

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA REPELÊNCIA À ÁGUA EM ALGUNS SOLOS BRASILEIROS⁽¹⁾

D. V. PÉREZ⁽²⁾, S. M. SIMÃO⁽³⁾ & A. SALATINO⁽⁴⁾

RESUMO

Desde 1986, vem-se observando o fenômeno de repelência à água, em amostras de horizontes coletadas para levantamentos de solos realizados pelo Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e pela EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Com o objetivo de estudar as causas desse fenômeno, selecionaram-se sete amostras de solo que, inicialmente, foram submetidas à avaliação do grau de repelência à água pelos métodos da molaridade de gotas de etanol e tempo de penetração de gotas de água no laboratório de solos da UFRRJ. A fim de identificar os compostos orgânicos responsáveis pelo fenômeno da repelência, foram empregados dois métodos de extração, os quais foram eficientes na retirada do caráter hidrofóbico das amostras. O primeiro teve por base o uso da partição isopropanol:água destilada, e o outro, desenvolvido pelos autores, empregou extrações simples com n-hexano, éter de petróleo e clorofórmio, além de partições n-hexano:água destilada e clorofórmio:água destilada. As substâncias extraídas foram analisadas no Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (USP). Os resultados indicam que as substâncias isoladas têm sua origem na vegetação local, sendo os alcanos de alto peso molecular os responsáveis pelo caráter hidrofóbico das amostras de solo.

Termos de indexação: repelência à água, solos hidrofóbicos, extração.

SUMMARY: *IDENTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF WATER REPELLENCY OF SOME BRAZILIAN SOILS*

Since 1986, the occurrence of water repellency has been observed in soil samples collected for soil surveys conducted by the Soil Department of Federal Rural University of Rio de Janeiro (UFRRJ) and by the National Center for Soil Research of EMBRAPA. With the

⁽¹⁾ Recebido para publicação em julho de 1997 e aprovado em abril de 1998.

⁽²⁾ Pesquisador da EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. CEP 22460-000 Rio de Janeiro (RJ).

⁽³⁾ Professora Adjunta III do Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. CEP 23851-970 Seropédica (RJ).

⁽⁴⁾ Professor Titular do Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. Caixa Postal 11461, CEP 05422-970 São Paulo (SP).

objective of studying the causes of this phenomenon, seven soils were selected and their water repellence rating was determined by two methods: the molarity of ethanol droplets and water drops penetration time. Two methods of extraction were used to isolate and identify the organic compounds responsible for the water repellency. The first one was based in a partition with isopropanol:distilled water and the other one, developed by the authors, was based on single extractions with n-hexane, chloroform and ether and partitions with n-hexane:distilled water and chloroform:distilled water. Both methods made the water-repellent soils wettable after the extraction. The extracted substances were analyzed in the Institute of Biosciences of the University of São Paulo. The results indicate that the isolated substances had their origin in the vegetation cover and that the alcanes of high molecular weight were responsible for the repellency in these soils.

Index terms: water repellency, hydrophobic soils, extraction.

INTRODUÇÃO

Alguns solos apresentam a propriedade de repelir a água, não se molhando facilmente pela água da chuva ou irrigação. Esse fenômeno é comum em solos orgânicos drenados e expostos ao sol por muito tempo. Quando se tenta reidratá-los, observa-se, muitas vezes, o desprendimento de partes do material do solo na forma de placas, que flutuam pelos canais de drenagem.

As primeiras observações sobre a repelência à água em solos, chamados por alguns autores de solos hidrofóbicos (Giovannini et al., 1983), remontam a 1910, com Schreiner & Shorey (Wallis & Horne, 1992), em solos da Califórnia (EUA). A importância dada a esse assunto pode ser demonstrada por um simpósio realizado especificamente sobre esse tema na Universidade da Califórnia (Riverside, EUA), em 1969, e pela revisão bibliográfica realizada por Wallis & Horne (1992).

O fenômeno da repelência à água em solos vem sendo observado em várias partes do mundo: Austrália (Bond, 1968), Nova Zelândia (Wallis et al., 1991), Estados Unidos (Wander, 1949), Itália (Giovannini et al., 1983) e Japão (Nakaya et al., 1977). No Brasil, foram encontradas menções da repelência do solo à água no Espírito Santo (EMBRAPA, 1978) em horizontes superficiais de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura argilosa (Município de Ecoporanga) e de um Podzólico Vermelho-Amarelo latossólico textura arenosa (Município de Mucurici). Em ambos os casos, os perfis estavam sob mata secundária. Também há menções sobre a dificuldade de reidratação de um Glei Tiomórfico, localizado no Estado do Rio de Janeiro (Município de Cabo Frio), sob vegetação de campo hidrófilo (EMBRAPA, 1979a).

A repelência do solo à água seria causada pelo recobrimento das partículas do solo por substâncias orgânicas hidrofóbicas, embora isto não signifique que o grau de repelência esteja relacionado com o teor de matéria orgânica, uma vez que Wallis et al.

(1993) citam uma série de trabalhos em que o maior grau de repelência à água está em solos com menores teores de carbono orgânico, levando à conclusão de que o caráter hidrofóbico está relacionado com a qualidade, e não com a quantidade dessas substâncias orgânicas.

Várias podem ser as origens das substâncias orgânicas responsáveis pela repelência. A vegetação local, em função da sua composição química, pode contribuir com compostos orgânicos hidrofóbicos, via deposição ou por decomposição, que, recobrando as partículas do solo, criam o caráter de repelência à água (Roberts & Carbon, 1972; McGhie & Posner, 1980). Nesse sentido, os microrganismos também exercem um papel importante (Bond, 1969; Adhikari & Chakrabarti, 1976), já que são os principais decompositores da matéria orgânica do solo. Além disso, alguns fungos possuem micélios, cuja superfície é recoberta por substâncias hidrofóbicas (Wallis & Horne, 1992). O aquecimento do solo, através de incêndios, é outro fator importante na geração do caráter de repelência à água, principalmente por meio do mecanismo de volatilização, migração no solo e condensação de substâncias orgânicas hidrofóbicas (DeBano et al., 1970; School, 1975). Alguns autores também reconhecem a influência de valores de pH elevados, particularmente acima de 6,5, na diminuição da repelência à água de alguns solos (Roberts & Carbon, 1972; Adhikari & Chakrabarti, 1976). Em tais valores de pH solubilizar-se-iam os ácidos húmicos, um dos prováveis responsáveis pela repelência à água (Adhikari & Chakrabarti, 1976).

Normalmente, a existência do caráter hidrofóbico em determinado solo traz aspectos negativos com respeito ao seu uso e manejo. Wander (1949) e Bond (1968) indicam que o efeito primário da repelência é a redução da taxa de infiltração da água no solo. Com isso, a quantidade de água disponível é diminuída, afetando a germinação de sementes e o crescimento vegetal (Bond, 1968; Bond, 1972). Além disso, pela menor infiltração, também pode ocorrer o aumento do escoamento superficial da água, principalmente

em áreas declivosas, o que aumenta a erosão (McGhie & Posner, 1980; Giovannini et al., 1983). Wallis & Horne (1992) também citam outros efeitos secundários, tais como o desenvolvimento de fluxos preferenciais de água no solo e o aumento da estabilidade de agregados.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar o grau de repelência à água e as substâncias responsáveis por esse fenômeno, em amostras de solo onde já se havia verificado visualmente o caráter hidrofóbico.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudadas sete amostras oriundas de horizontes A ou B de solos minerais coletados em levantamentos de solos realizados em diversas regiões brasileiras (Quadro 1). Os teores de carbono orgânico, areia, argila e pH em água foram determinados segundo EMBRAPA (1979b).

Dois métodos de estimativa da repelência do solo à água, descritos na íntegra em King (1981), foram utilizados para as sete amostras de solo, antes que estas fossem submetidas aos processos de extração dos componentes hidrofóbicos, de modo a caracterizar o grau de repelência. Ambos os métodos se utilizam de material de solo seco ao ar que passou pela peneira de 2 mm. O primeiro método, molaridade de gotas de etanol ("molarity of ethanol droplets" ou MED), consiste na aplicação de duas gotas (40 μL) de solução aquosa de etanol, de concentração conhecida, e na medição do tempo necessário para a absorção das gotas pelo solo. Tal procedimento é para concentrações que variam de 0 a 5 mol L^{-1} , com intervalos de 0,2 mol L^{-1} . A repelência será representada pela molaridade da solução etanólica a partir da qual as gotas penetram na superfície da amostra em menos de dez segundos. O outro método, tempo de penetração de gotas de água ("water drops penetration time" ou WD), baseia-se no tempo gasto para que duas gotas de água

(40 μL) penetrem na amostra de terra. Levando em consideração os valores obtidos, principalmente, por esses dois métodos, King (1981) define o grau de repelência à água (Quadro 2).

Foram testados dois métodos para a extração dos componentes hidrofóbicos das amostras de solo. O primeiro método de extração, desenvolvido por Ma'Shum et al. (1988), consiste da extração, por agitação e filtragem, de 200 g de terra fina seca ao ar com 200 mL de solução isopropanol:água destilada (7:3, volume:volume). Foi feita uma extração diária, durante quatro dias, com agitação média de cinco horas em agitador horizontal. Esse método simples de partição foi testado para todas as sete amostras, embora só tenham sido analisados, cromatograficamente, os extratos das amostras 1, 2, 4, 5 e 6a. As amostras 3 e 6b produziram extratos em quantidade insuficiente para posterior análise cromatográfica. Após a extração, todas as amostras de solo voltaram a passar pelos métodos MED e WD, para constatar o fim do caráter hidrofóbico das amostras. Esse método é rápido e fácil, mas é baseado em uma partição com somente um solvente orgânico. Assim, os diversos componentes orgânicos presentes em uma amostra são extraídos em um único extrato, o que pode vir a dificultar a identificação da classe ou classes de substâncias a que pertenceriam as moléculas responsáveis pela hidrofobicidade das amostras.

Por essa razão, criou-se um segundo método de extração, visando obter vários extratos advindos do uso de solventes orgânicos com polaridade diferenciada. Esse segundo método (Figura 1) foi aplicado primeiramente à amostra 1. Consistiu de dois processos de extração: por aparato de Soxhlet e por partição com água. No aparato de Soxhlet, foi introduzida uma nova amostra de 120 g de terra fina seca ao ar da amostra 1 e 500 mL de solvente orgânico. Esse sistema ficou em funcionamento por quatro horas, após o que a amostra de solo era deixada secar ao ar. Depois de seca, a amostra era submetida aos testes MED e WD. Mantida a hidrofobicidade, a amostra retornava ao Soxhlet,

Quadro 1. Identificação das amostras de solos brasileiros coletadas para o estudo do grau de repelência à água e da caracterização das substâncias orgânicas responsáveis pelo fenômeno

Amostra	Localização (Município/Estado)	Classe de solo	Horizonte	Vegetação
1	Pinheiros (MA)	Areia Quartzosa	A	Palmeira
2	Casemiro de Abreu (RJ)	Areia Quartzosa	A	Campo hidrófilo
3	Caxias (MA)	Aluvial	A	Palmeira
4	São Félix do Araguaia (PA)	Podzólico Vermelho-Amarelo	A	Palmeira
5	Sepetiba (RJ)	Podzol Hidromórfico	A	Gramínea
6a	Rio das Ostras (RJ)	Podzol Hidromórfico	A	Gramínea
6b	Rio das Ostras (RJ)	Podzol Hidromórfico	Bh	Gramínea

Quadro 2. Caracterização do grau de repelência à água através dos métodos das gotas de etanol (MED) e do tempo de penetração de gotas de água (WD), com base em King (1981)

Grau de repelência	Severidade	MED	WD
		mol L ⁻¹	s
1	Não-significante	-	<1
2	Muito baixa	-	1 - 7
3 - 5	Baixa	0,0 - 1,0	8 - 53
6 - 8	Moderada	1,2 - 2,2	85 - 260
9 - 10	Severa	2,4 - 3,0	> 260
11 - 12	Muito Severa	> 3,2	> 260

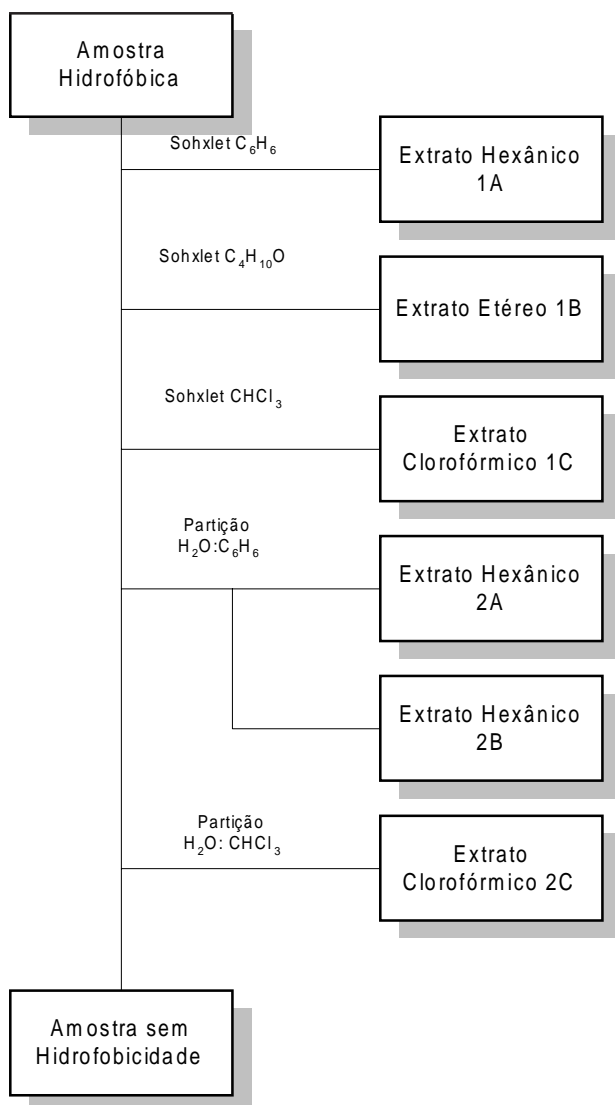


Figura 1. Etapas do método de extração, proposto pelos autores, dos componentes hidrofóbicos de amostras de solo que apresentem o caráter de repelência à água.

passando a ser extraída com novo solvente de polaridade maior. Foram utilizados três solventes nesse processo: n-hexano, éter de petróleo e clorofórmio, sucessivamente.

Uma vez que esse processo se mostrou ineficaz para eliminar a característica hidrofóbica, adotou-se o processo de partição de água com solvente orgânico, com a mesma amostra de solo. A amostra foi introduzida em um funil de decantação com 100 mL de solvente e mesma quantidade de água destilada. Após agitação manual por 5 m, o sistema foi deixado em repouso por 24 h, depois do que a fase orgânica era separada do sistema e outros 100 mL de solvente eram adicionados. Esse procedimento foi repetido por 5 dias, após o que a amostra de solo seca ao ar era novamente submetida aos testes MED e WD. Foram usados, consecutivamente, como solventes orgânicos, o n-hexano e o clorofórmio (Figura 1). Após a partição água/clorofórmio, verificou-se o desaparecimento do caráter hidrofóbico da amostra de solo. Por mostrar-se muito demorado, o segundo método foi utilizado apenas na amostra 1.

Os extratos orgânicos, obtidos pelos dois métodos, de Ma'Shum et al. (1988) e por Soxhlet/partição, foram concentrados por evaporação em aparato Rotavapor com vácuo de 12 cm Hg e temperatura média do banho-maria de 50°C. Todos os extratos orgânicos obtidos pelos dois métodos foram analisados por cromatografia de camada fina com placas de vidro recobertas com sílica gel G Typ 60, impregnadas com fluoresceína sódica, segundo método de Salatino & Silva (1988). As placas foram eluídas com ciclo-hexano:clorofórmio (7:3, volume:volume), contendo, como padrões de referência, o n-tetracosano, o hexadecanoato de triacontila e o ácido esteárico. Por esse método, foram separadas, para alguns extratos, frações de hidrocarbonetos, ésteres e ácidos graxos, que foram reunidas e analisadas num cromatógrafo a gás CG-37. Utilizou-se um detector de ionização de chama e integrador-processador CG-300, coluna capilar de sílica fundida (10 m), fase estacionária OV 101, gás de arraste hidrogênio, temperatura do injetor e detector 280°C e programação de temperaturas da coluna 120-280°C a 4°C/m. No caso dos ácidos graxos, foi feita metilação com diazometano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos pelos testes MED e WD nas sete amostras testadas, bem como outras propriedades químicas e físicas analisadas, encontram-se no quadro 3. O grau de repelência, determinado com base nos dois testes, variou de muito baixo a moderado, nas sete amostras de solo (Quadro 3).

Quadro 3. Repelência à água determinada através do método das gotas de etanol (MED) e do método do tempo de penetração de gotas de água (WD) e algumas propriedades físicas e químicas das sete amostras de solos estudadas

Amostra	MED	WD	Grau de repelência ⁽¹⁾	Argila	Areia	Carbono orgânico	pH (H ₂ O)
	mol L ⁻¹	s					
1	0,2	10	Baixo (3)	60	850	118	4,7
2	1,8	142	Moderado (7)	40	970	269	7,1
3	0,6	23	Baixo (4)	80	870	118	6,0
4	0,2	15	Baixo (3)	80	810	258	4,5
5	0,0	6	Muito Baixo (2)	60	900	113	5,4
6a	0,0	3	Muito Baixo (2)	30	960	58	4,5
6b	1,4	> 260	Moderado (6)	40	920	176	4,3

⁽¹⁾ Com base no quadro 2.

Todas as amostras apresentaram textura arenosa (Quadro 3), o que condiz com a maior parte dos estudos já realizados sobre esse assunto, segundo Wallis & Horne (1992). Os mesmos autores citaram, ainda, que os casos mais extremos de repelência à água foram constatados em solos arenosos, em decorrência da maior facilidade de recobrimento da areia por substâncias hidrofóbicas, dada a baixa superfície específica desses solos. Vale observar, contudo, que solos mais argilosos também podem apresentar o caráter hidrofóbico.

Embora a quantidade de amostras fosse pequena, pode-se notar que a repelência à água foi mais severa nos solos que apresentaram maiores teores de carbono orgânico (Quadro 3), exceto para a amostra 4. Esta exceção, como já afirmaram Wallis et al. (1993), é devida à natureza, e não à quantidade de matéria orgânica que deve determinar a repelência.

O pH em água não apresenta aparentemente nenhuma relação com os valores de repelência obtidos (Quadro 3), o que pode ser demonstrado pelo baixo coeficiente de correlação ($r = 0,508$ n.s.).

As amostras 6a e 6b representam, respectivamente, os horizontes A e Bh do mesmo perfil de solo, caracterizado como um Podzol Hidromórfico (Quadro 1). A análise do quadro 3 revela que, enquanto o grau de repelência de 6a é "Muito Baixo", o de 6b é "Moderado," e a amostra 5 representa também um horizonte A de um Podzol Hidromórfico, apresentando grau de repelência "Muito Baixo". Apesar do pequeno número de amostras, esses dados parecem sugerir que, nos Podzóis, os componentes hidrofóbicos migrariam dentro do perfil do solo como parte da matéria orgânica iluviada, como já foi observado por Qualls & Haine (1991), concentrando-se no horizonte Bh. Tal hipótese justificaria o maior grau de repelência da amostra 6b (horizonte B) em relação à de 6a (horizonte A) e a semelhança de grau de repelência das amostras 5 (horizonte A) e 6a.

O método de extração de Ma'Shum et al. (1988) foi bastante eficiente na retirada do material orgânico responsável pela repelência à água, já que nenhuma das sete amostras apresentou esse caráter ao final da extração. As amostras 3 e 6b não produziram extratos em quantidade suficiente para análise. As substâncias orgânicas obtidas das outras amostras por esse método de extração foram analisadas por cromatografia de camada fina, revelando a presença de n-alcenos, ésteres e álcoois graxos primários, todos alifáticos (Quadro 4). Essas classes de substâncias são comuns em ceras vegetais. As frações de hidrocarbonetos, ésteres e álcoois graxos primários presentes nas amostras não foram obtidas com altos rendimentos. As quantidades de ésteres e álcoois disponíveis não possibilitaram a sua análise por cromatografia a gás. Os hidrocarbonetos dos extratos das amostras 1, 4 e 5 foram analisados por cromatografia a gás. O resultado obtido para a amostra 1 (Quadro 5) caracteriza a predominância de alcanos de 25 átomos de carbono. As amostras 4 e 5, ao contrário, caracterizam-se por uma mistura de n-alcenos de 24 a 38 átomos de carbono com pouca

Quadro 4. Substâncias orgânicas detectadas, por cromatografia de camada fina, nos extratos obtidos pela aplicação do método de partição água:isopropanol (Ma'Shun et al., 1988) às amostras 1, 2, 4, 5 e 6a

Amostra	Alcanos	Ésteres	Álcoois primários
1	X	X	X
2		X	X
4	X	X	
5	X		
6a		X	X

representação de alcanos ramificados. Os extratos hexânicos, etéreos e clorofórmicos obtidos da amostra 1 (Figura 1; extração por Soxhlet) também foram analisados por cromatografia de camada fina, revelando-se predominância de hidrocarbonetos e pequena quantidade de ésteres, ambos alifáticos. As amostras de hidrocarbonetos foram reunidas, e a mistura analisada por cromatografia em fase gasosa. O resultado obtido (Quadro 6; Figura 2) caracteriza uma mistura complexa de n-alcenos de 18 a 37 átomos de carbono, além de alcanos ramificados (Figura 2), representados pelos picos intermediários àqueles dos n-alcenos no cromatograma. Apesar da obtenção desse material orgânico pela extração por Soxhlet, a amostra 1 não perdeu seu caráter hidrofóbico após esse processo.

As extrações por partição do segundo método (Figura 1), ao contrário, foram eficientes na retirada do material orgânico responsável pela repelência à água observada na amostra 1. Os extratos provenientes da partição (Figura 1) foram submetidos, separadamente, aos tratamentos cromatográficos (gás e camada fina). O resultado foi o isolamento de n-alcenos alifáticos, ramificados ou não, de 16 a 35 átomos de carbono (Quadro 7; Figuras 3, 4 e 5) e ácidos graxos alifáticos livres de 14 a 34 átomos de carbono, ramificados ou não (Quadro 8; Figuras 6, 7 e 8). Tais resultados, obtidos pelo

Quadro 6. Hidrocarbonetos (alcenos) detectados, por cromatografia a gás, na mistura dos extratos hexânicos (1A), etéreos (1B) e clorofórmicos (1C), obtidos pela aplicação do método proposto pelos autores à amostra 1

Número de átomos de carbono do alcano	Homólogo normal ramificado	Homólogo	
		%	
C18	1,5	0,5	
C19	1,5	0,4	
C20	3,3	1,7	
C21	2,8	4,2	
C22	3,6	4,1	
C23	3,6	7,6	
C24	3,3	3,0	
C25	6,4	8,0	
C26	2,9	1,7	
C27	3,9	3,1	
C28	2,4	0,6	
C29	6,7	-	
C30	2,3	-	
C31	9,3	-	
C32	1,7	-	
C33	4,2	0,8	
C34	0,6	0,7	
C35	1,2	0,4	
C36	0,2	0,6	
C37	0,6	0,6	
Total	62,0	38,0	

Quadro 5. Hidrocarbonetos (alcenos) detectados, por cromatografia a gás, nos extratos, obtidos pela aplicação do método de partição água-isopropanol (Ma'Shun et al., 1988) às amostras 1, 4 e 5

Número de átomos de carbono do alcano	Composição percentual molar		
	1	4	5
C24	2,0	-	2,0
C25	92,0	7,0	6,0
C26	-	11,0	9,0
C27	2,0	16,0	12,0
C28	1,0	16,0	12,0
C29	1,0	14,0	13,0
C30	-	10,0	10,0
R-C31	-	-	1,0
C31	3,0	9,0	9,0
R-C32	-	-	1,0
C32	-	6,0	7,0
C33	-	4,0	5,0
R-C34	-	-	1,0
C34	-	3,0	4,0
C35	-	2,0	4,0
C36	-	-	2,0
C37	-	-	1,0
C38	-	-	1,0

Cn: Alcano não ramificado; R-Cn: Alcano ramificado.

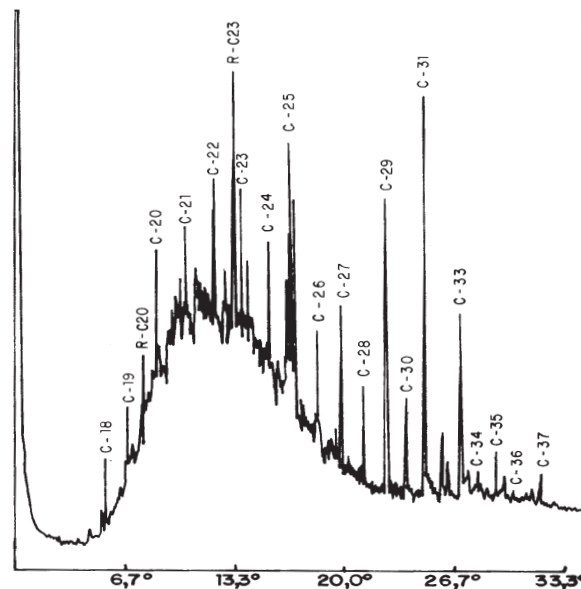


Figura 2. Cromatograma que identifica os hidrocarbonetos existentes na mistura dos extratos hexânicos (1A), etéreos (1B) e clorofórmicos (1C), obtidos pela aplicação do método proposto pelos autores à amostra 1. C-x = alcanos lineares; R-C-x = alcanos ramificados.

segundo método de extração para a amostra 1, parecem indicar que as substâncias isoladas são de origem vegetal e de plantas superiores, uma vez que os alcanos principais são C25, C27, C29, C31 e C33, que normalmente figuram como homólogos das ceras do grupo vegetal que predomina na área de coleta da amostra 1, ou seja, palmeiras. A composição dos extratos é complexa, provavelmente pela ação microbiológica de decomposição das ceras das folhas, não só das palmeiras, como de outras plantas que ocorrem também na área, como, por exemplo, gramíneas. O método de Ma'Shum et al. (1988) extraiu n-alcanos, ésteres e álcoois graxos primários, enquanto o segundo método também extraiu n-alcanos, mas acompanhados por ácidos graxos (Quadros 5, 6, 7 e 8).

Devem-se ressaltar alguns fatos ocorridos durante os processos de partição por água com n-hexano e clorofórmio do segundo método. Quando da adição de n-hexano à amostra 1 com água e posterior agitação para facilitar o contato dos solventes com o solo, houve formação de uma interfase espumosa que inviabilizava a separação das duas fases. Para a eliminação de tal interfase, decidiu-se pela adição de NaCl, em quantidades suficientes para eliminar a espuma, pelo aumento da tensão superficial. Durante a seqüência da extração, observou-se na partição água/clorofórmio que o solo estava em suspensão dentro da fase clorofórmica, impedindo a separação do solvente. Provavelmente, o sal utilizado para eliminar a espuma da partição água/n-hexano elevou a

Quadro 7. Hidrocarbonetos (alcanos) detectados, por cromatografia a gás, nos extratos da partição água:hexano (2A e 2B) e água:clorofórmio (2C), obtidos pela aplicação do método proposto pelos autores à amostra 1

Número de átomos de carbono do alcano	2A	2B	2C	Composição percentual molar		
				2A	2B	2C
R-C16	1,0	1,0	-			
C16	1,0	1,0	-			
R-C17	35,0	34,0	-			
C17	5,0	6,0	-			
R-C18	4,0	3,0	-			
C18	2,0	3,0	2,0			
R-C19	1,0	1,0	-			
C19	3,0	3,0	-			
R-C20	-	-	5,0			
C20	2,0	2,0	19,0			
R-C21	2,0	-	-			
C21	2,0	2,0	1,0			
R-C22	3,0	-	7,0			
C22	2,0	2,0	17,0			
R-C23	7,0	11,0	2,0			
C23	1,0	2,0	2,0			
R-C24	4,0	4,0	4,0			
C24	1,0	1,0	8,0			
R-C25	3,0	4,0	3,0			
C25	2,0	3,0	3,0			
R-C26	3,0	5,0	-			
C26	1,0	1,0	7,0			
R-C27	3,0	3,0	-			
C27	1,0	-	4,0			
R-C28	2,0	-	-			
C28	2,0	2,0	5,0			
R-C29	1,0	1,0	-			
C29	1,0	2,0	4,0			
R-C30	3,0	1,0	-			
C30	1,0	1,0	2,0			
R-C31	1,0	-	-			
C31	1,0	-	2,0			
R-C32	1,0	-	-			
C32	-	-	1,0			
C33	-	-	1,0			
C35	-	-	1,0			

Cn: Alcano não ramificado; R-Cn: Alcano ramificado.

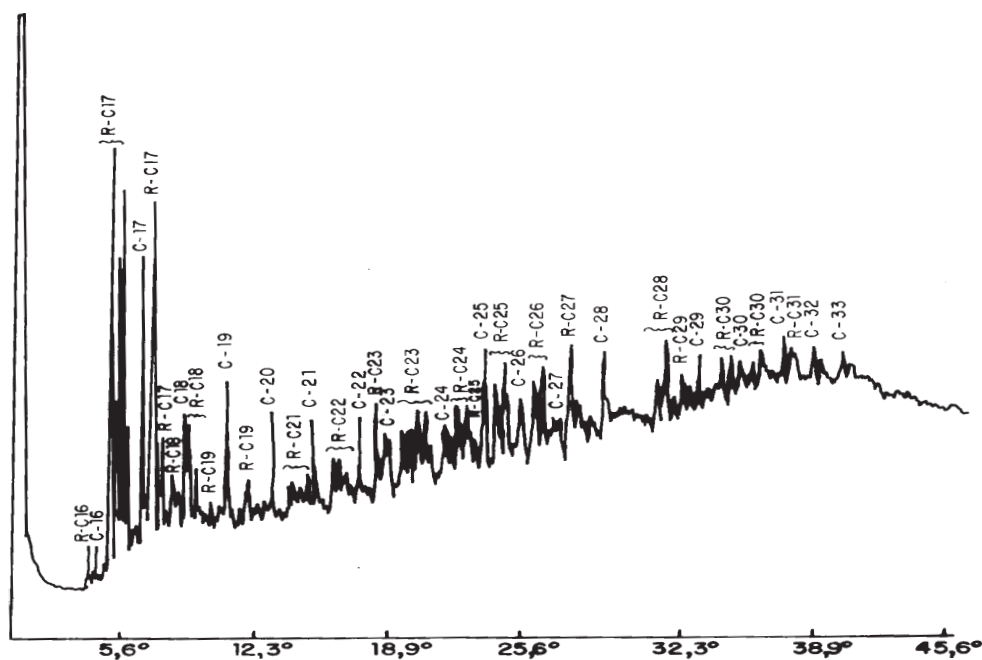


Figura 3. Cromatograma que identifica os hidrocarbonetos existentes no primeiro extrato da partição água:hexano (2A), obtido pela aplicação do método proposto pelos autores à amostra 1. R-x = alcanos ramificados.

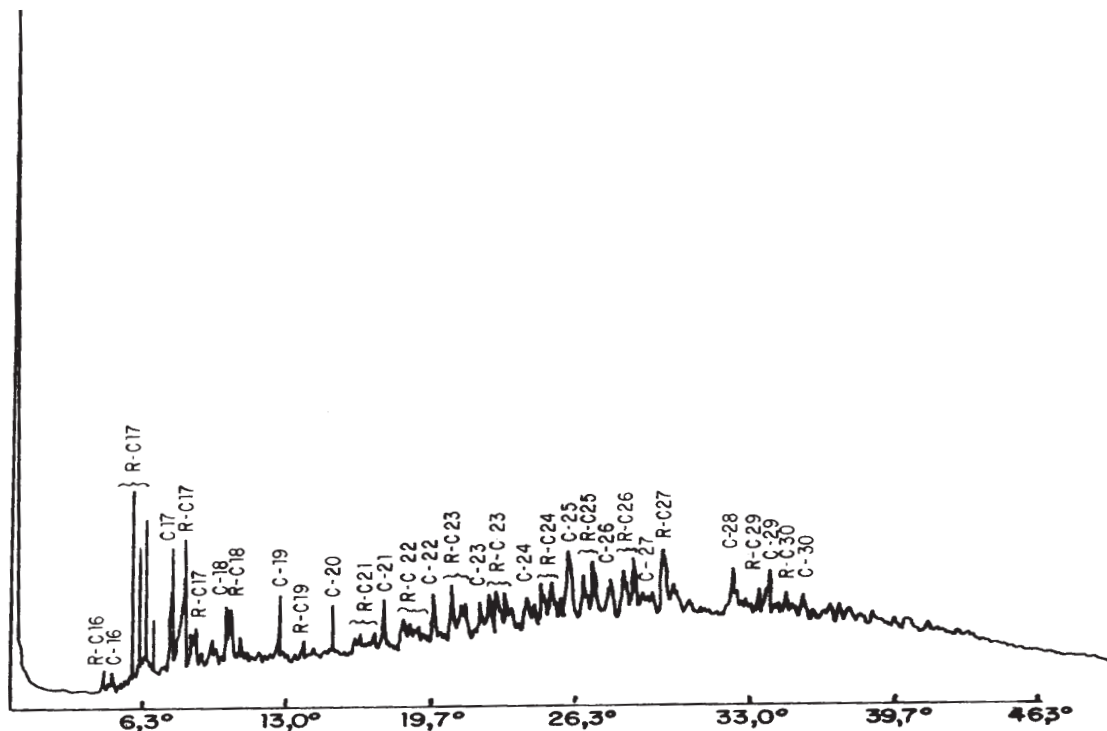


Figura 4. Cromatograma que identifica os hidrocarbonetos existentes no segundo extrato da partição água:hexano (2B), obtido pela aplicação do método proposto pelos autores à amostra 1. R-x = alcanos ramificados.

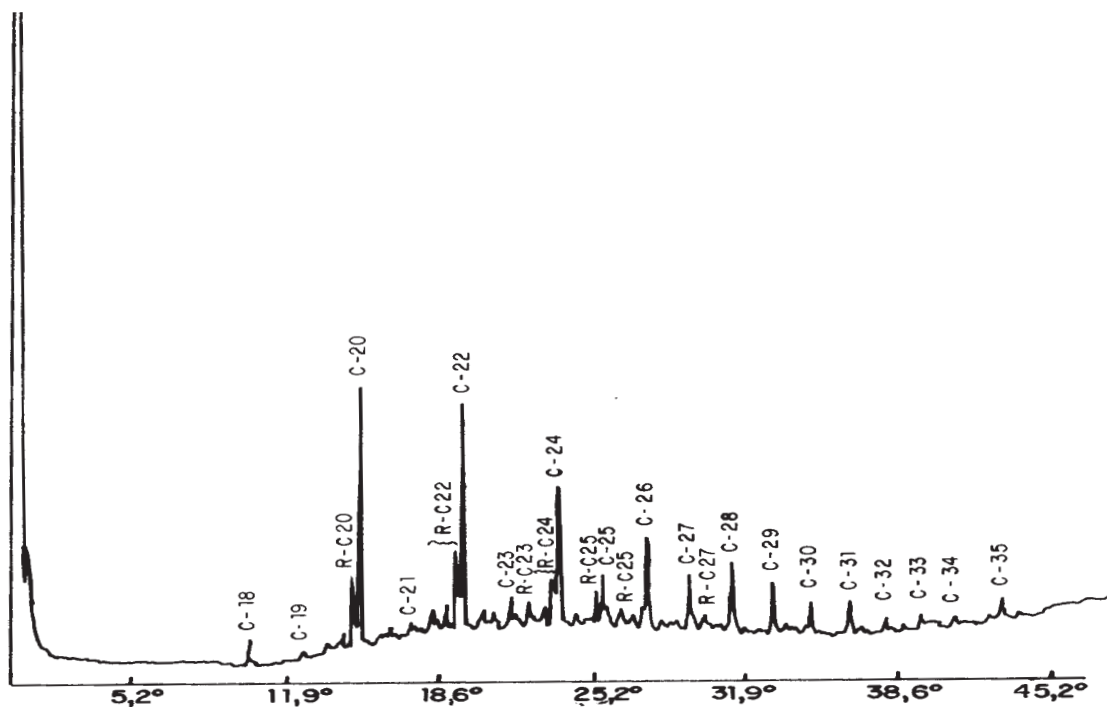


Figura 5. Cromatograma que identifica os hidrocarbonetos existentes no extrato da partição água:clorofórmio (2C), obtido pela aplicação do método proposto pelos autores à amostra 1. C-x = alcanos lineares; R-x = alcanos ramificados.

Quadro 8. Ácidos graxos detectados, por cromatografia a gás, nos extratos da partição água:hexano (2A e 2B) e água:clorofórmio (2C), obtidos pela aplicação do método proposto pelos autores à amostra 1

Número de átomos de carbono do alcano	2A	2B	2C
Composição percentual molar			
R-C14	1,0	-	-
C14	1,0	-	1,0
R-C15	1,0	-	-
C15	9,0	-	3,0
R-C16	9,0	-	-
C16	3,0	-	2,0
C17	1,0	-	-
R-C18	2,0	-	34,0
C18	3,0	-	2,0
R-C19	2,0	-	1,0
C19	1,0	-	2,0
R-C20	2,0	-	2,0
C20	10,0	-	10,0
R-C21	2,0	-	-
C21	2,0	-	2,0
R-C22	6,0	-	-
C22	8,0	100,0	147,0
R-C23	-	-	2,0
C23	1,0	-	2,0
R-C24	4,0	-	4,0
C24	1,0	-	2,0
C25	13,0	-	2,0
R-C26	2,0	-	1,0
C26	2,0	-	1,0
C27	2,0	-	2,0
R-C28	1,0	-	-
C28	2,0	-	2,0
R-C29	2,0	-	-
C29	2,0	-	4,0
R-C30	1,0	-	-
C30	1,0	-	2,0
C31	1,0	-	2,0
C32	1,0	-	1,0
C34	1,0	-	-

Cn: Alcano não ramificado; R-Cn: Alcano ramificado.

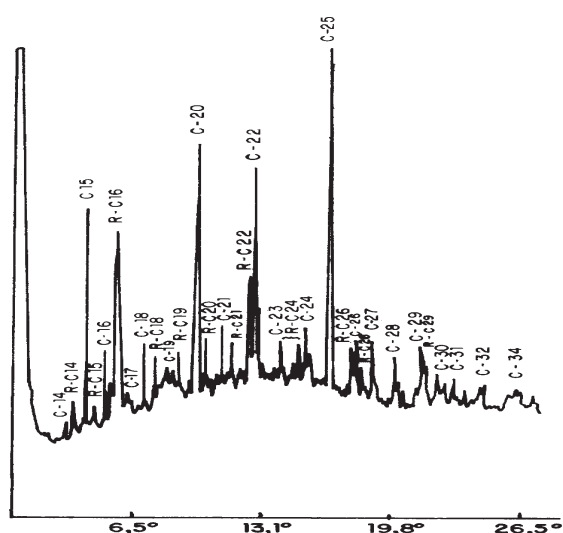


Figura 6. Cromatograma que identifica os ácidos graxos existentes no primeiro extrato da partição água:hexano (2A), obtido pela aplicação do método proposto pelos autores à amostra 1. R-x = ácido graxo ramificado.

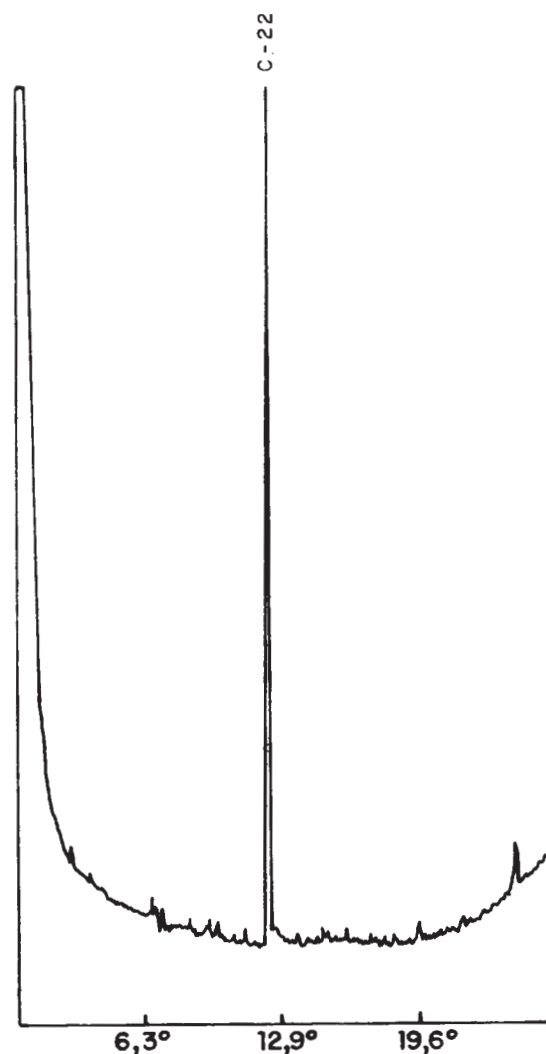


Figura 7. Cromatograma que identifica os ácidos graxos existentes no segundo extrato da partição água:hexano (2B), obtido pela aplicação do método proposto pelos autores à amostra 1.

polaridade do sistema, tendo como conseqüência a formação de clatratos. Comparando os resultados obtidos para a amostra 1 pelo método de Ma'Shum et al. (1988) e por partição no segundo método, verificou-se que os alcanos são a classe química comum obtida pelos dois métodos. Parece, pois, que tal classe venha a ser a responsável pelo caráter hidrofóbico apresentado pela amostra 1. É de se supor, também, que sejam os alcanos de maior peso molecular (acima de C24) que confirmam essa hidrofobicidade a essa mesma amostra, visto que esses são os únicos comuns aos dois métodos. Ressalta-se, também, para o caso da amostra 1, que o segundo método discriminou melhor os compostos orgânicos extraídos do que o método de Ma'Shum et al. (1988) (Quadros 5, 6 e 7).

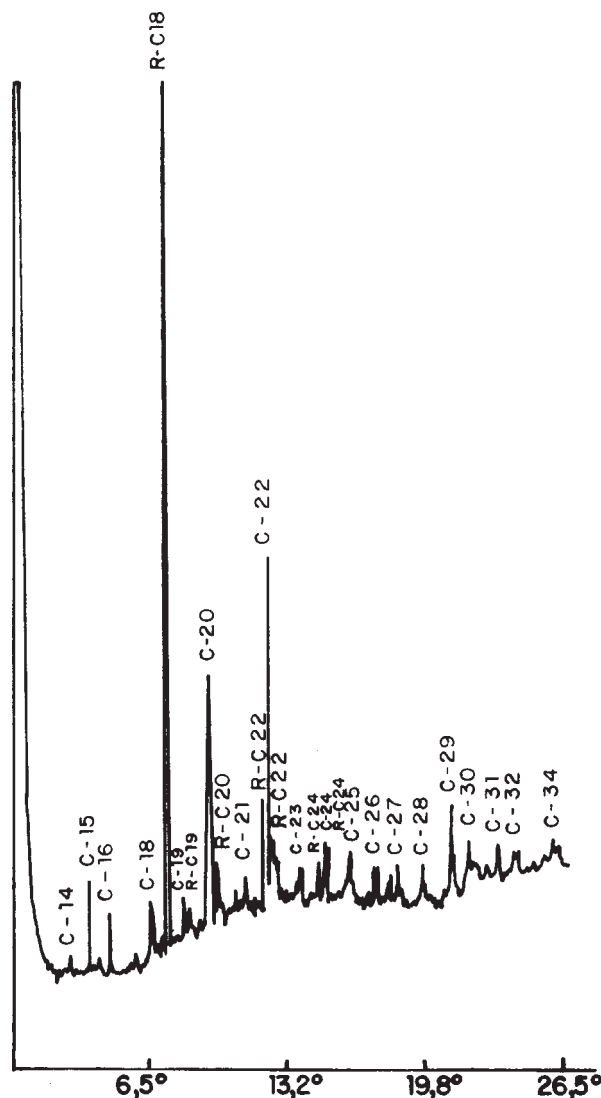


Figura 8. Cromatograma que identifica os ácidos graxos existentes no extrato da partição água:clorofórmio (2C), obtido pela aplicação do método proposto pelos autores à amostra 1. R-x = ácido graxo ramificado.

CONCLUSÕES

1. Os teores de carbono orgânico e os valores de pH em água não se relacionaram com os valores de repelência medidos.
2. Os dois métodos de extração por partição foram igualmente eficientes na retirada das substâncias orgânicas responsáveis pelo fenômeno de repelência à água.
3. O método de extração dos componentes hidrofóbicos por aparato de Soxhlet e partição com água permitiu detalhar melhor a natureza dos diversos componentes alcânicos da amostra de solo.

4. Os resultados evidenciam que as substâncias isoladas têm sua origem na vegetação local, sendo os alcanos de alto peso molecular os responsáveis pelo caráter hidrofóbico das amostras de solo.

LITERATURA CITADA

- ADHIKARI, M. & CHAKRABARTI, G. Contribution of natural and microbial humic acids to water repellency in soil. *J. Ind. Soc. Soil Sci.*, 24:217-219, 1976.
- BOND, R.D. Water repellent soils sands. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 9., Adelaide, 1968. Transactions. Amsterdam, International Society of Soil Science, 1968. p.339-347.
- BOND, R.D. Factors responsible for water repellence of soils. In: SYMPOSIUM ON WATER REPELLENT SOIL, Riverside, 1969. Proceedings. Riverside: University of California, 1969. p.259-264.
- BOND, R.D. Germination and yield of barley when grown in a water-repellent sand. *Agron. J.*, 64:402-403, 1972.
- DeBANO, L.F.; MANN, L.D. & HAMILTON, D.A. Translocation of hydrophobic substances into soil by burning organic litter. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 34:130-133, 1970.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Espírito Santo, Rio de Janeiro, 1978. 461p. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim Técnico, 45)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA DE SOLOS, 1., Rio de Janeiro, 1978. Anais. Rio de Janeiro, EMBRAPA-SNLCS/SBCS, 1979a. p.217-218.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979b. 255p.
- GIOVANNINI, G.; LUCCHESI, G. & CERUELLI, S. Water-repellent substances and aggregate stability in hydrophobic soil. *Soil Sci.*, 135:110-113, 1983.
- KING, P.M. Comparison of methods for measuring severity of water repellence of sandy soils and assessment of some factors that affect its measurement. *Aust. J. Soil Res.*, 19:275-285, 1981.
- MA'SHUM, M.; TATE, M.E.; JONES, G.P. & OADES, J.M. Extraction and characterization of water-repellent materials from Australian soils. *J. Soil Sci.*, 39:99-110, 1988.
- McGHIE, D.A. & POSNER, A.M. Water repellence of a heavy textured Western Australian surface soil. *Aust. J. Soil Res.*, 18:309-323, 1980.

- NAKAYA, N.; YOKOI, H. & MOTOMURA, S. The method for measuring of water repellency of soil. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 23:417-426, 1977.
- QUALLS, R.G. & HAINE, B.L. Geochemistry of dissolved organic nutrients in water percolating through a forest ecosystem. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 55:1112-1123, 1991.
- ROBERTS, F.J. & CARBON, B.A. Water repellence in sandy soils of South-Western Australia. II. Some chemical characteristics of the hydrophobic skins. *Aust. J. Soil Res.*, 10:35-42, 1972.
- SALATINO, A. & SILVA, J.B. Método para separação de constituintes comuns de ceras vegetais por cromatografia em camada delgada. *B. Bot.*, 10:1-6, 1988.
- SCHOOL, D.G. Soil wettability and fire in Arizona chaparral. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 39:356-361, 1975.
- WALLIS, M.G. & HORNE, D.J. Soil water repellency. *Adv. Soil Sci.*, 20:91-138, 1992.
- WALLIS, M.G.; HORNE, D.J. & PALMER, A.S. Water repellency in a New Zealand development sequence of Yellow Brown Sands. *Aust. J. Soil Res.*, 31:641-654, 1993.
- WALLIS, M.G.; SCOTTER, D.R. & HORNE, D.J. An evaluation of the intrinsic sorptivity water repellency index on a range of New Zealand soils. *Aust. J. Soil Res.*, 29:353-362, 1991.
- WANDER, I.W. An interpretation of the cause of water repellent sandy soils found in citrus groves of central Florida. *Science*, 110:299-301, 1949.