

Experimento de indução à repelência. Foto: Yorleni Chang Cambronero.



Indução à Repelência à Água em Solo Arenoso a partir de Extratos Naturais Hidrofóbicos

Claudia Maria Branco de Freitas Maia¹
Renato Antonio Dedecek²
Yorleni Chang Cambronero³
Fabrcio Augusto Hansel⁴

A repelência à água ou hidrofobicidade em solos tem sido reportada como um aspecto negativo para seu manejo e uso pois, sob esta condição, o solo resiste a ser molhado pela água da chuva ou irrigação, por períodos que vão de poucos segundos até horas, dias ou semanas (DOERR et al., 2000; DEKKER; RITSEMA, 2003; BUCZKO et al., 2005). Este problema leva à diminuição da taxa de infiltração e da quantidade de água disponível no solo, conseqüentemente, prejudicando a germinação de sementes e o crescimento vegetal. Além disso, pela menor infiltração, pode ocorrer o aumento do escoamento superficial da água em áreas declivosas, aumentando a erosão.

A propriedade da repelência à água em solos vem sendo estudada desde 1917 em várias partes do mundo, sob diversas condições climáticas e usos da terra (DEKKER; RITSEMA, 2003). No Brasil, há registros de solos hidrofóbicos no Espírito Santo, Rio de Janeiro, Maranhão, Mato Grosso, Pará e Paraná, sob diferentes coberturas vegetais como palmeiras, gramíneas e florestas (PÉREZ et al., 1998; JOHNSON

et al., 2005; MAIA et al., 2005; JANSEN et al., 2006). Em solos florestais, a repelência é especialmente estudada em regiões com clima semi-árido e tropical, porém existem poucos registros na literatura abordando este assunto no Sul do País. Maia et al. (2005) identificaram diferentes graus de repelência em plantios de pínus e eucaliptos no Paraná e sul do Estado de São Paulo. Estes estudos revelaram também a maior incidência da repelência em solos com maior teor da fração areia e/ou de matéria orgânica (MAIA et. al, 2005).

É comumente aceito que a repelência à água é causada pelo recobrimento das partículas do solo por compostos orgânicos hidrofóbicos derivados de resíduos vegetais e da decomposição desses resíduos por microorganismos (BUCZKO et al., 2005; DOERR et al., 2000). Tipos particulares de vegetação estão associadas com a maior produção de substâncias hidrofóbicas, especialmente espécies de árvores com considerável quantidade de resinas, ceras e óleos aromáticos, tais como as dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* (DOERR et al., 2000). A repelência à água

¹ Engenheira Agrônoma, Doutora, Pesquisadora da *Embrapa Florestas*. claudia.maia@cnpf.embrapa.br

² Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*. dedecek@cnpf.embrapa.br

³ Engenheira Florestal, Mestranda, Universidade Federal do Paraná. yorchang@hotmail.com

⁴ Químico, Doutor, Analista da *Embrapa Florestas*. hansel@cnpf.embrapa.br

foi detectada em diferentes tipos de solos, com diversos graus de hidrofobicidade, porém os casos mais extremos foram encontrados em solos arenosos (DOERR et al., 2000; WALLIS; HORNE, 1992). DeBANO (2003) sugere que a incidência de hidrofobia seja mais provável em solos com menos de 10 % de teor de argila.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a efetividade da indução de repelência em um solo-teste arenoso, a partir de extratos hidrofóbicos obtidos de um solo florestal sob plantio de *Pinus taeda*.

Para obtenção dos extratos, foram coletadas amostras de um Neossolo Litólico distrófico, textura média (SANTOS et al., 2006), de 0 a 5 cm de profundidade, sob plantio de *Pinus taeda* de 16 anos de idade, em Piraí do Sul, PR. Este solo apresentou, em estudos anteriores, caráter severamente hidrofóbico (MAIA et al., 2005). As extrações foram realizadas em Soxhlet de 500 ml, conforme método proposto por Franco et al. (2000), com pequenas alterações. Brevemente, a cada extração, 200 g do solo foram peneirados a 2 mm e colocados em tubo de papel filtro. Uma solução de clorofórmio:acetona (9:1, v/v) foi utilizada primeiramente para extrair a fração lábil (livre) de compostos hidrofóbicos, com 12 h de refluxo. Os solventes foram removidos do extrato sob vácuo em rotavapor, a 45 °C e, finalmente, o extrato foi seco em estufa a 45 °C. A amostra foi então seca à temperatura ambiente e, em seguida, uma parte foi selecionada para avaliar a repelência. Para isto, foi aplicado o método do tempo de penetração de gotas de água (*water drops penetration time* ou WDPT), já descrito anteriormente (MAIA et al., 2005). O grau de repelência à água foi estabelecido conforme Bisdom et al., (1993), citado por Doerr (1998) e segundo as classes: hidrofílico (< 5 s), levemente hidrofóbico (entre 6 s e 60 s), fortemente hidrofóbico (entre 61 s e 600 s), severamente hidrofóbico (entre 601 s e 3.600 s), e extremamente hidrofóbico (> 3.600 s). Foram feitas quatro leituras de tempo por placa de Petri.

Após a primeira extração, a amostra de solo foi colocada novamente em Soxhlet com uma solução de isopropanol:amônia (IPA:NH₃) 15.7 mol.L⁻¹ (7:3, v/v) por 24 h, para extrair a fração fixa (ligada). Nesta fase, foi necessário pré-umedecer as amostras com o solvente por 15 min, antes de iniciar o refluxo. Ao término da extração, o solo foi retirado do aparelho e

seco em capela à temperatura ambiente. A seguir, parte da amostra de solo foi submetida ao teste WDPT, para verificar o caráter hidrofóbico das amostras. Os solventes foram removidos do extrato hidrofóbico sob vácuo em rotavapor a 80 °C e o material extraído foi liofilizado.

Para o preparo do solo-teste arenoso, areia fina comercial foi lavada com água destilada e peneirada em malha de 53 μm, para eliminar o silte. A areia foi submersa em seguida, em solução HCl 3 mol.L⁻¹ (~pH 4) por 24 h, para eliminar as cinzas. A solução ácida foi retirada e a areia tratada com uma solução de NaOH 3 mol.L⁻¹ (~pH 8), por 24 h, para remover resíduos orgânicos. A solução alcalina foi removida e finalmente a areia foi lavada três vezes com água destilada e colocada para secar em temperatura ambiente. A quantidade de areia utilizada em cada tratamento foi correspondente ao volume das placas de Petri (5 cm de diâmetro e volume médio de 25,6 cm³), no qual o material foi colocado para realizar o teste de repelência, com três repetições.

Com base no rendimento obtido de extrato hidrofóbico do solo sob plantio de *Pinus taeda*, após a segunda extração com solução de IPA/NH₃, (5,76 g.kg⁻¹ de solo), foram estabelecidas as concentrações de extrato hidrofóbico (CEH) para os experimentos de indução à repelência à água, de acordo com: i) CEH 0: sem extrato hidrofóbico (testemunha); ii) CEH 1: metade do rendimento, ou 2,88 g extrato hidrofóbico por quilo de solo-teste; e iii) CEH 2: igual ao rendimento, ou 5,76 g extrato hidrofóbico kg⁻¹ de solo.

Os extratos foram diluídos em metanol a 40 °C e adicionados às misturas de solo-teste. Após a adição dos extratos, uma solução de metanol:clorofórmio (1:1 v/v) foi adicionada aos tratamentos para sua melhor distribuição. O frasco contendo a mistura foi lacrado com rolha e *parafilm*, agitado por 2 h e colocado para secar em estufa a 70 °C, para remover os solventes.

Os resultados dos rendimentos dos extratos e do grau de repelência do solo, antes e após as extrações com clorofórmio:acetona (fração livre) e com isopropanol:amônia (fração ligada) são mostrados na Tabela 1. Antes das extrações, o solo apresentou um caráter extremamente hidrofóbico e depois da extração com CHCl₃ (fração livre), manteve esse caráter, com um tempo do teste WDPT porém, muito superior ao da amostra original.

Tabela 1. Tempo de penetração de gotas de água (s), grau de repelência de um Neossolo Litólico antes e depois da extração com CHCl₃ e IPA/NH₃ e massa extraída em cada etapa.

Tempo de penetração de gotas de água (s)						Massa extraída (g kg ⁻¹)	
Antes da extração	Grau de repelência*	Após extração com CHCl ₃ **	Grau de repelência	Após extração com IPA/NH ₃ ***	Grau de repelência	CHCl ₃	IPA/NH ₃
9718	Extremamente hidrofóbico	15 334	Extremamente hidrofóbico	< 5	Hidrofílico	10,34 ± 2,98	5,76 ± 0,93

* Segundo Letey, J. (1968, p. 43-47); ** Clorofórmio: acetona (9:1, v/v); *** Isopropanol:amônia 15.7M (7:3, v/v).

Após a extração da fração ligada, com IPA/NH₃, a repelência foi quebrada, tornando a amostra hidrofílica. Os resultados confirmam outras pesquisas que concluem que a repelência está pouco relacionada com a fração livre do solo (DOERR et al., 2005). Segundo Franco et al. (2000), análises da repelência à água em solos arenosos na Austrália indicaram que o principal componente do solo que contribuiu com a hidrofobicidade foi a fração ligada. Esta fração resulta de uma combinação da incorporação de resíduos de plantas, tais como a cutina e a suberina, associados a material vegetal degradado via processos microbianos (HANSEL et al., 2008).

O rendimento de extrato com IPA/NH₃ foi de 5,76 g.kg⁻¹ de amostra do Neossolo. Em estudos realizados por DOERR et al. (2005), obteve-se 1,22 g.kg⁻¹, em solos sob pínus de caráter levemente hidrofóbico. No mesmo estudo, o menor valor (0,23 g.kg⁻¹) foi obtido em duna hidrofílica com baixo teor de MO, e o maior valor (9,76 g.kg⁻¹) foi encontrado em solo arenoso sob pastagem, caráter fortemente hidrofóbico e mais rico em MO.

À concentração CEH 0, o solo-teste permaneceu hidrofílico, já em CEH 1 e 2, a repelência à água foi induzida, confirmando que os compostos orgânicos extraídos foram os responsáveis pela repelência à água (Tabela 2).

Tabela 2. Médias da repelência à água (s) para os tratamentos com MO a diferentes temperaturas para diferentes níveis de concentração de extrato hidrofóbico.

% de MO no Solo-teste	Nível de concentração de extrato hidrofóbico							
	CEH 1				CEH 2			
	22°C	40°C	70°C	105°C	22°C	40°C	70°C	105°C
	----- Repelência (s) -----							
0	278d	100ab	230ab	1433a	34c	105ab	69bc	254c
3	750b	46bcd	141c	533b	120b	155a	170a	411a
6,5	632c	155a	279a	364c	202a	135a	117ab	352ab
10	894a	85bc	204bc	395c	261a	130a	109ab	294bc

Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas diferem entre si pelo teste t (P<0,05).

À concentração CEH1, o solo-teste tornou-se fortemente hidrofóbico à temperatura ambiente quando secas a 40 °C e 70 °C, já as amostras secas a 105 °C alcançaram grau severamente hidrofóbico (Tabela 2). Para a CEH 2, esperavam-se tempos de repelência superiores a CEH 1, porém isto não aconteceu. A amostra à temperatura ambiente apresentou grau levemente hidrofóbico e as amostras secas a 40 °C, 70 °C e 105 °C tornaram-se fortemente hidrofóbicas. Tal resultado sugere que o período de secagem das amostras (24 h) foi insuficiente para a remoção da água em alguns tratamentos, o que foi comprovado pela determinação da água residual nestas amostras (dados não publicados). Dekker e Ritsema (1994, 2003) relatam que existe um conteúdo crítico de umidade no solo, abaixo do qual o solo é repelente à água e acima do qual o solo é molhável. Após saturar com água e secar entre 40 °C e 105 °C, o teor de água residual (que variou de 0,5 g/100g a 6,8 g/100g) permaneceu acima do valor crítico.

Para validação do procedimento, foram medidas as repelências em misturas do solo-teste com diferentes concentrações (0,3 %, 6,5 % e 10 %) de matéria orgânica, aqui representada por carvão moído e tratados com extratos obtidos com IPA/NH₃. A repelência foi avaliada pelo método WDPT e os resultados representam a média de quatro leituras de tempo para cada amostra em triplicata (Tabela 2). Nesta etapa, as amostras precisaram ser umedecidas antes de serem submetidas à secagem, para uniformizar a umidade de partida.

À temperatura ambiente, na CEH 1, o tratamento com o maior tempo de repelência à água (894 s) foi aquele com 10 % de MO, classificando-se como severamente hidrofóbico. Não houve correlação entre a concentração de MO e o grau de repelência no grupo de amostras submetido à concentração CEH 1 de extrato. Porém, à concentração CEH 2 e à temperatura ambiente, esta correlação foi diretamente proporcional.

Após a secagem a 40 °C, o tempo de repelência diminuiu, porém mantendo algum grau de hidrofobicidade, mostrando que, nesta temperatura, o nível crítico de água onde os solos apresentam repelência estava perto de ser alcançado. Observa-se que, após secar as misturas a 70 °C por 24 h, a repelência não foi completamente restabelecida. À

105 °C, o tratamento com 0 % de MO apresentou-se severamente hidrofóbico. Fortes aumentos da repelência à água a 105 °C foram observados por (DOERR et. al., 2005), evidenciando que a simples ausência ou presença de compostos orgânicos não é suficiente para influenciar a repelência, devendo-se considerar outros fatores como hidratação e arranjo intramolecular.

Para a CEH2, o tratamento com o maior tempo de repelência foi aquele com 6,5 % de MO. No processo de secagem, a repelência apresentou um comportamento similar ao da CEH1, porém os tempos de repelência foram menores. Este resultado pode ser explicado pela grande dificuldade encontrada experimentalmente para homogeneizar as amostras durante a aplicação do extrato hidrofóbico em sua concentração mais alta. Aqui, novamente as amostras precisaram ser umedecidas, o que provavelmente ocasionou maiores teores de água residual em sua composição, evitando a manifestação da repelência em seu pleno potencial.

Concluindo, o método de extração utilizado quebrou a repelência à água do solo, mostrando-se eficiente na retirada das substâncias orgânicas responsáveis por esta propriedade. Os compostos hidrofóbicos extraídos de um solo sob plantio de *Pinus taeda* induziram à repelência à água do solo-teste, em diferentes graus de intensidade. O grau de repelência induzida nas amostras de solo foi inferior ao encontrado no solo coletado no campo. Isto pode estar relacionado tanto a uma descaracterização molecular ou conformacional dos compostos orgânicos causada pela extração como à ausência nos extratos, de parte dos compostos responsáveis pela repelência à água desse solo.

Referências

- BUCZKO, U.; BENS, O.; HÜTTL, R. F. Variability of soil water repellency in sandy forest soils with different stand structure under Scots pine (*Pinus sylvestris*) and beech (*Fagus sylvatica*). *Geoderma*, Cottbus, v. 126, p. 317-336, 2005.
- DeBANO, L. F. The role of fire and soil heating on water repellency. In: RITSEMA, C. J.; DEKKER, L.W. (Ed.). **Soil water repellency: occurrence, consequences and amelioration**. Wageningen: Elsevier, 2003. p. 193-202.
- DEKKER, L. W., RITSEMA, C. J. How water moves in a water repellent sandy soil. I. Potential and actual water repellency. **Water Resources Research**, Washington, DC, v. 30, p. 2507-2517, 1994.

DEKKER, L. W.; RITSEMA, C. J. Wetting patterns in water repellent Dutch Soils. In: RITSEMA, C. J.; DEKKER, L. W. (Ed.). **Soil water repellency: occurrence, consequences and amelioration**. Wageningen: Elsevier, 2003. p. 151-166.

DOERR, S. H. On standardizing the water drop penetration time and the molarity of an ethanol droplet techniques to classify soil hydrophobicity: a case study using medium textured soils. **Earth Surface Processes and Landforms**, Durham, v. 23, p. 663-668, 1998.

DOERR, S. H.; LLEWELLYN, C. T.; DOUGLAS, P.; MORLEY, C. P.; MAINWARING, K. A.; HASKINS, C.; JOHNSEY, L.; RITSEMA, C. J.; STAGNITTI, F.; ALLINSON, G.; FERREIRA, A. J. D.; KEIZER, J. J.; ZIOGAS, A. K.; DIAMANTIS, J. Extraction of compounds associates with water repellency in sandy soils of different origin. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v. 43, p. 225-237, 2005.

DOERR, S. H.; SHAKESBY, R. A.; WALSH, R. P. D. Soil water repellency: it causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. **Earth-Science Reviews**, Swansea, v. 51, p. 33-65, 2000.

FRANCO, C. M. M.; CLARKE, P. J.; TATE, M. E.; OADES, J. M. Hydrophobic properties and chemical characterisation of natural water repellent materials in Australian sands. **Journal of Hydrology**, Adelaide, v. 231-232, p. 47-58, 2000.

HANSEL, F. A.; AOKI, C. T.; MAIA, C. M. B. F.; CUNHA JÚNIOR, A.; DEDECEK, R. A. Comparison of two alkaline treatments in the extraction of organic compounds associated with water repellency in soil under *Pinus taeda*. **Geoderma**, Amsterdam, v. 148, p. 167-172, 2008.

JANSEN, I.; KRUMMELBEIN, J.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; HORN, R. Water repellency of ferralsol as a function of texture and soil depth. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 16., 2006, Aracaju. **Novos desafios do carbono no manejo conservacionista: resumos e palestras**. Aracaju: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 1 CD-ROM.

JOHNSON, M. S.; LEHMANN, J.; STEENHUIS, T. S.; OLIVEIRA, L. V.; FERNANDES, E. C. M. Spatial and temporal variability of soil water repellency of Amazonian pastures. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v. 43, p. 319-326, 2005.

LETEY, J. Measurement of contact angle, water drop penetration time, and critical surface tension. In: SYMPOSIUM ON WATER-REPELLENT SOILS, 1968, Riverside. **Proceedings**. Riverside: University of California, 1969. p. 43-47. Edited by Leonard F. DeBano and John Letey.

MAIA, C. M. B. F.; DEDECEK, R. A.; MALUCELLI, C. S. **Identificação de repelência à água em solos sob plantios florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 6 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 147).

PÉREZ, D. V.; SIMÃO, S. M.; SALATINO, A. Identificação e caracterização da repelência à água em alguns solos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Rio de Janeiro, v. 22, p. 197-207, 1998.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

WALLIS, M. G.; HORNE, D. J. Soil water repellency. **Advances in Soil Science**, Boca Raton, v. 20, p. 91-146, 1992.

Comunicado Técnico, 206

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Florestas
Endereço: Estrada da Ribeira Km 111, CP 319
Fone / Fax: (0**) 41 3675-5600
E-mail: sac@cnpf.embrapa.br

1ª edição
1ª impressão (2008): conforme demanda

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Comitê de Publicações

Presidente: Patrícia Póvoa de Mattos
Secretária-Executiva: Elisabete Marques Oaida
Membros: Álvaro Figueredo dos Santos, Dalva Luiz de Queiroz Santana, Edilson Batista de Oliveira, Elenice Fritzsos, Jorge Ribaski, José Alfredo Sturion, Maria Augusta Doetzer Rosot, Sérgio Ahrens

Expediente

Supervisão editorial: Patrícia Póvoa de Mattos
Revisão de texto: Mauro Marcelo Berté
Normalização bibliográfica: Elizabeth Câmara Trevisan
Editoração eletrônica: Mauro Marcelo Berté