



**HIDROFOBICIDADE EM SOLOS ARENOSOS E ARGILOSOS SOB
DIFERENTES USOS NA REGIÃO SEMIARIDA DE PERNAMBUCO**

ADRIANO DOS SANTOS MOURA

GARANHUNS - PE

FEVEREIRO - 2018



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO AGRÍCOLA**

**HIDROFOBICIDADE EM SOLOS ARENOSOS E ARGILOSOS SOB DIFERENTES
USOS NA REGIÃO SEMIARIDA DE PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em PRODUÇÃO AGRÍCOLA da Universidade Federal Rural de Pernambuco da Unidade Acadêmica de Garanhuns, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em PRODUÇÃO AGRÍCOLA.

ADRIANO DOS SANTOS MOURA

Orientador: MARCELO METRI CORRÊA
Co-orientador: ALEXANDRE TAVARES DA ROCHA

GARANHUNS - PE
FEVEREIRO - 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Ariano Suassuna, Garanhuns - PE, Brasil

M929h Moura, Adriano dos Santos

Hidrofobicidade em solos arenosos e argilosos sob
diferentes usos na região semiárida de Pernambuco /
Adriano dos Santos Moura. - 2018.

55 f.: 12 il.

Orientador: Marcelo Metri Corrêa.

Co-orientador: Alexandre Tavares da Rocha
Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola)
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa
de Pós-Graduação em Produção Agrícola, Garanhuns,
BR - PE, 2018.

Inclui referências

1. Solos 2. Ciclo hidrológico 3. Infiltração I. Corrêa, Marcelo
Metri, orient. II. Rocha, Alexandre Tavares da, co-orient. III. Título

CDD 631.4

**HIDROFOBICIDADE EM SOLOS ARENOSOS E ARGILOSOS SOB DIFERENTES
USOS NA REGIÃO SEMIARIDA DE PERNAMBUCO**

ADRIANO DOS SANTOS MOURA

Data da defesa: 23/02/2018

COMISSÃO EXAMINADORA

MEMBROS TITULARES

Dr. Marcelo Metri Corrêa (Orientador)

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE/UAG)

Dr. José Romualdo de Sousa Lima

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE/UAG)

Dr. Valdomiro Severino De Souza Júnior

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE-DEPA)

*Ao meu PAI, exemplo de caráter.
À minha MÃE, exemplo de amor e dedicação.
À minha IRMÃ, exemplo de esperança e fé.
Aos AMIGOS, pelo incentivo.
Dedico*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me dar sabedoria e a oportunidade de desfrutar de uma vida cheia de bênçãos e milagres.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco e o Curso de Pós-Graduação em Produção Agrícola pela oportunidade de me proporcionar experiências.

A FACEPE, pela concessão da bolsa que possibilitou a minha dedicação exclusiva ao Curso de Mestrado e conclusão dessa obra.

Ao professor-orientador Marcelo Metri Corrêa, pelos ensinamentos e inúmeras horas de paciência, compreensão durante a realização desta obra.

Ao Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Produção Agrícola Keila Moreira, pelo incentivo e esclarecimento de dúvidas.

Aos professores, José Romualdo de Sousa Lima, Alexandre Tavares Rocha e Kleber Regis e Erika Valente, pelos conhecimentos transmitidos, contribuindo para o enriquecimento do presente trabalho.

À Jane Kelly Silva Araújo, pela ajuda nas interpretações e conhecimento transmitidos no decorrer do trabalho.

Aos meus pais, Raimundo Alves de Moura e Maria Helena dos Santos Moura, minha irmã Adrielle dos Santos Moura, pelo carinho, educação e por estarem mesmo que distante presente em todas as etapas da minha vida.

À Maria do Bom conselho Lacerda Medeiros, agradeço pelo ajudar, acolhida e palavras de apoio, obrigado!

À Marlon Ribas e Cidney Barbosa, pela ajuda nas coletas de campo e por estarem comigo até a conclusão deste trabalho.

Aos meus amigos Jorge Marcos Peniche Barbosa, Aurelino Matos do Amaral, Herbert Magalhães e Fagner Lopes Guedes, pelos conselhos e palavras de apoio durante essa obra.

Aos amigos dos laboratórios de Solos e Geologia e Química Agrícola, pela ajuda nas análises, especialmente a Dr. Raquel B. Barros, Jessica Oliveira, Cassio Lopes, Gabriel Henrique, Anderson Dantas, David Lukas, Analice Nunes, José Tarciso Felix, Maria Fernanda Tenório, Arnaldo Joaquim, Amós Barbosa, Patricia Cavalcante, Daniela da Silva, Raquel Maria.

Aos técnicos Luan da Costa (laboratório LANA), Martone e Camila pela ajuda em manusear os equipamentos e por estarem sempre à disposição.

Aos amigos e colegas que participaram da realização do trabalho e pela importante amizade no decorrer do curso.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho e pelos bons momentos.

Obrigado!

RESUMO

A hidrofobicidade ou repelência à água do solo é um fenômeno bem reconhecido que influencia o comportamento hidrológico do solo. Os solos repelentes de água resistem ao molhamento e inibem a infiltração. A redução da infiltração no solo gera consequência na germinação das sementes, crescimento e desenvolvimento da planta, aumento do escoamento superficial, ocasionando a erosão do solo, lixiviação de nutrientes, especialmente em regiões com fortes chuvas após extensões prolongadas de seca. Embora a repelência à água tenha sido frequentemente associada às vegetações diversas e solos de textura grossa, vários estudos demonstraram que a repelência severa da água também ocorre em vários tipos de solo, incluindo aqueles com textura fina e bem agregados. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi identificar e caracterizar a hidrofobicidade em solos com distintas textura e sob diferentes condições de manejo (pastagem e vegetação nativa), relacionando com os atributos físicos, físico-hídricos, químicos e microbiológicos desses solos. O estudo foi realizado nos municípios de São João e Brejão na região agreste, semiárido de Pernambuco. A área delimitada foi de 20x20 m, subdividida em parcelas de 2x2 m. As amostras deformadas e indeformadas foram coletadas nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade em área de vegetação natural e pastagem, com as quais foram avaliados os atributos químicos, físicos, físico-hídricos. Para as análises microbiológicas, foram coletadas amostras deformada a cada 2,5/2,5 cm de profundidade até 20 cm, em área de vegetação natural, as quais foram mantidas sob refrigeração. O grau de repelência realizado pelo tempo de penetração da gota de água (TPGA), foi mais severa em Latossolo Amarelo do que em Neossolo Regolítico. As curvas da infiltração de água em profundidade demonstram comportamento distinto. Na profundidade de 0-10cm não apresentou tendência exponencial da curva de infiltração, com fluxo constante. O pH H₂O, acidez potencial do solo (H+Al) e carbono orgânico total, foram significativos no manejo. O índice de hidrofobicidade (IH) encontrada através da relação das bandas de carbono alifáticos e carbonos aromáticos nas duas amostras de solo foram maiores em área de mata nativa do que em área de caatinga.

Palavras-chave: Solos repelentes; Comportamento hidrológico; Infiltração

ABSTRACT

The hydrophobicity or water repellency of the soil is a well recognized phenomenon that influences the hydrological behavior of the soil. Water repellent soils resist wetting and inhibit infiltration. Reduction of soil infiltration results in seed germination, plant growth and development, increased runoff, soil erosion, nutrient leaching, especially in regions with heavy rains after prolonged periods of drought. Although water repellency has often been associated with diverse vegetation and coarse-textured soils, several studies have shown that severe water repellency also occurs in several soil types, including those that are well-textured, well-aggregated soils. In this sense, the objective of this work was to identify and characterize the hydrophobicity in sandy and clayey soils under different management conditions (pasture and native vegetation) of Agreste Meridional of Pernambuco, as well as its relationship with some physical, water and chemical properties of the soil. The delimited area was 20x20 m, subdivided into 2x2 m plots. The deformed and undisturbed samples were collected in the 0-10 and 10-20 cm depth layers in an area of natural vegetation, the chemical, physical and water attributes were evaluated, as well as a simple ring infiltration test. For the microbiological analyzes, deformed samples were collected every 2.5 / 2.5 cm depth up to 20 cm, in an area of natural vegetation, which were kept under refrigeration. The degree of repellency performed by the water drop penetration time (TPGA) was more severe in Yellow Latosol than in Regolitic Neosol. Water depth infiltration curves show distinct behavior. In the 0-10cm depth, there was no exponential tendency of the infiltration curve, with constant flow. The pH H₂O, soil potential acidity (H + Al) and total organic carbon were significant in the management. The hydrophobicity index (IH) found by the ratio of aliphatic carbon bands and aromatic carbons in the two soil samples was higher in the native forest area than in the caatinga area.

Key-words: Soil repellent; Hydrological behavior; Infiltration

Lista de Figuras

Figura 1: Localização dos pontos de estudo.....	20
Figura 2: Dados de temperatura e precipitação na área de Mata Nativa, Brejão-Pe.	21
Figura 3: Dados de temperatura e precipitação na área de Caatinga, São João-Pe.	21
Figura 4: Teste de infiltração na área de Caatinga (A) e Teste de infiltração na área de Mata Nativa (B).....	22
Figura 5: Teste do tempo de penetração da gota de água realizado na área de mata. Brejão-Pe	24
Figura 6: Teste do tempo de penetração da gota de água realizado na área de Caatinga. São João-Pe.	24
Figura 7: Teste do tempo de penetração da gota de água em Latossolo Amarelo. Brejão-Pe.	29
Figura 8: Valores médios do teste de penetração da gota de água na área da caatinga por profundidade.....	31
Figura 9: Teste de infiltração realizado na área da mata. Letras (A, B) são os 5 pontos em suas respectivas profundidades (0-10 e 10-20 cm) onde o teste foi realizado com água. Letras (C e D) são os 5 pontos em suas respectivas profundidades (0-10 e 10-20 cm) onde o teste foi realizado com álcool.....	33
Figura 10: Teste de infiltração realizado na área da Caatinga. Letras (A, B) são os 5 pontos em suas respectivas profundidades (0-10 e 10-20 cm) onde o teste foi realizado com água. Letras (C e D) são os 5 pontos em suas respectivas profundidades (0-10 e 10-20 cm) onde o teste foi realizado com álcool.....	35
Figura 11: Espectros de Infravermelho com Transformada de Fourier na área de mata. Letras (A) uma amostra denominada mais hidrofóbica na profundidade (0-10 cm), com e sem extração. Letras (B) uma amostra denominada menos hidrofóbica na profundidade (10-20 cm), com e sem extração.	42
Figura 12: Espectros de Infravermelho com Transformada de Fourier na área de Caatinga. Letras (A) amostra mais hidrofóbica na profundidade (0-10 cm), com e sem extração. Letras (B) amostra menos hidrofóbica na profundidade (10-20 cm), com e sem extração.	44

Lista de Tabelas

Tabela 1: Localização e descrição simplificada dos locais dos perfis estudados.....	19
Tabela 2: As classes de repelência à água do solo e os intervalos WDPT utilizados neste estudo.	24
Tabela 3: Atributos físico-hídricos de um Latossolo húmico sob diferente uso, em Brejão – PE	27
Tabela 4: Atributos físico-hídricos de um Neossolo Regolítico sob diferente uso, em São João– PE.....	31
Tabela 5: Atributos químicos de um Latossolo húmico sob diferente uso, em Brejão – PE. ..	36
Tabela 6: Atributos biológicos de um Latossolo húmico sob diferente uso, Brejão – PE	39
Tabela 7: Atributos químicos de um Neossolo Regolítico sob diferente uso, em São João – PE.	40
Tabela 8: Atributos biológicos de um Neossolo Regolítico sob diferente uso, Brejão – PE ...	41

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.2 FATORES QUE CONDICIONAM O CARÁTER HIDROFÓBICO	17
2.2.1 Granulometria.....	17
2.2.2 Matéria orgânica do solo	18
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA.....	19
3.2 COLETAS DAS AMOSTRAS	20
3.3 CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS DO PERÍODO DE COLETA.....	21
3.4 ANÁLISE QUÍMICA.....	21
3.5 ANÁLISE FÍSICA	22
3.6 ANÁLISE FÍSICO-HÍDRICA	22
3.6.1 Teste de infiltração	22
3.6.2 Sortividade e índice de repelência.....	22
3.6.3 Teste do tempo de penetração da gota de água (TPGA).....	24
3.7 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA	25
3.7.1 Carbono orgânico total.....	25
3.7.2 Carbono da biomassa microbiana	25
3.7.3 Respirometria do solo.....	25
3.7.4 Quociente metabólico e microbiano.....	25
3.8 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO POR ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR).....	26
3.9 - ANÁLISES ESTATÍSTICAS	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 ATRIBUTOS FÍSICO-HÍDRICOS.....	27
4.1.1 Solo argiloso.....	27
4.1.2 Solo Arenoso	30
4.2 CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA, SORTIVIDADE E ÍNDICE DE REPELÊNCIA ..	33
4.2.1 Solo Argiloso.....	33
4.2.2 Solo Arenoso	34
4.3 ATRIBUTOS QUÍMICOS	36
4.3.1 Solo Argiloso.....	36

4.3.2 Solo Arenoso	39
4.4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE MATA E CAATINGA POR ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR).....	42
4.4.1 Solo Argiloso.....	42
4.4.2 Solo Arenoso	44
4.5 ANALISE DA RELAÇÃO DA HIDROFOBICIDADE ENTRE A ÁREA DE MATA E CAATINGA	46
5 CONCLUSÃO.....	47
6 REFERENCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

A hidrofobicidade ou repelência à água do solo é um fenômeno bem reconhecido que influencia o comportamento hidrológico do solo e a produtividade agrícola. Os solos repelentes à água resistem ao molhamento e inibem a infiltração (DEKKER e RITSEMA, 1994; VOGELMANN et al., 2012; DIAMANTIS, 2013).

A consequência da redução da infiltração de água, pode afetar a quantidade de água disponível no solo, afetando assim a germinação das sementes, crescimento e desenvolvimento da planta. Devido a redução da taxa de infiltração, ocorre a redistribuição de água no perfil do solo, o aumento do escoamento superficial, ocasionando a erosão do solo, lixiviação de nutrientes, especialmente em regiões com fortes chuvas após extensões prolongadas de seca (MADSEN et al., 2011; GONZÁLEZ-PEÑALOZA et al., 2012).

O termo hidrofobicidade é usado nas ciências agrárias para identificar a repelência do solo à água (HANSEL et al., 2008). A sua ocorrência é relatada em diferentes continentes, com ampla variação das condições bioclimáticas, tais como: Europa (DOERR et al., 2007), Ásia (JARAMILLO, 2006), Oceania (DEURER et al. 2011) e América do Sul (VOGELMANN et al., 2010).

No Brasil há poucos registros desse fenômeno, sendo descritos em solos do Pará, Maranhão, Paraná e Rio Grande do Sul (JOHNSON et al., 2005; HANSEL et al., 2008; VOGELMANN et al., 2010). Segundo Vogelmann et al. (2013), os solos arenosos são mais propícios ao surgimento do caráter hidrofóbico, pois sua superfície específica é menor, o que favorece o recobrimento das partículas minerais. Embora a repelência à água tenha sido frequentemente associada a vegetações diversas e solos de textura grossa, vários estudos demonstraram que a repelência severa da água também ocorre em vários tipos de solo, incluindo aqueles de textura fina, bem agregados, ácidos ou alcalinos (DOERR et al., 2000; JARAMILLO, 2004; JORDÁN et al., 2013; ZHENG et al, 2016).

A relação entre a matéria orgânica (MO) e a hidrofobicidade tem sido motivo de vários estudos (DOERR et al., 2007; VOGELMANN, et al., 2010, BLAS et al., 2013), uma vez que os compostos hidrofóbicos são provavelmente de natureza orgânica. A hidrofobicidade é causada, essencialmente, por carbonos e hidrogênios alifáticos presentes em metil e metileno, os mesmos são grupos funcionais presentes na composição da matéria orgânica. (SIMON et al., 2009).

O mecanismo que regula de hidrofobicidade da superfície está associada a reconfiguração ou reorientação de compostos anfipáticos da matéria orgânica quando eles

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo interagem com a água (WIJewardana et al., 2016). Quando molhados os grupos polares da matéria orgânica do solo interagem com as moléculas de água, quando o solo seca estes grupos interagem uns com os outros (NOWAK et al., 2013).

A repelência de água do solo está estreitamente ligada a sortividade, que por ser um parâmetro hidrológico pode ser reduzida a depender da quantidade de compostos orgânicos no meio, afetando diretamente a infiltração de água no solo. (DOERR et al., 2000; JORDÁN et al., 2013; VOGELMANN et al., 2013; MULLER et al., 2014).

Existem vários métodos para identificar a ocorrência e severidade da repelência da água do solo, sendo a molaridade do etanol (MED) e o teste de penetração de gotículas de água (TPGA) os mais utilizados. O TPGA é um parâmetro em função do tempo e com base no ângulo de contato da água-solo, pode determinar se o solo é hidrofóbico (DEKKER e JUNGERIUS, 1990; DEKKER e RITSEMA, 1994). Outro método menos usual é o cálculo de índice de hidrofobicidade e índice de condensação, que utilizam espectros de Infravermelho com Transformada de Fourier (STEVENSON, 1994).

Alguns pesquisadores utilizam o FTIR diretamente para o estudo da composição da matéria orgânica na amostra de solo (Simon, 2007a; Simon, 2009). As bandas específicas de absorção dos espectros que indicam caráter hidrofóbico são os grupos com carbonos e hidrogênios, e os que indicam o caráter hidrofílico são os grupos com carbonos e oxigênios, de acordo com os autores isso pode explicar a capacidade de umedecimento e repelência do solo (ELLERBROCK et al., 2005).

O fenômeno da hidrofobicidade ou repelência de água é um tema bem discutido em todo o mundo, por causar grandes prejuízos nas áreas florestais, cultivadas e pastagem. Tal fenômeno já foi identificado em diversas classes de solo, reduzindo a taxa de infiltração no solo e conseqüentemente impedindo o desenvolvimento de culturas. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi identificar e caracterizar a hidrofobicidade em solos arenosos e argilosos sob diferentes condições de uso (pastagem e vegetação nativa) na região do agreste meridional pernambucano, como também sua relação com algumas propriedades físicas, físico-hídricas, químicas do solo e microbiológicas.

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 OCORRÊNCIA DA HIDROFOBICIDADE NO SOLO

A hidrofobicidade pode ser compreendida como a dificuldade de molhamento do solo pela água, podendo limitar o fluxo de água, geralmente devido ao recobrimento das partículas do solo por substâncias orgânicas hidrófobas (VOGELMANN et al., 2012; MAO et al., 2016). Este fenômeno ocorre em diferentes tipos de solos, em várias profundidades e sob uma ampla gama de espécies de vegetação (LICHNER et al., 2007; ZALAVA et al., 2014). As espécies de plantas mais comumente associadas à repelência de água no solo são folhas de árvores perenes com uma quantidade considerável de resinas, ceras ou compostos aromáticos na sua composição, como eucaliptos e pinheiros (MARTÍNEZ-ZAVALA & JORDÁN-LÓPEZ, 2009).

O tema da hidrofobicidade em solos vem se tornando um assunto de preocupação global, com efeitos substanciais na produção vegetal, no uso e manejo da terra (MÜLLER & DEURER, 2011; VOGELMANN et al., 2013).

A hidrofobicidade do solo foi documentada em áreas cultivadas, pastagens e florestas (DOERR et al., 2006). É um fenômeno documentado em diversos países ao redor do mundo, e pode ser responsável pelo escoamento superficial, erosão e fluxo preferencial de água no solo (VOGELMANN et al., 2013). Pesquisas realizadas em Portugal mostraram que a hidrofobicidade tornou-se cada vez mais reconhecida como uma propriedade importante do solo, que pode afetar o fluxo de água em solos florestais, particularmente em ambientes sazonalmente secos (FERREIRA et al., 2000; FERREIRA et al., 2016).

Além da redução da infiltração causada por compostos hidrofóbicos, solos sob cultivo intenso podem ter consequência nesses compostos, devido ao seu menor conteúdo de matéria orgânica quando comparada com solos naturais. Em termos de equilíbrio hidrofóbico e hidrofílico, as mudanças observadas em solos com elevado cultivo podem modificar a estrutura dos poros no conjunto molecular húmico e assim aumentar o seu caráter hidrofílico. Em alguns casos, a distribuição desses compostos na parede dos agregados ou poros do solo pode induzir a ocorrência de fluxo preferencial, fazendo com que ocorram perdas de solutos por lixiviação. Assim, são fundamentais os estudos buscando para entendermos a gênese da hidrofobicidade em nível de estrutura de poros no solo e os seus possíveis impactos na dinâmica da água no solo (VOGELMANN, et al., 2015 e VOLIKOV et al., 2016).

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

Há outros fatores afetam o surgimento e a gravidade da hidrofobicidade, tais como: conteúdo de matéria orgânica, a textura do solo, o estado de agregação, teor de umidade do solo, intensidade do fogo, pH do solo e as diferentes condições climáticas (OLORUNFEMI et al., 2014; CESARANO et al., 2016; OLORUNFEMI et al., 2017; MAIMON et al., 2017; GAO et al., 2018).

A atividade microbiana é um fator importante na manifestação do caráter hidrofóbico. Os micro-organismos (fungos e bactérias) do solo decompõem a matéria orgânica do solo, sendo que os compostos hidrofílicos são facilmente degradados, resultando em uma elevação da acumulação de compostos hidrofóbicos ao longo do tempo (LOZANO et al., 2014). A capacidade dos micro-organismos do solo para degradar diferentes compostos de MOS depende da composição da espécie vegetais, de modo que isso pode afetar mudanças na repelência de água no solo (RAS) (MULLER et al., 2010; LOZANO et al., 2013).

Estudos realizados sugerem que o RAS pode ser causado por substâncias produzidas pela atividade de certas espécies de fungos (SAVAGE et al., 1969). Grupo de fungos e outros micro-organismos podem estar associados a plantas e podem contribuir para a hidrofobicidade do solo por meio de seus produtos ou pelo processamento de material orgânico (LOZANO, et al., 2013). Por outro lado, pesquisas destacam que a relação entre repelência de água e plantas pode não ser sempre direta.

2.2 FATORES QUE CONDICIONAM O CARÁTER HIDROFÓBICO

2.2.1 Granulometria

Em condições naturais, as superfícies dos minerais de solo molhável são frequentemente revestidas por compostos orgânicos hidrofóbicos, causando a repelência da água. Assim, dois dos fatores que também podem influenciar a repelência do solo à água são: textura e mineralogia do solo (DEBANO, 2000; MATAIX-SOLERA et al., 2013).

Alguns pesquisadores argumentam que o a repelência de água do solo está associada a solos mais arenosos (Roberts e Carbon, 1972; McGhie e Posner, 1980; DeBano, 1991; GONZÁLEZ-PEÑALOZA, et al., 2013). Em contrapartida Bonanomi et al. (2016), não encontraram correlação entre a textura do solo e repelência de água do solo. Vogelmann et al. (2010), avaliando dezessete classes de solos, não encontraram correlação entre a composição granulométrica e o índice de hidrofobicidade. Ainda de acordo com os autores, isso demonstra a inconsistência entre as observações e evidencia a necessidade de estudos prolongados, que

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

visem esclarecimento de como os compostos orgânicos estão relacionadas às frações granulométricas no solo.

Em uma área de monocultivo de eucalipto foi observada que a repelência de água do solo aumentou com o tamanho das partículas (CROCKFORD et al., 1991). De acordo com o DeBano (1991), esse fenômeno é comumente associado a solos com menos de 10% de argila, logo conclui que a adição de argilas pode ser eficaz na redução da RAS em solo arenoso. Em contraste, solos contendo 25-40% de argila apresentaram RAS extremo, segundo Dekker e Ritsema (1996).

2.2.2 Matéria orgânica do solo

Alguns autores descrevem que solos repelentes à água contêm mais matéria orgânica do que os solos não repelentes a água (ATANASSOVA e DOERR, 2010; MAINWARING et al., 2013).

Conforme Mirbabaei et al. (2013), existe uma correlação positiva entre o teor de matéria orgânica do solo e a repelência da água do solo. O autor ainda destaca que embora solos com maior conteúdo de matéria orgânica não apresentam necessariamente a hidrofobicidade mais severa, é destacando o papel desempenhado pela composição da matéria orgânica do solo. Em complemento descrito por Mao et al. (2016), uma maior concentração absoluta de repelência de água do solo correlaciona-se com um maior COT, e um aumento no COT leva a uma maior hidrofobicidade do solo. Contudo, os autores ainda discutem sobre a influência da vegetação está diretamente relacionada com a repelência da água do solo, bem como a suas substâncias orgânicas.

Conforme descrito por Doerr et al. (2000), a vegetação pode contribuir consideravelmente na liberação de ceras, resinas, e citam como exemplos o caso do eucalipto e do pinus que atualmente são as espécies florestais mais comumente associados com a hidrofobicidade.

De Blass et al. (2013) observaram uma redução da hidrofobicidade de amostras de solos sob florestas de pinus e eucalipto após a extração dos lipídios livres, seguida pela extinção completa da hidrofobicidade após uma nova extração química, que removeu os lipídeos associados a fração mineral. A concentração de lipídios livres em solos pode ter uma relação positiva significativa com a hidrofobicidade, contudo, alguns compostos lipídicos estão

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

aderidos na composição orgânica recalcitrante, que tem um efeito a um período prolongado nas propriedades físico-químicas da matriz do solo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA

As áreas de estudo estão situadas em duas propriedades localizadas na região Agreste Meridional, semiárido pernambucano, nos municípios de São João e Brejão (tabela 1). Os critérios utilizados para a seleção dos solos para estudo foram o teor de COT, tipo de vegetação e textura do solo. Assim, foram selecionadas uma área sob Neossolo Regolítico e uma área sob Latossolo Amarelo com A húmico, em ambas foram selecionadas duas glebas (área de pastagem e área de vegetação nativa) com ponto de estudo (figura 1).

Tabela 1: Localização e descrição simplificada dos locais dos perfis estudados

Município	Mesorregião	Clima	Relevo	Solo	Veg. primária	Uso	Coordenadas
São João	Agreste	As	Suave ondulado	Neossolos Regolíticos	Caat. hipoxerófila	Vegetação nativa e Pastagem	S 08°48'36,0" W 36°24'24,5" "
Brejão	Agreste	Cs'a	Ondulado com vales profundos e estreitos dissecados	Latossolo Amarelo	Floresta subperenifólia	Vegetação nativa e Pastagem	S08°59'24,6" W 36°33'30,9" "

Veg.: vegetação; caat.: caatinga

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

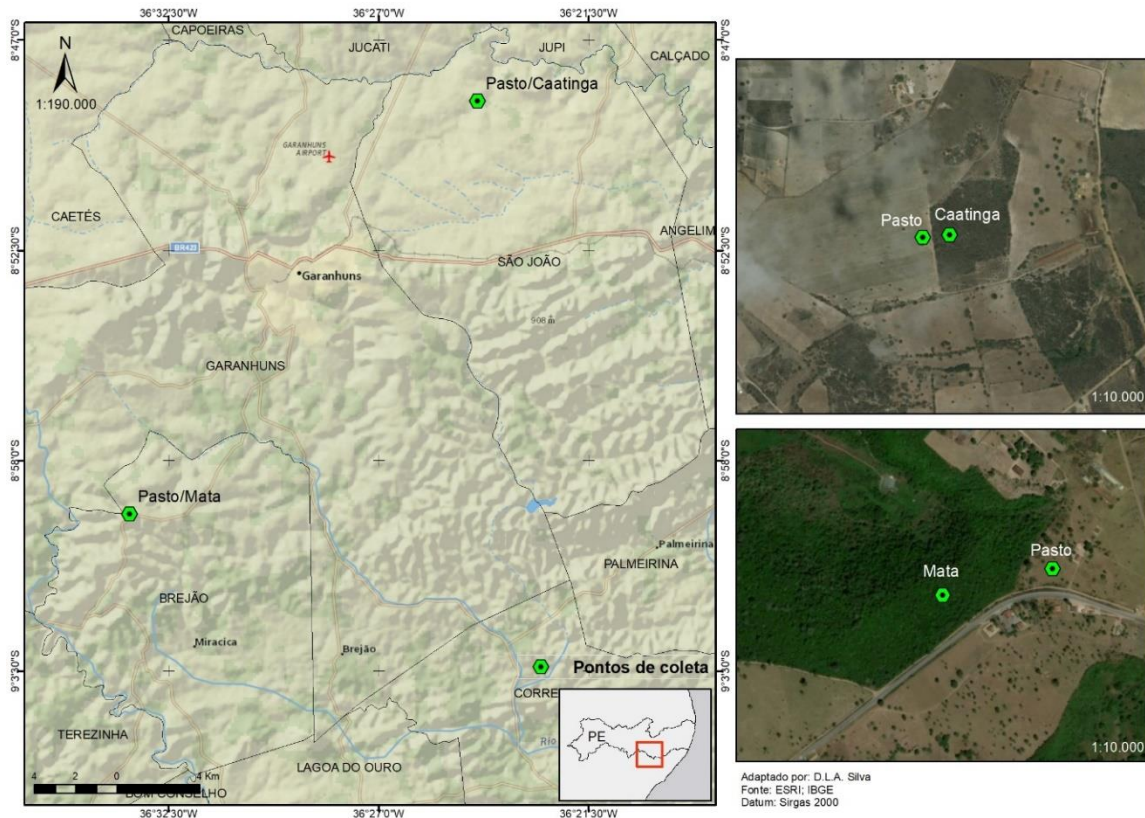


Figura 1: Localização dos pontos de estudo.

Em todas as glebas selecionadas foram coletadas amostras de solos deformadas e indeformadas e realizadas testes de infiltração em campo, conforme se segue.

3.2 COLETAS DAS AMOSTRAS

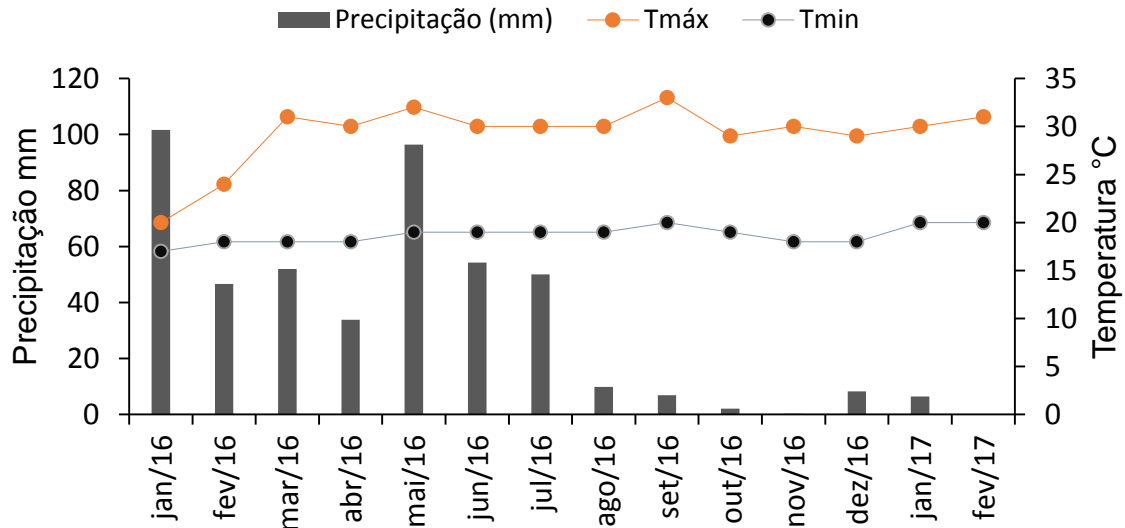
Nas glebas selecionadas foram delimitadas uma área de 20x20 m, subdividida em parcelas de 2x2 m, totalizando 100 parcelas. Foram sorteadas aleatoriamente cinco parcelas para amostragem. As amostras deformadas e indeformadas foram coletadas nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade em área de vegetação natural (caatinga ou mata subperenifólia) e pastagem (Tabela 1). Para as análises microbiológicas foram utilizados os mesmos cinco pontos sorteados na área, onde se coletou amostras deformadas a cada 2,5cm de profundidade até 20 cm, em área de vegetação natural (caatinga ou mata subperenifólia), as quais foram mantidas sob refrigeração desde a coleta em campo até o laboratório.

As amostras foram transportadas para a Central de Laboratórios de Garanhuns (CENLAG) na Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns UFRPE/UAG. Cada uma das amostras (0-10 e 10-20 cm) deformadas foi seca ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm, para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA).

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

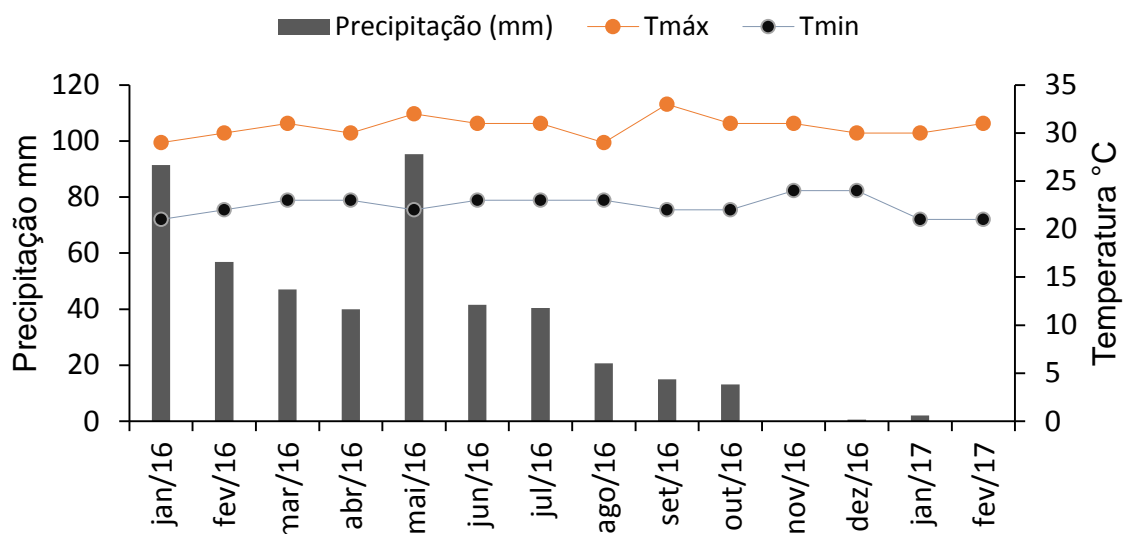
3.3 CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS DO PERÍODO DE COLETA

As amostras foram coletadas no período seco do ano de 2016, mais especificamente entre os meses de Nov/2016 a Jan/2017.



Fonte: APAC, 2018.

Figura 2: Dados de temperatura e precipitação na área de Mata Nativa, Brejão-Pe.



Fonte: APAC, 2018.

Figura 3: Dados de temperatura e precipitação na área de Caatinga, São João-Pe.

3.4 ANÁLISE QUÍMICA

Foram realizadas as seguintes análises químicas de acordo com EMBRAPA (2011): pH em água; Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis extraídos por KCl 1 mol L^{-1} e determinados por espectrofotometria de absorção atômica; K^{+} e Na^{+} trocáveis determinados por espectrofotometria de chama, após extração com Mehlich-1 (HCl $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$ e H_2SO_4 $0,025 \text{ mol.L}^{-1}$), o qual extraiu também o P disponível, que foi determinado por colorimetria; $\text{H}^{+} + \text{Al}^{3+}$

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

foi extraído com acetato de cálcio 1 mol.L⁻¹ a pH 7,0 e determinado volumetricamente com solução de NaOH 0,025 mol.L⁻¹, na presença do indicador fenolfetaleína. A partir de tais resultados foram calculados: soma de bases (S); capacidade de troca de cátions (T).

3.5 ANÁLISE FÍSICA

As análises físicas foram realizadas de acordo com EMBRAPA (2011). Foram determinadas: granulometria pelo método do densímetro, utilizando-se o hidróxido de sódio (NaOH 0,1 mol. L⁻¹) e o hexametáfosfato de sódio (Na₁₆P₁₄O₄₃) como dispersante químico; a densidade do solo (Ds) foi obtida através da coleta de amostras inderformadas com anéis volumétricos de PVC com o auxílio do amostrador de uhland; a densidade das partículas (Dp) pelo método do balão volumétrico utilizando o álcool como líquido penetrante.

3.6 ANÁLISE FÍSICO-HÍDRICA

3.6.1 Teste de infiltração

A curva de infiltração foi obtida em campo com o auxílio de um infiltrômetro de anel simples de 15 cm de diâmetro (Figura 3). Os ensaios consistiram em anotar o tempo que volumes constantes de água (100 ml) adicionados continuamente no anel, levavam para serem infiltrados, encerrando-se ao atingir fluxo com regime permanente. Durante a realização de cada teste, foram coletadas amostras deformadas para determinação das umidades inicial (Θ_0) e final (Θ_s) e da densidade do solo (Ds).



Figura 4: Teste de infiltração na área de Caatinga (A) e Teste de infiltração na área de Mata Nativa (B).

3.6.2 Sortividade e índice de repelência

O índice de repelência (IR) foi avaliado de acordo com o método preconizado por Tillman et al. (1989), o qual relaciona a sortividade da água (S_{água}) e do etanol (S_{etanol}). A relação dessas sortividades é dada pela equação 1:

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

$$S_{\text{água}} \left[\frac{(\mu_e/\gamma_e)^{1/2}}{(\mu_a/\gamma_a)^{1/2}} \right] S_{\text{etanol}} \quad \text{Eq. 1}$$

em que: μ_e é a viscosidade do etanol (95%) a 20°C (0,0012 N s m⁻²); γ_e é a tensão superficial do etanol (95%) a 20°C (0,023 N m⁻¹); μ_a é a viscosidade da água a 20°C (0,0010 N s m⁻²); γ_a é a tensão superficial da água a 20°C (0,073 N m⁻¹). Usando esses valores, a equação 1 é simplificada à equação 2.

$$S_{\text{água}} = 1,95 S_{\text{etanol}} \quad \text{Eq. 2}$$

Assim, o índice R é simplificado para a equação 3 (TILLMAN et al., 1989).

$$R = 1,95 \left[\frac{S_{\text{etanol}}}{S_{\text{água}}} \right] \quad \text{Eq. 3}$$

No laboratório, a sortividade foi determinada utilizando-se um microinfiltrômetro de tensão (WHITE e SULLY, 1987), constituído de um tubo em que uma das extremidades está conectada a um reservatório com o líquido e na outra extremidade possui uma pequena esponja, a qual faz contato com o agregado. No teste, foram utilizados dois líquidos diferentes, água destilada e etanol (95%), os quais possuem diferentes densidades, viscosidades e ângulos de contato com o solo. Os testes foram conduzidos em amostras indeformadas coletadas em anel com dimensões de 5x5 cm (diâmetro x altura) na época mais seca e as leituras do volume do líquido infiltrado foram realizadas até atingir o fluxo constante ou a frente de molhamento chegar a borda do anel.

A sortividade (S) foi obtida pela equação

$$S = \sqrt{\frac{Qf}{4br}} \quad \text{Eq. 4}$$

em que: Q corresponde à medida do fluxo de líquido (mm³ s⁻¹); b é dependente do parâmetro da função de difusão da água no solo sendo tomado o valor de 0,55, de acordo White e Sully (1987), r é o raio ponta do infiltrômetro (0,5 mm); f é a porosidade total (mm³ mm⁻³). O fluxo de líquido (Q) (LEEDS-HARRISON et al., 1994).

Por meio do valor de IR, foi calculado o ângulo de contato solo-água pela equação (GRYZE et al., 2006):

$$\theta = \arccos \left[\frac{1}{TR} \right] \quad \text{Eq. 5}$$

3.6.3 Teste do tempo de penetração da gota de água (TPGA)

Foi utilizado o método do tempo de penetração da gota de água de três gotas e utilizando a média para a avaliação da hidrofobicidade na condição de campo, segundo procedimento descritos em Letey (1969).



Figura 5: Teste do tempo de penetração da gota de água realizado na área de mata. Brejão-Pe.



Figura 6: Teste do tempo de penetração da gota de água realizado na área de Caatinga. São João-Pe.

E para determinar o grau de repelência foram utilizados dados da tabela 2.

Tabela 2: As classes de repelência à água do solo e os intervalos WDPT utilizados neste estudo.

Classificação de repelência de água do solo	Intervalo de TPGA (s)
Molhável	≤ 5
Pouco	6 - 60
Muito	61 - 600
Severamente	601 - 3600
Extremamente	> 3600

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

Fonte: After Bisdom et al. (1993) e Doerr (1998)

3.7 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

3.7.1 Carbono orgânico total

O carbono orgânico total (COT) foi determinado por meio de oxidação utilizando solução de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$ 0,0667 mol.L⁻¹) em meio de ácido sulfúrico concentrado, com aquecimento em bloco digestor conforme método de Mendonça (2005) adaptado de (YEOMANS & BREMNER, 1988).

3.7.2 Carbono da biomassa microbiana

Na determinação do C-BMS utilizou-se o processo da irradiação conforme método de Mendonça e Matos (2005). A quantificação do carbono da biomassa microbiana extraível foi feita pela metodologia de VANCE et al. (1987) e TATE et al. (1988), utilizando-se como extrator solução aquosa de sulfato de potássio K_2SO_4 a 0,5 mol L⁻¹. A irradiação de 20 g de solo foi realizada utilizando-se um forno micro-ondas doméstico (SWIFT, 1996). Uma mesma quantidade de solo não foi submetida à irradiação, fazendo-se a extração direta com K_2SO_4 a 0,5 mol L⁻¹. Foi determinado o C nos extratos das amostras irradiadas e não-irradiadas utilizando o método colorimétrico (BARTLETT e ROSS, 1988), que utilizou o permanganato de potássio, em meio ácido, como agente oxidante.

3.7.3 Respirometria do solo

Na determinação da respiração basal do solo (RBS) foram tomadas 30 g de solo, umedecendo-as até atingirem volume correspondente a 70% da capacidade máxima de retenção de água do solo. As amostras umedecidas foram armazenadas e bem vedadas em potes de polietileno com impermeabilidade à luz e capacidade de 500 cm⁻³, juntamente com uma amostra de 10 ml da solução de NaOH 0,5 mol L⁻¹. Foi medido o CO₂ liberado pela respiração, o qual reagiu com NaOH 0,5 mol L⁻¹ e foi titulado com HCl 0,5 mol L⁻¹, tendo como indicador a fenolftaleína, após 72 horas de incubação a 25-28°C, conforme método de (MENDONÇA e MATOS, 2005). Foi mantido um recipiente branco, que não continham amostra de solo. O cálculo foi feito baseado na diferença entre o volume de HCl consumido pelas amostras e pelo branco.

3.7.4 Quociente metabólico e microbiano

O quociente metabólico (qCO₂) foi calculado pela razão entre a respiração basal do solo e o carbono da biomassa microbiana Anderson e Domsch (1993), expresso em

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

microgramas de C-CO₂ por micrograma de C microbiano por hora. O quociente microbiano (qMIC), foi calculado pela relação Carbono da biomassa microbiano/COT, de acordo com (SPARLING, 1992).

3.8 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO POR ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)

Para essa análise foram selecionadas duas amostras (a mais e a menos hidrofóbica pelo teste de penetração da gota) da coleta realizada a cada 2,5 cm. Foram utilizadas 2 gramas de TFSA macerada para a extração dos compostos hidrofóbicos usando o aparelho soxhth, adaptando-se o método descrito por Hansel et al. (2008). A extração foi realizada durante 12 horas utilizando clorofórmio: acetona (9:1, v/v), sendo, em seguida, lavada com água destilada para remoção do extrator. Após a primeira extração, as amostras de TFSA seca em estufa a 40°C, foram novamente embebidos em uma solução de isopropanol: amônia (IPA:NH₃), a 15,7 mol L⁻¹ NH₃ (7:3, v/v) por 12 h, para extrair a fração polar sendo, em seguida, lavada com água destilada para remoção do extrator.

As amostras que passaram por extração de compostos orgânicos e as que não sofreram extração foram submetidas ao FTIR. Para análise das pastilhas, as amostras e o padrão foram secos em estufa a 105°C por 24 h. Em seguida, foram pesadas 1 mg de amostra e 100 mg de KBr, ambos macerados com pistilo e gral de ágata e novamente secos em estufa a 105°C (ELLERBROCK & GERKE, 2004). Para confecção da pastilha com KBr foi usado em pastilhador semiautomático, no qual recebeu pressão direcionada de 8 t por um minuto para obtenção de uma pastilha lisa e espelhada e analisadas no espectrômetro de FTIR (espectrômetro de Infravermelho com Transformada de Fourier da marca SHIMADZU IRPrestige-21). As medidas foram feitas com 32 varreduras e os espectros foram obtidos na faixa de 4000 a 400 cm⁻¹ com resolução de 4 cm⁻¹. Conforme sugerido pelos autores Freixo et al. (2002), foram utilizadas as seguintes bandas obtidas nesse trabalho para o cálculo dos índices de Hidrofobicidade (IH) e índice de Condensação:

- a) a relação entre a absorbância da banda de absorção em 2929 cm⁻¹ e em 1050 cm⁻¹ foi chamada neste trabalho de índice de hidrofobicidade (IH), uma vez que expressa a relação entre grupos apolares (CH₃) e polares (-OH, C-O).
- b) a relação entre 1660 e 2929 cm⁻¹ foi denominada índice de condensação (IC), expressa a proporção de grupos conjugados e alifáticos.

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

Assim, quanto maior o IH de uma molécula orgânica, maior deverá ser sua resistência à degradação microbiana. O índice de condensação (IC) foi utilizado para estabelecer uma análise indireta do grau de condensação da molécula.

3.9 - ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram submetidos à análise de variância univariada, correlação simples. A comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey (5%) realizadas pelo software SAS 9.4.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ATRIBUTOS FÍSICO-HÍDRICOS

4.1.1 Solo argiloso

Como pode ser observado na tabela 3, os dados de TPGA mostram os valores de 2.891,2 e 1.272,3 s nas profundidades 0-10 cm e 10-20 cm, respectivamente, na área de mata, indicando grau severo de repelência à água nas duas profundidades de acordo com os limites descritos por Bisdorn et al. (1993) e Doerr (1998) (tabela 2). Esse comportamento pode ter influência da quantidade e qualidade dos compostos orgânicos presentes até a profundidade de 20 cm. O acúmulo desses compostos pode estar relacionado com o tipo de vegetação e comunidade microbiana presente no local de estudo, haja visto que a mata é de floresta subperenifólia, vegetação constituída por árvores verdes, grande número de folhas largas e densas, o solo coberto por camada de húmus.

Tabela 3: Atributos físico-hídricos de um Latossolo húmico sob diferente uso, em Brejão – PE

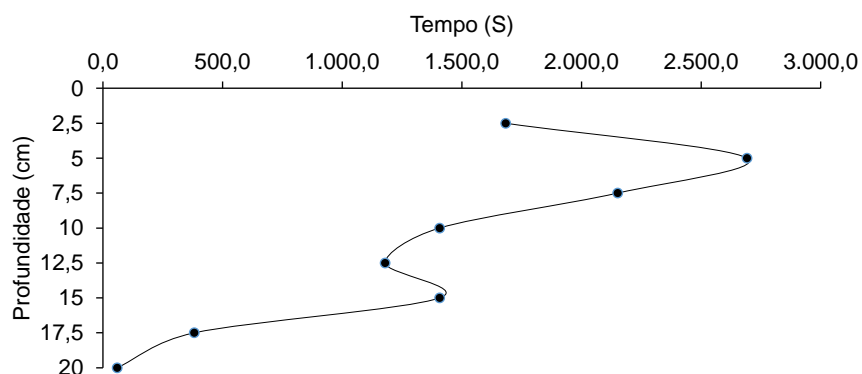
Uso		Mata	Pasto	Mata	Pasto
Prof.	cm	0_10	0_10	10_20	10_20
Areia	g kg ⁻¹	583,58 a	685,24 b	582,48 a	604,18 a
Silte	g kg ⁻¹	68,42 bc	58,76 c	109,52 a	99,82 ab

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

Argila	g kg ⁻¹	348 a	256,7 b	308 a	296 a
Dp	g cm ⁻³	2,73 a	2,74 a	2,77 a	2,81 a
ds	g cm ⁻³	1,11 b	1,29 a	1,10 bc	1,23 a
pt	cm ³ cm ⁻³	0,59 a	0,52 a	0,57 a	0,56 a
TPGA	s	2.891,2 a	3,40 b	1.272,3 a	1,40 b
S etanol	mm s ^{-1/2}	0,69 a	0,42 a	0,47 a	0,90 a
S H ₂ O	mm s ^{-1/2}	0,63 a	4,18 b	1,29 a	3,15 b
IR		3,05 a	0,20 b	1,58 a	0,58 b

Letras iguais na linha, não difere entre si, a nível de 5% de probabilidade pelo teste de tukey.

Os dados referentes ao comportamento do TPGA a cada 2,5 cm até os 20 cm estão apresentados na figura 7, onde observa-se a redução de TPGA em profundidade em todos os solos sob diferentes usos ($r = -0,85$). Os valores de TPGA são variáveis, aumentando em 5 cm, decrescendo em 12,5 cm, voltando a ter um leve aumento em 15 cm e diminuindo até 20 cm. Percebe-se que o grau de severidade está presente até 15 cm. Possivelmente esse comportamento é influenciado pela quantidade da MO, a partir dos próximos centímetros o solo se torna muito repelente, provavelmente em função da qualidade da MO. Esses dados estão de acordo com os valores de COT realizados nas mesmas profundidades (tabela 6). A situação anteriormente descrita indica uma possível atuação das substâncias orgânicas, que inicialmente tendem a se concentrar na superfície do solo em razão da proximidade do seu material originário. A atividade microbiológica (CBM) mostra comportamento positivo com COT e TPGA ($r = 0,50$ e $r = 0,59$), logo, isso demonstra que com o passar do tempo, a comunidade microbiana e a biota do solo, de maneira geral, atua sobre esse material, fazendo com que seus produtos se concentrem em profundidades diferentes. Tralhando com atributos microbiológicos de um latossolo Paredes Junior et al. (2015), notou-se que atividade microbiana diminui com a profundidade, sendo que na superfície de 0-5 cm ficou em média de 562,59 mg.kg⁻¹, fato esse, pode ter acontecido devido a quantidade de resíduos vegetais exposto na superfície do solo, cooperando com maior fornecimento de energia, nutrientes e aporte de matéria orgânica ao solo, promovendo o aumento da atividade dos microrganismos heterótrofos.



Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

Figura 7: Teste do tempo de penetração da gota de água em Latossolo Amarelo. Brejão-Pe.

Na mesma condição, a área de pasto obteve valor menor que 5s, implicando no grau de molhável (tabela 3). Possivelmente, a redução no teor e qualidade do carbono orgânico, promovidos pela mudança de uso e manejo utilizado na área, pode ter influenciado nos valores baixos. Situação semelhante foi encontrado por Olorunfemi et al. (2017), trabalhando com floresta nativa, plantações e terras cultivadas; os autores também observaram que mudanças de uso da terra alteram os teores de carbono orgânico, influenciando assim as taxas de infiltração em cada sistema de uso, tornando a floresta nativa mais severamente repelente. Pesquisas realizadas em Argissolos, Cambissolos e Gleissolos, Dortzbach et al. (2015), concluíram que o maior armazenamento de COT ocorreu nas áreas ocupadas por floresta quando comparadas com áreas de pastagem.

De acordo com os dados da tabela 3, a área de mata obteve os maiores valores de IR (3,05) se comparados com a área de pastagem. Logo, pode-se observar a ocorrência de hidrofobicidade mais severa em solos de mata com maior teor de carbono orgânico (Tabela 5), como demonstrado pela correlação positiva entre o IR e o COT ($r = 0,87$, $\alpha = 5\%$). Vogelmann et al. (2017), encontraram comportamento semelhante em dois solos, o *Hapludert* e o *Dytrudept*, ambos apresentaram os maiores teores de matéria orgânica e valores de IR.

O índice de repelência pode aumentar ou diminuir em um solo, é um parâmetro para identificar essa repelência, e o mesmo depende da relação entre sortividade do álcool e água, que é influenciada pelo potencial mátrico, porosidade e pela hidrofobicidade das partículas do solo (VOLGELMANN et al., 2013).

Para os dados de sortividade ao álcool, não foi observado diferença significativa entre profundidades e tipos de uso (tabela 3). As diferenças foram identificadas para os dados de sortividade da água, mostrando ser significativa a 5% tukey. De acordo com Vogelmann et al. (2017) o etanol, usualmente utilizado nos testes de sortividade, apresenta baixa viscosidade e tensão superficial, estabelecendo condição de infiltração no espaço poroso e proporcionando maior molhamento da superfície em relação a água. Para Philip (1957), a sortividade é um parâmetro hidrológico utilizado para descrever a capacidade de um solo homogêneo em absorver água na ausência dos efeitos gravitacionais. Os compostos hidrofóbicos, segundo Vogelmann et al. (2013), que promovem mudanças de sortividade do solo influenciam diretamente os processos de infiltração de água.

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

Com relação aos dados de granulometria, foram observadas diferenças significativas ($\alpha= 5\%$) entre os valores de areia, silte e argila em profundidade 0-10 cm e no uso. O solo sob mata obteve em média o maior valor de argila de 348 g kg^{-1} (tabela 3). Nota-se que existe uma estreita relação de teor de argila com TPGA e IR de correlação ($r = 0,90$ e $r = 0,95$), percebe-se que o maior valor de argila na mata reflete no maior teste da gota e conseqüentemente no índice de repelência.

Segundo Mataix-Solera et al. (2013), o teor de argila e, especialmente a mineralogia de argila, pode ser considerada um fator importante no desenvolvimento da repelência à água. Gao et al. (2018) em sua pesquisa com 80 amostras de solo, percebeu que a amostra com mais argila obteve valores elevados de repelência da água no solo pelo teste do tempo de penetração da gota de água, chegando a 83,68s. Vogelmann et al. (2015) analisando 18 amostras de solo, perceberam que os maiores valores médios do teste de penetração de água no solo chegaram a 800s, esses valores foram em amostras de solo onde os valores de argila e silte são elevados se comparados com os de areia, evidenciando a relação das menores partículas do solo com o grau de repelência. Esses dados corroboram com a tabela 2.

Os valores de D_p e P_t não obtiveram diferença significativa nas áreas estudadas, diferente da D_s que apresentou significativo a 5% pelo teste de tukey, com valores variando em $1,10$ a $1,29 \text{ cm}^{-3}$ entre mata e pasto. O solo da área de mata apresentou o menor adensamento nas duas profundidades analisadas. Wendling et al. (2012) encontraram valores de D_s menores em áreas que apresentaram condições originais (vegetação nativa), entre $0,98$ a $1,08 \text{ g cm}^{-3}$, resultados que corroboram o presente trabalho. Viana et al. (2011) confirmaram que os menores valores de D_s se apresentam nas áreas sob mata nativa.

4.1.2 Solo Arenoso

O tempo de penetração da gota de água (TPGA) no solo foi significativo entre diferentes profundidades e manejos nesse estudo. Os maiores valores foram observados na profundidade de 0-10 cm na área de caatinga, obtendo valor médio de 819,20 s (tabela 4) e diminuindo com a profundidade 10-20 cm, chegando a 4 s. Tal resultado pode estar relacionado resíduos orgânicos presentes na área de estudo. Um teste da gota foi feito a cada 2,5 cm até 20cm (figura 8) para comprovar o comportamento do grau de repelência. Nota-se que o teste da gota obteve aumento na profundidade de 5 cm da superfície do solo e decresceu nos próximos centímetros, estabilizando a partir dos 12,5 cm. Essa situação descrita acima pode ter uma relação entre respiração basal do solo com teores de COT ($r = 0,81$), os valores elevados

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

de COT ficam entre 2,5 a 10 cm (tabela 8). Essa correção pode indica que o solo pode estar sofrendo algum distúrbio, fazendo com que a taxa de RBS aumente e conseqüentemente o consumo do carbono na forma de CO₂.

Um caso particular ocorreu no pasto, na profundidade de 0-10 cm, onde os valores médios alcançaram 52,20 s, possivelmente devido ao adensamento do solo por meio do pisoteio de animais na área.

Tabela 4: Atributos físico-hídricos de um Neossolo Regolítico sob diferente uso, em São João– PE

Manejo		Caatinga	Pasto	Caatinga	Pasto
prof.	cm	0_10	0_10	10_20	10_20
Areia	g kg ⁻¹	878,98 a	874,54 a	852,78 a	863,16 a
Silte	g kg ⁻¹	69,02 a	81,46 a	93,22 a	92,84 a
Argila	g kg ⁻¹	52,00 a	44,00 a	54,00 a	44,00 a
Dp	g cm ⁻³	2,63 a	2,56 a	2,62 a	2,55 b
Ds	g cm ⁻³	1,38 b	1,50 a	1,46 a	1,54 a
Pt	Cm ³ cm ⁻³	0,47 a	0,41 b	0,44 ab	0,39 bc
TGA	s	819,2 a	52,2 b	4,0 c	2,2 cd
S etanol	mm s ^{-1/2}	0,57 a	0,64 a	0,72 a	0,70 a
S H2O	mm s ^{-1/2}	0,67 b	1,67 ab	1,73 ab	2,34 a
IR		3,30 a	0,77 bc	0,83 b	0,65 bd

Letras iguais na linha, não difere entre si, a nível de 5% de probabilidade pelo teste de tukey.

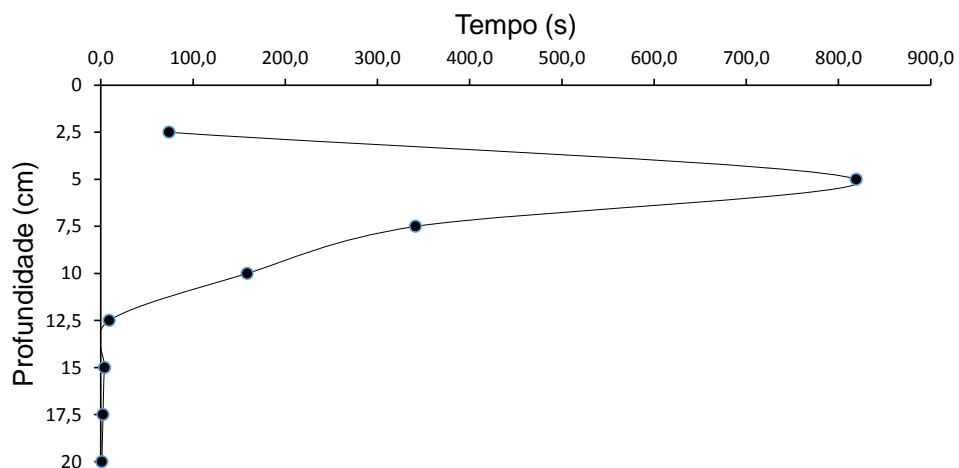


Figura 8: Valores médios do teste de penetração da gota de água na área da caatinga por profundidade.

Diferenças ocorreram na sortividade da água, onde nota-se que há aumento em profundidade, chegando em valores na caatinga de 0,67 a 2,34 mm.s^{-1/2} nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, respectivamente (tabela 4). O teste feito com álcool não apresentou significância, isso pode ser devido que a sortividade do etanol, de natureza apolar e menor

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

ângulo de contato com as superfícies hidrofóbicas, essas propriedades fornecem uma medida de transporte de líquido não influenciada pela repelência, adquirindo um fluxo constante em pouco tempo. Vogelmann et al. (2013) demonstram que a sortividade é influenciada pelo potencial matricial e pela hidrofobicidade das partículas do solo. Esse dado é comum em solos arenosos, onde o revestimento das substâncias orgânicas ocorre superficialmente devido a área superficial ser relativamente pequena por unidade de volume, aumentando o IR como pode ser vista na tabela 4.

Assim, o índice encontrado na caatinga (3,30) na profundidade de 0-10 cm está dentro da faixa encontrada por Tillman et al. (1989), demonstrando que um solo completamente não repelente teria um índice de hidrofobicidade (IR) com valor até 1 e um solo com IR igual ou maior a 1,95 como índice crítico de hidrofobicidade.

Os dados de areia, silte e argila não obtiveram diferenças significativas nos sistemas de uso (tabela 4). A fração areia obteve maior valor de 878,98 g kg⁻¹ na área de caatinga. A correlação ($r = 0,64$) mostra uma estreita relação entre a fração areia e o IR na caatinga. Esse resultado acima pode estar relacionado com o revestimento da superfície das partículas de solo pelas substâncias orgânicas proveniente da vegetação, exsudatos das raízes e dos microrganismos. Cambroner et al. (2011), avaliou a influência da concentração de extratos hidrofóbicos de um Neossolo sob *Pinus taeda* na repelência a água em amostras com diferentes teores de matéria orgânica. Os autores perceberam que um dos tratamentos que tinha 90% de areia e 10% de matéria orgânica em temperatura ambiente obteve grau de repelência de severamente hidrofóbico. Almeida et al. (2015) descrevem que o maior teor de areia pode ser explicado por seu material de origem, que apresentam em sua constituição predominância de quartzo. Resultados análogos foram encontrados por Silva et al. (2014) para perfis de Neossolos Regolíticos localizados em Pernambuco.

A densidade de partícula não apresentou diferença significativa. A densidade do solo (D_s) teve variação na área de mata de 1,38 a 1,46 mg m⁻³, valores geralmente encontrados em solos arenosos (CEBALLOS et al., 2002). A porosidade total (PT) variou de 0,39 a 0,47 m³ m⁻³, com o maior valor observado na mata 0-10 e 10-20 cm, e a profundidade superficial (0-10 cm) de mata e pasto, apresentaram significativamente diferentes.

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

4.2 CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA, SORTIVIDADE E ÍNDICE DE REPELÊNCIA

Atributos hídricos determinados em campo através do teste de infiltração com o auxílio do anel simples.

4.2.1 Solo Argiloso

Os resultados para a condutividade hidráulica são representados por meio da densidade de fluxo (q) mostradas na figura 5, onde são expostas as 5 repetições por profundidade.

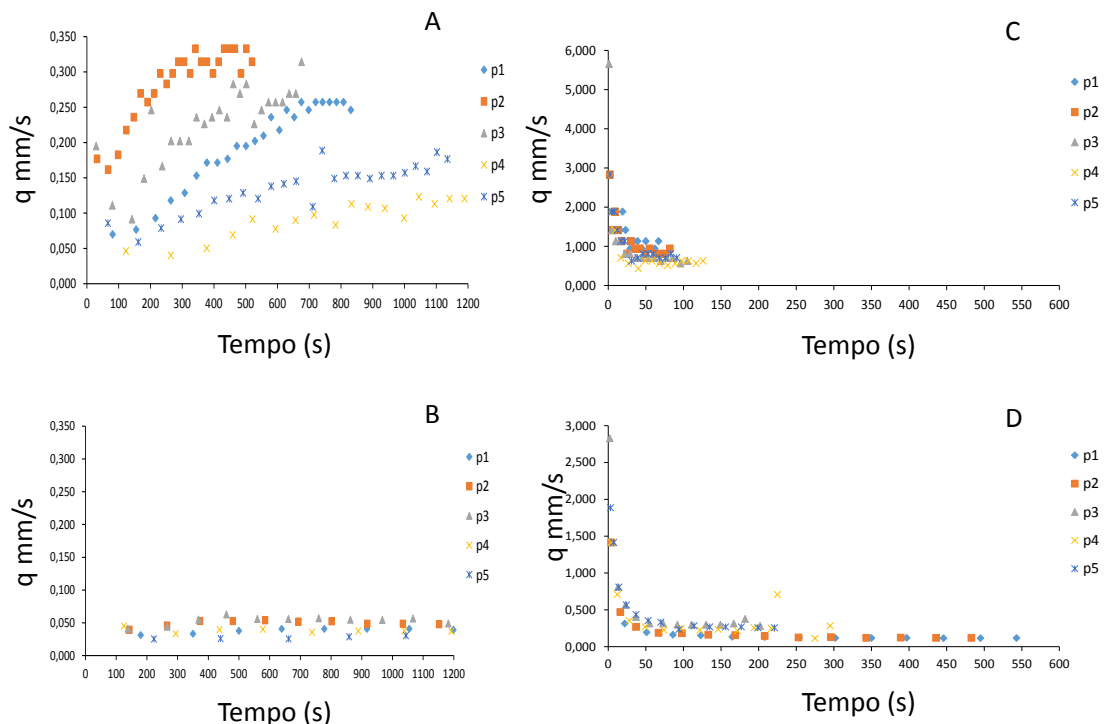


Figura 9: Teste de infiltração realizado na área da mata. Letras (A, B) são os 5 pontos em suas respectivas profundidades (0-10 e 10-20 cm) onde o teste foi realizado com água. Letras (C e D) são os 5 pontos em suas respectivas profundidades (0-10 e 10-20 cm) onde o teste foi realizado com álcool.

As curvas demonstram comportamento distinto da infiltração de água em profundidade. A profundidade de 0-10cm não apresentou tendência exponencial da curva de infiltração, como mostra a figura 9A. Tal tendência não foi observada ao se realizar o teste com álcool (Figura 9C). Esse comportamento diferenciado entre a infiltração da água e do álcool sugere presença de fenômenos de repelência a líquidos polares, denominado de hidrofobicidade.

Conforme Olorunfemi e Fasinmirin (2017), a camada superficial de floresta natural obteve maior repelência e menor condutividade hidráulica. Isto é provavelmente devido à atividade de microrganismos capazes de produzir compostos hidrofóbicos. A atividade microbiana destrói material vegetal de tal forma que contribui para o desenvolvimento da repelência à água em solos susceptíveis. Em contribuição com essa pesquisa, Prince et al.

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

(2010) complementam que solos de florestas naturais geralmente apresentam maior material de decomposição, insumos orgânicos, raízes de plantas e exsudados na camada superficial que, quando decompostos, produzem substâncias hidrofóbicas.

A hidrofobicidade foi visivelmente menos expressiva na profundidade de 10-20 cm, mostrando que em camadas superficiais existe mais carbono orgânico total, influenciando no aumento da repelência. Dados encontrados de IR igual a 3,90 na área de mata, salienta a presença de alta hidrofobicidade de acordo com Tillman et al. (1989).

Outro fator importante para identificação da hidrofobicidade é o ângulo de contato água-solo, nesse trabalho foi observado ângulo de 75° . A hidrofobicidade que gera a repelência, afeta negativamente as funções hidrológicas do solo, diminuindo a infiltração e resultando em fluxo lateral preferencial. Xiong et al. (2012) relatam que um ângulo de contato pequeno (próximo a 0°) não são considerados hidrofóbicos, à medida que o ângulo de contato aumenta de 0° a 90° , pode ser considerado solo hidrofóbico, esse aumento está ligado as substancia orgânicas que alteram as propriedades superficiais, induzindo a repelência em solos naturais. Olorunfemi e Fasinmirin (2017), encontraram dados semelhantes de ângulo de contato na área de floresta nativa nas profundidades iniciais com variação de 72° a 84° .

4.2.2 Solo Arenoso

Os resultados para a condutividade hidráulica na área de caatinga são representados por meio da densidade de fluxo (q) mostradas na figura 10.

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

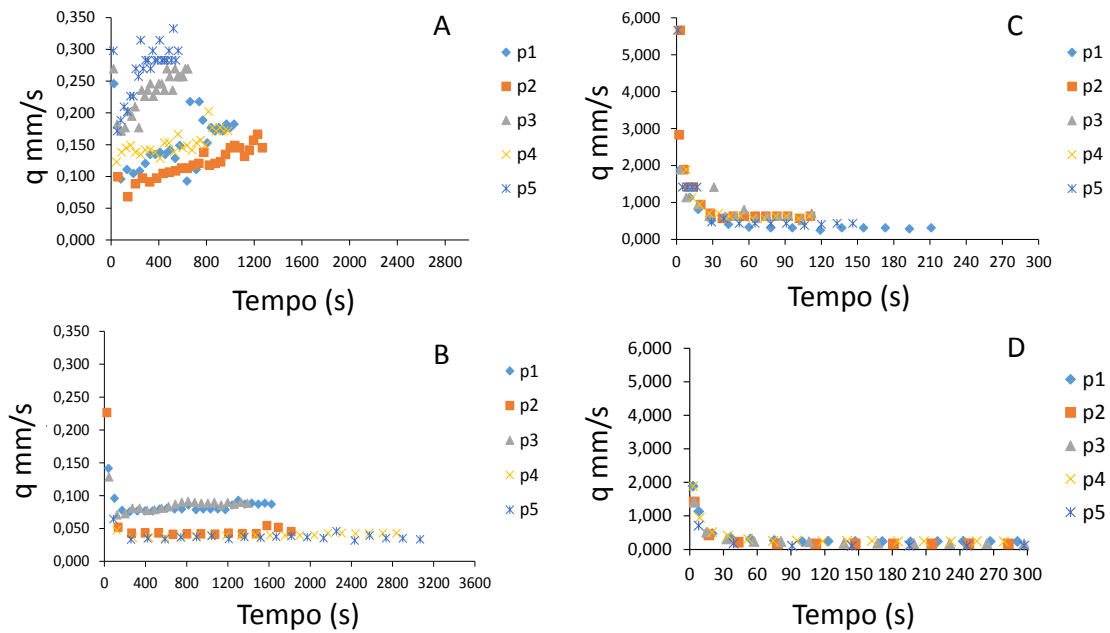


Figura 10: Teste de infiltração realizado na área da Caatinga. Letras (A, B) são os 5 pontos em suas respectivas profundidades (0-10 e 10-20 cm) onde o teste foi realizado com água. Letras (C e D) são os 5 pontos em suas respectivas profundidades (0-10 e 10-20 cm) onde o teste foi realizado com álcool.

Como mostra a figura 10A, as curvas demonstram comportamento distinto da infiltração de água nas duas profundidades. Na profundidade de 0-10cm não houve tendência exponencial da curva de infiltração, com fluxo constante. Nota-se que ocorre variação de densidade de fluxo 0,05 a 0,300 mm/s na profundidade 0-10 cm. Na profundidade 10-20 cm na (figura 6B), o fluxo adquiriu valores constantes no intervalo de tempo. Valores constantes também foram adquiridos pelo teste com álcool (figura 10C e 10D).

Os dados de média de sortividade superficial da área de caatinga chegaram a 2,4 e 4,1mm, que correspondem a $S_{\text{álcool}}$ e $S_{\text{H}_2\text{O}}$, respectivamente, e resultam no índice de repelência de 3,4, indicando alto índice de repelência de acordo com TILLMAN et al. (1989).

A maior sortividade na condição de solo seco ocorre porque a infiltração da água é influenciada principalmente pelas forças matriciais do solo (PHILIP, 1957). Deste modo, a umidade do solo determina diretamente o gradiente hidráulico, onde solos secos apresentam, além do efeito do potencial gravitacional, o efeito do menor potencial matricial, o que provoca o maior gradiente hidráulico e, conseqüentemente, maior fluxo de água na amostra de solo (VOGELMANN et al., 2015).

Doerr e Thomas (2000) descrevem que a hidrofobicidade geralmente é mais extrema quando os solos estão secos e diminui quando ocorre o umedecimento do solo, ainda de acordo

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

com os autores, em algumas areias de dunas holandesas, a hidrofobicidade fica ausente para umidade do solo superiores a 2%. Dekker e Ritsema (1996) relata que hidrofobicidade geralmente cessa na umidade do solo acima de 34-38%.

Esse comportamento mencionado acima, pode ser observado em solos hidrofóbicos. Perez et al. (1998), em seu trabalho com 7 amostras de solos arenosos nas profundidades 20cm, perceberam que duas amostras eram moderadamente hidrofóbicas, e que a repelência à água foi constatada em solos arenosos em decorrência da maior facilidade de recobrimento da areia por substâncias hidrofóbicas, dada a baixa superfície específica desses solos.

4.3 ATRIBUTOS QUÍMICOS

4.3.1 Solo Argiloso

De modo geral, os valores dos atributos químicos do solo apresentaram uma pequena variação para os usos de mata e pastagem, sendo significativa ($\alpha = 5\%$) para variáveis relacionadas à acidez ativa (pH), acidez potencial do solo (H+Al) e carbono orgânico total (COT) (tabela 5).

Tabela 5: Atributos químicos de um Latossolo húmico sob diferente uso, em Brejão – PE.

Manejo		Mata	Pasto	Mata	Pasto
prof.	cm	0_10	0_10	10_20	10_20
pH_H2O	1:2,5	4,51 a	4,93 b	4,31 a	4,66 a
P	mgkg ⁻¹	1,11 a	1,36 a	0,77 a	0,71 a
Na ⁺	cmol _c kg ⁻¹	0,02 a	0,03 a	0,02 a	0,02 a
K ⁺	cmol _c kg ⁻¹	0,01 a	0,01 a	0,01 a	0,01 a
H+Al	cmol _c kg ⁻¹	9,34 a	4,62 c	9,61 a	5,76 b
Al ⁺³	cmol _c kg ⁻¹	0,18 a	0,15 a	0,16 a	0,17 a
Ca ⁺²	cmol _c kg ⁻¹	0,35 a	0,27 a	0,20 a	0,18 a
Mg ⁺²	cmol _c kg ⁻¹	0,38 a	0,47 a	0,23 a	0,20 a
SB	cmol _c kg ⁻¹	0,76 a	0,79 a	0,46 a	0,42 a
CTC	cmol _c kg ⁻¹	10,09 a	5,41 bc	10,07 a	6,18 b
COT	gkg ⁻¹	30,71 a	10,51 b	31,2 a	10,47 bc

Letras iguais na linha, não difere entre si, a nível de 5% de probabilidade pelo teste de tukey.

Com relação ao pH em H₂O, seus valores diminuem com a profundidade, provavelmente, devido aos teores de COT, que se apresentaram com tendência inversa. Observar-se-á que a área de pastagem apresentou maior valor de pH em água, quando comparado a área de mata. Segundo Portugal et al. (2010), com a elevação do pH pode ocorrer

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

redução nos teores de acidez potencial (H+Al) e acidez trocável (Al), que são tóxicos às plantas. Valores encontrados de pH em água por Silva et al. (2013) foram maiores na superfície e diminuíram com a profundidade.

Segundo Zavala et al. (2014), o pH do solo promove o desenvolvimento da repelência da água no solo. Em contrapartida, Giuliano Bonanomi et al. (2016) relatam que tanto o pH e o COT mudam consistentemente, assim, a repelência da água do solo (RAS) também pode variar de forma previsível ao longo do tempo. Não foi identificada correlação significativa entre o pH do solo e a repelência à água no presente trabalho, embora tenha sido observado que os solos com menor pH são mais suscetíveis ao desenvolvimento de repelência à água (MIRBABAEI et al., 2013).

Os teores médios de H+Al e de Al^{3+} variaram 0,15 a 0,18 $cmol_c.kg^{-1}$ e 4,62 a 9,61 $cmol_c.kg^{-1}$, respectivamente, tendo um leve aumento com a profundidade. Foram identificadas diferenças significativas entre os usos para a variável de acidez potencial do solo, com maiores valores na área de mata em comparação a área de pastagem. Tais resultados não são corroborados por Silva et al. (2013), que encontraram valores semelhantes em mata e pasto. Segundo Portugal et al. (2010), possivelmente a maior acidez potencial dever-se ao maior teor de matéria orgânica do solo, que libera mais íons H^+ . Cardoso et al. (2011), em sua pesquisa relatam que a matéria orgânica pode ser considerada uma importante fonte de acidez potencial nos solos tropicais, principalmente nos ambientes com formação e acúmulo de serapilheira. Santos et al. (2010), também observaram maior teor de H+Al e Al^{3+} na mata nativa em relação à pastagem na microrregião do Brejo Paraibano.

Os cátions Na^+ , K^+ , Ca^{+2} e Mg^{+2} mostraram-se baixos (Tabela 5). Independente do uso, os sistemas se mostraram pobres e insuficientes em acumular esses elementos nas camadas superficiais possivelmente devido a quantidade alta de material para ser decomposto (serapilheira). Com isso, tornando-se parcialmente disponível ao solo após a degradação. Portugal et al. (2010) esclarecem em seu trabalho que os teores de nutrientes mais baixos na mata explicam-se, em parte, pelo fato de que os nutrientes estão retidos na vegetação, como também a pobreza natural dos Argissolos.

Os valores médios de COT se mostraram elevados na área mata mostrando significância ($\alpha= 5\%$) pelo teste de tukey. O maior teor de COT na mata nativa é originário da deposição de folhas, frutos e galhos sobre o solo, tornando-se um material a ser degradado por

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo microrganismos (fungos e bactérias) e conseqüentemente, influencia o armazenamento do carbono orgânico no solo.

Conforme Brunn et al. (2015), estudando conversão de uso de floresta em cultivo de milho, com dois tipos de solos, perceberam que após 20 anos de cultivo, o Vertissolo apresentou seu carbono orgânico reduzido em 40%, se comparado com amostras analisada em solos sob floresta, e no Argissolo esse valor foi de 20%.

Quanto ao complemento dos microrganismos no armazenamento de carbono no solo, Clemmensen et al. (2015) mostraram que solos de floresta armazenam uma grande proporção do carbono terrestre global (C) nas comunidades de microrganismos (fungos e bactérias) associadas às raízes.

A área de pastagem (35 anos) apresentou redução em 34% nos valores de COT em relação à mata nativa (Tabela 5). Em área de pastagem degradada, os teores do carbono orgânico tendem a ser menor devido ao menor aporte de material para decomposição e à alta taxa de degradação (NAVARRETE et al., 2016). De acordo com Moreira e Siqueira (2006), a morte de raízes na vegetação rasteira, como as pastagens, pode representar a principal fonte de C, esse carbono acumula na superfície.

Debasish-Saha (2014) relatou que o uso da terra é um fator importante que controla o armazenamento carbono orgânico nos solos, porque afeta a quantidade e a qualidade da serapilheira, taxa de decomposição e processos orgânicos de estabilização. Os mesmos autores encontraram valores elevados na pastagem se comparados com o solo de floresta.

O carbono orgânico total é considerando importante para o solo por determinar sua qualidade. O mesmo está relacionado com fenômeno da hidrofobicidade, como demonstra a correlação ($r = 0,50$). Alguns autores demonstraram uma estreita relação entre o carbono orgânica do solo e a repelência da água do solo (DE BLAS et al., 2013). Mao et al. (2015), em sua pesquisa demonstraram dados de 15 amostras de solos com vegetações diversas. Os valores de COT mais elevados foram em vegetações de pinus, com variações nas profundidades de 0 a 16 cm. De acordo com os mesmos autores, a área onde o COT obteve média de 5 g.kg^{-1} (profundidade 9 cm) e uma outra com valor de $31,08 \text{ g kg}^{-1}$ (profundidade de 9-15cm) apresentaram semelhantes hidrofóbicidades pelo teste da gota. Isso demonstra que a repelência da água no solo pode estar relacionada com a qualidade e não com a quantidade da matéria orgânica do solo.

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

Doer et al. (2007) descrevem que as substâncias orgânicas podem formar estruturas repelentes a água com grupos funcionais hidrofílicos e hidrofóbicos e que podem ter sentidos diferentes, dependendo da umidade do solo. Segundo Stevenson (1982), as substâncias orgânicas do solo podem ter composição lipídicas, ou seja, lipídios livres oriundos principalmente da vegetação local, em quantidades baixas. Contudo, eles influenciam nos processos e caracterização do solo, como os relacionados à hidrofobicidade. Ainda de acordo com o autor, alguns compostos lipídicos estão incluídos na associação orgânica recalcitrante, que tem um efeito a longo prazo nas propriedades físicas e físico-químicas da matriz do solo.

Uma análise feita na mesma área demonstra valores de COT em profundidade 0-20 cm a cada 2,5 cm, como pode ser visto na tabela 6. COT e TPGA apresentam correlação com a profundidade ($r = -0,62$ e $r = -0,85$), respectivamente.

Tabela 6: Atributos biológicos de um Latossolo húmico sob diferente uso, Brejão – PE

Profundidade cm	COT g.kg ⁻¹	CBM mg.kg ⁻¹	RBS Mg CO ₂ kg h ⁻¹	qCO ₂	Qmic
2,5	33,20	199,33	102,52	0,90	0,34
5,0	29,31	208,75	89,71	1,38	0,45
7,5	31,74	222,22	76,89	0,53	0,22
10	27,69	178,45	78,86	0,93	0,33
12,5	31,34	138,72	82,81	1,27	0,42
15	28,29	51,85	72,95	3,76	1,30
17,5	28,71	150,17	74,92	0,53	0,21
20	28,54	107,07	84,78	0,95	0,30

COT: carbono orgânico total; CBM: carbono da biomassa microbiana; RBS: respiração basal do solo

Dados de COT ficaram próximos no decorrer da profundidade, já os de CBM tiveram uma variação de 208,75 a 5,85 mg kg⁻¹ e RBS, de 102,52 a 72,95 mg kg h⁻¹. Contudo, como pode ser observado nessas variáveis, os valores mais elevados se encontram superficialmente. Quantidades baixas de respiração basal do solo e altas de carbono da biomassa microbiana, demonstram baixo teor de carbono na forma de CO₂ sendo liberado para o ambiente, implicando no acúmulo de carbono no solo (DILLY et al., 2018). Isso foi demonstrado na tabela 4 nas profundidades 0-10cm e 10-20cm. Paredes Junior et al. (2015) encontraram a mesma tendência em área de vegetação nativa, com valores variando em COT, CBM e RBS 44,36 a 26,33 g kg⁻¹; 562,59 a 217,57 mg kg⁻¹ e 14,89 e 32,88 mg kg h⁻¹.

4.3.2 Solo Arenoso

Os resultados da análise química da área da Caatinga são apresentados na tabela 7.

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

Tabela 7: Atributos químicos de um Neossolo Regolítico sob diferente uso, em São João – PE.

Manejo		Caatinga	Pasto	Caatinga	Pasto
Profundidade	cm	0_10	0_10	10_20	10_20
pH_H ₂ O	1:2,5	4,61 b	4,89 a	4,54 a	4,62 a
P	mg/Kg	4,85 b	13,26 a	3,24 bc	13,52 a
Na ⁺	cmol _c .kg ⁻¹	0,013 a	0,017 a	0,027 a	0,027 a
K ⁺	cmol _c .kg ⁻¹	0,021 a	0,015 a	0,017 a	0,011 a
H_Al	cmol _c .kg ⁻¹	2,78 a	2,147 a	1,984 a	2,342 a
Al ⁺³	cmol _c .kg ⁻¹	0,16 a	0,09 b	0,11 a	0,11 a
Ca ⁺²	cmol _c .kg ⁻¹	0,30 a	0,29 a	0,19 a	0,21 a
Mg ⁺²	cmol _c .kg ⁻¹	0,10 a	0,08 a	0,04 a	0,05 a
SB	cmol _c .kg ⁻¹	0,44 a	0,40 a	0,28 a	0,30 a
CTC	cmol _c .kg ⁻¹	3,22 a	2,55 ab	2,26 b	2,64 ab
COT	g kg ⁻¹	11,13 a	3,60 b	3,69 bc	1,89 bd

Letras iguais na linha, não difere entre si, a nível de 5% de probabilidade pelo teste de tukey.

Os dados de pH apresentaram diferença significativa ($\alpha= 5\%$, teste de tukey) em profundidade e uso. De modo geral, os solos estudados são ácidos, com valores de pH entre 4,5 e 4,8, havendo pouca variação ao longo da profundidade. Resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2012), onde valores de pH para Neossolos Regolíticos variaram entre 4,8 e 4,6 nas profundidades de 0-15 e 15-40cm respectivamente.

Com relação aos teores de fósforo disponível encontrados nesses solos, observa-se que houve diferença significativa entre caatinga e pasto e não significativo em profundidade, chegando a valores elevados na pastagem de 13,52 mg.kg⁻¹, possivelmente devido a prováveis adubações.

Os valores de cálcio e magnésio trocáveis variaram entre 0,1 e 0,3 cmolc kg⁻¹, para cálcio, e de 0,08 a 0,1 cmolc kg⁻¹, para magnésio, com valores de cálcio geralmente superiores aos de magnésio. Para o sódio não teve variação, permanecendo nas duas áreas valores próximos de 0,1 cmolc kg⁻¹. O potássio foi não significativo, chegando a valores de 0,1 e 0,2 cmolc kg⁻¹. Os baixos teores dos cátions trocáveis estão relacionados à natureza do material de origem e à composição essencialmente arenosa desses solos.

Os valores da soma de base (SB), acidez potencial (H+Al) e Al⁺³, não obtiveram diferenças significativas. A CTC e o COT foram significativos em profundidade ($\alpha = 5\%$). De acordo com Santos et al. (2012), a constituição arenosa e os baixos teores de carbono orgânico do solo favorecem uma forte lixiviação dos elementos durante os períodos chuvosos, por consequência disso os solos demonstram teores baixos de cátions trocáveis.

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

Valores de COT foram encontrados na superfície da caatinga variando em 11,13 e 3,69 g kg⁻¹ na profundidade de 0-10cm e 10-20cm, respectivamente. E na área de pastagem a variação de COT ficou em 3,60 a 1,89 g kg⁻¹. Possivelmente, baixos valores de COT pode estar relacionado com a vegetação local. A vegetação é caatinga hipoxerófila, rica em espécies arbóreas fibrosas e lenhosas, quando se decompõem alteram a composição da matéria orgânica presente no solo. Caetano et al. (2013), encontraram em Neossolos Quartzarênicos, sob conversão de cerrado nativo para agricultura, teores de carbono orgânico total de 5,75 g kg⁻¹ nos primeiros 20cm de profundidade. Primo et al. (2012) encontraram valores de carbono orgânico do solo em média de 8,80 g kg⁻¹ na profundidade de 0-15 cm. Esse teor de COT é considerado muito baixo e é típico dos Neossolos Quartzarênicos existentes no Cerrado (CAETANO et al., 2013).

Conforme Rye e Smettem (2017), trabalhando de 5 a 40 cm de profundidade em solos arenoso, observou que a forte repelência da água é tipicamente confinada a camadas superficiais, que contêm as maiores concentrações de matéria orgânica, com a repelência diminuindo ou desaparecendo com a profundidade. Assim, como mostra tabela 8, as variáveis foram analisadas a cada 2,5 cm de profundidade até 20 cm. O carbono orgânico total e TPGA apresentaram correlações com a profundidade ($r = -0,90$ e $r = -0,59$), respectivamente. Percebe-se que o valores de COT diminui com a profundidade, isso pode estar relacionada com atividade microbológica, haja visto que a respiração basal do solo possui valores maiores do que o carbono da biomassa microbiana, implicando no forte consumo de carbono na forma de CO₂.

Tabela 8: Atributos biológicos de um Neossolo Regolítico sob diferente uso, Brejão – PE

Profundidade cm	COT g.kg ⁻¹	CBM mg.kg ⁻¹	RBS mg CO ₂ kg h ⁻¹	qCO ₂	Qmic
2,5	11,98	52,81	162,03	3,44	4,91
5,0	7,45	51,51	86,24	2,23	8,02
7,5	6,42	83,34	69,65	1,00	12,59
10	5,70	28,71	65,76	3,74	5,20
12,5	4,51	54,17	73,05	1,54	12,74
15	4,50	68,80	77,02	3,58	14,73
17,5	3,73	51,24	84,82	1,94	14,08
20	3,05	43,75	83,84	3,62	14

COT: carbono orgânico total; CBM: carbono da biomassa microbiana; RBS: respiração basal do solo

Dados de quociente metabólico e microbológico tiveram variação entre 1 a 3,74 e 4,91 a 14,73 respectivamente, como mostra a tabela 7. Dados elevados de qCO₂ implicam desequilíbrio e perda de carbono para a atmosfera. Primieri et al. (2017), estudaram quatro sistemas de uso da terra na profundidade de 20 cm observaram que no sistema de campo nativo

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

e floresta mista obteve os menores valores de qCO_2 , indicando ocorrência de menor interferência humana, consequentemente, apresentam menor perda de CO_2 para a atmosfera.

4.4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE MATA E CAATINGA POR ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)

4.4.1 Solo Argiloso

O espectro de FTIR das amostras de solos de mata com textura argilosa nas duas profundidades foram semelhantes, distinguindo apenas na intensidade de picos, como pode ser observado na figura 11A e 11B. Na amostra da figura 11B, identificado como pouco hidrofóbico, percebe-se que após a extração há desaparecimento do pico entorno da banda de 2900 cm^{-1} .

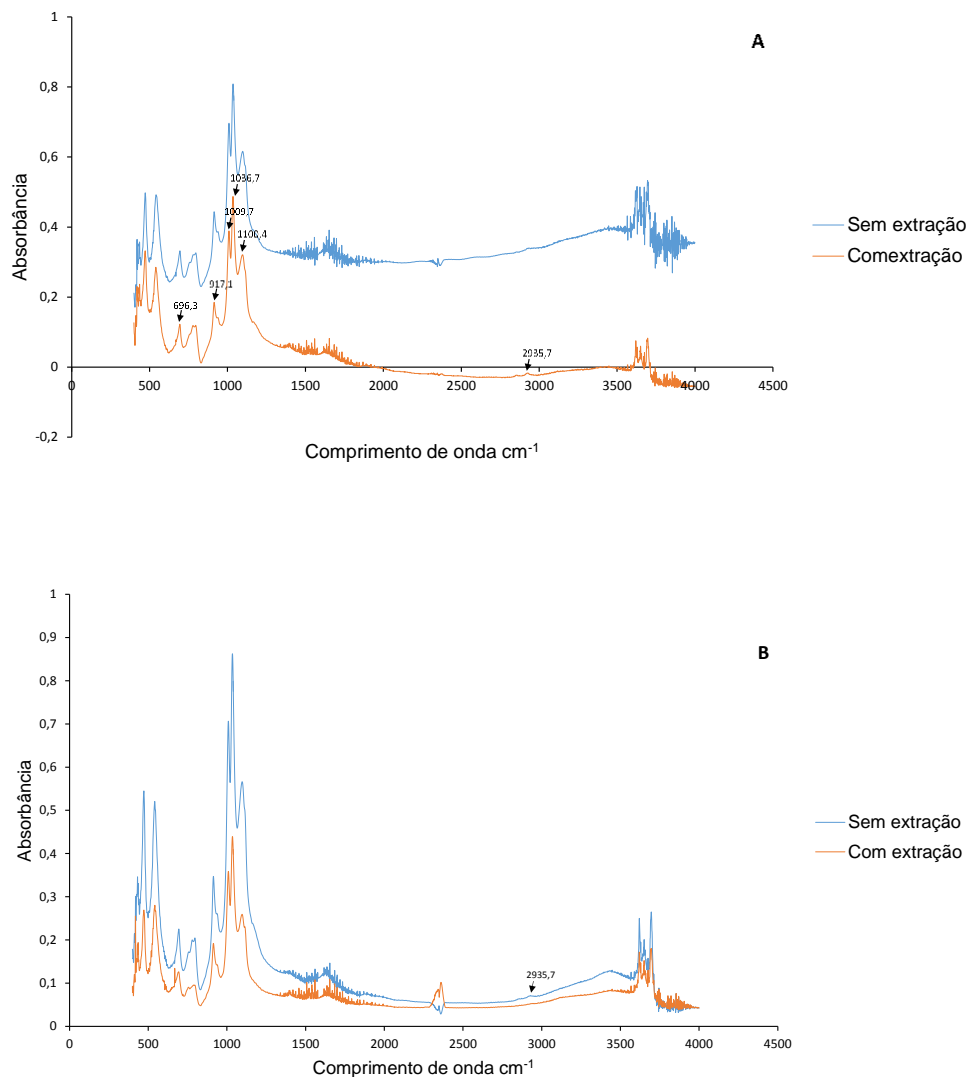


Figura 11: Espectros de Infravermelho com Transformada de Fourier na área de mata. Letras (A) uma amostra denominada mais hidrofóbica na profundidade (0-10 cm), com e sem extração. Letras (B) uma amostra denominada menos hidrofóbica na profundidade (10-20 cm), com e sem extração.

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

As principais bandas de absorção associadas a grupos funcionais da matéria orgânica são, (alcenos C=C ($1680-1600\text{ cm}^{-1}$), aromáticos ($3000\text{ a }3100\text{ cm}^{-1}$), ácido carboxílico ($1725-1700\text{ cm}^{-1}$), amidas e Carbonos alifáticos (2900 cm^{-1}) descrito por (CANELLAS, 2005).

Podem ser verificadas nas figuras 11A e 11B algumas bandas: $696,33\text{ cm}^{-1}$ amidas e N-H, anel aromático; $798,56\text{ cm}^{-1}$ dobramentos fora do plano de compostos C-H aromáticos; $917,19$ ou $940,33\text{ cm}^{-1}$ estiramento C-O de polissacarídeo, Si-O de impurezas de silicato; $1009,7\text{ cm}^{-1}$ estiramento simétrico de alifáticos C-OH; $1036,7$ estiramento - N-H aminas, C-O, éteres, estiramento C-O de fenóis, polissacarídeos e, ou, grupos alifáticos; $2865,3\text{ cm}^{-1}$ estiramento C-H alifático; $2935,7\text{ cm}^{-1}$ estiramento C-H alifático, característico de grupos metil e metileno.

A banda em torno de 2900 cm^{-1} , entre 3020 e 2800 cm^{-1} é comumente citada na literatura por representar compostos hidrofóbicos. Outro pico referente o composto hidrofóbico está na faixa de 3000 a 3100 cm^{-1} caracterizados de compostos aromáticos, que não foi observado em nenhuma amostras de solo analisados nesse trabalho. Tal fato deve-se possivelmente aos sinais serem normalmente fracos e talvez se sobrepõem pela banda OH, presentes água, álcoois e fenóis.

As bandas que descrevem os alcenos, grupos aromáticos, não aparecem claramente nos espectros. Provavelmente, as partículas inorgânicas que não foram removidas podem estar se sobrepondo as bandas desses grupos orgânicos. A grande quantidade de pico entorno de ($3500-4000\text{ cm}^{-1}$), pode estar relacionada com água. Segundo Santos et al. (2008), a quantidade de picos na região em torno de 3500 a 4000 cm^{-1} pode ser atribuída as principais bandas interferentes: 3600 a 3250 cm^{-1} , vibrações de O-Al-O de sesquióxidos e caulinita; 3400 cm^{-1} , vibração da água adsorvida.

O índice de hidrofobicidade (IH) de 2,83 encontrado por meio da relação das bandas 2935 e 1036 cm^{-1} nas duas amostras de solo na figura 7A, demonstram que o carbono presente indica resistência à degradação. Como pode ser observado, as duas amostras não obtiveram mudanças de picos, logo, a extração de compostos orgânicos hidrofóbicos não foi o suficiente para o surgimento de bandas mais expressivas. Situação diferente aconteceu com amostra da figura 7B considerada menos hidrofóbica, nota-se a amostra que ocorreu extração de compostos orgânicos não apresentou a banda 2900 a 3020 cm^{-1} , implicando que a extração foi eficiente na amostra. Conforme Capriel et al. (1995), quanto mais próximo de zero o IH, mais reduzida é a

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

concentração de carbono alifático e menos hidrofóbico é o ácido húmico analisado. Ainda de acordo com autores, os grupos alifáticos de C são considerados como uma das estruturas mais recalcitrantes da matéria orgânica do solo. Bruno et al. (2009), analisando 7 tratamentos com lodo de esgoto, notaram que solos de mata apresentaram IH de 1,08, conseqüentemente uma resistência maior a degradação.

4.4.2 Solo Arenoso

Foram analisados espectros de FTIR de duas amostras de solo da área caatinga mais expressiva no fenômeno da hidrofobicidade na profundidade de 0-10cm e 10-20cm.

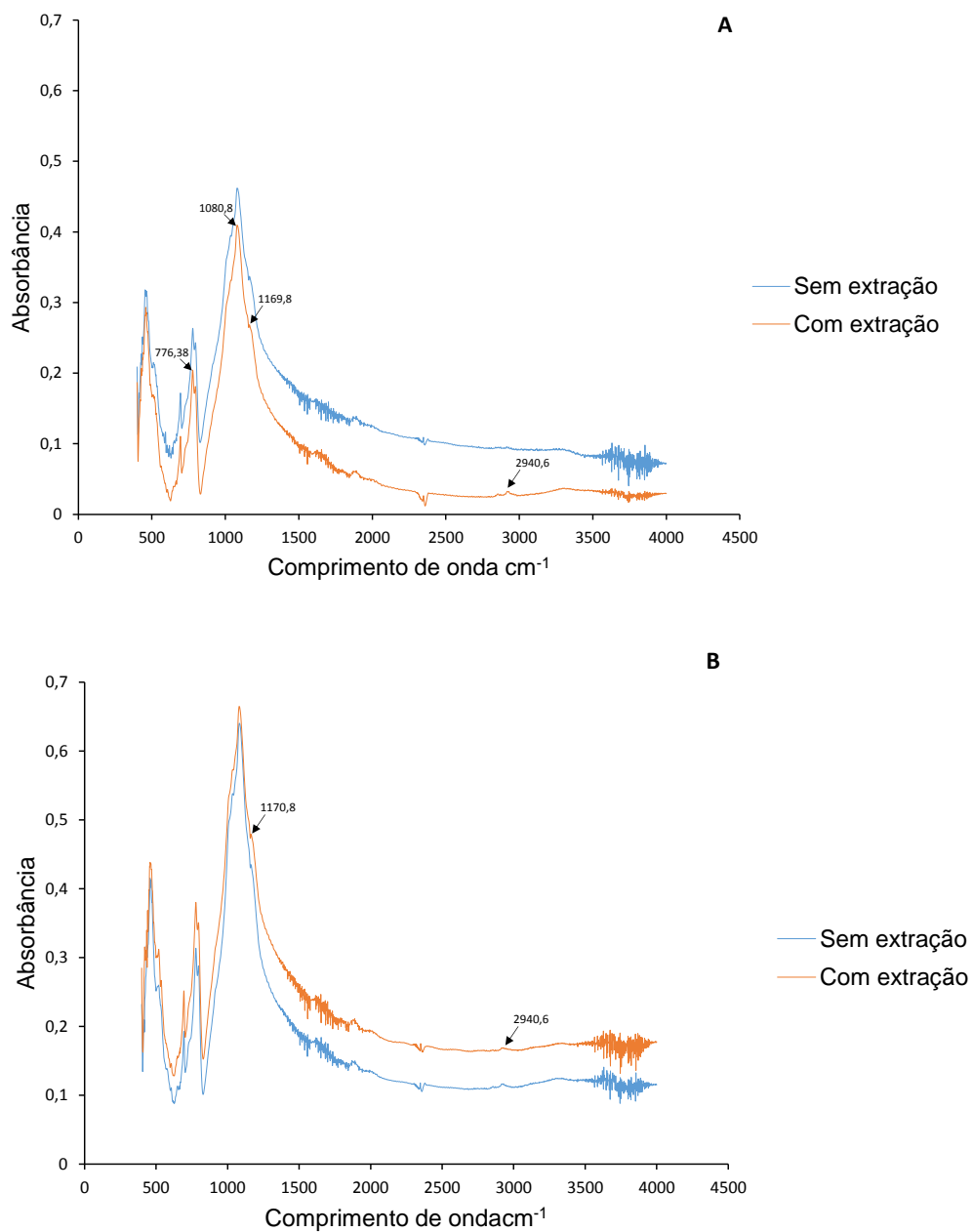


Figura 12: Espectros de Infravermelho com Transformada de Fourier na área de Caatinga. Letras (A) amostra mais hidrofóbica na profundidade (0-10 cm), com e sem extração. Letras (B) amostra menos hidrofóbica na profundidade (10-20 cm), com e sem extração.

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

As mesmas passaram por extração de compostos hidrofóbicos, assim como mostra a figura 12A e 12B. De modo geral, não foram observadas diferenças expressivas, mas percebe-se que há mudanças de intensidades nas duas amostras analisadas.

As bandas que foram identificadas nas figuras 12A e 12B são: $776,38\text{ cm}^{-1}$ alcenos aromáticos (dobramento fora do plano) compostos aromáticos $\nu\text{C-H}$; $1080,8\text{ cm}^{-1}$ $\nu\text{C-N}$ aminas, estiramento C-O de estruturas como polissacarídeos; $1169,8\text{ cm}^{-1}$ $\nu\text{C-O}$ típica de éteres, álcoois, fenóis, ácidos graxos, ésteres e anidridos; $2869,2\text{ cm}^{-1}$ estiramento de $\nu\text{C=H}$ alifático; $2940,6\text{ cm}^{-1}$ estiramento $\nu\text{C=H}$ alifático, dados descritos de acordo com Stevenson (1994) e Pavia et al. (2010).

Percebe-se que as duas figuras não apresentaram mudanças de picos, sugerindo que o tempo de extração não foi eficiente, haja visto que a amostra de 0-10 cm é mais hidrofóbica e 10-20 cm menos hidrofóbico, identificados através do teste do tempo de penetração da gota de água. A banda correspondente a compostos hidrofóbicos foi identificada nas duas figuras entorno de $2940,6\text{ cm}^{-1}$ carbono alifáticos e $1080,8\text{ cm}^{-1}$ estiramento C-O, a relação entre as duas bandas denomina-se de índice de hidrofobicidade. O valor obtido pela relação foi de 2,72, identificando a dificuldade o teor de carbono recalcitrante em ser degradado. Com o aumento da profundidade, a hidrofobicidade se torna menos expressiva por conta de baixos teores de carbono orgânico e seus grupos funcionais. Simon et al. (2009), perceberam que além do aumento da profundidade, o sistema de manejo influenciou a permanência do caráter hidrofílico (grupos C-O), através das perdas de carbonos.

De acordo com Laudicina et al. (2015), as bandas podem diminuir com diferentes usos. Em seu trabalho, analisando a distribuição relativa dos grupos funcionais dentro matéria orgânica do solo em função do manejo, percebeu que as bandas de metil e metileno alifáticos (2900 cm^{-1}), e álcoois secundários (1159 e 1083 cm^{-1}), e carboxilo, aldeído e cetona (1718 cm^{-1}) diminuíram na intensidade, indicando que o sistema de cultivo intenso é o principal fator que afeta o MOS, diminuindo os compostos orgânicos, tornando o solo menos hidrofóbico.

Zhou et al. (2018), encontrou proporções maiores de C-H / C = O indicando um aumento no conteúdo de C-H, acompanhado de uma diminuição relativa do teor de C = O nas frações de matéria orgânica do solo, correspondendo aos caracteres mais hidrofóbicos. Conforme Rrennert et al. (2017), os conteúdos relativos dos grupos funcionais hidrofílico e hidrofóbico, estão positivamente relacionadas as concentrações do carbono orgânico do solo.

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

4.5 ANÁLISE DA RELAÇÃO DA HIDROFOBICIDADE ENTRE A ÁREA DE MATA E CAATINGA

De um modo geral, a hidrofobicidade se fez presente com mais intensidade no solo de mata do que em caatinga. Possivelmente, por diversos fatores abióticos (temperatura, composto orgânicos e inorgânicos e umidade) e bióticos (microrganismos autótrofos e heterótrofos).

As duas áreas expressaram valores de COT diferentes e comportamento de densidade de fluxo de água semelhantes superficialmente 0-10 cm, podendo estar relacionados com a qualidade e quantidade de matéria orgânica, haja visto que são áreas de vegetação e textura de solo diferentes.

Nos solos arenoso, granulometria com partículas maiores, a hidrofobicidade estaria ligado a qualidade da matéria orgânica, devido o revestimento entorno das partículas de areia. Já no argiloso formam-se agregados das partículas do solo, nesse caso a hidrofobicidade estaria ligado a quantidade e qualidade da matéria orgânica.

Simon et al, (2009), mostram que a quantidade de carbono e hidrogênio presentes no MO, controla a afinidade de água e influencia a resistência a degradação microbiana e a formação de agregados no solo dificulta a atuação dos microrganismos, fazendo com que maior parte do carbono orgânico de floresta está oclusa dentro de agregados e, portanto, fisicamente protegidos da decomposição microbiana (WEI et al., 2013).

Análises realizadas nas duas áreas pelo espectro FTIR, que poderia mostrar diferentes grupos funcionais da matéria orgânica, não foi satisfatório, mas ocorreu uma diferença mínima no índice de hidrofobicidade no uso. Provavelmente, o preparo das amostras e o tempo para a extração não foram suficientes para o surgimento ou desaparecimento de bandas.

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

5 CONCLUSÃO

A hidrofobicidade tem relação principalmente com a qualidade e quantidade de carbono do solo, diminui com a profundidade, e torna-se menos expressiva com o uso.

O índice de repelência foi mais expressivo em Latossolo húmico com vegetação nativa, do que em Neossolo Regolítico de vegetação Caatinga.

Os compostos hidrofóbicos afetam as propriedades hídricas do solo, principalmente a infiltração de água, fazendo com que ocorra a redistribuição da água no solo.

O índice de hidrofobicidade determinado pelo espectro do FTIR, não obteve diferenças expressivas nas duas áreas analisadas

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

6 REFERENCIAS

- ALMEIDA, V. D. L. A. et al. Atributos Físicos, Macro e Micromorfológicos de Neossolos Regolíticos no Agreste Meridional de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. p. **39**, 2015.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state. **Biology and Fertility of Soils**, v.1, p.81-89, 1985.
- ATANASSOVA, I.; DOERR, S. Organic compounds of different extractability in total solvent extracts from soils of contrasting water repellency. **European Journal of Soil Science**, 61, 298–313, 2010.
- BARTLETT, R. J.; ROSS, D. S. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. **Soil Science Society American Journal**, v. 52, p. 191-1192, 1988.
- BELLON-MAUREL, V., MCBRATNEY, A. Near-infrared (NIR) and mid-infrared (MIR) spectroscopic techniques for assessing the amount of carbon stock in soils — critical review and research perspectives. **Soil Biol. Biochem.** 43, 1398–1410, 2013.
- BISDOM, E.; DEKKER, L. W.; SCHOUTE, J.: Water repellency of sieve fractions from sandy soils and relationships with organic material and soil structure, **Geoderma**, 56, 105–118, 1993.
- BONANOMI, G. et al. Unimodal pattern of soil hydrophobicity along an altitudinal gradient encompassing Mediterranean, temperate, and alpine ecosystems. **Plant Soil**. 409. p. 37–47, 2016.
- BRUNN, T. B. et al. Organic Carbon dynamics in different soil types after conversion of forest to agriculture. **Land Degrad. Develop.** 26: 272–283, 2015.
- CAETANO, J. O. et al. Dinâmica da matéria orgânica de um neossolo quartzarênico de cerrado convertido para cultivo em sucessão de soja e milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 37:1245-1255, 2013.
- CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas– Campos dos Goytacazes: p. 309, 2005.
- CAPRIEL, P. et al. Hydrophobicity of the organic matter in arable soils. **Soil Biol. Biochem.**, 27. p. 1453-1458, 1995.
- CEBALLOS, A. et al. Soil-water behavior of sandy soils under semi-arid conditions in the Duero Basin (Spain). **J Arid Environ.** 51, p. 501-19, 2002.
- CESARANO, G., INCERTI, G., BONANOMI, G. The influence of plant litter on soil water repellency: insight from ¹³C NMR spectroscopy. 11 (3). 2016.
- CLEMMENSEN, K. E. et al. Carbon sequestration is related to mycorrhizal fungal community shifts during long-term succession in boreal forests. **New Phytologist** 205, 1525–1536, 2015.

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

- CROCKFORD, S.; TOPALIDIS, S.; RICHARDSON, D.P. . Water repellency in a dry sclerophyll forest — measurements and processes *Hydrological Processes*, 5, p. 405-420, 1991.
- DE BLAS, E.; ALMENDROS, G.; SANZ, J. Molecular characterization of lipid fractions from extremely water-repellent pine and eucalyptus forest soils. *Geoderma* 206. p. 75–84, 2013.
- DEBANO L. F. The effect of fire to soil properties. In USDA Forest Service General Technical Report, Portland, 151–156, 1992.
- DEBANO L. F. Water repellency in soils: a historical overview. *Journal of Hydrology* 231-232, p. 4–32, 2000.
- DEBANO, L.F. The effects of fire on soil properties United States Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report, INT-280, p. 151-156, 1991.
- DEBASISH-SAHA, S. S. K.; BAWA, S. S. Soil organic carbon stock and fractions in relation to land Use and soil depth in the degraded shivaliks hills of lower Himalayas. **Land Degrad. Develop.** 25, p. 407–416, 2014.
- DEKKER, L.W.; JUNGRIUS, P. Water repellency in the dunes with special reference to the Netherlands. *Catena Supplement*, 18, p. 173-183, 1990.
- DEKKER, L.W.; RITSEMA, C.J. How water moves in a water repellent sandy soil: 1. Potential and actual water repellency. **Water Resour. Res.**, 30 (9), p. 2507-2517, 1994.
- DEKKER, L.W.; RITSEMA, C.J. Variation in water content and wetting patterns in Dutch water repellent peaty clay and clayey peat soils. *Catena*, 28, p. 89-105, 1996.
- DEURER, M. et al. Is soil water repellency a function of soil order and proneness to drought? A survey of soils under pasture in the North Island of New Zealand. **European Journal of Soil Science**, 62, p. 765-779, 2011.
- DIAMANTIS et al. Use of olive mill wastewater (OMW) to decrease hydrophobicity in sandy soil. **Ecological Engineering**. 58. p. 393– 398, 2013.
- DILLY, O.; POMPILI, L.; BENEDETTI, A. Soil micro-biological indicators separated land use practices in contrast to abiotic soil properties at the 50 km scale under summer warm Mediterranean climate in northern Italy. **Ecological Indicators** 84. p. 298–303. 2018.
- DOERR, S. H. et al. Water repellence of soils: new insights and emerging research needs. **Hydrological Processes**, 21, p. 2223-2228, 2007.
- DOERR, S.H. et al. Occurrence, prediction and hydrological effects of water repellency amongst major soil and land-use types in a humid temperate climate. **Eur. J. Soil Sci.** 57, p. 741–754, 2006.
- DOERR, S.H.; SHAKESBY, R.A.; WALSH, R.P.D. Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. **Earth-Science Reviews** 51. p. 33–65, 2000.

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

- DORTZBACH, D. et al. Estoque de C e Abundância Natural de ^{13}C em Razão da Conversão de Áreas de Floresta e Pastagem em Bioma Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 39, p. 1643-1660, 2015.
- ELLERBROCK, R. H.; GERKE, H. H. Characterizing organic matter of soil aggregate coatings and biopores by Fourier transform infrared spectroscopy. **European Journal of soil science**. Volume 55, p. 219–228, 2004.
- ELLERBROCK, R.H., KAISER, M. Stability and composition of different soluble soil organic matter fraction — evidence from $\delta^{13}\text{C}$ and FTIR signatures. **Geoderma** 128, p. 28–37, 2005.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solos / organizadores, Guilherme Kangussú Donagema. [et al.]. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, p. 230. 2011.
- FERREIRA, C.S.S. et al. Differences in overland flow, hydrophobicity and soil moisture dynamics between Mediterranean woodland types in a peri-urban catchment in Portugal. **Journal of Hydrology**, v. 533, p. 473-485, 2016.
- FRANCO, C. M. M.; MICHELSENA, P. P.; OADES, J. M. Amelioration of water repellency: application of slow-release fertilisers to stimulate microbial breakdown of waxes. *Journal of Hydrology*. p. 342–351, 2000.
- FREIXO, A.A.; CANELLA, L.P. & MACHADO, P.L.O.A. Propriedades espectrais da matéria orgânica leve-livre e leve-intra-agregado de dois Latossolos sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:445-453, 2002.
- GAO, Y. et al. Water repellency as conditioned by physical and chemical parameters in grassland soil. **Catena** 160. p. 310–320, 2018
- GONZÁLEZ-PEÑALOZA, F. A. et al. Water repellency as conditioned by particle size and drying in hydrophobized sand. **Geoderma** 209–210. p. 31-40, 2013.
- GONZÁLEZ-PEÑALOZA, F.A. et al. Do conservative agriculture practices increase soil water repellency? A case study in citrus-cropped soils. **Soil Tillage Res.**, (124), pp. 233-239, 2012
- GRYZE, S. de et al. Water repellence and soil aggregate dynamics in a loamy grassland soil as affected by texture. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 57, n. 2, p. 235–246, apr. 2006.
- HANSEL, F. A.; AOKI, C. T.; MAIA, C. M. B. F.; CUNHA Jr, 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** 148. p . 167– 172. 2008.
- JARAMILLO, J. D. F. Repelencia al agua en suelos: con énfasis en Andisoles de Antioquia. Medellín: **Universidad Nacional de Colombia**, 197 p. 2004.
- JARAMILLO, J. D. F. Repelencia al agua en suelos: una síntesis. **Revista Acadêmica Colombiana de Ciência**. 30: 215-232, 2006.
- JIMÉNEZ-MORILLO, N. T. et al. Organic matter fractions controlling soil water repellency in sandy soils from the doñana national park (SOUTHWESTERN SPAIN). **Land Degradation & Development**, 27: 1413–1423, 2016.

- Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo
- JOHNSON, M. S. et al. Spatial and temporal variability of soil water repellency of Amazonian pastures. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v. 43, n. 1, p. 319-326, 2005.
- JORDÁN, A. et al. Soil water repellency: Origin, assessment and geomorphological consequences. **Catena** 108, p. 1–5, 2013.
- KEIZER, J.J. et al. Temporal and spatial variations in topsoil water repellency throughout a crop-rotation cycle on sandy soil in north-central Portugal. **Hydrol. Process.** 21, p. 2317-2324, 2007.
- LAUDICINA, V. A. et al. Long-term tillage and cropping system effects on chemical and biochemical characteristics of soil organic matter in a mediterranean semiarid environment. **Land Degrad. Develop.** 26, p. 45–53, 2015.
- LEEDS-HARRISON, P. B., YOUNGS, E. G.; UDDIN, B. A device for determining the sorptivity of soil aggregates. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 45, n. 3, p. 269-272, sep. 1994.
- LELLAMANEI, D.A.L., KARUBE, J., YOSHIDA, A. Clay effects on the contact angle and water droplet penetration time of model soils. **Soil Sci. Plant Nutr.** 56, p. 371–375, 2010.
- LETEY, J. Measurement of contact angle, water drop penetration time, and critical surface tensions. Proc. Symp. Water Rep. **Soils**, Univ. Calif., Riverside. 1969.
- Lichner, L. et al. Field measurement of soil water repellency and its impact on water flow under different vegetation. **Biologia Bratislava** 62 (5), 537–541, 2007.
- LOZANO, E. et al. Biological and chemical factors controlling the patchy distribution of soil water repellency among plant species in a Mediterranean semiarid forest. **Geoderma** 207–208, 212–220, 2013.
- LOZANO, E. et al. Relationships between soil water repellency and microbial community composition under different plant species in a Mediterranean semiarid forest. **J. Hydrol. Hydromech.** 62, 2, 101–107, 2014.
- MADSEN, M.D. et al. Soil water repellency within a burned pinon–juniper woodland: spatial distribution, severity, and ecohydrologic implications. **Soil Science Society of America Journal** 75, 1543–1553, 2011.
- MAIMON, A.; GROSS, A.; G. ARYE. Greywater-induced soil hydrophobicity. **Chemosphere** 184. p. 1012-1019, 2017.
- MAINWARINGA, K. et al. The role of naturally occurring organic compounds in causing soil water repellency. **European Journal of Soil Science**, 64, 667–680, 2013.
- MAO, J. et al. Roots induce stronger soil water repellency than leaf waxes. **Geoderma** 232–234, 328–340, 2014.
- MAO, J. et al. The influence of vegetation on soil water repellency-markers and soil hydrophobicity. **Science of the Total Environment** 566–567. p. 608–620, 2016.

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

- MARTÍNEZ-MURILLO, J.F.; GABARRÓN-GALEOTE, M.A.; RUIZ-SINOVA, J.D. Soil water repellency in Mediterranean rangelands under contrasted climatic, slope and patch conditions in southern Spain. **Catena**, 110, p. 196-206, 2013.
- MARTÍNEZ-ZAVALA, L.; JORDÁN-LÓPEZ, A. Influence of different plant species on water repellency in Mediterranean heathland soils. **Catena** 76. 215–223, 2009.
- MATAIX-SOLERA, J. et al. Soil properties as key factors controlling water repellency in fire-affected areas: Evidences from burned sites in Spain and Israel. **Catena** 108. 6–13, 2013.
- MCGHIE, D.A.; Posner, A.M. Water repellence of a heavy-textured western Australia surface soil. Australian **Journal of Soil Research**, 18, p. 309-323, 1980
- MENDONÇA, E. S; MATOS, E. da S. Matéria orgânica do solo: Métodos de análises. Viçosa: UFV, p. 86-92, 2005.
- MIRBABAEI, S. M. et al. Relationship between soil water repellency and some of soil properties in northern Iran. **Catena** 108. p. 26–34. 2013.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras, MG, Universidade Federal de Lavras. p. 729, 2006.
- MULLER, k. et a. Temporal dynamics of soil water repellency and its impact on pasture productivity. **Agricultural Water Management** 143. p. 82–92, 2014.
- MULLER, K. et al. Environmental and economic consequences of soil water repellency under pasture. In: NZ Grassland Assoc., Proceed., vol. 72, NZ Grassland Assoc, pp. 151–154, 2010.
- NAVARRETE, D. et al. Conversion from forests to pastures in the Colombian Amazon leads to differences in dead wood dynamics depending on land management practices. **Journal of Environmental Management** 171. p. 42-51, 2016.
- NOWAK, E.; ROBBINS, P.; COMBES, G.; STITT, E. H.; PACEK, A. W. Measurements of contact angle between fine, non-porous particles with varying hydrophobicity and water and non-polar liquids of different viscosities. **Powder Technology** 250, 21–32, 2013.
- OLORUNFEMI, I. E.; FASINMIRIN, J. T. Land use management effects on soil hydrophobicity and hydraulic properties in Ekiti State, forest vegetative zone of Nigeria. **Catena**.155. p. 170–182. 2017.
- OLORUNFEMI, I.E., OGUNRINDE, T.A., FASINMIRIN, J.T. Soil hydrophobicity: an overview. **J. Sci. Res. Rep., Sci. Domain** 3 (8), p. 1003–1037, 2014.
- PAREDES JUNIOR, F. P.; PORTILHO, I. I. R.; MERCANTE, F. M. Microbiological attributes of the soil under cultivation of sugar cane with and without burning straw. **Ciências Agrárias**. Londrina. v. 36 n. 1 p. 151-164, 2015.
- PAVIA, D. L. et al. Introdução à Espectroscopia. 4 ed. **Cengage Learning**, 2010.
- PHILIP, J.R. The theory of infiltration: 4. Sorptivity and algebraic infiltration equations. **Soil Sci.** 84, 257–264, 1957.

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

- PRIMIERY, S.; MUNIZ, A. W.; LISBOA, H. M. Dinâmica do Carbono no Solo em Ecossistemas Nativos e Plantações Florestais em Santa Catarina. **Floresta e Ambiente**. v. 24. 2017.
- REEVES III, J.B., FOLLETT, R.F., MCCARTY, G.W., KIMBLE, J.M. Can near or midinfrared diffuse reflectance spectroscopy be used to determine soil carbon pools. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. 37 (15-20), 2307-2325, 2006.
- RENNERT, T.; GHONG, N. P.; RINKLEBE, J. Permanganate-oxidizable soil organic matter in floodplain soils. **Catena** 149. p. 381–384, 2017.
- ROBERTS, F. J.; CARBONO, B. A. soil water repellency: its causes, characteristics and hydrogeomorphological importance. **Australian Journal of Research Solo**, 10, p. 35-42, 1972.
- RODRÍGUEZ-ALLERES, M.; BENITO, I.; DE BLAS, E. Extent and persistence of water repellency in north-western Spanish soils. **Hydrological Processes**, Bristol, v. 21, n. 17, p. 2291-2299, july 2007.
- RYE, C.F.; SMETTEM, K.R.J. The effect of water repellent soil surface layers on preferential flow and bare soil evaporation. **Geoderma**, 289. 142–149, 2017.
- SANTOS, J. C. et al. Caracterização de Neossolos regolíticos da região semiárida do estado de Pernambuco. **Rev. Bras. Cien. solo**, 36:683-695, 2012.
- SANTOS G. A., et al. Fundamentos da matéria orgânica no solo: ecossistemas tropicais & subtropicais. Porto Alegre, Metropole. p. 654, 2008.
- Savage S.M. et al. Substances contributing to fire-induced water repellency in soils. **Soil Science Society of America Journal** 36: 674–678, 1972.
- SILVA, A. S. et al. Propriedades físicas e químicas em diferentes usos do solo no brejo paraibano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 37:1064-1072, 2013
- SILVA, I. R. & MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L. (Eds.). Fertilidade do Solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. p. 275-374, 2007.
- SILVA, R. A. B. et al. Balanço hídrico em Neossolo Regolítico cultivado com braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 38. p. 147-57, 2014.
- SIMON, T.; JAVUREK, M.; MIKANOVA, O.; VACH, M. The influence of tillage systems on soil organic matter and soil hydrophobicity. **Soil & Tillage Research**, 105: 44–48, 2009.
- SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, 30:195-207, 1992.
- STEVENSON, F. J. Soil lipids. Humus Chemistry, **Wiley**, pp. 172-194, 1982.
- SWIFT, R. S. Organic Matter Characterization. **Adelaide**, Australia. 35. 1996.

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

- TATE, K. R.; ROSS, D. J.; FELTHAM, C. W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: effects of experimental variables and some different calibration procedures. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 20, p. 329-335, 1988.
- TILLMAN, R.W. et al. Water-repellency and its measurement by using intrinsic sorptivity. **Aust. J. Soil Res.**, 27, pp. 637-644, 1989.
- VANCE, E. D.; BROOKS, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987.
- VIANA, E. T. et al. Atributos físicos e carbono orgânico em Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 2105-2114, 2011.
- VOGELMANN, E. S. et al. Soil hydro-physical changes in natural grassland of southern Brazil subjected to burning management. **Soil Research**, Collingwood, v. 50, n. 6, p. 465-472, 2012.
- VOGELMANN, E. S.; PREVEDELLO, J.; REICHERT, J. M. Origin of hydrophobic compounds and their effects in *pinus* and *eucalyptus* forests. **Ciênc. Florest.** vol.25 no.4 Santa Maria Oct./Dec. 2015
- VOGELMANN, E.S. et al. Hydro-physical processes and soil properties correlated with origin of soil hydrophobicity. **Ciência Rurais**, 43, p.1582–1589, 2013.
- VOGELMANN, E.S. et al. Water repellency in soils of humid subtropical climate of Rio Grande do Sul, Brazil. **Soil Tillage Res.** 110, p. 126–133, 2010.
- VOGELMANN, E. S. et al. Soil moisture influences sorptivity and water repellency of topsoil aggregates in native grasslands. **Geoderma** 305. p. 374–381, 2017.
- VOHLAND, M. et al. Determination of soil properties with visible to near- and mid-infrared spectroscopy: Effects of spectral variable selection. **Geoderma** 223–225, 88–96, 2014.
- VOLIKOV, A. B. et al. Silanized humic substances act as hydrophobic modifiers of soil separates inducing formation of water-stable aggregates in soils. **Catena** 137, 229–236, 2016.
- WEI, X. R. et al. Dynamics of aggregate-associated organic carbon following conversion of forest to cropland. **Soil Biol. Biochem.** 57, p. 876–883, 2013.
- WENDLING, B. et al. Density, porosity and soil aggregation in areas of cerrado conversion in pine forest, pasture and no-tillage. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 256-265, Mar. 2012
- WHITE, I.; SULLY, M. J. Macroscopic and microscopic capillary length and time scales from field infiltration. **Water Resources Research**, Washington, v. 23, n. 8, p. 1514-1522, aug. 1987.
- WIJEWARDANA, N. S. et al. Soil-water repellency characteristic curves for soil profiles with organic carbon gradients. **Geoderma** 264, 150–159, 2016.
- XIONG, Y.; FURMAN, A.; WALLACH, R. Moment analysis description of wetting and redistribution plumes in wettable and water-repellent soils. **Journal of Hydrology**. 422–423. p. 30–42, 2012

Dos SANTOS MOURA, Adriano - Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Soil. Sci. Plant Anal.**, V. 19. P. 14671476, 1988.

Zavala, L. M. et al. Natural soil water repellency in different types of Mediterranean woodlands, **Geoderma**, 226–227, 170–178, 2014.

ZAVALA, L. M.; CELIS, R. de; JORDÁN, A. How wildfires affect soil properties a brief review. **Cuadernos de investigación geográfica**. v. 40(2), pp 311-331, 2014.

ZAVALA, L. M.; LÓPEZ, A. J. Influence of different plant species on water repellency in Mediterranean heathland soils. **Catena**, 76, pp. 215-223, 2009.

ZHENG, W. et al. Interplay of soil water repellency, soil aggregation and organic carbon. A meta-analysis. **Geoderma** 283. p. 39–47, 2016.

ZHOU, T. et al. Effects of organic matter fraction and compositional changes on distribution of cadmium and zinc in long-term polluted paddy soils. **Environmental Pollution** 232. p. 514-522, 2018.