

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

**HIDROPEDOLOGIA DE SOLOS ARENOSOS DO AGRESTE DE
PERNAMBUCO**

DÉBORA DOS SANTOS FERREIRA PEDROSA

Orientador: Prof. Dr. Fernando Cartaxo
Rolim Neto

Co-orientadores: Dr. Roberto da Boa Viagem
Parahyba e Prof. Dr. Brivaldo Gomes de
Almeida

Recife, PE
Agosto, 2016

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

DÉBORA DOS SANTOS FERREIRA PEDROSA

**HIDROPEDOLOGIA DE SOLOS ARENOSOS DO AGRESTE DE
PERNAMBUCO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental,

Orientador: Prof. Dr. Fernando Cartaxo Rolim Neto

Co-orientador: Prof. Dr. Roberto da Boa Viagem Parahyba e Prof. Dr. Brivaldo Gomes de Almeida

Recife, PE
Agosto, 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

**HIDROPEDOLOGIA DE SOLOS ARENOSOS DO AGRESTE DE
PERNAMBUCO**

DÉBORA DOS SANTOS FERREIRA PEDROSA

APROVADO EM: 30 DE AGOSTO DE 2016

Dr. WAGNER LUÍS DA SILVA SOUZA

PROF. Dr. VICENTE DE PAULO SILVA

PROF. Dr. FERNANDO CARTAXO ROLIM NETO

Prof. Dr. Vicente de Paulo Silva

Coordenador do PPEAMB

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

P372h Pedrosa, Débora dos Santos Ferreira
Hidropedologia de solos arenosos do agreste de Pernambuco /
Débora dos Santos Ferreira Pedrosa. – 2016.
74 f. : il.

Orientador: Fernando Cartaxo Rolim Neto.
Coorientadores: Roberto da Boa Viagem Parahyba, Brivaldo
Gomes de Almeida.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Ambiental, Recife, BR-PE, 2016.

Inclui referências e anexo(s).

1. Neossolos regolíticos 2. Porosidade do solo 3. Curva de
retenção de água no solo I. Rolim Neto, Fernando Cartaxo, orient.
II. Parahyba, Roberto da Boa Viagem, coorient. III. Almeida,
Brivaldo Gomes de, coorient. IV. Título

CDD 628

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço ao meu Criador pela vida, por suprir todas as minhas necessidades com sua misericórdia e me possibilitar concluir mais uma etapa na minha vida, pois sei que sem Ele nada posso fazer. Obrigada Senhor!

Aos meus pais pela dedicação e apoio em todos os momentos da minha vida, sempre me dando suporte nas horas de mais necessidades. Amo vocês Papi e Mami!

Ao meu esposo Joel por ser meu amigo, conselheiro, amor e tudo que eu preciso para me sentir completa. Muito do que conquisto hoje não teria conseguido sem seu apoio. Obrigada meu amor!

À minha filha Lorena por ser minha terapia, meu sorriso no momento de tensão e por me amar de forma pura e incondicional. Te amo Loren!

Ao meu Orientador Professor Fernando Cartaxo pela excelência na orientação, por sempre estar disponível e dispor do seu tempo para me ensinar com paciência e dedicação. Muito Obrigada Professor!

Ao meu Co-Orientador Doutor Roberto da Boa Viagem Parahyba por toda ajuda e apoio que recebi, por sua paciência e esforço em resolver os problemas estando sempre disponível. Obrigada Pesquisador!

Ao Professor Brivaldo Almeida por ceder o laboratório de Física do solo para realização dos experimentos e pelos ensinamentos durante minha passagem pelo laboratório.

Ao Professor Ramon por permitir a realização de todas as análises que precisei em seu laboratório de Conservação do Solo.

Ao Dr. Wagner Souza por toda ajuda que me deu sempre que precisei, sua presença fez toda diferença para que eu pudesse realizar todos os experimentos e para elaboração das planilhas e dados estatísticos. Muito obrigada Doutor!

A Edivan Uchôa que também foi indispensável durante meus dias no laboratório, me auxiliando e resolvendo todos os problemas que surgiam. Muito obrigada meu amigo!

À Manuella, Simone, Jéssica, Lucas, Hernan, por me ajudarem nos experimentos e tirando minhas dúvidas. Obrigada pessoal!

À Adriana Megumi, amiga tão especial de anos que parecem uma vida, sem o incentivo dela não teria insistido na carreira acadêmica, sempre estive ao meu lado na caminhada,

sempre disposta e pronta a dividir as tarefas mais difíceis. Obrigada minha amiga! Amo você!

Aos Professores do PPEAMB que contribuíram durante todo o curso para que eu obtivesse o maior rendimento e conhecimento possível.

À Soraya El-Deir por toda ajuda e apoio antes e durante minha jornada no PPEAMB.

À Coordenação do PPEAMB e aos funcionários principalmente a Nana que em todas as ocasiões fez o possível para ajudar e resolver as pendências.

À FACEPE pelo apoio financeiro durante os dois anos de pesquisa.

Muito obrigada!

RESUMO

Os solos Neossolos Regolíticos são considerados muito frágeis, pois retêm pouca água, são susceptíveis à erosão, e por isso são de difícil manejo. Na região Nordeste do Brasil são encontrados em maior concentração no estado de Pernambuco. É importante o estudo dos seus atributos físicos, pois permite indicar o melhor tipo de manejo a ser aplicado. Este trabalho teve como objetivo caracterizar o comportamento físico-hídrico de quatro Neossolos Regolíticos localizados na região Agreste de Pernambuco, identificando os atributos que possam melhor caracterizá-los. Foram selecionados quatro perfis nos municípios de São Caetano (Perfil 1), Lagoa do Ouro (Perfil 2), Caetés (Perfil 3) e São João (Perfil 4). Em cada perfil foram coletadas amostras nas profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 e 100-120 cm, com três repetições. Amostras não estruturadas de solos foram coletadas e obtida a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), de acordo com EMBRAPA (1997), para realização de análises físicas (granulometria, densidade do solo, densidade da partícula, estabilidade de agregados). Amostras estruturadas foram coletadas para determinação da densidade do solo e de indicadores hídricos (água disponível - AD, condutividade hidráulica saturada - K_{sat} , Curva Característica de Retenção de Água no Solo - CCRAS; distribuição de tamanho de poros, porosidade total, macroporosidade, mesoporosidade e microporosidade). Também foram coletadas amostras estruturadas utilizando-se o anel volumétrico de Kopeck, com 5 cm de diâmetro e 5 cm de altura, conforme EMBRAPA (1997), as quais foram preparadas e saturadas para realização de análises subsequentes. As CCRAS foram construídas relacionando-se os dados dos potenciais com suas respectivas umidades volumétricas obtidas. Foram realizados ajustes das CCRAS utilizando-se procedimentos de acordo com Van Genuchten (1980), fazendo-se o uso do software "Retention Curve" - RetC (Van Genuchten *et al.*, 1994) para a determinação dos parâmetros da equação. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade através do programa estatístico SAS, versão *student 2.0*. Os solos possuem em algumas profundidades, significativas quantidades das frações mais finas de areia, silte e argila, possibilitando que a água disponível permaneça no solo por mais tempo. As maiores quantidades das frações areia fina, areia muito fina e principalmente silte e argila dos Neossolos Regolíticos estudados, nortearam o comportamento físico-hídrico desses solos, sendo estas frações responsáveis pelas maiores retenções de água dos solos. A retenção de umidade por perfil, em função da deflexão entre os pontos -10 kPa e -33 kPa, obedeceu à seguinte ordem: perfil 2 < perfil 1 < perfil 3 < perfil 4.

Palavras-chave: Neossolos regolíticos; porosidade do solo; curva de retenção de água no solo.

ABSTRACT

The Neossolos Regolíticos (Regosols) soils are considered very fragile because retain little water, are susceptible to erosion, and are therefore difficult to be managed. In the Northeast of Brazil, these soils are found in highest concentration in the state of Pernambuco. It is important the study of their physical attributes, to indicate the best type of management to be applied. This study aimed to characterize the physical and hydric behavior of four Neossolos Regolíticos located in the Agreste region of Pernambuco, identifying the attributes that can better characterize them. Four profiles were selected in the municipalities of São Caetano (Profile 1), Lagoa do Ouro (Profile 2), Caetés (Profile 3) and São João (Profile 4). In each profile samples were collected at 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 and 100-120 cm, with three replications. Disturbed soil samples were collected and prepared according to EMBRAPA (1997), to perform physical analysis (particle size, bulk density, particle density, aggregate stability). Undisturbed samples were collected to determine soil density and water indicators (water available - WA, saturated hydraulic conductivity - K_{sat} , Curve Water Retention Feature Ground - CCRAS; pore size distribution, porosity, macroporosity, mesoporosity and microporosity). Also undisturbed samples were collected using the volumetric Kopeck ring, with 5 cm in diameter and 2.5 cm high, according to EMBRAPA (1997), which were prepared and saturated to perform subsequent analysis. The CCRAS were built linking the data of potential with their volumetric moisture contents obtained. Adjustments were made of CCRAS using procedures according to Van Genuchten (1980), making the use of software "Retention Curve" - RetC (Van Genuchten et al., 1994) to determine the equation parameters. Data were submitted to analysis of variance (ANOVA) and the means were compared by Tukey test at 5% probability using SAS statistical software, version 2.0 student. The soils have in some depths, significant quantities of the finer fractions of sand, silt and clay, enabling the available water remains in the soil for longer. The largest amounts of fractions fine sand, very fine sand and mostly silt and clay of Neossolos Regolíticos studied, guided physical-hydric behavior of these soils, and these fractions account for the largest soil water retention. The moisture retention by profile, due to the deflection between -10 kPa and -33 kPa points, had the following sequence: profile 2 < profile 1 < profile 3 < profile 4.

Keywords: Regosols, soil porosity, water retention soil curve.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ocorrência de Neossolos no Brasil

Figura 2 - Mapa do estado de Pernambuco com suas regiões.

Figura 3 - Localização dos municípios escolhidos e perfis.

Figura 4 - Perfil 1 Neossolo Regolítico Eutrófico solódico

Figura 5 - Perfil 2 Neossolo Regolítico Eutrófico típico

Figura 6 - Perfil 3 Neossolo Regolítico Eutrófico típico

Figura 7 - Perfil 4 Neossolo Regolítico Eutrófico típico

Figura 8 - Amostrador com anéis de Kopeck na profundidade de 40 - 60 cm.

Figura 09 - Equipamentos utilizados para determinação da distribuição de poros dos perfis estudados.

Figura 10 - Amostrador eletromagnético Viatest VSM 200

Figura 11 - Gráfico das frações de areia por perfil nas profundidades estudadas.

Figura 12 - Gráfico das frações de areia por perfil nas profundidades estudadas.

Figura 13 - Curvas características de retenção de água no solo por perfil nas profundidades estudadas.

Figura 14 - Curvas características de retenção de água no solo por profundidades nos perfis estudados.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Alguns atributos físicos nas profundidades dos perfis estudados.

Tabela 02 - Fracionamento do material do solo (TFSA) nas profundidades dos solos estudados.

Tabela 03 - Água disponível (AD) nos perfis estudados.

Tabela 04 - Alguns dos atributos físicos-hídricos nas profundidades dos perfis estudados.

Tabela 05 - Parâmetros de ajuste ao modelo de Van Genuchten (1980) para as curvas de retenção de água no solo, nas quatro profundidades dos perfis nas localidades estudadas.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	O Semiárido e o Agreste	15
2.2	O Solo e solos arenosos	16
2.3	Neossolos Regolíticos	18
2.4	Relação água-solo e indicadores físicos	20
3	MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1	Área de estudo	22
3.2	Seleção dos perfis de solo	23
3.3	Coleta e preparo das amostras dos perfis	27
3.4	Análises físicas	28
3.4.1	Análise granulométrica	28
3.4.2	Densidade do Solo	29
3.4.3	Densidade da Partícula	29
3.5	Indicadores hídricos	30
3.5.1	Água Disponível	30
3.5.2	Condutividade Hidráulica Saturada (K_{sat})	30
3.5.3	Curva Característica de Retenção de Água no Solo e determinação da retenção de água no solo	31
3.6	Ajuste das curvas características de retenção de água nos solos (CCRAS)	32
3.7	Distribuição de tamanho de poros	32
3.7.1	Porosidade Total (P)	33
3.7.2	Macroporosidade, Mesoporosidade e Microporosidade	34
3.8	Estabilidade de Agregados	35
3.9	Análise estatística	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1	Atributos gerais dos solos	37
4.2	Atributos físicos dos solos	37
4.2.1	Distribuição das partículas	37
4.2.2	Diâmetro Médio Ponderado (DMP) e Diâmetro Médio Geométrico (DMG)	42

4.3 Atributos físico-hídricos dos solos.....	46
4.3.1 Porosidade total, macroporosidade, mesoporosidade e microporosidade.....	46
4.3.2 Condutividade hidráulica saturada, água disponível.....	47
4.3.3 Curva Característica de retenção de água no solo (CCRAS) por perfil.....	50
4.3.4 Curva característica de retenção de água no solo (CCRAS) por profundidade.....	53
4.3.5 Parâmetros de ajustes pela Equação de Van Genuchten.....	55
5 CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS.....	59
ANEXO	71

1. INTRODUÇÃO

O solo é base para todas as espécies com vida presentes no planeta Terra. Seus atributos de suporte, regulação e provisão permitem afirmar que o ele está entre os principais recursos ambientais para manutenção da vida, pois participa dos principais ciclos geoquímicos que ocorrem constantemente entre ele e a superfície. Em função disso é preciso estudar a qualidade do solo, a qual pode ser definida como a capacidade de funcionamento dentro dos limites do ecossistema; sustentando a produtividade biológica e mantendo a qualidade ambiental (DORAN et al., 1996)

Para se avaliar a qualidade do solo é imprescindível se conhecer, dentre outros, os atributos físicos do solo e seus reflexos na capacidade que o mesmo tem de cumprir suas funções e disponibilizar todos os nutrientes e minerais para as plantas e animais. Como sendo um dos indicadores de qualidade do solo, os atributos físicos do solo permitem indicar o melhor tipo de manejo a ser aplicado em cada solo e a situação em que se encontra.

Os atributos físicos mais estudados para indicar a qualidade do solo são: textura, porosidade, densidade do solo, densidade das partículas, condutividade hidráulica saturada, capacidade de campo, ponto de murcha permanente, água disponível, porosidade total. Esses atributos físicos estão conectados entre si, permitindo revelar como o solo está organizado e se há alguma alteração que representa atividades externas que alterem sua estrutura natural. Para Mendes et al. (2006), um dos atributos mais importantes para se avaliar a qualidade do solo é a sua estrutura, porque complementa o estudo de avaliação do arranjo entre sólidos e vazios. É a forma como estão arranjados os poros e as partículas sólidas. Tal avaliação permite saber os mecanismos de movimentação e retenção de água no solo.

Os atributos podem interferir na qualidade física do solo, podendo com esse enfoque, devido a atuação da água, serem chamados de índices de qualidade físico-hídrica do solo (GIMENES, 2012). Outro importante índice é a curva de retenção de água no solo, a qual faz relação entre a umidade e a quantidade de água retida nos poros, nas diferentes tensões aplicadas, possibilitando a obtenção das proporções dos macroporos, mesoporos, microporos e criptoporos na amostra.

Os solos arenosos são considerados muito frágeis, pois retêm menos água, são susceptíveis à erosão, possuindo limitações ao uso agrícola. No entanto, várias áreas com solos arenosos são utilizadas para produção agrícola. Muitas são usadas como pastagem, contribuindo para produção de bacias leiteiras (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013).

Dentre as classes de solos arenosos existem os Neossolos Regolíticos, os quais no Brasil têm maior ocorrência no Nordeste, sendo encontrados em maior concentração em Pernambuco, especificamente nos municípios de Venturosa, Garanhuns, Pesqueira, Belo Jardim, São João, Bom Conselho e Buíque (ARAÚJO FILHO, 2000).

Os Neossolos Regolíticos possuem textura arenosa ou média, com baixos teores de argila, normalmente entre 5 e 12%, e teores de silte mais frequentes entre 10 e 20% (EMBRAPA, 2006). Podem ser encontrados em paisagens de relevo suave ondulado e plano, bem drenados, sendo comumente utilizados com culturas de mandioca, pastagem, caju, feijão, melancia, milho, tomate, palma forrageira, mamona e capim elefante (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013). Estes solos em alguns municípios no Agreste de Pernambuco chegam a produzir duas safras de feijão sem irrigação. Este fato ocasionou um questionamento sobre qual fator estaria favorecendo esta condição de umidade para produção das safras desta leguminosa.

O objetivo geral deste trabalho foi caracterizar os comportamentos físico-hídricos de 4 Neossolos Regolíticos da região Agreste de Pernambuco, identificando os atributos que possam melhor caracterizá-los, visando o manejo mais racional desses solos. Os objetivos específicos foram: avaliar a retenção e condutividade da água no solo; estabelecer curvas características de retenção de água; determinar a distribuição dos poros a partir dos ensaios das curvas características de retenção de água no solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Semiárido, o Agreste e áreas de estudo

No Brasil a região semiárida abrange partes dos Estados de Minas Gerais, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Maranhão, Bahia e Pernambuco, totalizando 13,5% da região Sudeste e 86% do Nordeste (IBGE, 1992). Nele está inserido o bioma Caatinga, o qual é exclusivamente brasileiro. Segundo Maia (2004), a Caatinga demonstra diferentes graus de adaptação à aridez, intitulado xerofitismo, podendo se apresentar como hipoxerófila ou hiperxerófila, com menor ou maior adaptação fisiológica e/ou morfológica a longos períodos de estiagem, respectivamente.

Na porção oeste do estado de Pernambuco, o Semiárido característico do Sertão apresenta a predominância de um clima ainda mais seco e temperaturas mais elevadas devido à menor influência do clima úmido litorâneo. Este fenômeno climático colabora significativamente para a existência de solos ainda mais incipientes, quanto ao seu desenvolvimento pedogenético (SAMPAIO et al., 2005).

No semiárido encontra-se o Agreste, região de transição entre a Zona da Mata e o Sertão, estendendo-se por uma área de aproximadamente 24.400 km² (OLIVEIRA JUNIOR, 2013). Representa 24,7% do território estadual englobando as regiões de desenvolvimento Agreste Meridional, Central e Setentrional. O Agreste Meridional é constituído por 26 municípios e é caracterizado por uma economia diversificada, com cultivos de lavouras como milho, feijão e mandioca, além da pecuária de leite e de corte (MONTEIRO et al., 2007; CARVALHO et al., 2009).

Referente ao município de São Caetano localizado na mesorregião do Agreste Central, segundo CONDEPE/FIDEM (2005a) o clima é do tipo Tropical Chuvoso, com verão seco e precipitação média de 491 mm e altitude média de 552 m.

Em Lagoa do Ouro a precipitação pluviométrica média anual é de 484 mm, encontrando-se numa altitude de 664 m. Sua litologia é formada por Biotita Gnaisse e Quartzo-Feldspato. Caetés está situada a uma altitude de 849 m, apresentando uma precipitação pluviométrica com média anual de 513 mm e litologia formada por Biotita Orto-gnaisse (CONDEPE/FIDEM, 2005 b, c).

O município de São João de constituição litológica semelhante a Caetés, tem precipitação média anual de 524 mm e altitude de 716 m (CONDEPE/FIDEM, 2005 d, e).

Segundo CPRM, 2005:

O clima é do tipo *Tropical Chuvoso* com verão seco. O período chuvoso começa no outono/inverno tendo início em dezembro/janeiro e término em setembro. A precipitação média anual é de 1309,9 mm. A vegetação é predominantemente do tipo *Floresta subperenifólia*, com partes de *Floresta hipoxerófila*.

Os solos mais representativos do Agreste são os Neossolos Litólicos (25,53%), Planossolos (23,54%), Argissolos (20,48%), Neossolos Regolíticos (10,15%), Luvisolos (3,43%) e Neossolos Quartzarênicos (2,12%) (ARAÚJO FILHO, 2000). Mesmo com ocorrência de Neossolos Regolíticos, o que significa alta permeabilidade e baixa capacidade de retenção de água, ainda assim há exploração agrícola.

2.2 O Solo e solos arenosos

O solo é um recurso natural responsável pelo suporte de todos ecossistemas, pela regulação de vários ciclos biogeoquímicos, filtração, proteção e disponibilidade de minerais, nutrientes, água, etc. Nele são encontrados agregados, partículas, poros, filmes de água e micro-organismos. Por esses motivos o solo é um sistema extraordinariamente complexo com características únicas e insubstituíveis (HILLEL, 1970). Nele estão os componentes químicos, físicos e biológicos. Os componentes químicos estão relacionados aos elementos químicos presentes que podem interferir positiva ou negativamente nas culturas; já os componentes físicos revelam propriedades estruturais do solo, bem como sua densidade, porosidade, e outras características que qualificam e definem cada tipo de solo. Suas características biológicas são aquelas que evidenciam a presença de seres vivos, sejam eles macro ou microscópicos. Juntos, esses componentes indicam a qualidade do solo, por isso, sua determinação se faz importante porque:

Possibilita a identificação de áreas problemáticas, utilizadas na produção, fazer estimativas realistas de produtividade, monitorar mudanças na qualidade ambiental e auxiliar agências governamentais a formular e avaliar políticas agrícolas de uso da terra (DORAN et al., 1994).

Existem diversas definições de solo, dentre estas se tem a definição segundo Soil Taxonomy (1975) e do Soil Survey Manual (1984), que abrange os principais aspectos da importância do solo como recurso natural para os ecossistemas:

Solo é a coletividade de indivíduos naturais, na superfície da terra, eventualmente modificados ou mesmo construídos pelo homem, contendo matéria orgânica viva e servindo ou sendo capaz de servir à sustentação de plantas ao ar livre. Em sua parte superior, limita-se com o ar atmosférico ou águas rasas. Lateralmente, limita-se gradualmente com rocha consolidada ou parcialmente desintegrada, água profunda ou gelo. O limite inferior é talvez o mais difícil de definir. Mas, o que é reconhecido como solo deve excluir o material que mostre pouco efeito das interações de clima, organismos, material originário e relevo, através do tempo.

Para Pejon et al. (2013), todos os solos são originados a partir de modificação de rochas e sedimentos, os quais advêm das novas condições físico-químicas, relacionadas com o clima, variações verticais e horizontais. Tais modificações causam perdas, adições e transporte transformando a rocha em solo e explicando as diversidades de tipos de solos existentes.

A composição do solo, de acordo com Azevedo et al. (2007) e Stürmer (2008), pode influir na taxa de infiltração e na capacidade de retenção da água. Sendo assim, a avaliação da qualidade do solo é fundamental na determinação da sustentabilidade dos sistemas de manejo utilizados (PARFITT, 2013).

A degradação do solo, decorrente da compactação, destruição da estrutura e da degradação da matéria orgânica, provoca efeitos negativos nas propriedades físicas, químicas e biológicas, com prejuízos ao desenvolvimento de plantas e conseqüentemente afetando a produtividade desses solos (LIMA et al., 2007).

De modo geral os solos arenosos apresentam teor de areia maior que 70% e argila menor que 15%, quando o silte está ausente (CORREIA et al., 2002; REATTO et al., 1998). São essencialmente quartzosos, possuindo nas frações areia grossa e areia fina, 95% ou mais de quartzo. Podem contar com calcedônia e opala que são praticamente destituídos de minerais primários, pouco resistentes ao intemperismo (CORREIA et al., 2002; EMBRAPA, 2006). Por isso, são considerados ecologicamente muito frágeis (ZUO et al., 2008). Contudo, várias áreas de ocorrências desses solos são incorporadas ao processo de produção de grãos de maneira intensiva, e muitas são usadas com pastagens, contribuindo para produção em bacias leiteiras (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013).

Concomitantemente muitas dessas áreas são irrigadas de modo inadequado devido à falta de conhecimentos, particularmente físico-hídricos, causando desperdício da água e insumos, concorrendo para o aumento dos custos de produção agrícola e

degradação ambiental. Constantemente após intervenção antrópica, ocorrem processos erosivos como as voçorocas (KER et al., 1992; BEZERRA et al., 2010), até mesmo em áreas com pouca declividade, gerando consequências muitas vezes irreversíveis relacionadas à contaminação (SANTOS et al., 2010), assoreamento dos cursos de água (OLIVEIRA et al., 2001), e aumento dos riscos de desertificação.

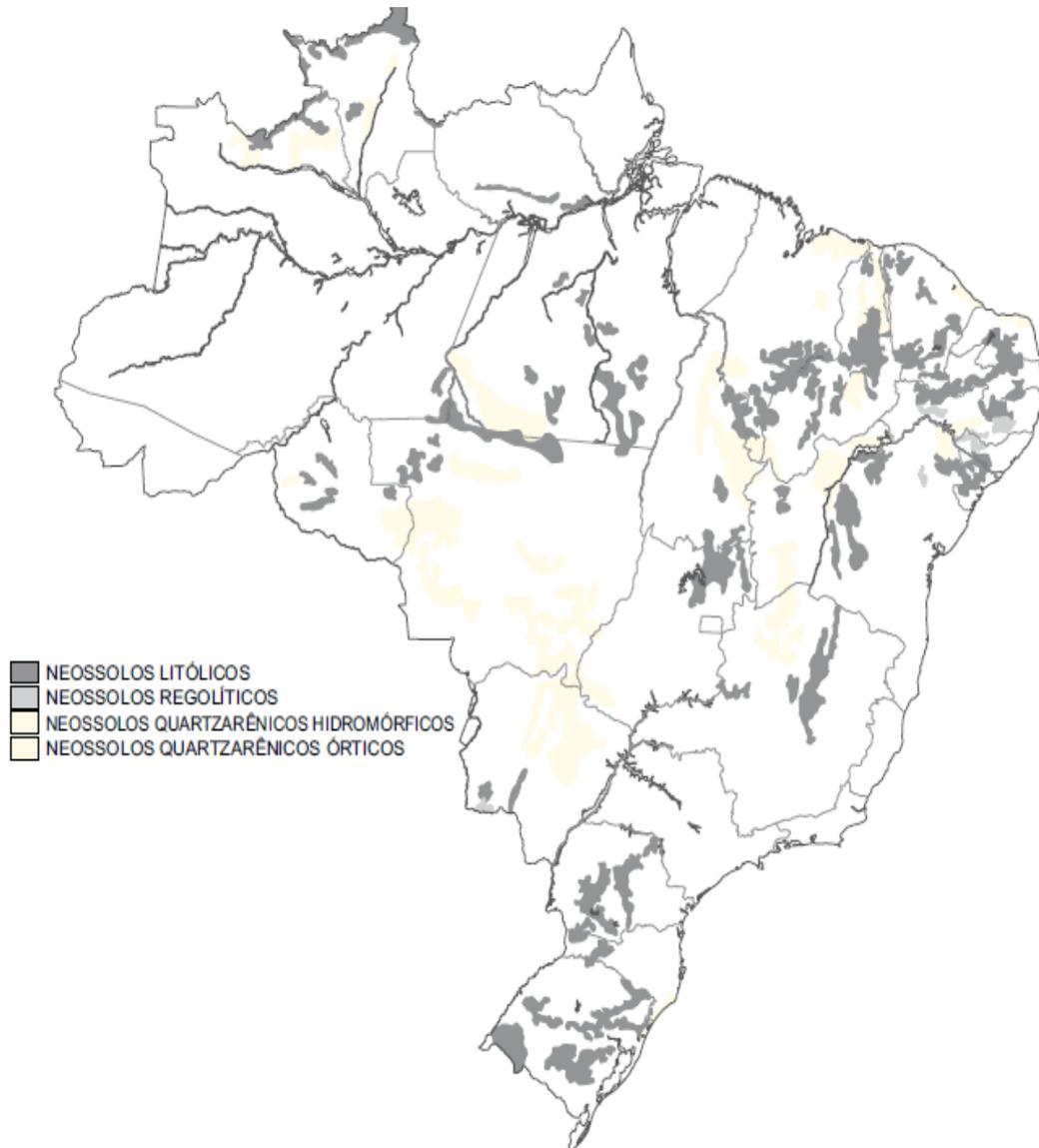
No Agreste nordestino o emprego de técnicas racionais para solos arenosos é uma questão de sobrevivência (CABRAL et al., 2004). Este procedimento tem por finalidade prolongar ou mesmo aumentar o potencial produtivo das terras e também preservar e conservar os tais recursos (MIGUEL, 2010). Além disso, o conhecimento atual dos aspectos físico-naturais e ambientais contribui para futuros prognósticos, analisando-se e avaliando-se os recursos naturais, proporcionando dados referentes à sua capacidade de uso e produção, ou melhoramentos de áreas pouco favoráveis ao uso e à ocupação das terras (AUZANI, 2010).

2.3. Neossolos Regolíticos

Os Neossolos Regolíticos são incomuns no Brasil, e suas ocorrências são mais significativas no Nordeste (Figura 01), estando presente nos estados de Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Rio Grande do Norte, Bahia e Sergipe, e em pequenas áreas do Ceará (EMBRAPA, 1981). Em Pernambuco a maior concentração está nos municípios de Venturosa, Garanhuns, Pesqueira, Belo Jardim, São João, Bom Conselho, Buíque (ARAÚJO FILHO, 2000)

A classe dos Neossolos Regolíticos possui textura arenosa ou média, com baixos teores de argila, normalmente entre 5 e 12%, e teores de silte mais frequentes entre 10 e 20% (SILVA et al., 2001; EMBRAPA, 2006). Ocorrem em paisagens com relevo predominantemente suave ondulado e/ou plano. Quase sempre, são fortemente drenados; raramente apresentam fase de pedregosidade e, em alguns casos, ocorrem com fase rochosa. Podendo aparecer isoladamente, ou associados com outros tipos de solos. São mais utilizados com culturas de mandioca, pastagem, caju, feijão, melancia, milho, tomate, palma forrageira, mamona e capim elefante (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013).

Figura 01: Ocorrência dos Neossolos no Brasil.



Fonte: IBGE (2007)

Segundo a EMBRAPA (2006):

Neossolos são grupo de solos pouco evoluídos, sem horizonte B diagnóstico definido. Compreende solos constituídos por material mineral, ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem, como maior resistência ao intemperismo ou composição químico-mineralógica, ou por influência dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos.

De acordo com a Embrapa (2006), os Neossolos Regolíticos podem ser eutróficos, distróficos e ainda apresentar caráter solódico, conferindo-lhes distintas potencialidades agrícolas de acordo com a inter-relação dos fatores de formação, expressados pela distribuição dos solos na paisagem.

2.4. Relação água-solo e indicadores físicos

A água é um componente vital para os seres vivos, e para todos os processos biológicos, químicos, físicos, etc., do nosso planeta. Especificamente, o conhecimento do comportamento da água no solo é de grande importância, tanto para fins de equilíbrio bioecológico num ecossistema na natureza, quanto numa intervenção agrícola sustentável, obedecendo a critérios técnico-científicos que minimizem efeitos nocivos ao ambiente.

O conhecimento a respeito da retenção de água pelo solo é muito importante, uma vez que influencia na sua permanência ou infiltração no solo, bem como, no tipo de manejo que deve ser adotado a fim de que haja água disponível para as plantas.

A retenção de água na matriz do solo é governada por forças capilares e forças de adsorção, as quais são denominadas de forças mátricas, dando origem ao termo potencial mátrico da água no solo (REICHARDT, 1990; LIBARDI, 2005; VIEIRA, 2006).

Nos solos arenosos, as forças capilares são predominantes no processo de retenção de água, ao contrário do que ocorre nos solos argilosos (REICHARDT, 1985). Reichardt (1990) atesta que dentre as interferências na capacidade de retenção de água de um solo, principal é o tipo de solo, pois este define a área de contato entre as partículas sólidas e a água, além de determinar as proporções de poros de diferentes tamanhos. Esta propriedade do solo, cujo conhecimento é relevante para a determinação da área de contato e preponderantemente na distribuição do diâmetro dos poros, é conhecida como textura do solo (SALTER & WILLIAMS, 1965; REICHARDT & TIMM 2004).

A textura do solo influi na porosidade total, devido aos diversos comportamentos que solos de composições granulométricas (areia, silte e argila)

diferentes apresentam no tocante ao grau de empacotamento das partículas e quanto à agregação (Silva et al., 2001), e ainda pelos seus reflexos na capacidade de retenção de água do solo e no uso potencial das terras (SIQUEIRA, 2006).

Quando um solo possui um sistema poroso bem distribuído no perfil, tanto a retenção da água, como a condutividade hidráulica do mesmo são favorecidas. Os poros maiores, por exemplo, são responsáveis pela aeração do solo e pela condução de água em condições saturadas, enquanto que os poros menores atuam na retenção e condução de água em condições não saturadas (PARAHYBA, 2013).

Outro fator físico importante é o agregado, que segundo Kemper; Rosenau, 1986; Nimmo; Perkins, (2002), é um grupo de duas ou mais partículas primárias do solo que são coesas umas com as outras, mais do que com as outras partículas vizinhas de solo.

Tisdall & Oades (1982) afirmam que os agregados podem ser classificados quanto ao tamanho, de acordo com a teoria da hierarquização de agregados, em cinco grupos ($< 2 \mu\text{m}$; de 2 a 20 μm ; de 20 a 250 μm , de 250 μm a 2 mm; e $> 2 \text{mm}$). Os menores que 250 μm são denominados microagregados e os maiores, macroagregados, sendo cada agregado formado pela união dos agregados da classe que vem logo abaixo, seguindo, assim, uma ordem hierárquica. Os microagregados são mantidos e unidos por materiais orgânicos persistentes, enquanto os macroagregados são formados e estabilizados por materiais temporários, como raízes de plantas (STEVENSON, 1994).

O tamanho e o grau de desenvolvimento dos agregados do solo são indicadores dos processos de degradação do solo, pois influenciam fatores como infiltração, retenção de água, aeração, resistência à penetração de raízes, selamento e encrostamento superficial, e erosão hídrica e eólica (LEPSCH, 2011). Conforme seus tamanhos, cada classe será unida por diferentes agentes cimentantes (BASTOS et al., 2005). Para Wendling et al. (2005), a matéria orgânica é o principal agente de formação e estabilização dos agregados, e por isso a avaliação do diâmetro de partículas é importante para avaliar o modelo de agregação. Além da matéria orgânica os minerais de argila, compostos de ferro, carbonatos e sílica coloidal, entre outros (LEPSCH, 2011) também são considerados agentes cimentantes.

Vale salientar que, segundo Six et al. (2004), os microagregados são classificados como mais estáveis e menos suscetíveis à práticas agrícolas de manejo, do que os macroagregados.

Conforme Nimmo e Perkins (2002), para determinação do tamanho dos agregados e estado de agregação podem ser utilizados como parâmetros o Diâmetro Médio Ponderado (DMP) e o Diâmetro Médio Geométrico (DMG).

O DMP reflete a porcentagem de agregados grandes retidos nas peneiras com malhas maiores, enquanto o DMG corresponde a uma estimativa do tamanho da classe de agregados de maior ocorrência. Desta forma, quanto maior o agregado, maiores serão o DMP e os espaços porosos entre agregados, aumentando a infiltração e diminuindo a erosão (ANGULO; ROLOFF; SOUZA, 1984).

Uma maneira de se revelar a organização e tamanho dos poros é através da Curva Característica de Retenção de Água no Solo (CCRAS). Ela é indispensável em estudos de balanço e disponibilidade de água para as plantas, de dinâmica da água e solutos no solo, de infiltração e no manejo da irrigação. A CCRAS origina dados relevantes a respeito da qualidade do solo (TORMENA & SILVA, 2002). Para Dexter (2004), tem sido adotada universalmente e permite relacionar, com alto poder de predição, a energia de retenção e disponibilidade hídrica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A área estudada está inserida no Agreste pernambucano, região de transição entre o litoral úmido e o sertão semiárido (Figura 2). Com clima sub-úmido, a principal função de sua economia tem sido abastecer com produtos agrícolas a população alojada nas áreas metropolitanas do litoral (REBOUÇAS, 1997).

Amostras em profundidades de perfis de solos foram oriundas dos seguintes municípios: São Caetano, Lagoa do Ouro, Caetés e São João. O município de São Caetano (Perfil 1) está localizado na mesorregião Central, com clima do tipo Tropical Chuvoso, com verão seco e precipitação média de 491 mm e altitude média de 552m (CONDEPE/FIDEM, 2005a). Os outros três municípios estão no Agreste Meridional. No Município de Lagoa do Ouro (Perfil 2), a precipitação pluviométrica média anual é de 484 mm, encontrando-se numa altitude de 664 m e litologicamente é formado por Biotita gnaisse e Quartzo-Feldspato. O município de Caetés (Perfil 3) está situado a uma altitude de 849 m, apresentando uma precipitação pluviométrica com média anual

de 513 mm e litologia formada por Biotita Orto-gnaiss (CONDEPE/FIDEM, 2005 b, c). O município de São João (Perfil 4) tem precipitação média anual de 524 mm e altitude de 716 m e tem constituição litológica semelhante à Caetés (CONDEPE/FIDEM, 2005 d, e).

De um modo geral, há extrema irregularidade de chuvas, no tempo e no espaço, constituindo-se tal fato num forte entrave ao desenvolvimento socioeconômico da região.

A cobertura vegetal do Agreste corresponde ao predomínio de caatinga hipoxerófila (Jacomine et al., 1973).

Figura 2: Mapa do Estado de Pernambuco com suas regiões.



Fonte: www.condepefidem.pe.gov.br

3.2 Seleção dos perfis de solo

Foram selecionados quatro perfis de Neossolos Regolíticos, caracterizados e classificados no trabalho de Santos (2011), permitindo uma avaliação antecipada na seleção dos solos para os objetivos deste estudo e racionalização de custos.

Os perfis de solos estão localizados nos quatro municípios citados anteriormente, na região Agreste do Estado de Pernambuco, conforme as seguintes coordenadas geográficas: Perfil 1 – 24L 08 11 467 (S) e 90 74 766 (W) no município de São Caetano; Perfil 2 - 24L 07 79 928 (S) e 89 95 144 (W) no município de Lagoa do Ouro; Perfil 3 – 24L 07 63 677 (S) e 90 27 426 (W) no município de Caetés; e Perfil 4 - 24L 07 853 57 (S) e 90 252 38 (W) no município de São João (Figura 03).

O perfil 1 – P1 (Figura 04) de Neossolo Regolítico Eutrófico solódico, localiza-se numa área de pastagem. O perfil 2 – P2 de Neossolo Regolítico Eutrófico típico, com relevo suave ondulado (Figura 05). O perfil 3 – P3 e perfil 4 – P4 são de Neossolo Regolítico Eutrófico típico (Figuras 06 e 07, respectivamente).

**Figura 03 – Localização dos perfis nos municípios de Pernambuco
(Adaptado de Oliveira et al., 2003)**

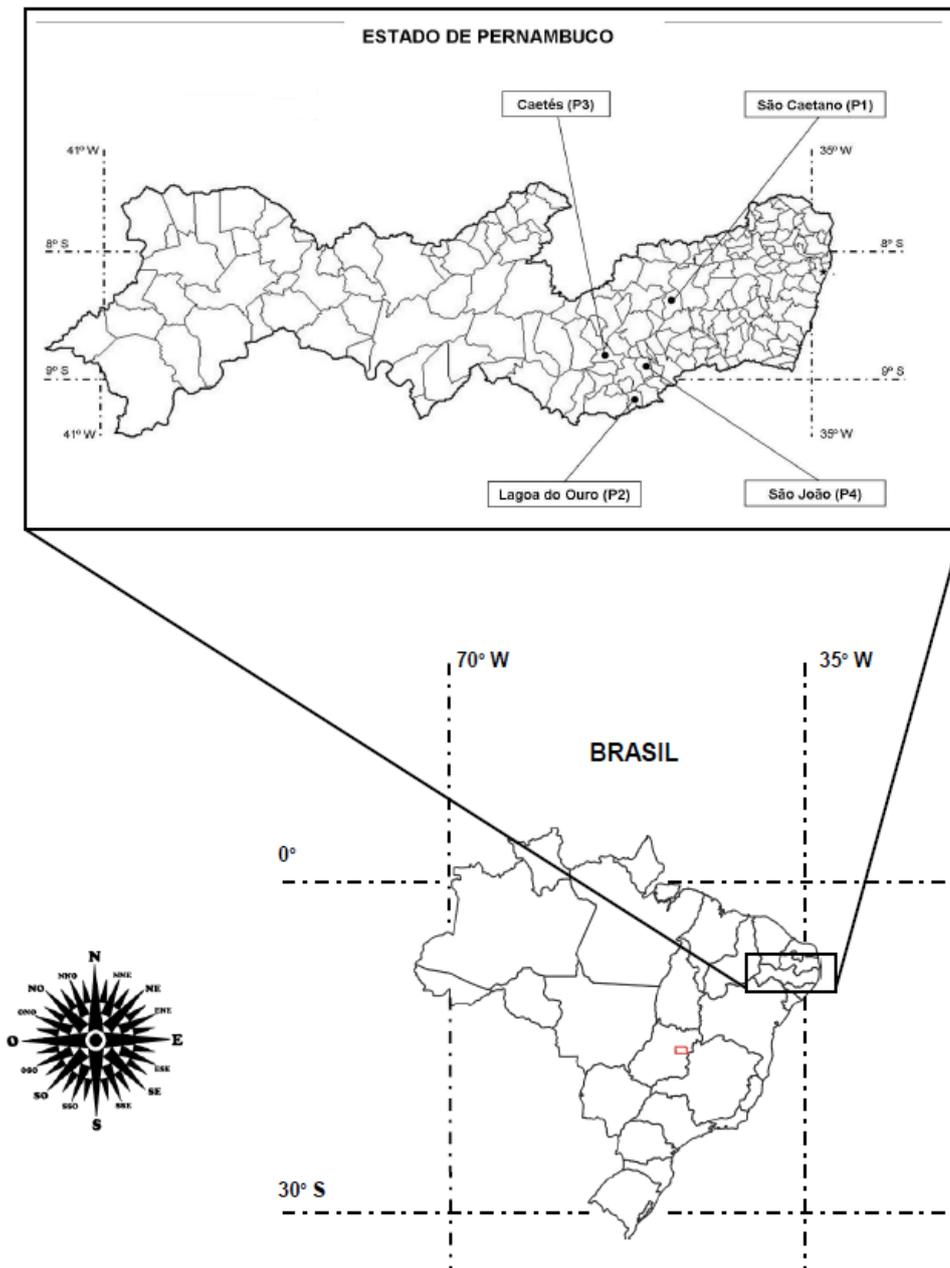


Figura 04 - Neossolo Regolítico Eutrófico solódico (P1). Município de São Caetano - PE.



Figura 05 - Neossolo Regolítico Eutrófico típico (P2). Município de Lagoa do Ouro - PE.



Figura 06 - Neossolo Regolítico Eutrófico típico (P3). Município de Caetés - PE.



Figura 07- Neossolo Regolítico Eutrófico típico (P4). Município de São João - PE.



Fonte: Santos (2011).

3.3 Coleta e preparo das amostras nos perfis

Nos quatro locais escolhidos foram realizadas as coletas de amostras em 4 (quatro) profundidades (0 - 20 cm, 20 – 40 cm, 40 – 60 cm e 100 – 120 cm), nos perfis selecionados.

Amostras não estruturadas de solo foram coletadas para realização de análises físicas (granulometria, densidade da partícula, estabilidade de agregados). Foram separadas em sacos plásticos e devidamente identificadas com seus respectivos números de perfil e profundidades.

Amostras estruturadas foram coletadas para determinação da densidade do solo e de indicadores hídricos (água disponível - AD, condutividade hidráulica saturada - K_{sat} , Curva Característica de Retenção de Água no Solo – CCRAS; distribuição de tamanho de poros, porosidade total, macroporosidade, mesoporosidade e microporosidade). Para a coleta de amostras estruturadas foi utilizado o anel volumétrico de Kopeck ou cilindro volumétrico, conforme EMBRAPA (1997). Esta coleta foi executada em três repetições. Para cada profundidade, foram cravados 3 anéis de 5 cm de diâmetro por 5 cm de altura, de forma a não causar grandes deformações à estrutura do solo (Figura 08).

Figura 8 – Amostrador com anéis de Kopeck na profundidade de 40 a 60 cm.



As amostras não estruturadas foram secas ao ar e destorroadas e passadas numa peneiradas com malha de 2 mm, obtendo-se desta forma a separação da fração grossa do

solo, composta unicamente de cascalho (2 a 20 mm), e a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), de acordo com EMBRAPA (1997).

As amostras in não estruturadas foram preparadas e saturadas para realização das análises subsequentes.

3.4 Análises físicas

As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Física do Solo pertencente ao Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Os métodos para determinação da densidade do solo (D_s), densidade da partícula (D_p) e argila dispersa em água foram realizados segundo a Embrapa (1997) e a separação granulométrica das frações areia, silte e argila do solo foi elaborada como recomendado por Ruiz (2005). Os valores da relação silte/argila e porosidade total foram calculados.

3.4.1 Análise granulométrica

A análise granulométrica foi realizada após dispersão da amostra com uma solução de Calgon (Carbonato de sódio + hexametáfosfato de sódio), adicionada à 150 g da amostra de TFSA. Tal mistura ficou em repouso por 24 horas e posteriormente as amostras foram colocadas em um agitador tipo Wagner, onde passaram 16 horas em agitação lenta (50 rpm). Depois disso, a areia foi separada com auxílio de peneira de malha 0,053 mm. As frações silte e argila, com o dispersante, foram postas em provetas de 1 litro até o volume de 960 ml e em seguida esta suspensão foi agitada e por fim, após 24 horas, foram medidas a densidade e a temperatura das amostras com auxílio de um densímetro e um termômetro digital, respectivamente.

A massa da fração silte foi determinada por diferença entre a massa total das amostras e a massa de areia e argila. Após a obtenção dos resultados, foram definidas as classes texturais dos solos com o auxílio do triângulo textural, de acordo com o Soil Taxonomy (1998).

Foram separadas as frações de silte (0,05 - 0,02 mm), argila (< 0,02 mm) e areia. A fração areia foi separada mais detalhadamente nas seguintes frações: areia muito grossa (2,0 - 1,0 mm), areia grossa (1,0 - 0,5 mm), areia média (0,5 - 0,25 mm), areia fina (0,25 - 0,10 mm) e areia muito fina (0,10 - 0,05), conforme SOIL SURVEY STAFF (1993).

Após a obtenção dos resultados da análise granulométrica, realizou-se a relação silte/argila, calculada dividindo-se os valores percentuais das massas frações silte [$m_{(\text{silte})}$] e argila [$m_{(\text{argila})}$], O valor adimensional foi obtido através da fórmula:

$$m_{(\text{silte})} / m_{(\text{argila})} \quad (01)$$

Onde: $m_{(\text{silte})}$ = Massa da fração silte (g)

$m_{(\text{argila})}$ = massa da fração argila (g)

3.4.2 Densidade do Solo

A amostra indeformada de solo contida no anel foi seca em estufa de 105 °C por 24 horas e em seguida pesada. Com os resultados obtidos das massas e dos volumes, calculou-se a densidade do solo em (g cm^{-3}) por meio da seguinte fórmula:

$$D_s = M_s / V_s \quad (02)$$

Onde: D_s : densidade do solo (g cm^{-3})

M_s = Massa do solo (g);

V_s = Volume do solo.

3.4.3 Densidade da Partícula

Foram determinadas em laboratório, pelo método do balão volumétrico, recomendado pela Embrapa (1997), onde as amostras de pesos conhecidos foram levadas à estufa a 105°C, onde permaneceram por 12 horas, e novamente pesadas. Depois foram transferidas para um balão de 50 ml, onde foi adicionado álcool etílico e agitado o balão para eliminação de bolhas. Após a ausência das bolhas o volume do balão foi completado. Em seguida, foi possível determinar a diferença do volume do álcool utilizado e o volume do balão. O cálculo para obtenção do resultado foi o seguinte:

$$D_p \text{ (g cm}^{-3}\text{)} = \text{peso da amostra seca a } 105 \text{ }^\circ\text{C} / (50 - \text{volume de álcool gasto}). \quad (03)$$

Onde: D_p : Densidade das partículas do solo (g/cm^{-3})

3.5 Indicadores hídricos

3.5.1 Água Disponível

O cálculo da lâmina de água disponível (AD) às plantas foi realizado com base nos valores da umidade (% volume) retida no solo, equivalente à capacidade de campo (Cc) e ao ponto de murcha permanente (PMP), avaliados em amostras in não estruturadas no laboratório. A fórmula utilizada no cálculo da AD, por profundidade do solo, foi a seguinte:

$$AD \text{ (mm)} = [(CC - PMP) d Z] / 10 \quad (04)$$

Onde: AD: Água disponível (mm)

CC: capacidade de campo ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$)

PMP: ponto de murcha permanente ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$)

D: em a densidade do solo (g cm^{-3})

Z: Espessura do horizonte (cm)

3.5.2 Condutividade Hidráulica Saturada (K_{sat})

As amostras in não estruturadas foram preparadas de acordo com o proposto pela EMBRAPA (1997). A seguir foram submetidas à carga hidráulica constante de 1,7 cm, sendo o volume percolado medido. O cálculo para obtenção dos resultados foi através da seguinte fórmula:

$$K = Q \cdot L / A \cdot H \cdot t \quad (05)$$

Onde: K = condutividade hidráulica em cm/h; Q = volume do percolado em ml, ou seja, o valor da última leitura quando não há variação entre os valores anteriores, ou a média das duas leituras quando há alguma variação; L = altura do bloco do solo (cm); H = altura do bloco do solo e da coluna (cm); A = área do cilindro em cm^2 ; t = tempo (h).

3.5.3 Curva Característica de Retenção de Água no Solo (CCRAS)

Para o estudo da retenção da água no solo foram selecionadas as profundidades 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm e 100-120 cm. A escolha teve como base a maior diferença entre os parâmetros morfológicos e físicos observados em exames de campo no perfil de solo, além de dados preliminares obtidos em Santos (2011).

Para a obtenção da CCRAS, utilizou-se a técnica de Richards (1947), onde as amostras não estruturadas, com três repetições de cada profundidade dos perfis de solos selecionados, foram saturadas e pesadas, posteriormente postas na mesa de tensão a 1 kPa, 3, 6 e 10 kPa. Posteriormente para as tensões de 33 e 100 kPa e 350 kPa, as amostras foram colocadas na câmara de baixa tensão, e para a tensão de 1.500 kPa, utilizou-se o extrator de Richards para altas tensões (Figura 09). Após cada tensão ter sido aplicada as amostras foram pesadas. Por fim as amostras foram levadas para a estufa a uma temperatura de 105 °C por 24 horas. As amostras retiradas da estufa foram pesadas e seus valores registrados, conforme o Manual de Método da Embrapa (EMBRAPA, 1997).

Figura 09: Equipamentos utilizados para determinação da distribuição de poros dos perfis estudados.



Fonte: Vieira 2015

(a) mesa de tensão utilizada para definição da macroporosidade, mesoporosidade e microporosidade; (b) câmara de Richards utilizada para determinação da capacidade de campo e ponto de murcha permanente.

3.5.5 Ajuste da CCRAS

A CCRAS foi construída relacionando-se os dados dos potenciais com suas respectivas umidades volumétricas obtidas. Os ensaios foram realizados com resultados obtidos das amostras contidas nos anéis volumétricos ($\varnothing = 5 \text{ cm} \times h = 2,5 \text{ cm}$). Os demais dados foram obtidos ajustando-se o conteúdo volumétrico de água (θ) em função da tensão da água no solo (Ψ), utilizando-se procedimentos conforme sugeridos em van Genuchten (1980), com o uso do software “Retention Curve” - RetC (van Genuchten *et al.*, 1994) para a determinação dos parâmetros da equação.

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha \cdot \Psi)^n]^m} \quad (06)$$

Sendo: θ , a umidade volumétrica atual do solo ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$), após equilíbrio do potencial aplicado; θ_s , a umidade volumétrica determinada na saturação ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$); θ_r , a umidade volumétrica residual ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) determinada no ponto de murcha permanente a -1.500 kPa; Ψ , a tensão com que a água está retida no solo (kPa); α , n e m , os parâmetros empíricos da equação.

3.6 Distribuição de tamanho de poros

A distribuição de poros por tamanho baseou-se na expressão matemática adaptada a partir de Bouma (1991), conforme equação:

$$D = \left(\frac{4 \cdot \sigma \cdot \cos\alpha}{\rho_a \cdot g \cdot |\Psi|} \right) \cdot 10^6 \quad (07)$$

Sendo: D o diâmetro do poro (μm); σ a tensão superficial da água (N m^{-1}); α o ângulo de contato entre o menisco e a parede do tubo capilar (assumindo ser igual a 0°), ρ_a a densidade da água (kg m^{-3}), g a aceleração da gravidade (m s^{-2}) e $|\Psi|$ é o valor em módulo da tensão da água nos poros do solo (kPa). Assumindo-se que

$\sigma = 73,575 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$; $\rho_a = 1000 \text{ kg m}^{-3}$; $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$, a equação anterior pode ser simplificada, e o diâmetro do poro (μm) é calculado por meio da seguinte equação:

$$D_{(\mu\text{m})} = \frac{30}{\Psi} \quad (08)$$

Onde: D o diâmetro do poro (μm); σ a tensão superficial da água (N m^{-1}); $|\Psi|$ é o valor em módulo da tensão da água nos poros do solo (kPa).

Assim, o resultado foi obtido relacionando-se os diâmetros dos poros com as tensões aplicadas às amostras durante os ensaios das CCRAS.

3.6.1 Porosidade Total (P)

A Porosidade Total foi obtida utilizando-se o método da saturação, partindo-se do pressuposto que o volume de poros (V_{poros}) é igual ao volume de água para encher os poros do solo com água (saturar). Os anéis contendo as amostras de solo foram saturados, pesados (PS_{sat} = peso do solo saturado), secos em estufa e pesados novamente ($PSS_{105^\circ\text{C}}$ = peso do solo seco à 105°C), assumindo-se que a densidade da água é igual a 1 g cm^{-3} , calculou-se a P pela equação:

$$P_{(\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3})} = \frac{M_{su \text{ saturação}} - M_{ss \ 105^\circ\text{C}}}{Vt_{\text{anel}}} = \frac{V_{\text{saturação}}}{Vt_{\text{anel}}} = \frac{V_{\text{Poros}}}{Vt_{\text{solo}}} = \theta_{\text{Saturação}} \quad (09)$$

Sendo: P = porosidade total ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); M_{su} = massa de solo úmido na saturação (g); M_{ss} = massa de solo seco à 105°C (g); $V_{\text{saturação}}$ = volume da água na saturação (cm^3); Vt_{anel} = volume total do anel (cm^3); Vt_{solo} = volume total do solo (cm^3); V_{poros} = volume de poros (cm^3) e, θ = umidade volumétrica na saturação ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$).

3.6.2 Macroporosidade, Mesoporosidade e Microporosidade

Para determinação das porosidades macro, meso e micro dos solos, utilizou-se a equação e a classificação de tamanho de poros proposta em Prevedello (1996), ficando definidos como macroporos, aqueles poros que drenam água à tensão de 0,1 mca ($D > 300 \mu\text{m}$); mesoporos, aqueles poros que drenam água entre as tensões de 0,1 mca e 0,6 mca ($50 \mu\text{m} < D < 300 \mu\text{m}$); microporos, aqueles poros que drenam água à tensão $> 0,6 \text{ mca}$ ($D < 50 \mu\text{m}$).

A macroporosidade foi calculada pela relação entre o volume de água contido entre a saturação, o volume após equilíbrio a -0,1 mca e o volume do anel, conforme a equação:

$$\text{Macro} = \frac{V_{\text{macro}}}{V_{\text{total}}} \quad (10)$$

Sendo: Macro, a macroporosidade do solo ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$); V_{macro} , o volume de macroporos (m^3), obtido pela diferença entre PS_{Sat} (peso do solo saturado) e $\text{PSU}_{0,1\text{mca}}$ (peso do solo úmido equilibrado na tensão de 0,1 mca); V_{total} , o volume total do solo (m^3), representado pelo volume do anel volumétrico utilizado na coleta ($\pi r^2 h$).

Para determinação da mesoporosidade, o conjunto anel-amostra foi retornado à mesa de tensão, aplicada a tensão correspondente à -0,6 mca, pesando-se o conjunto anel-amostra após equilíbrio ($\text{PSU}_{0,6\text{mca}}$ = peso do solo úmido equilibrado na tensão de 0,6 mca).

Assim, o volume de mesoporos foi obtido pela diferença entre o $\text{PSU}_{0,1\text{mca}}$ e $\text{PSU}_{0,6\text{mca}}$, conforme equação:

$$\text{Meso} = \frac{V_{\text{meso}}}{V_{\text{total}}} \quad (11)$$

Sendo: Meso, a mesoporosidade do solo ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$); V_{meso} , o volume de mesoporos (m^3); V_{total} , o volume total do solo (m^3), representado pelo volume do anel volumétrico ($\pi r^2 h$).

A microporosidade foi determinada, calculando-se o volume de água nos microporos, obtido pela diferença entre o $\text{PSU}_{0,6\text{mca}}$ e o $\text{PSS}_{105^\circ\text{C}}$, por meio da equação:

$$\text{Micro} = \frac{V_{\text{micro}}}{V_{\text{total}}} \quad (12)$$

Sendo: Micro, a microporosidade do solo ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$); V_{micro} , o volume de microporos (m^3); V_{total} , o volume total do solo (m^3), representado pelo volume do anel volumétrico ($\pi r^2 h$).

3.7 Estabilidade de Agregados

A estabilidade de agregados foi determinada por peneiramento seco, conforme metodologia descrita por Embrapa (1997). Foram colocados 150 g de TFSA num agitador mecânico, equipado com um conjunto de 12 (doze) peneiras, com as seguintes aberturas de malha: 3,35; 1,70; 0,850; 0,600; 0,425; 0,300; 0,212; 0,150; 0,106; 0,075; 0,053 mm, sendo a última fechada (Figura 10). Após um tempo de agitação de 10 (dez) minutos, a uma intensidade de 90 vibrações por segundo, foram pesados os agregados retidos em cada peneira. Com as porcentagens dos agregados retidos em cada peneira e o diâmetro médio das faixas de tamanhos dos agregados, em milímetros (Tabela 02), determinaram-se o Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e o Diâmetro Médio Ponderado (DMP) das profundidades em cada perfil (Tabela 02), utilizando-se as seguintes equações de Kemper & Rosenau (1986):

$$DMP = \sum_{i=1}^n x_i \times w_i \quad (13)$$

Onde: DMP = diâmetro médio ponderado (mm); x_i = diâmetro médio das classes (mm); w_i = proporção de cada classe em relação ao total.

$$DMG = \exp \frac{\sum_{i=1}^n w_p \times \log x_i}{\sum_{i=1}^n w_p} \quad (14)$$

Onde: DMG = diâmetro médio geométrico (mm); w_p = peso dos agregados de cada classe (g); x_i = diâmetro médio das classes (mm).

Figura 10 - Amostrador eletromagnético Viatest VSM 200



Fonte: Souza (2015).

3.8 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade por meio do programa estatístico SAS, versão *student* 2.0. O teste Tukey a 5% permite testar qualquer contraste, sempre, entre duas médias de tratamentos (ANJOS, 2009).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atributos gerais dos solos

Os solos arenosos do estudo apresentaram condições semelhantes de relevos, enquadrados no tipo plano a suave ondulado, com declividade variando de 0 a 5%. Os solos arenosos estudados pertencem a classe dos Neossolos Regolíticos. São solos pouco desenvolvidos, profundos a muito profundos (Figuras 4, 5, 6 e 7), com textura variando de areia a franco-arenosa. Tem como sequência de horizontes a do tipo A-AC-C.

Segundo Santos (2011) os perfis de solos não possuem entre si grandes diferenças e são pedogeneticamente pouco desenvolvidos, pobres em carbono orgânico (C.O.), fósforo disponível e baixa saturação por alumínio, saturação por sódio, somas de bases e CTC.

4.2 Atributos físicos dos solos

4.2.1 Distribuição de partículas

Os solos aqui estudados são constituídos de produtos da intemperização de rochas granitoides e gnaisses (SANTOS, 2011). Apesar de possuírem mesmo tipo de material de origem, possuem diferenças granulométricas que podem influenciar em suas propriedades físico-hídricas.

De um modo geral, a distribuição das partículas de areia, nos perfis de solos, apresentou dois tipos de padrões (Figura 11). O primeiro padrão formado pelos perfis 1 e 2, e o outro pelos perfis 3 e 4. Já a distribuição das frações de areia por profundidades, dos perfis estudados, gerou gráficos com um padrão semelhante de distribuição (Figura 12). Esses comportamentos dessas frações devem proporcionar diferenças no comportamento das propriedades físico-hídricas, como na porosidade total, densidade e condutividade do solo, nos solos do estudo.

A composição granulométrica dos solos estudados é do tipo arenosa, com teor elevado de areia entre 72 a 92%, e baixos de argila entre 2 e 10% (Tabela 01). Segundo Oliveira (2008), os Neossolos Regolíticos, especialmente os que ocorrem na Região do Nordeste do Brasil, têm como característica geral o predomínio da fração areia. A fração predominante em todos os perfis é a fração mais grosseira, formada pela soma de areia muito grossa + areia grossa. De acordo com a análise estatística, a fração areia

muito grossa e da areia média apresentaram diferenças significativa nos perfis 3 e 4 na profundidade de 40-60, e o perfil 04 quando comparadas às dos perfis 1 e 2, nas profundidades mais superficiais (0-20 e 20-40 cm). Além disso, os perfis 3 e 4 apresentaram valores de areis grossa e areia média numericamente maiores que os demais (Tabela 01).

Em relação às frações de areia fina e muito fina, não houve diferenças significativas, porém quantitativamente os perfis 1 e 2 se destacaram dos demais.

Em relação à fração silte, os seus valores variaram entre 5,01 e 18,59%, sendo considerados significativamente maiores nos perfis 1 e 2, quando comparados com os outros (Tabela 01). Segundo Muggler et al. (1996) o efeito combinado da fração areia fina e da argila, especialmente em solos com teores muito baixos de silte e argila, como os solos deste estudo, podem explicar que maiores retenções de água em solos arenosos não se devam somente pelo teor de areia fina.

Das três frações, a argila foi a que apresentou os menores valores, variando entre 2,33 e 10% (Tabela 01). Seus teores aumentaram gradualmente em profundidade nos perfis de solo. O Perfil 01 foi o que apresentou valores significativamente maiores de argila, quando comparados com os demais perfis. Esta mesma diferença significativa de comportamento também foi verificada para as profundidades de 0 - 20 cm e 100 - 120 cm nos perfis 3 e 4, e no Perfil 04 na profundidade 100 - 120 cm. Vale salientar que os teores de argila encontrados nos quatro perfis de solos são considerados muito baixos. É natural que em solos formados a partir de rochas cristalinas ricas em quartzo (Oliveira, 2008; Santos, 2011), em estágio incipiente de desenvolvimento, tendam a apresentar baixos valores de argila.

De forma geral verifica-se que quantitativamente o conjunto de valores das frações areia fina, areia muito fina, silte e argila apresentaram maiores nos perfis 1 e 2, do que os perfis 3 e 4. Esta tendência de comportamento quantitativo se reflete nos valores maiores da microporosidade nos perfis 1 e 2, e menores valores nos perfis 3 e 4.

Figura 11– Gráfico das frações de areia por perfil nas profundidades estudadas.

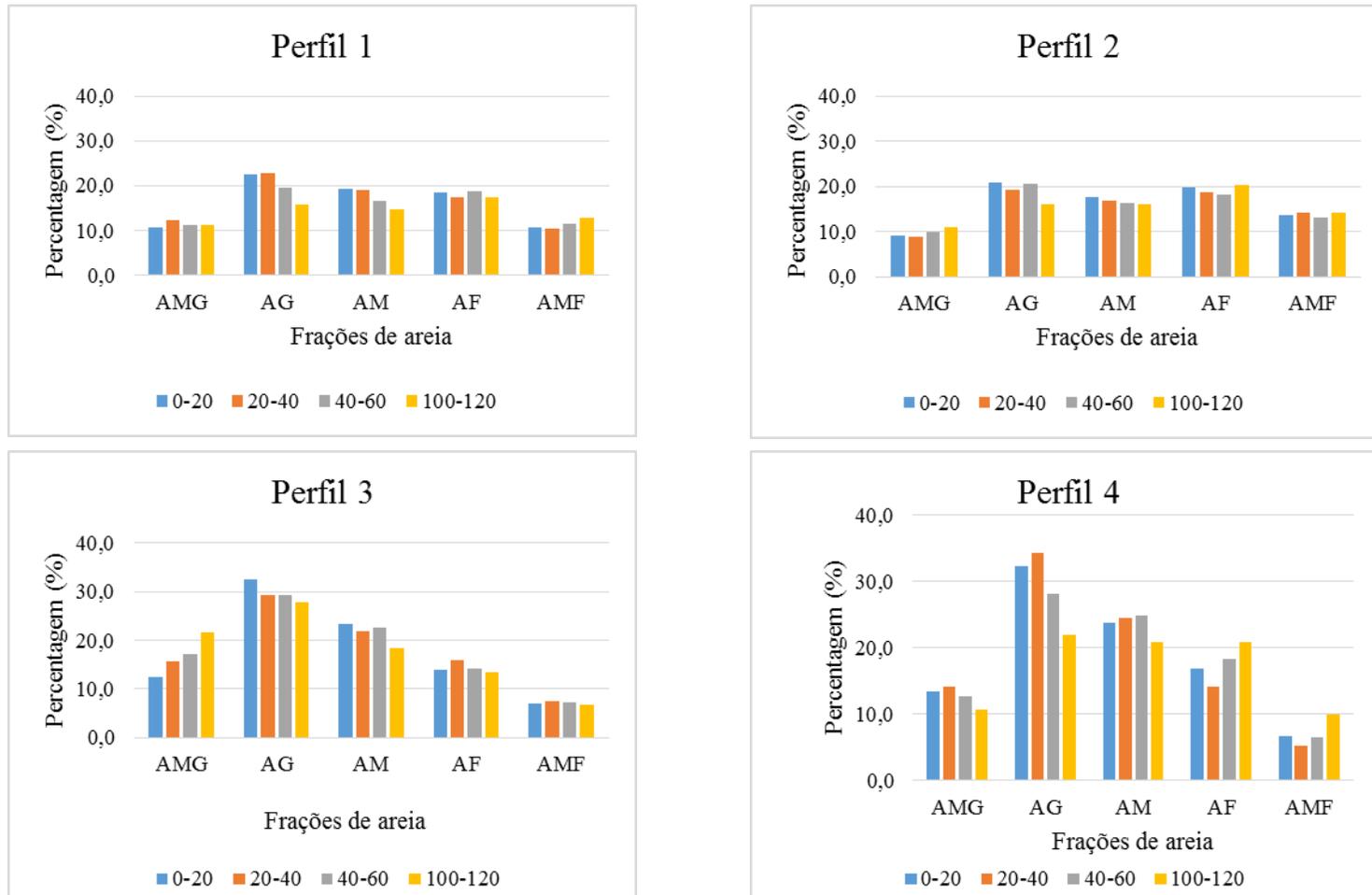
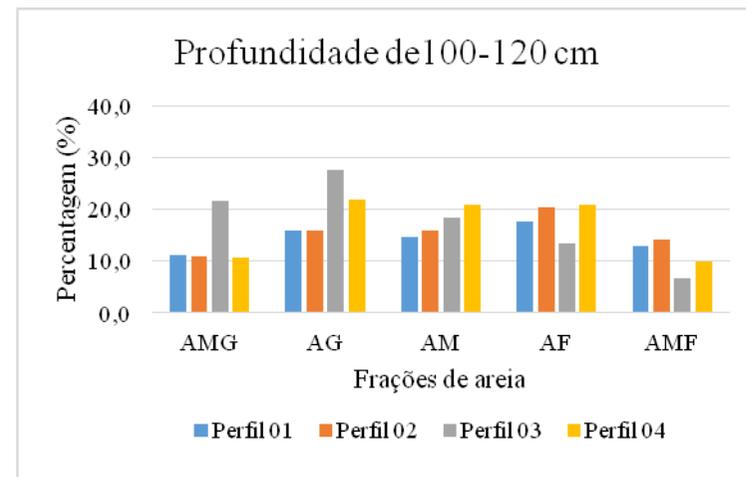
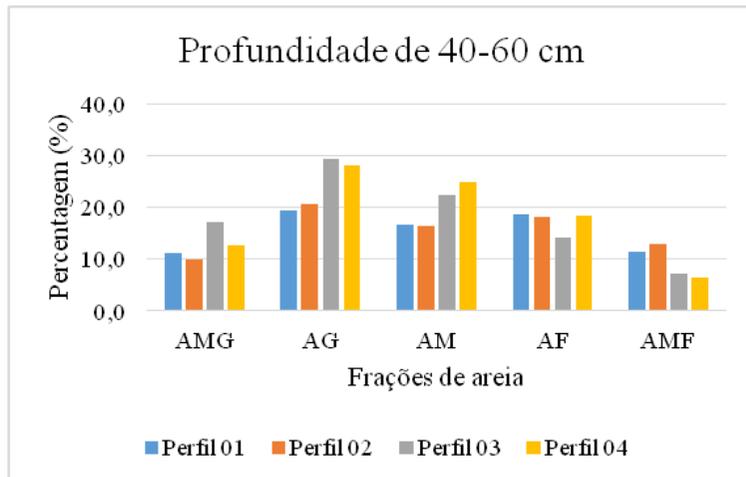
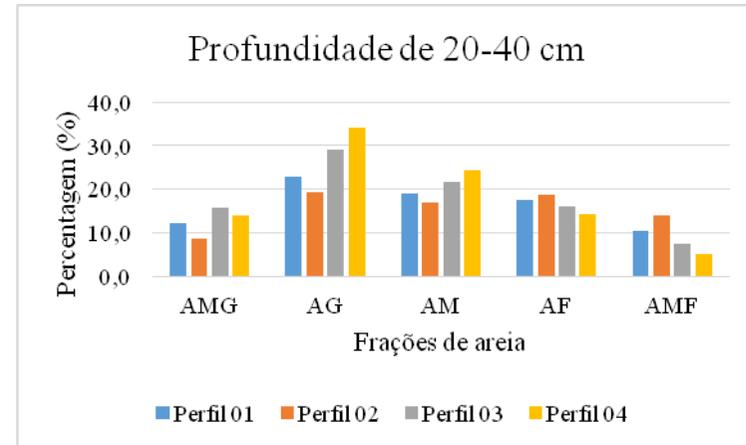
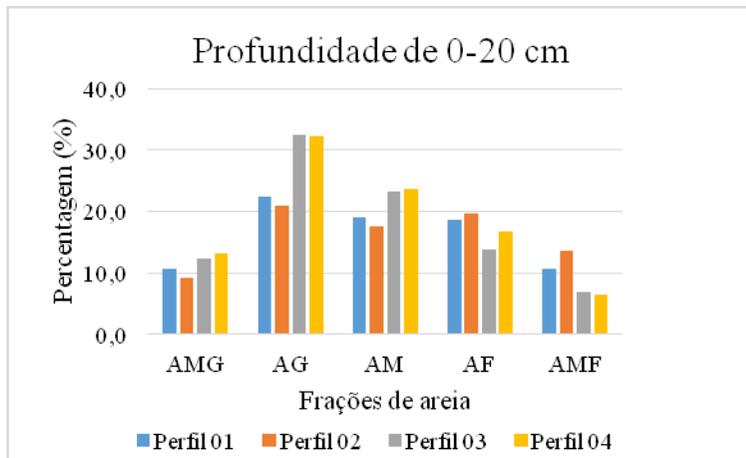


Figura 12 – Gráfico das frações de areia por profundidade nos perfis estudados.



A densidade do solo (D_s) é um atributo que reflete o arranjo das partículas do solo e, portanto, está intimamente associada às características do sistema poroso (Ferreira, 2010) e qualquer manifestação na disposição das partículas do solo reflete-se diretamente na densidade.

Conforme a Tabela 01 a D_s variou de 1,43 e 1,85 g cm⁻³, não apresentado diferenças significativas entre si, porém essa pequena variação entre os perfis, com densidades que variaram entre. Valores estes geralmente encontrados para solos arenosos (Brady, 1989; Alleoni & Melo, 2009). Santos (2011) encontrou valores da densidade do solo variando de 1,20 e 1,68 g cm⁻³ em Neossolos Regolíticos no Agreste de Pernambuco. Embora resultado obtido deste estudo tenha ultrapassado um pouco dos citados na literatura, estão dentro da normalidade mencionada.

De forma geral, os menores valores de D_s foram encontrados nos horizontes superficiais (0 - 20 cm), o que deve estar associado aos maiores teores de carbono orgânico total presentes nesses horizontes, com valores entre 9 e 14 g kg⁻¹, quando comparados com os demais horizontes (Anexo – Tabela 03). Segundo Schiovo et al. (2010), os valores de D_s em solos arenosos são ligeiramente menores em superfície e tendem a aumentar em profundidade no perfil (REINERT & REICHERT, 2006). Tal fato pode estar associado à maior presença de matéria orgânica (MO) nos horizontes superficiais, que resulta na diminuição das densidades, e conseqüentemente, na distribuição de tamanho de poros (PARAHYBA, 2013).

Nota-se que a densidade do solo aumenta em profundidade (Tabela 01), o que pode propiciar a diminuição da porosidade total por causa da redução dos espaços vazios e alteração na distribuição dos tamanhos de poros, que por sua vez influencia diretamente para diminuição do teor de umidade volumétrica e no comportamento das propriedades hidráulicas do solo (IMOHOFF et al., 2000).

A profundidade de 100 – 120 cm dos quatro perfis foi a que apresentou os maiores valores da densidade, devido às maiores presenças de teores de silte e argila (Tabela 01). O Perfil 3 foi o que apresentou nesta profundidade a maior densidade do solo com valor de 1,85 g cm⁻³. Enquanto a menor densidade foi obtida na profundidade 0 - 20 cm do Perfil 3, com o valor de 1,46 g cm⁻³.

Os valores de Densidade de Partículas (D_p) não apresentaram diferenças significativas entre si; seus valores variaram entre 2,50 e 2,74 g. cm⁻³ (Tabela 01). Tais

resultados estão de acordo com a variação estabelecida por Kohnke (1968). Segundo Santos (2011) estes valores de D_p encontrados, estão dentro dos limites desses solos, devido à natureza litológica e à composição mineralógica presente, com predominância de quartzo e feldspatos.

Observou-se que os perfis 4 e 3 possuem maiores valores da densidade de partícula, em relação aos demais perfis, nas profundidades 0 - 20 e 20 - 40 cm e de 20 - 40 cm, respectivamente (Tabela 01). Valores semelhantes de densidade da partícula foram encontrados em Neossolos Regolíticos por Silva et al. (2014), ficando entre 2,68 e 2,72 g cm⁻³, as quais estão dentro do intervalo para Neossolos Regolíticos (Santos et al., 2012).

4.2.2 Diâmetro Médio Ponderado (DMP) e Diâmetro Médio Geométrico (DMG)

Ao se avaliar a estabilidade de agregados com base no DMP entre os perfis estudados (Tabela 01), verificou-se que o Perfil 1 apresentou uma diferença significativa de seus resultados quando comparados aos demais perfis. Nas profundidades de 20 - 40, 40 - 60 e de 100 - 120 cm do Perfil 1 foram as que apresentaram os maiores valores com diferenças significativas em relação aos demais, com exceção da profundidade 100 - 120 cm do Perfil 4 (Tabela 01) que não diferiu do Perfil 1 apresentando valores semelhantes. Tal resultado demonstra que nestas profundidades há uma maior porcentagem de agregados maiores. Dentro dos perfis, observa-se que na profundidade superficial (0 - 20 cm) o DMP diferenciou significativamente das demais profundidades e apresentou menores valores em relação às outras profundidades. Com destaque para o perfil 1 que nesta profundidade (0-20cm) se diferenciou estatisticamente das demais profundidades dentro do perfil.

Com relação ao DMG, houve diferença significativa do perfil 1 em 20-40 cm e com os demais perfis na mesma profundidade, onde os tamanhos dos agregados de maiores ocorrências foram 0,84 mm e 0,69, respectivamente, demonstrando que há presença de microagregados.

Além disso, foi observado que em todos os perfis e em todas as profundidades os valores de DMP varia de 0,75 a 1,2 e DMG varia de 0,69 a 0,88 (Tabela 01 e Tabela 02). Para Castro Filho et al. (1998), quanto maiores forem os valores de DMP, maiores

serão os espaços porosos entre os agregados do solo, gerando aumento da infiltração e diminuindo a erosão.

Arcoverde et al. (2015) relatam que solos com valores de agregação inferiores a 1 mm, têm uma qualidade ruim; entre 1 mm e 1,45 mm, apresentam uma qualidade regular; e entre 1,45 mm e 1,60 mm, uma boa qualidade. Dessa forma pode-se dizer que os solos estudados possuem uma estabilidade de agregados de ruim a regular, cabendo para os perfis 02 e 03 em todas as profundidades, perfil 1 em 0-20 cm e Perfil 04 em 0-20, 20-40 e 40-60 cm a qualidade ruim; e o perfil 01 de 20-40, 40-60 e 100-120 cm e perfil 4 de 100-120 cm, a qualidade regular. Estes resultados podem refletir as diferentes práticas de manejo interferindo diretamente nas propriedades físicas do solo, particularmente na agregação (CASTRO FILHO *et al.*, 1998).

Tabela 01: Alguns atributos físicos das profundidades dos perfis estudados.

Prof. (cm)	AMG		AG		AM		AF		AMF		Silte		Argila		Ds ---- g/ cm ⁻³ ----	Dp	DMP ----- mm -----	DMG				
	----- (%) -----																					
Perfil 1 - São Caetano																						
0-20	10,77	Aa	22,50	Ba	19,17	Ba	18,58	Aa	10,71	Aa	13,61	Aa	4,67	Ac	1,66	Aa	2,52	Aa	0,82	Ab	0,73	Ab
20-40	12,21	Aa	22,75	Ba	18,95	Ba	17,43	Aa	10,38	Aa	11,94	Ba	6,33	Ab	1,70	Aa	2,61	Aa	1,14	Aa	0,84	Aa
40-60	11,28	Aa	19,49	Bab	16,65	Ba	18,63	Aa	11,39	Aa	15,22	Aa	7,33	Ab	1,67	Aa	2,60	Aa	1,01	Aa	0,77	Aa
100-120	11,24	Ba	15,81	Bb	14,74	Ba	17,52	Aa	12,92	Aa	17,78	Aa	10,00	Aa	1,71	Aa	2,63	Aa	1,26	Aa	0,86	Aa
Perfil 2 - Lagoa do Ouro																						
0-20	9,15	Aa	20,88	Ba	17,61	Ba	19,73	Aa	13,58	Aa	15,73	Aa	3,33	Aa	1,59	Aa	2,50	Aa	0,75	Ab	0,68	Aa
20-40	8,77	Aa	19,26	Ba	16,94	Ba	18,69	Aa	14,04	Aa	18,31	Aa	4,00	Ba	1,65	Aa	2,62	Aa	0,87	Bab	0,74	Ba
40-60	9,85	Aa	20,63	Ba	16,33	Ba	18,22	Aa	12,96	Aa	17,69	Aa	4,33	Ba	1,80	Aa	2,65	Aa	0,99	Ab	0,77	Aa
100-120	10,90	Ba	15,90	Ba	15,99	Aba	20,42	Aa	14,19	Aa	18,59	Aa	4,00	Ba	1,84	Aa	2,58	Aa	0,77	Bb	0,69	Ca
Perfil 3 - Caetés																						
0-20	12,43	Aab	32,48	Aa	23,37	ABa	13,81	Aa	6,88	Aa	8,37	Ba	2,67	ABb	1,43	Aa	2,67	Aa	0,77	Aa	0,75	Aa
20-40	15,65	Aab	29,23	Ab	21,76	ABab	15,94	Aa	7,45	Aa	7,31	Ca	2,67	Bb	1,67	Aa	2,72	Aa	0,78	Bab	0,74	Ba
40-60	17,02	Aab	29,23	Ab	22,47	Aab	14,26	Aa	7,22	Aa	6,80	Ba	3,00	Ba	1,78	Aa	2,63	Aa	0,82	Aa	0,77	Aa
100-120	21,56	Aa	27,66	Ab	18,37	ABb	13,38	Aa	6,73	Ba	8,97	Ba	3,33	Ba	1,85	Aa	2,53	Aa	0,84	Ba	0,76	Ba
Perfil 4 - São João																						
0-20	13,28	Aa	32,27	Aa	23,64	Aa	16,87	Aa	6,58	Aa	5,02	Bb	2,33	Ba	1,72	Aa	2,74	Aa	0,80	Ab	0,77	Ab
20-40	14,07	Aa	34,24	Aa	24,37	Aa	14,16	Aa	5,15	Aa	5,01	Cb	3,00	Ba	1,77	Aa	2,73	Aa	0,81	Bb	0,79	Bb
40-60	12,62	Aa	28,16	Aa	24,76	Aa	18,36	Aa	6,37	Aa	5,40	Bb	4,33	Ba	1,77	Aa	2,66	Aa	0,78	Ab	0,76	Ab
100-120	10,70	Ca	21,92	Ab	20,82	Aa	20,79	Aa	9,84	Ba	9,60	Ba	6,33	Ab	1,81	Aa	2,61	Aa	1,18	Ba	0,88	Aa

Fonte: Elaborado pela autora. Legenda: Prof. = profundidade; AMG: Areia muito grossa; AG: Areia grossa; AM: Areia Média AF: Areia fina; AMF: Areia muito fina; Ds: Densidade do solo. Dp: densidade das partículas. Letras maiúsculas avaliam a mesma profundidade nos diferentes perfis e letras minúsculas avaliam as diferentes profundidades no mesmo perfil.

Tabela 02: Fracionamento do material do solo (TFSA) das profundidades dos solos estudados.

Profundidade (cm)	Diâmetro (mm)											
	3,35	1,7	0,85	0,6	0,425	0,3	0,212	0,15	0,106	0,075	0,053	< 0,053
Perfil 1 - São Caetano												
0-20	7,2 b	11,4 b	25,39 a	19,46 a	17,79 a	16,2 a	14,98 a	12,62 a	10,82 a	8,44 a	2,9 a	2,22 ab
20-40	17,87 a	17,15 a	26,1 a	19,95 a	16,13 a	13,9 a	12,13 a	10,63 a	9,46 a	4,72 a	1,47 a	0,81 c
40-60	14,5 ab	16,25 a	22,6 a	18,4 a	15,78 a	13,46 a	12,64 a	11,01 a	10,45 a	8,74 a	3,68 a	2,71 a
100-120	24,3 a	19,2 a	21,7 a	13,9 b	15,16 a	14,9 a	15,1 a	9,09 a	7,64 a	4,22 a	3,72 a	1,25 bc
Perfil 2 - Lagoa do Ouro												
0-20	7,05 ab	9,96 a	20,18 a	19,61 a	15,83 ab	16,25 b	16,72 a	13,99 a	11,61 ab	9,85 a	4,76 a	3,37 a
20-40	10,61 ab	12,61 a	18,34 a	23,42 a	18,79 a	18,24 ab	14,8 b	10,73 b	8,55 b	8,08 a	3,93 a	2,8 a
40-60	16,96 a	12,04 a	19,14 a	19,9 a	17,33 ab	16,08 b	14,59 b	11,5 b	10,6 ab	7,16 a	2,78 a	1,67 a
100-120	6,79 b	12,05 a	18,44 a	20,39 a	14,4 b	19,44 a	16,02 ab	14,16 a	12,69 a	9,49 a	4,3 a	1,96 a
Perfil 3 - Caetés												
0-20	4,35 a	8,95 a	27,8 a	26,41 a	23,02 a	17,49 a	13,82 b	10,52 bc	7,7 ab	6,07 a	2,25 a	1,55 a
20-40	3,2 a	12,37 a	26,92 a	22,07 b	21,13 b	17,7 a	15,09 ab	12,28 ab	8,94 a	5,34 a	2,74 a	2,05 a
40-60	4,06 a	10,33 a	30,78 a	26,61 a	23,41 a	17,58 a	13,12 b	9,44 c	6,51 b	4,68 a	1,86 a	1,31 a
100-120	5,05 a	13,12 a	29,44 a	19,73 b	17,97 c	17,79 a	16,76 a	13,23 a	8,73 a	5,34 a	1,55 a	1,26 a
Perfil 4 - São João												
0-20	4,39 b	9,52 b	27,16 a	27,67 a	22,85 ab	20,29 a	15,03 ab	11,53 a	6,34 a	3,36 a	1,06 a	0,6 a
20-40	4,3 b	7,63 b	30,64 a	28,89 a	24,68 a	22,47 a	14,46 b	8,33 a	4,62 a	2,33 a	1,13 a	0,47 a
40-60	4,92 b	8,28 b	27,32 a	23,62 ab	22,12 ab	23,02 a	18,29 a	11,49 a	6,18 a	2,84 a	1,27 a	0,59 a
100-120	19,87 a	14,8 a	28,76 a	21,91 b	16,77 b	17,61 a	12,61 a	8,05 a	4,96 a	2,99 a	1,12 a	0,47 a

Letras minúsculas idênticas na mesma coluna não apresentam diferenças significativas entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

4.3 Atributos físico-hídricos dos solos

4.3.1 Porosidade total, Macroporosidade, Mesoporosidade e Microporosidade.

Os valores da porosidade total dos Neossolos Regolíticos do presente estudo variaram de 25,45 a 37,04% (Tabela 04), mostrando-se relativamente baixos. Os limites entre os quais variam a porosidade total do solo são muito amplos, pois o volume de poros depende da composição granulométrica e da estrutura do mesmo. Os valores encontrados, estatisticamente não revelaram um resultado significativo entre si, mas observou-se que os valores reduzem numericamente em profundidade, em todos os perfis de solo (Tabela 04). A menor porosidade foi obtida na profundidade 100 – 120 cm do Perfil 2 de Lagoa do Ouro, devido possivelmente, a presença de material de origem pouco intemperizado no solo nesta profundidade. Enquanto que a maior porosidade foi obtida na profundidade de 0 – 20 cm do Perfil 4 de São João. Em todos os perfis o horizonte superficial (0 – 20 cm) foi o que apresentou o maior valor da porosidade, isto é justificável pelo uso e manejo do solo em atividades agropecuaristas.

Os baixos valores de porosidade total dos solos deste estudo podem estar relacionados ao baixo conteúdo da fração argila em todos os horizontes. Segundo Reichert et al. (2003), este fato pode ser explicado pela maior presença de cascalho e areia, em detrimento das frações mais finas, as quais conferem aos solos maiores quantidades de microporos, contribuindo significativamente para os elevados valores da porosidade total.

Para o melhor entendimento do processo de retenção de água nos solos arenosos, se fez a subdivisão da fração areia em subfrações (areia muito grossa, grossa, média, fina e muito fina), e o estudo da distribuição de seus poros (macro, meso e micro) no solo. Entre as três classes de poros existentes a macroporosidade, em geral, foi a que apresentou os menores valores (Tabela 04), variando entre 2,87 e 12,13%, tendo uma tendência de decrescer seus valores em profundidade.

Com relação à macroporosidade, foi verificado que as profundidades de 0 – 20 cm dos perfis 1 e 2, apresentaram diferença estatística significativa entre si, em relação à mesma profundidade dos perfis 3 e 4, com valores mais baixos de 8,12 e 2,02%, respectivamente (Tabela 04). Caso semelhante ocorreu na profundidade de 100 – 120 cm do Perfil 4, apresentou diferença estatística significativa, em relação à mesma profundidade dos outros perfis (1, 2 e 3), com valor mais baixo de 2,87% (Tabela 04).

Os resultados obtidos para mesoporosidade variaram de 5,71 a 14,5%. Constatou-se a diferença significativa entre os maiores valores apresentados nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm do perfil 4, comparado aos perfis 1 e 2. Entretanto, os perfis 1 e 2 não apresentaram diferenças entre si para a mesma profundidade em estudo.

A grande variabilidade nos tamanhos de suas partículas sólidas e a subdivisão dos poros em três classes proporcionou maior entendimento nos processos de retenção de água. Entretanto, quando somados os valores de macroporosidade com os da mesoporosidade, considerando-se neste caso como se fossem macroporos, os resultados obtidos tiveram tendências diferentes, quando avaliados separadamente. No caso, foram os perfis 1, 3 e 4 que apresentaram como resultado a macroporosidade maior que a microporosidade. Verifica-se ainda que os maiores valores da macroporosidade (macro+meso) foram encontradas para os perfis 3 e 4. Tal tendência, provavelmente, é reflexo dos maiores valores apresentados da soma das partículas mais grosseiras (areia muito grossa, areia grossa e areia média) do perfil 3 e 4, entre 66,6 e 68,7 g kg⁻¹ e 53,4 e 69,1 g kg⁻¹, respectivamente.

Já a microporosidade desses solos apresentou valores entre 6,78% e 18,7% (Tabela 04). Os valores obtidos dos quatro perfis não diferiram estatisticamente entre si. Os maiores valores foram encontrados nas profundidades de 0 – 20 cm dos perfis 1 e 2. Tais perfis apresentaram, de modo geral, valores numéricos um pouco maiores que os demais perfis.

4.3.2 Condutividade hidráulica saturada (Ksat) e água disponível (AD)

A análise estatística da Condutividade Hidráulica Saturada (Ksat), demonstrou que há diferenças significativas na profundidade de 0 - 20 cm no Perfil 4 e na profundidade 20 - 40 cm dos perfis 1 e 2, em relação aos perfis 3 e 4. Os maiores valores de Ksat estão relacionados à presença de material mais grosseiro do solo (areia muito grossa, areia grossa e areia média) (Tabela 04), e do carbono orgânico (Anexo- Tabela 03). De modo geral, os valores do Ksat nos horizontes superficiais foram maiores, exceto a do Perfil 2 (Tabela 04). Tal resultado confirma o que foi mencionado por Vereecken et al. (2010) que os valores de Ksat nos horizontes superficiais foram maiores do que os obtidos nos subsuperficiais. Kaiser (2010) justifica afirmando que a maior condutividade saturada (Ksat) no horizonte A pode indicar presença de poros maiores e contínuos, pois o fluxo de água em solo saturado ocorre preferencialmente nos macroporos (REICHERT et al., 2007).

Em condições de saturação, os poros de maior diâmetro são responsáveis pela aeração de água, enquanto os poros menores atuam na retenção e condução de água não saturada. Portanto, a redução da proporção de macroporos pode restringir o fluxo de água saturado (Ribeiro et al., 2007).

Observa-se que a profundidade 100 – 120 cm dos perfis 1 e 2, foi a que apresentou os menores valores da Ksat quando comparados com os demais. Isto se deve provavelmente a maior presença de material mais fino (argila, silte, areia muito fina e fina), sendo corroborado com os maiores valores da densidade do solo nesta profundidade.

Os resultados da Ksat também estão relacionados com os valores da porosidade total, pois nas profundidades superficiais, geralmente, ocorrem maiores intervenções na estrutura do solo e pode propiciar a formação de poros com diâmetros maiores, resultando maior drenagem e, conseqüentemente, maiores valores na Ksat.

Nos solos do estudo a Cc teve valores que variaram entre 0,07 e 0,23 cm³ cm⁻³, o PMP entre 0,01 e 0,08 cm³ cm⁻³ e a AD entre 0,16 e 0,55 mm. Vale salientar que o Perfil 2 foi o que apresentou os maiores valores numéricos da AD, quando comparados aos dos outros perfis, reflexo da presença de maiores quantidades de argila e silte.

Na análise estatística realizada para capacidade de campo (Cc) na tensão 10 kPa, ponto de murcha permanente (PMP) na tensão 1500 kPa e água disponível (AD) nos perfis estudados, não houve diferença estatística significativa entre si. Almeida (2014) encontrou em Neossolos Regolíticos do Agreste de Pernambuco, valores da Cc entre 5,4 e 22,0 cm³ cm⁻³ e de PMP entre 0,4 e 16 cm³ cm⁻³.

Os valores da AD aumentam à medida que aumenta a profundidade no perfil, possivelmente, influenciados pelos aumentos dos valores de partículas de silte e argila. Este fato pode contribuir para o aumento quantitativamente nos valores da microporosidade, corroborando com os resultados observados nas curvas de retenção das profundidades (Figuras 14), mostrando uma maior retenção de água ao longo de toda a curva.

Na tabela 3, constata-se que a água disponível nos perfis em estudo variou de 0,22 a 0,45 (cm³ cm⁻³), ocorrendo o maior valor de água disponível no Perfil 2 (0,45 cm⁻³ cm⁻³), diferenciou-se estatisticamente do perfil 3 com um valor de AD 0,22 e não se diferenciou dos demais perfis 1 e 4.

Tabela 03 - Água disponível (AD) nos perfis estudados

Perfil	AD (mm)	Estatística
Perfil 1	0,40	AB
Perfil 2	0,45	A
Perfil 3	0,22	B
Perfil 4	0,37	AB

Tabela 04: Alguns dos atributos físico-hídricos das profundidades dos perfis estudados

Prof. (cm)	θ_{vcc}		θ_{vpmp}		Porosidades						Ksat (mm h ⁻¹)	AD (mm)				
	---- (cm ³ cm ⁻³) ----		-----		Total	Macroporosidade		Mesoporosidade	Microporosidade				-----			
(%)-----																
Perfil 1 - São Caetano																
0-20	0,12	Aa	0,01	Aa	34,46	Aa	8,12	Ba	9,62	Ba	16,72	Aa	380,30	Ba	0,36	Aa
20-40	0,13	Aa	0,02	Aa	32,41	Aa	8,53	Aa	11,03	Ba	12,85	Aa	197,65	Ba	0,37	Aa
40-60	0,15	Aa	0,02	Aa	33,93	Aa	7,49	Aa	10,24	Aa	16,20	Aa	236,72	Ba	0,43	Aa
100-120	0,14	Aa	0,02	Aa	30,73	Aa	7,65	Aa	7,38	Aa	15,70	Aa	68,21	Ba	0,41	Aa
Perfil 2 - Lagoa do Ouro																
0-20	0,23	Aa	0,08	Aa	30,89	Aa	2,02	Ca	10,17	Ba	18,70	Aa	136,07	Ba	0,47	Aa
20-40	0,15	Aa	0,05	Aa	26,92	Aa	5,21	Aa	8,80	Bab	12,91	Aa	158,42	Ba	0,33	Aa
40-60	0,17	Aa	0,04	Aa	29,54	Aa	5,45	Aa	8,58	Aab	15,51	Aa	287,19	Ba	0,46	Aa
100-120	0,22	Aa	0,07	Aa	25,45	Aa	3,27	Aba	5,71	Ab	16,47	Aa	49,17	Ba	0,55	Aa
Perfil 3 - Caetés																
0-20	0,10	Aa	0,02	Aa	34,88	Aa	11,72	Aa	12,80	ABa	10,36	Aa	729,28	ABa	0,22	Aa
20-40	0,07	Aa	0,02	Aa	32,43	Aa	12,13	Aa	13,52	ABa	6,78	Aa	701,13	Aa	0,16	Aa
40-60	0,1	Aa	0,02	Aa	33,24	Aa	9,43	Aab	11,97	Aa	11,84	Aa	387,29	Bab	0,28	Aa
100-120	0,12	Aa	0,01	Aa	30,94	Aa	7,00	ABb	10,29	Aa	13,65	Aa	154,65	Bb	0,40	Aa
Perfil 4 - São João																
0-20	0,13	Aa	0,02	Aa	37,04	Aa	9,96	Aa	14,50	Aa	12,58	Aa	931,51	Aa	0,37	Aa
20-40	0,09	Aa	0,01	Aa	30,82	Aa	7,56	Aab	14,46	Aa	8,80	Aa	451,27	Aa	0,28	Aa
40-60	0,13	Aa	0,02	Aa	32,40	Aa	6,28	Aab	13,33	Aa	12,79	Aa	191,3	Bb	0,38	Aa
100-120	0,13	Aa	0,01	Aa	25,48	Aa	2,87	Bb	8,28	Ab	14,33	Aa	125,42	Bb	0,43	Aa

Letras maiúsculas avaliam a mesma profundidade nos diferentes perfis e letras minúsculas avaliam as diferentes profundidades no mesmo perfil. Legenda: Prof. = Profundidade; θ_{vcc} = Capacidade de campo; θ_{vpmp} = Ponto de murcha permanente; Ksat = Condutividade hidráulica saturada; AD = Água disponível.

4.3.3 Curva Característica de retenção de água no solo (CCRAS) por perfil

Os resultados da Curva Característica de Retenção de Água no Solo (CCRAS) nos perfis, demonstraram que de forma geral os comportamentos são parecidos, sendo quase toda água retida em baixas tensões, como é típico de solos arenosos. Observa-se que ocorre uma mudança brusca na declividade das curvas a partir de -1 kPa, tensão onde os macroporos são esvaziados, restando a partir daí o esvaziamento dos mesoporos e microporos. Sabe-se que a granulometria arenosa dos solos em estudo é um fator que exerce grande influência no comportamento da curva de retenção de água no solo.

Observando-se as CCRAS por localidades (perfis 1, 2, 3 e 4) pode-se constatar que o Perfil 01 localizado em São Caetano (Figura 13a) apresenta as curvas mais próximas entre si, nas quatro profundidades estudadas, refletindo uma tendência uniforme de retenção de umidade. Tal fato pode ser explicado pelas distribuições proporcionais dos tamanhos das partículas constituintes do solo em todas as profundidades. Apesar da Tabela 02 evidenciar que a profundidade de 100 - 120 cm apresentou maior teor de argila, os dados de atributos hídricos (capacidade de campo, ponto de murcha permanente, condutividade hidráulica saturada e água disponível) na Tabela 04 corroboram a uniformidade, pois não há diferença estatística significativa para os mesmos.

Baseando-se em Prevedelo (1996) e também observando-se o Perfil 1 (Figura 13a), constata-se que até -1,0 kPa, está a região de tensões em que predominam os macroporos, onde a umidade volumétrica está acima de $0,25 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$; entre -1 e -6 kPa, região de tensões em que predominam os mesoporos, a umidade volumétrica mínima chega em torno dos $17 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$; entre -6 e -10 kPa, região de tensão em que predominam os microporos, a umidade volumétrica mínima atinge $0,05 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, ponto este chamado de Capacidade de Campo (-10 kPa).

Para o Perfil 2 localizado na Lagoa do Ouro (Figura 13b) constata-se que as profundidades de 0 – 20 cm e de 100 - 120 cm são as que apresentam maior retenção de umidade. Apesar de não ser significativa estatisticamente as microporosidades existentes nestes dois intervalos de profundidades, observadas na Tabela 04, os seus valores são os maiores, correspondendo a 18,7% e 16,47%, respectivamente. Como afirma Hillel (1998), na faixa de baixas tensões, a retenção de água depende principalmente do efeito da capilaridade e da distribuição do tamanho de poros.

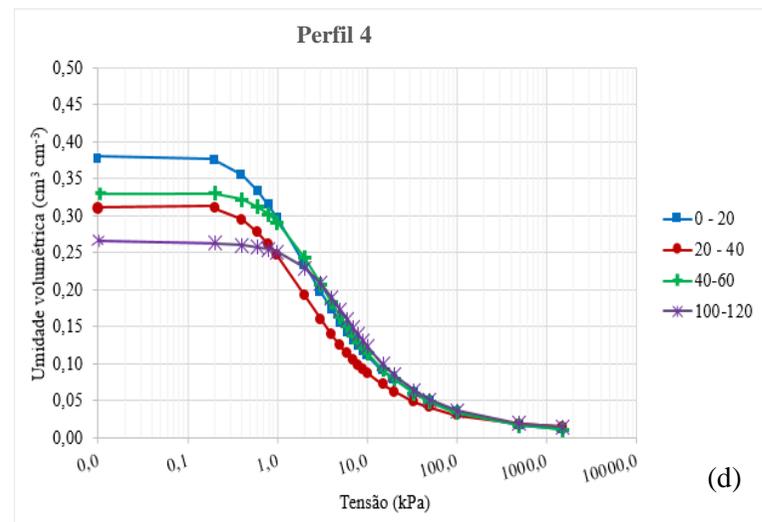
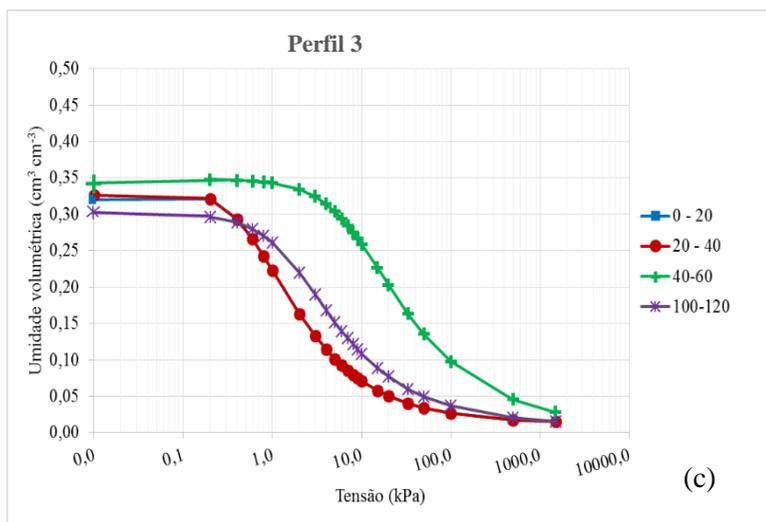
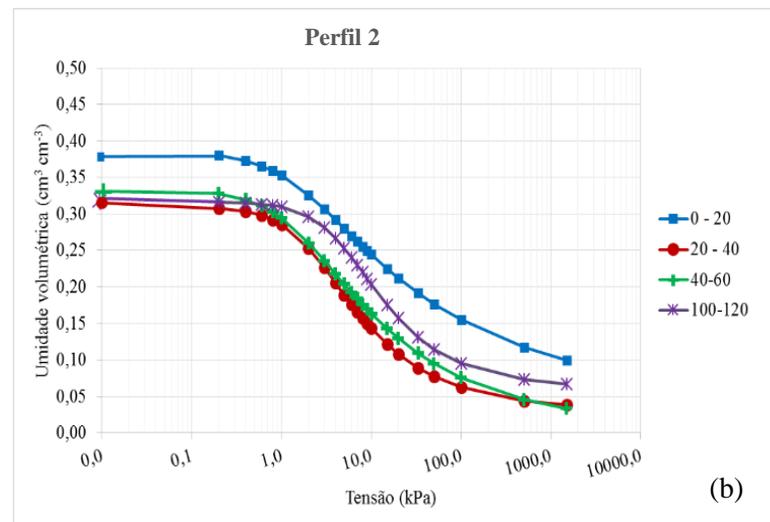
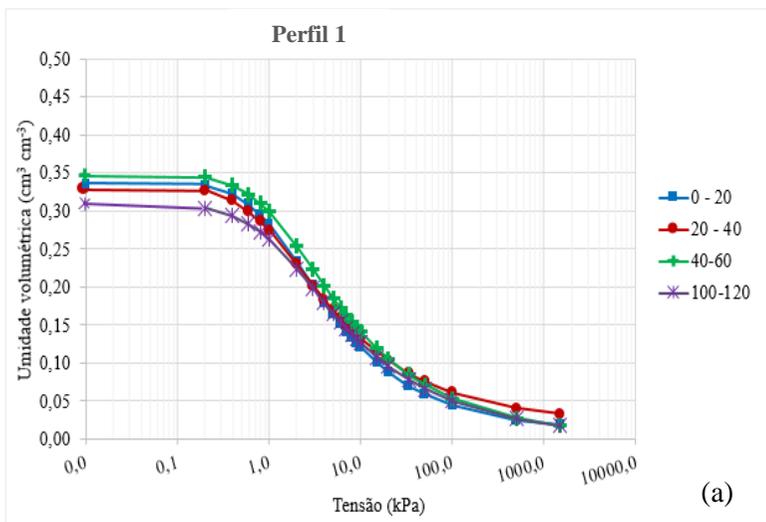
Especificamente na profundidade de 0 – 20 cm do Perfil 2 (Figura 13b), há um conteúdo de carbono de 10 g kg^{-1} , segundo trabalho de descrição e caracterização desse solo realizado por Santos (2011). Tal conteúdo pode estar contribuindo fortemente para um aumento da retenção de umidade neste intervalo de profundidade.

Deve-se salientar que a presença de silte em maior proporção em todas as profundidades no Perfil 2 e da ocorrência de argila do tipo 2:1, chamada de esmectita, conforme resultados de análises realizadas por Santos (2011) neste solo. Esta argila tem como característica, elevada capacidade de troca de cátions e maior poder de retenção de água. Tais fatos podem estar contribuindo fortemente para um aumento da retenção de umidade nas diversas profundidades. Aliado a isto, ocorrem valores quantitativamente maiores de areia fina e areia muito fina neste Perfil 2, que provavelmente contribuem na retenção da umidade no solo.

No Perfil 3 localizado em Caetés (Figura 13c) constata-se uma curva bem distinta das demais, na profundidade de 40 – 60 cm, com a retenção de umidade bem maior neste intervalo.

No Perfil 4 localizado em São João (Figura 13d), ocorre a maior variação no conteúdo de umidade nas tensões iniciais entre os 4 perfis estudados, principalmente quando comparados os valores nos intervalos de 0 – 20 cm e de 100 – 120 cm, as quais correspondem, respectivamente, às profundidades superficial e mais profunda estudadas.

Figura 13: Curvas características de retenção de água no solo por perfil nas profundidades estudadas.



4.3.4. Curva característica de retenção de água no solo (CCRAS) por profundidade

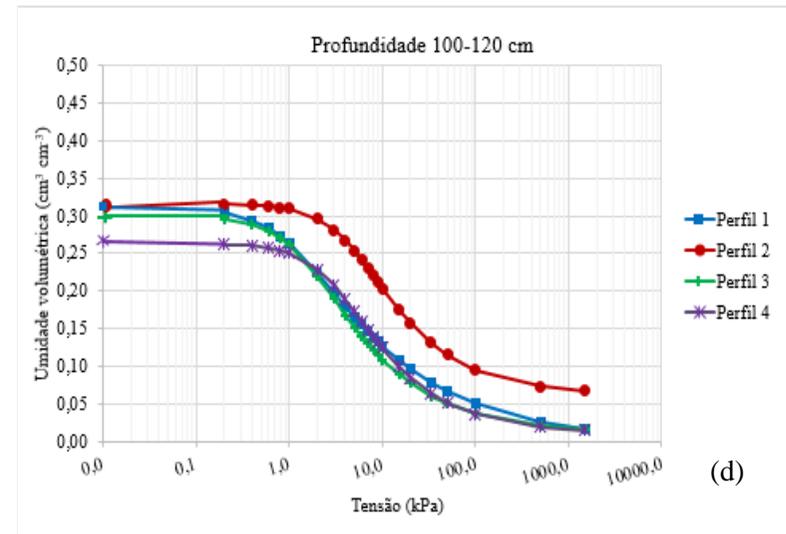
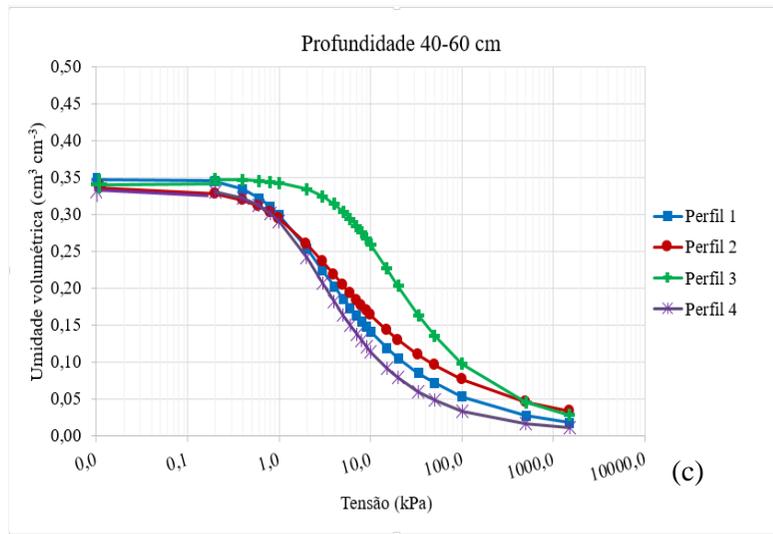
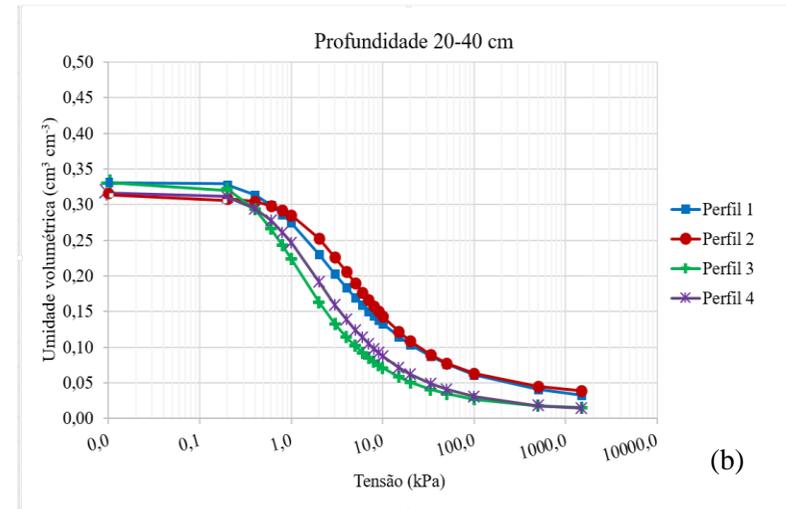
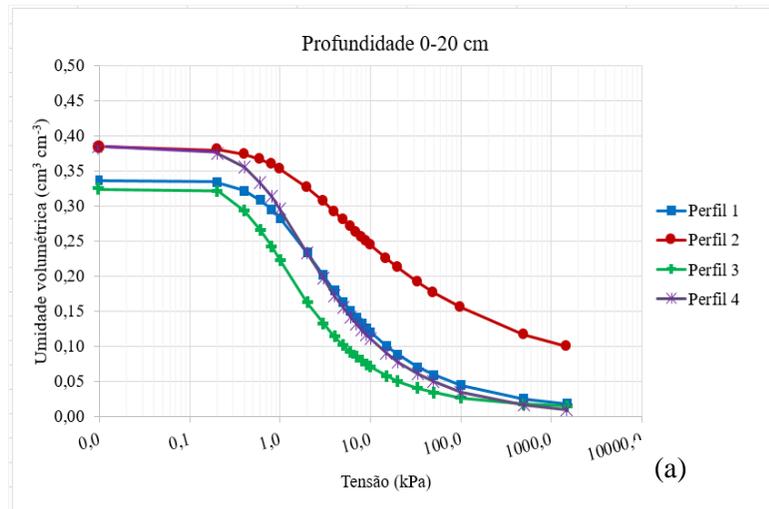
Ao serem analisadas as CCRAS na mesma profundidade nos diferentes perfis, observou-se que na profundidade de 0 - 20 cm (Figura 14a), o Perfil 2 se destacou retendo mais água. Tal comportamento se deve aos altos teores das partículas mais finas no solo como areia fina, areia muito fina, silte e argila (Tabela 02) e, conseqüentemente, maior quantidade de microporos (Tabela 04). Vale apenas relatar que a argila deste perfil é a esmectita, que tem como uma de suas características o maior poder de retenção de água por ser do tipo de 2:1.

Kiehl (1979) e Arruda et al. (1987) reforçam afirmando que, a distribuição granulométrica dos solos sugere que os microporos não são apenas formados por agrupamento das partículas da fração areia (as mais finas), havendo também uma pequena, mas importante, quantidade das frações argila e silte, que, por serem consideradas frações mais finas, contribuem para a formação e comportamento hídrico dos criptoporos. O qual é dependente das características intrínsecas de cada solo, resultando da ação conjunta dos atributos do solo, como textura, estrutura, mineralogia e matéria orgânica (GUPTA & LARSON, 1979; BEUTLER et al., 2002).

Na profundidade de 20 - 40 cm (Figura 14b) não houve diferenças expressivas entre os perfis, resultando em quantidades bem similares de água retida e perdida, nas tensões empregadas. Para a profundidade de 40 - 60 cm (Figura 14c), o Perfil 3 se destacou por apresentar um comportamento diferenciado em relação às demais profundidades no perfil e, conseqüentemente, retém mais água.

Para a profundidade de 100 - 120 cm (Figura 14d) o Perfil 2 se mostrou com comportamento diferente dos demais, retendo mais água. Tal fato pode estar associado a uma maior microporosidade do mesmo (Tabela 04), com valor de 16,47%. Esta microporosidade pode estar relacionada aos valores, quantitativamente maiores, de silte, areia fina e areia muito fina, presentes nesta profundidade. Vale ressaltar que este valor apesar de maior, não foi estatisticamente diferente dos demais.

Figura 14: Curvas características de retenção de água no solo por profundidade nos perfis estudados.



4.3.5 Parâmetros de ajustes pela Equação de Van Genuchten (1980)

Ao se analisar os parâmetros da equação de Van Genuchten (Tabela 5), os valores de θ_s (umidade volumétrica determinada na saturação) houve uma variação de 0,2633 a 0,3881 ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$). Enquanto que para θ_r (umidade volumétrica residual determinada no ponto de murcha permanente a -1.500 kPa) variaram de 0,002 a 0,0615 ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$).

Os valores de “n” variaram de 1,27 a 1,67. De acordo com Engler (2007), valores de “n” próximos a 1,0 (um) refletem uma menor inclinação no ponto de inflexão. Indica, portanto, uma maior uniformidade na distribuição do tamanho dos poros, tornando o significado do ponto de inflexão menor, condição característica de solos com maior fração areia. No entanto, Tavares et al. (2007) verificaram a tendência de solos arenosos apresentarem curva de retenção com declividade maior, refletindo pequena variação dos tamanhos dos poros, com valores esperados maiores para o parâmetro “n”. Tal fato ocorreu em todas as profundidades.

O parâmetro “ α ”, que constitui os pontos de inflexão das curvas, revelou valores relativamente baixos, entre 0,01 e 0,16. Engler (2007), ao avaliar o desenvolvimento de uma metodologia para determinação do movimento de água no solo, observou que o parâmetro “ α ”, referente à curva de retenção de água do modelo de Van Genuchten (1980), está associado ao ponto de inflexão da curva e valores elevados deste parâmetro indicam o ponto de inflexão em valores de potenciais pouco negativos. O ponto de inflexão na curva de retenção de água do solo corresponde ao valor de tensão na qual ocorre a saída de água e, consequentemente, a entrada de ar (SOUZA, 2015).

Os valores de “m” o qual controla a inflexão da parte inferior e o patamar mínimo da curva (DA SILVA, 2005), variaram de 0,2153 a 0,4019.

Tabela 5 – Parâmetros de ajuste ao modelo de Van Genuchten (1980) para as curvas de retenção de água no solo, nas quatro profundidades dos perfis nas localidades estudadas

Profundidade (cm)	Parâmetros de ajuste das CCRAS				
	θ_s m ³ m ⁻³	θ_r m ³ m ⁻³	α	n	m
Perfil 1 - São Caetano					
0-20	0,3412	0,01	0,0842	1,5095	0,3375
20-40	0,3367	0,02	0,1038	1,438	0,3367
40-60	0,3522	0,002	0,079	1,4396	0,3054
100-120	0,3104	0,002	0,082	1,4225	0,297
Perfil 2 - Lagoa do Ouro					
0-20	0,3855	0,0495	0,068	1,2744	0,2153
20-40	0,3106	0,0324	0,0462	1,579	0,3667
40-60	0,3336	0,0092	0,0695	1,373	0,2717
100-120	0,3163	0,0615	0,0203	1,672	0,4019
Perfil 3 - Caetés					
0-20	0,3395	0,0124	0,1608	1,6173	0,3817
20-40	0,3395	0,0124	0,1608	1,6173	0,3817
40-60	0,3478	0,0044	0,0126	1,511	0,3382
100-120	0,2998	0,01	0,0628	1,5751	0,3651
Perfil 4 - São João					
0-20	0,3881	0,0023	0,1137	1,5189	0,3416
20-40	0,319	0,01	0,1045	1,5859	0,3699
40-60	0,3345	0,0056	0,0623	1,5941	0,3727
100-120	0,2633	0,01	0,0304	1,6662	0,3999

θ_s – umidade volumétrica na saturação; θ_r – umidade residual do solo; α , n e m são parâmetros empíricos de ajustes da curva.

Um importante fator que diferencia o poder de retenção de água desses solos é a distribuição diferenciada dos poros, evidenciado pela inclinação das curvas de retenção de água (Tabela 5, Figuras 13 e 14). Praticamente toda a água é retida nos potenciais maiores (baixas tensões) com ocorrência de queda brusca da umidade, principalmente a partir de - 10 kPa, característica de solos arenosos devido à predominância da macroporosidade (REICHARDT, 1990). Hillel (1998) afirmou que, na faixa de baixas tensões, a retenção de

água depende principalmente do efeito da capilaridade e da distribuição de tamanho de poros sendo, portanto, afetada pela estrutura do solo.

De um modo geral, verifica-se pelo exame dos gráficos que, para os horizontes estudados, existiu uma certa uniformidade de retenção de água ao longo do perfil, para a maioria dos solos, fato este que está intimamente relacionado às características próprias do solo, especialmente da textura e estrutura.

Nos solos arenosos do estudo, as frações mais grosseiras da areia (muito grossa e grossa) tiveram comportamento mais relacionado à drenagem da água no solo, com baixa capacidade de retenção de água. Mesmo sob baixas tensões, grande parte do conteúdo de água dos poros foi retirada quando se aplicou apenas -1 kPa ($\cong 10 \text{ cca} \cong 1,0 \text{ log cca}$), justamente devido a estas partículas possuírem arranjo que vão formar os macroporos.

Também se verificou neste estudo que a quantidade de areia dentro da faixa entre as areias fina e muito fina, não apresentaram valores com diferenças significativas entre os perfis. Tal fato limitou o efeito combinado de areia mais fina, e silte mais argila, especialmente nestes solos com teores de silte e argila muito baixos (Muggler et al., 1996), ao maior arranjo ou empacotamento das partículas (Resende & Rezende, 1983). Sendo assim, não houve favorecimento à formação de microporos, que poderiam ter aumentando a capacidade de retenção de água, como foi hipoteticamente pensado no início do estudo.

5. CONCLUSÃO

Apesar de classificados como arenosos, os solos deste estudo possuem em algumas profundidades, significativas quantidades das frações mais finas de areia, silte e argila, possibilitando que a água disponível permaneça no solo por mais tempo.

Os dados apresentados constituem parâmetros importantes para a utilização em trabalhos de irrigação e definem o comportamento hídrico de Neossolos Regolíticos, sob diferentes tensões, dentro da faixa de disponibilidade de água no solo.

As maiores quantidades das frações areia fina, areia muito fina e principalmente silte e argila dos Neossolos Regolíticos estudados, nortearam o comportamento físico-hídrico desses solos, sendo estas frações responsáveis pelas maiores retenções de água dos solos;

A retenção de umidade por perfil, em função da deflexão entre os pontos -10 kPa e -33 kPa, obedeceu à seguinte ordem: perfil 2 < perfil 1 < perfil 3 < perfil 4.

REFERÊNCIAS

ALLEONI, L.R.F. & MELO, V.F. **Química e Mineralogia do Solo**. SBCS - Viçosa, 2009.

ABREU, S. L.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em Argissolo franco-arenoso sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 519-531, maio/jun. 2004.

ANGULO, R. J.; ROLOFF, G.; SOUZA, M. L. P. Relações entre a erodibilidade e agregação, granulometria e características químicas de solos brasileiros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 8, p. 133-138, 1984.

ANJOS. A. dos. *Análise de Variância*. Cap. 07. 2009. Disponível em:<
<http://www.est.ufpr.br/ce003/material/cap7.pdf> > Acesso: 23 Ago 2016.

ARCOVERDE, S. N. S. et al. Qualidade física de solos em uso agrícola na região semiárida do estado da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, p. 1.473-1.482, 2015.

ARAÚJO FILHO, J. C.; BURGOS, N.; LOPES, O. F.; SILVA, F. H. B. B. da; MEDEIROS, L. A. R.; MELO FILHO, H. R. R. de; PARAHYBA, R. B. V. da; SANTOS, J. C. P. dos; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. B. R. e.; LEITE, A. P.; SOUZA NETO; N. C.; SILVA, A. B.; LUZ, L. R. Q. da; LIMA, P. C. de. & REIS. R. M. G. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 378 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa, 11). Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br>.

ARRUDA, F. B.; ZULLO JUNIOR, J.; OLIVEIRA, J. B. de. Parâmetros de solo para o cálculo da água disponível com base na textura do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 11, p. 11 – 15, 1987.

AUZANI, Gislaíne Mocelin. **Uso da terra e caracterização hidropedológica na região de Vila Kramer, São Francisco de Assis, RS**. 2010. 131f. **Tese de doutorado** (Doutorado em Ciência do solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

AZEVEDO, A. C.; PEDRON, F. de A.; DALMOLIN, R. S. D. A evolução da vida e as funções do solo no ambiente. In: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. *Tópicos em Ciência do Solo*. v. 5. Viçosa: SBCS, 2007. p. 1 - 48.

BEZERRA, S. A.; CANTALICE, J. R. B.; CUNHA FILHO, M; SOUZA, W. S. Características hidráulicas da erosão em sulcos em um Cambissolo do Semiárido do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* v. 34, p. 1325-1332, 2010.

BASTOS, Renato Saldanha et al. Formação e estabilização de agregados do solo influenciados por ciclos de umedecimento e secagem após adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 21-31, Feb. 2005. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832005000100003&lng=en&nrm=iso>. access on 24 Aug. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000100003>.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; SOUZA, Z.M.; ANDRIOLI, I. & ROQUE, C.G. Retenção de água em dois tipos de Latossolos sob diferentes usos. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:829-834, 2002.

BEUTLER, A.N. & CENTURION, J.F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 6, p. 581-588, jun. 2004.

BOUMA, J. Influence of soil macroporosity on environmental quality. *Adv. Agron.*, v. 46. p. 1 - 37, 1991.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: F. Bastos, 1989. 898 p.

CABRAL, J. J. P., Braga, R. A., Montenegro, S. M. G. L., Campello, M. S. C., & LOPES-FILHO, S. (2004). Recursos hídricos e os brejos de altitude. *Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 31-48.

CARVALHO, G. R.; CARNEIRO, A. V.; YAMAGUCHI, L. C. T.; MARTINS, P. C.; HOTT, M. C.; REIS FILHO, R. J. C.; OLIVEIRA, M. A. **Competitividade da cadeia produtiva do leite em Pernambuco**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2009. 376 p.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa. v. 22, n. 3, p. 527-538, Sept. 1998. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006831998000300019&lng=en&nrm=iso>. Access on 24 Aug. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06831998000300019>.

CONDEPE/FIDEM. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de São Caetano, estado de Pernambuco** / Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Manoel Júlio da Trindade G. Galvão, Simeones Neri Pereira, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife, 2005 a.

CONDEPE/FIDEM. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Lagoa do Ouro, estado de Pernambuco** / Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Manoel Júlio da Trindade G. Galvão, Simeones Neri Pereira, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife, 2005 b.

CONDEPE/FIDEM. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Caetés, estado de Pernambuco** / Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Manoel Júlio da Trindade G. Galvão, Simeones Neri Pereira, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife, 2005 c.

CONDEPE/FIDEM. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de São João, estado de Pernambuco** / Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Manoel Júlio da Trindade G. Galvão, Simeones Neri Pereira, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife, 2005d.

CONDEPE/FIDEM. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Parnamirim, estado de Pernambuco** / Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Manoel Júlio da Trindade G. Galvão, Simeones Neri Pereira, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife, 2005 e.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Garanhuns, estado de Pernambuco / Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Manoel Júlio da Trindade G. Galvão, Simeones Neri Pereira, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

CORREIA, J. R. *et al.*, Solos e suas Relações com o Uso e o Manejo. *In*: SOUZA, M. G. & LOBATO, E. (Org.) **Cerrado: Correção do Solo e Adubação**. Planaltina/DF: Embrapa Cerrados, 2002. p. 29 - 79.

DA SILVA, ANGELITA MARTINS. **Banco de dados de curvas de retenção de água de solos brasileiros**. 2005. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

DAKER, A. **Irrigação e drenagem; água na agricultura**. 7ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1988. v. 4. 543 p.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. *In*: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison: Soil Science Society of America Journal, 1994. (SSSA. Special Publication, 35). p. 3-22.

DORAN, J. W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M. A. Soil health and sustainability. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 56, p. 1-54, 1996.

DEXTER, A.R. Soil physical quality Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma*, 120:201-214, 2004.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA - CNPS, 1997, 212 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Mapa de solos do Brasil. Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS, 1981.

ENGLER, M. P. de C. **Desenvolvimento de metodologia para a determinação da mobilidade de água no solo**. São Paulo. 2007. 70 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2007.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: LIER, Q. J. V. *Física do solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. 298 p.

GIMENES, F.H.S., Curva de retenção na avaliação da qualidade do solo. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, 2012.

GUPTA, S.C. & LARSON, W.E. Estimating soil water retention characteristics from particle size distribution, organic matter percent, and bulk density. *Water Res. Res.*, 15:1633-1635, 1979.

HILLEL, D. **Solo e água: Fenômeno e Princípios físicos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, 1970. 231 p.

HILLEL, D. **Environmental soil physics**. San Diego: Academic Press, 1998. 771 p.

IBGE / Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1992. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro, 92p. (Manuais Técnicos de Geociências, 1.);

IMHOFF, S.; SILVA, A.P. & TORMENA, C.A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. *Pesq. Agropec. Bras.* 35:1493-1500, 2000.

JACOMINE, P.K.T.; RIBEIRO, M.R.; MONTENEGRO, J.O. et al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado de Pernambuco**. Bol.Téc.15 - MA-SDN. Recife, 1972. 683p.

KEMPER, W.D.; ROSENAU, R.C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, n.9, Part 1, p. 425-442, 1986.

KER, J.C.; PEREIRA, N.R.; CARVALHO JÚNIOR, W.; CARVALHO FILHO, A. Cerrados: solos, aptidão e potencialidade agrícola. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1990, Goiânia. *Anais...* Goiânia, 1992. p.1-31.

KAISER, D. R. **Estrutura e água em Argissolo sob distintos preparos na cultura do milho**. 2010. 151 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: A. KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis: part 1*. 2. ed. Madison, WI: ASA e SSSA, 1986. p. 425-442.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262 p.

KOHNKE, H. **Soil physics**. New York: McGraw-Hill, 1968.

LEPSCH, I. F. *19 lições de pedologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 456 p.

LEPRUN, J. C. **Relatório de fim de convênio de manejo e conservação do solo no Nordeste brasileiro** (1982 – 1983). Recife: SUDENE-DRN, 1986. 271p.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba, ESALQ, 2005. 344 p.

LIMA, V. C.; LIMA, M. R.; MELO, V. F. **O solo no meio ambiente**: abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2007.

130 p.

MAIA, Gerda Nickel: **Caatinga: arvores e arbustos e suas utilidades**, 2004, 413 p.

MIGUEL, P. Caracterização Pedológica, Uso da Terra e Modelagem da Perda de Solo em Áreas de Encosta do Rebordo do Planalto do RS. 2010, 116f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

MONTEIRO, A. A.; TAMANINI, R.; SILVA, L. C. C.; MATTOS, M. R.; MAGNANI, D. F. d'OVÍDIO L.; NERO, L. A.; BARROS M. A. F.; PIRES, E. M. F.; PAQUEREAU, B. P. D.; BELOTI, V. Características da produção leiteira da região agreste do estado de Pernambuco, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, p. 665-674, 2007;

MUGGLER, C. C.; CURI, N.; SILVA, L. N. & LIMA, J. M. Características pedológicas de ambientes agrícolas nos Chapadões do Rio Corrente, Sudeste da Bahia. **Pesq. agropec. Bras.** Brasília, v.31, n.3, p. 221 - 231, 1996.

NIMMO, J. R.; PERKINS, K. S. Aggregate stability and size distribution. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C.(Ed.). *Methods of soil analysis*: part 4 Physical methods. Madison, WI: Soil Science Society of America, 2002. p. 317-328.

OLIVEIRA, J.R. **Pedologia Aplicada**. 3 ed. Piracicaba: FEALQ, 2008. 592p.

OLIVEIRA JUNIOR, José Aildo Sabino de. Propriedades hidrodinâmicas de Neossolo Regolítico sob pastagem e caatinga no Agreste Pernambucano/José Aildo Sabino de Oliveira Junior. Garanhuns, 2013.

OLIVEIRA, J.R.A.; MENDES, I.C.; VIVALDI, L. Carbono da biomassa microbiana em solos de cerrado sob vegetação nativa e sob cultivo: avaliação dos métodos fumigação-incubação e fumigação-extração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.25, p.863-871, 2001.

PARFITT, José Maria Barbat Efeito da sistematização sobre atributos físicos, químicos e biológicos de um solo de várzea no Rio Grande do Sul / José Maria Barbat Parfitt, Marília Alves Brito Pinto, Luís Carlos Timm. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013.

PEJON, OSNI J. ZUQUETTE, LÁZARO V. FILHO, OSWALDO A. In CALIJURI. Maria do C. CUNHA Davi G. F. Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

PEPAMB. **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2013. Disponível em: <<http://www.ppeamb.ufrpe.br/>>. Acesso em: 11 set. 2013.

PREVEDELLO, C. L. **Física do solo**. Curitiba: C. L. Prevedello, 1996. 446 p.

REATTO, A.; CORREIA, J. R. & SPERA, S. T. Solos do bioma cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. (Org) **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina/DF: EMBRAPA - CPAC, 1998. p. 47 - 86.

REBOUCAS, Aldo da C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estud. av.**, São Paulo, v. 11, n. 29, p. 127-154, abr. 1997. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010340141997000100007&lng=pt&nrm=iso>. Acessos em 03 set. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40141997000100007>.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera.** Campinas: Fundação Cargill, 1985. 466 p.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas.** São Paulo: Ed. Manole Ltda. Cap.3, p. 27 - 65. 1990.

REICHARDT, K. & TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações.** Piracicaba: Ed. Manole Ltda., 2004. 478 p.

REINERT, D. J. & REICHERT, J. M. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo: protótipos e teste. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1931 - 1935, nov./dez. 2006.

RESENDE, M. & REZENDE, S. B. Levantamento de solos: uma estratificação de ambientes. **Informe Agropecuário. Belo Horizonte.** v.9, p. 3 - 25. 1983.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S. & REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERRETA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. **Tópicos em ciência do solo.** Viçosa, MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 5, p. 49 - 134, 2007.

RICHARDS, L. A. Pressure-membrane apparatus, construction and use. **Agronomy Engineering**, Madison, n. 28, p. 451 - 454, 1947.

ROLIM NETO. F. C., Gênese de solo arenoso com lamelas no Agreste de Pernambuco. Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo- Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife 1991.

RUIZ, H. A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (Silte + Argila). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 297-300, 2005.

SALTER, P. J. & WILLIAMS, J. B. The influence of texture on the moisture characteristics of soils. II. Available-water capacity and moisture release characteristics. **J. Soil Sci.**, v. 16, n.2. p. 310 - 317, 1965.

SANTOS, J. S.; LIMA, V. L. A.; BORGES JÚNIOR, J. C. F.; SILVA, L. V. B. D.; AZEVEDO, C. A. V. Mobilidade de solutos em colunas de solo com água residuária doméstica e de suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.11, p.1226–1233, 2010.

SANTOS, J.C.B. dos. Caracterização de Neossolos Regolíticos da Região Semi-árida do Estado de Pernambuco. 2011. 151p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Agronomia. Recife, 2011.

SCHIOVO, J. A.; PEREIRA, M. G.; MIRANDA, L. P. M.; DIAS NETO, A. H. & FONTANA, A. Caracterização e classificação de solos desenvolvidos de arenitos da formação Aquidauana-MS. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 34. p. 881 - 889, 2010.

SILVA, F. B. R.; SANTOS, J. C. P. de; SILVA, A. B. da; CAVALCANTI, A. C; SILVA, F. B. B de; BURGOS, N; PARAHYBA, R. da B. V.; OLIVEIRA, NETO, M. B. de; SOUZA NETO, N. C. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; LOPES, O. F.; LUZ, L. R. Q. P. da; LEITE, A. P.; SOUZA, L. G. M. C.; SILVA, C. P. da; VAREJÃO SILVA, M. A. & BARROS, A. H. C. **Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco**. Recife: Embrapa Solos – Unidade de Execução, Pesquisa e Desenvolvimento. Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária do Estado de Pernambuco, 2001. CD-ROOM. (Embrapa Solos. Documentos, 35).

SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYZE, S.; DENEFF, K. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil Till. Res.**, v. 79, p. 7-31, 2004.

SIQUEIRA, G. M., Variedade de atributos físicos do solo determinados por métodos diversos. Dissertação de Mestrado. Campinas, 2006.

SOIL survey manual. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, 1984. cap.1. (Agriculture handbook, n. 430).

SOIL taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, 1975. 754 p. (Agriculture handbook, n. 436).

SOIL SURVEY STAFF. **Soil survey manual**. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture, 1993. 437 p. (Handbook, 18).

SOUZA, Wagner Luís da Silva. Comportamento físico-mecânico de dois solos cultivados dois solos cultivados com cana-de-açúcar em diferentes sistemas de manejo – Tese de Doutorado. (Doutorado em Ciência do solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. 2015.

STEVENSON, F. J. *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1994. 512 p.

STÜRMER, S. L. K. **Infiltração de água em Neossolos Regolíticos do bordo do Planalto do Rio Grande do Sul**. Santa Maria, RS. UFSM, RS. 2008 104 p. Dissertação (Mestrado do em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria -UFSM. 2008.

TAVARES, L. C.; TIMM, L. C.; TAVARES, V. E. Q.; REISSER JÚNIOR, C.; MANKE, G.; LEMOS, F. D.; LISBOA, H.; PRESTES, R. B.; PAULETTO, E. A. & CUNHA, N. G. Capacidade de retenção de água e parâmetros de ajuste do modelo de Van Genuchten (1980) em quatro solos representativos da região produtora de pêssego, Pelotas-RS. **In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. 16 E ENCONTRO DE PÓS- GRADUAÇÃO**, 9. 2007, Pelotas.

TISDALL, J.M. & OADES, J.M. Organic matter and water stable aggregates in soil. *J. Soil Sci.*, 33:141-163, 1982.

TORMENA, C.A. & SILVA, A.P. Incorporação da densidade no ajuste de dois modelos à curva de retenção de água no solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, 26:305 - 314, 2002.

USA - United States Department of Agriculture. Soil Conservation Service. **Keys Soil Taxonomy. Eight Edition, 1998. 30 p.**

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 44, p. 892 - 898, 1980.

_____.; LEIJ, F.J. & YATES, S. R. **The RETC code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils: version 1.1** Riverside: USDA, U. S. Salinity Laboratory, ARS, 1994. Disponível: <<http://www.epa.gov/ada/csmos/models/retc.html>>.

VEREecken, H.; WEYNANTS, M.; JAVAUX, M. PACHEPSKY, Y.; SCHAAP, M. G. & VAN GENUCHTEN, M.Th. Using pedotransfer functions to estimate the van Genuchten-Mualem soil hydraulic properties: a review. **Vadose Zone J.** 9: 795 – 820, 2010.

VIEIRA, D. B. Relação água, solo e planta. In: **Programa Nacional de Irrigação: Curso de elaboração de projetos de irrigação**. Brasília. 1986.

VIEIRA, M. L. **Propriedades físico-hídrico-mecânicas do solo e rendimento de milho submetido a diferentes sistemas de manejo**. 2006. 115 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2006.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. de S.; NEVES, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 487-494, mai. 2005.

ZUO, X.; ZHAO, H.; ZHAO, X.; ZHANG, T.; GUO, Y.; WANG, S.; DRAKE, S. Spatial pattern and heterogeneity of soil properties in sand dunes under grazing and restoration in Horqin Sandy Land, Northern China. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.99, n.2, p.202-212, 2008.

ANEXO

SANTOS. J. C. B. dos. Caracterização de Neossolos Regolíticos...

Tabela 2. Atributos Físicos dos Solos Estudados

Horizontes	Casc (20-2mm)	TFSA (<2mm)	Composição granulométrica da TFSA (g Kg ⁻¹)								Densidade		Porosidade (%)	
			Símb.	(%)	(%)	A.G (2-1mm)	A.F (1-0,05mm)	A.T (2-0,05mm)	Silte (0,05-0,002mm)	Argila (<0,002mm)	A.D.A (g kg ⁻¹)	G.F (%)		Silte Argila
P1 - (São Caetano): Neossolo Regolítico Eutrófico solódico.														
Ap	0 – 20	8	92	599	222	821	115	64	20	31	1,78	1,36	2,61	48
AC	20 – 44	7	93	601	246	847	109	44	10	23	2,45	1,47	2,72	46
C	44 – 70	6	94	541	232	773	133	94	40	42	1,41	1,39	2,70	48
Cn1	70 – 120	5	95	501	282	783	113	104	40	38	1,08	1,44	2,70	47
Cn2	120 – 140	10	90	463	284	747	149	104	50	48	1,43	1,43	2,69	47
Cm	140 – 210+	16	84	558	251	809	116	74	30	40	1,56	-	-	-
P2 - (Lagoa do Ouro): Neossolo Regolítico Eutrófico típico.														
Ap	0 – 15	4	96	574	212	786	150	64	30	47	2,32	1,49	2,62	43
AC	15 – 43	7	93	548	224	772	184	44	20	45	4,14	1,38	2,71	49
C1	43 – 74	7	93	533	229	762	184	54	30	55	3,38	1,47	2,72	46
C2	74 – 110	11	89	456	257	713	233	54	30	55	4,28	1,50	2,72	45
Cr1	110 – 170	12	88	472	289	761	189	49	20	41	3,83	1,50	2,80	46
Cr2	170 – 180+	42	58	503	226	729	218	53	20	38	4,09	-	-	-
P3 - (Caetés): Neossolo Regolítico Eutrófico típico.														
Ap	0 – 20	9	91	636	235	871	74	54	20	37	1,36	1,55	2,71	43
AC	20 – 62	5	95	640	262	902	64	34	10	29	1,85	1,50	2,72	45
C1	62 – 90	7	93	615	263	878	68	54	20	37	1,24	1,55	2,73	43
C2	90 – 130	7	93	558	314	872	75	52	30	58	1,43	1,56	2,70	42
C3	130 – 135	7	93	544	333	877	82	41	20	49	1,97	1,52	2,79	45
C4	135 – 170	8	92	609	274	883	73	44	20	45	1,64	1,53	2,92	48
Cr	170 – 210+	32	68	486	273	759	147	94	60	64	1,56	-	-	-

SANTOS. J. C. B. dos. Caracterização de Neossolos Regolíticos...

Tabela 2. Atributos Físicos dos Solos Estudados (Continuação)

P4 - (São João): Neossolo Regolítico Eutrófico típico.

A	0 – 15	4	96	639	237	876	90	34	10	30	2,60	1,52	2,73	44
AC	15 – 43	7	93	607	248	855	111	34	10	30	3,22	1,67	2,71	38
C1	43 – 74	7	93	584	250	834	124	42	10	24	2,92	1,68	2,69	37
C2	74 – 117	16	84	507	285	792	163	44	20	45	3,67	1,57	2,75	43
Cr	117 – 150+	35	65	485	298	783	178	69	40	58	2,58	-	-	-

(Símb) – Símbolo; (Prof) – Profundidade; (Casc) – Cascalho; (TFSA) – Terra Fina Seca ao Ar; (A.G) – Areia Grossa; (A.F) – Areia Fina; (A.T) – Areia Total; (A.D.A) – Argila Dispersa em Água; (G.F) – Grau de Flocculação.

Fonte: Santos (2011).

SANTOS, J. C. B. dos. Caracterização de Neossolos Regolíticos...

Tabela 3. Atributos químicos dos solos estudados

Horizontes		pH (1 : 2,5)			Complexo Sortivo (Cmol _c dm ⁻³)								P	COT	V	m	100 Na ⁺
Símb.	Prof (cm)	Água	KCl	Δ pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S.B	Al ³⁺	(H+Al)	(T)	(mgKg ⁻¹)	(g Kg ⁻¹)	(%)	(%)	T (%)
P1 - (São Caetano): Neossolo Regolítico Eutrófico solódico.																	
Ap	0 – 20	5,7	5,1	-0,6	2,40	1,00	0,20	0,10	3,7	0,1	1,9	5,6	8	9	66	1	2
AC	20 – 44	5,2	4,3	-0,9	1,30	0,58	0,09	0,10	2,1	0,1	2,0	4,1	1	4	51	4	2
C	44 – 70	4,6	4,0	-0,6	1,23	0,67	0,10	0,26	2,1	0,3	3,2	5,4	1	5	42	12	5
Cn1	70 – 120	4,4	4,0	-0,4	0,97	0,69	0,15	0,34	2,2	0,5	2,9	5,0	3	3	46	17	6
Cn2	120 – 140	4,6	4,0	-0,6	1,08	0,90	0,11	0,43	2,7	0,3	2,3	4,8	1	3	57	9	9
Cm	140 – 210+	5,5	4,2	-1,3	1,04	0,70	0,16	0,32	2,2	0,1	0,9	3,1	1	1	72	5	10
P2 - (Lagoa do Ouro): Neossolo Regolítico Eutrófico típico.																	
Ap	0 – 15	5,5	4,3	-1,2	1,61	1,06	0,25	0,21	3,1	0,1	2,0	5,1	10	7	61	4	4
AC	15 – 43	5,5	4,0	-1,5	1,22	0,50	0,11	0,10	1,9	0,6	2,8	4,7	2	4	41	21	2
C1	43 – 74	5,5	4,0	-1,5	1,24	0,49	0,10	0,05	1,9	0,6	2,6	4,5	1	3	42	23	1
C2	74 – 110	5,6	4,0	-1,6	1,29	0,44	0,07	0,05	1,8	0,5	1,4	3,3	2	1	56	19	2
Cr1	110 – 170	5,8	4,0	-1,8	1,35	0,56	0,07	0,05	2,0	0,4	1,1	3,1	2	1	65	14	2
Cr2	170 – 180+	6,1	4,1	-2,0	1,85	1,74	0,07	0,16	3,8	0,1	1,1	4,9	1	1	78	3	3
P3 - (Caetés): Neossolo Regolítico Eutrófico típico.																	
Ap	0 – 20	6,1	5,3	-0,8	1,86	0,81	0,14	0,05	2,9	0,1	2,1	4,9	6	9	58	2	1
AC	20 – 62	5,1	4,1	-1,0	0,88	0,30	0,08	0	1,3	0,3	2,0	3,3	1	3	38	18	0
C1	62 – 90	4,9	4,2	-0,7	0,84	0,23	0,09	0	1,2	0,5	2,8	4,0	1	3	29	24	0
C2	90 – 130	5,0	4,2	-0,8	0,77	0,20	0,10	0,05	1,1	0,6	3,0	4,1	2	3	27	31	1
C3	130 – 135	5,5	4,4	-1,1	0,86	0,36	0,06	0,05	1,3	0,2	0,2	1,6	1	1	86	9	3
C4	135 – 170	6,1	4,8	-1,3	0,84	0,34	0,06	0,05	1,3	0,1	0,1	1,2	1	0	96	3	4
Cr	170 – 210+	5,9	4,3	-1,6	0,95	0,66	0,13	0,05	1,8	0,1	0,1	1,3	1	0	97	2	3

SANTOS. J. C. B. dos. Caracterização de Neossolos Regolíticos...

Tabela 3. Atributos químicos dos solos estudados (Continuação)

P4 - (São João): Neossolo Regolítico Eutrófico típico.

A	0 – 20	4,8	3,9	-0,9	1,95	0,58	0,19	0,05	2,8	0,1	3,2	5,9	6	14	47	6	1
AC	20 – 44	4,6	3,8	-0,8	1,19	0,38	0,11	0,05	1,7	0,5	1,8	3,5	2	4	49	19	1
C1	44 – 70	4,8	3,9	-0,9	1,14	0,32	0,12	0,05	1,6	0,5	1,5	3,1	1	3	52	21	2
C2	70 – 120	5,5	4,3	-1,2	1,38	0,55	0,16	0,05	2,1	0,1	0,7	2,9	1	2	75	5	2
Cr	120 – 140	5,7	4,5	-1,2	1,48	0,64	0,17	0,10	2,4	0,1	0,4	2,8	1	1	86	3	4

(Símb.) – Símbolo; (Prof.) – Profundidade; (S.B) – Soma de Base; (CTC) – Capacidade de Troca de Cátions Potencial; (COT) – Carbono Orgânico Total; (V) – Saturação por Base; (m) – Saturação por Alumínio.

Fonte: Santos (2011).