup>(2)</sup>	Q. há 3 anos <sup>(3)</sup>	Q. há 1 ano <sup>(4)</sup>	2 meses Q. <sup>(5)</sup>	4 meses Q. <sup>(6)</sup>	6 meses Q. <sup>(7)</sup>
Porosidade total (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )							
0,00 – 0,05	0,59	0,57	0,57	0,55	0,57	0,58	0,61
0,05 – 0,10	0,46	0,49	0,51	0,46	0,52	0,49	0,50
0,10 – 0,20	0,43	0,47	0,46	0,42	0,44	0,44	0,44
Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )							
0,00 – 0,05	1,07	1,10	1,15	1,14	1,01	1,09	1,06
0,05 – 0,10	1,33	1,40	1,47	1,44	1,22	1,37	1,38
0,10 – 0,20	1,38	1,37	1,45	1,39	1,36	1,39	1,39
Matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> )							
0,00 – 0,05	2,9	2,8	3,2	2,8	2,8	2,7	2,7
0,05 – 0,10	2,0	2,1	1,6	1,7	1,6	2,0	1,9
0,10 – 0,20	1,8	1,6	1,4	1,3	2,1	1,7	1,6

<sup>(1)</sup>sem queima. <sup>(2)</sup>queimado há 5 anos. <sup>(3)</sup>queimado há 3 anos. <sup>(4)</sup>queimado há 1 ano. <sup>(5)</sup>2 meses após a queima. <sup>(6)</sup>4 meses após a queima. <sup>(7)</sup>6 meses após a queima.

**Tabela 2.** Valores do índice de hidrofobicidade (R) e ângulo de contato da gota de água com o solo nas camadas estudadas sob diferentes manejos do campo nativo.

Camada (m)	Sem Q. <sup>(1)</sup>	Q. há 5 anos <sup>(2)</sup>	Q. há 3 anos <sup>(3)</sup>	Q. há 1 ano <sup>(4)</sup>	2 meses Q. <sup>(5)</sup>	4 meses Q. <sup>(6)</sup>	6 meses Q. <sup>(7)</sup>	C. v.
Índice de hidrofobicidade								
0,00 – 0,05	1,13 b* ±0,08	1,21 b ±0,09	1,17 b ±0,09	1,17 b ±0,09	1,57 a ±0,12	1,19 b ±0,09	1,17 b ±0,09	11,8
0,05 – 0,10	1,09 a ±0,07	1,06 a ±0,05	1,09 a ±0,07	1,09 a ±0,07	1,15 a ±0,09	1,06 a ±0,05	1,06 a ±0,05	10,3
0,10 – 0,20	1,12 a ±0,08	1,09 a ±0,07	1,07 a ±0,05	1,05 a ±0,05	1,05 a ±0,05	1,07 a ±0,05	1,09 a ±0,07	9,0
Ângulo de contato (°)								
0,00 – 0,05	27,53 b ±8,4	34,48 b ±6,7	31,49 b ±7,7	31,60 b ±7,7	50,42 a ±4,7	32,82 b ±7,2	31,39 b ±7,7	27,4
0,05 – 0,10	23,53 ab ±8,1	19,82 b ±6,3	23,98 ab ±8,2	23,10 ab ±8,4	29,38 a ±8,4	19,37 ab ±6,3	19,69 b ±6,3	25,1
0,10 – 0,20	25,95 a ±8,3	23,06 a ±8,2	20,95 a ±6,7	17,60 a ±6,0	17,36 a ±6,0	21,42 a ±6,7	23,27 a ±8,3	23,8

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Cv – Coeficiente de variação (%).

<sup>(1)</sup>sem queima. <sup>(2)</sup>queimado há 5 anos. <sup>(3)</sup>queimado há 3 anos. <sup>(4)</sup>queimado há 1 ano. <sup>(5)</sup>2 meses após a queima. <sup>(6)</sup>4 meses após a queima. <sup>(7)</sup>6 meses após a queima.