

FRANCIS HENRIQUE TENÓRIO FIRMINO

**GÊNESE DE LAMELAS EM UMA LITOTOPOSSEQUÊNCIA NO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

RECIFE-PE
FEVEREIRO/2016

FRANCIS HENRIQUE TENÓRIO FIRMINO

**GÊNESE DE LAMELAS EM UMA LITOTOPOSSEQUÊNCIA NO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Ciência do Solo
da Universidade Federal Rural de
Pernambuco, como parte dos requisitos
para obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Marcelo Metri Corrêa
Co-orientador: Alexandre Ferreira do Nascimento
Brivaldo Gomes de Almeida

RECIFE-PE
FEVEREIRO/2016

Ficha catalográfica

F525g Firmino, Francis Henrique Tenório
 Gênese de lamelas em uma litotoposequência no semiárido
brasileiro / Francis Henrique Tenório Firmino. – Recife, 2016.
 157 f. : il.

 Orientador: Marcelo Metri Corrêa.
 Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia,
Recife, 2016.

 Inclui referências e apêndice(s)..

 1. Argiluviação 2. Processos pedogenéticos 3. Neossolo
regolítico I. Corrêa, Marcelo Metri, orientador II. Título

CDD 631.4

FRANCIS HENRIQUE TENÓRIO FIRMINO

**GÊNESE DE LAMELAS EM UMA LITOTOPOSSEQUÊNCIA NO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Ciências do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 19 de fevereiro de 2016.

Orientador: _____

Prof. Drº. Marcelo Metri Corrêa (DEPA/UFRPE-UAG)

Examinadores: _____

Prof. Drº. José Coelho de Araújo Filho (Embrapa -Solos)

Prof. Drº. José Romualdo de Sousa Lima (UFRPE-UAG)

RECIFE-PE

FEVEREIRO/2016

“Dedico este trabalho aos meus amados pais,
**Francisco da Silva Firmino e Suelene
Tenório da Silva**, e ao meu irmão **Artur
Fernandes Tenório Firmino.**”

“Apenas um raio de sol é suficiente para afastar várias sombras.”
São Francisco de Assis

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, que me dotou de sentidos para que eu pudesse chegar até aqui, guardando e iluminando os meus caminhos, mesmo eu sendo falho e fraco.

Aos meu pais **Francisco da Silva Firmino e Suelene Tenório da Silva**, por todo o amor, compreensão, zelo e apoio. Por sempre se fazerem presentes.

Aos meus irmãos, obrigado pela amizade e preocupação. Em especial ao meu irmão **Artur Fernandes**, que entre brigas e carinhos jamais deixou de me encorajar, principalmente diante das dificuldades. A **Geovanna Carolline**, minha “afilhada-filha” saibas que cada abraço e sorriso teu me impulsionam mais a seguir em frente.

Aos meus familiares, avó e avôs, tios e tias, primos e primas, madrinha e padrinho, por todo amor, força, compreensão, carinho, conversas e conselhos, meu muito obrigado.

Em especial, ao meu orientador, Prof. Dr. **Marcelo Metri Corrêa**, por todo apoio, força, incentivo, confiança e ensinamentos e, acima de tudo pela amizade proporcionada durante esses dois anos, a qual me fez crescer. Sou muito grato por toda a orientação.

Ao meus Co-orientadores, o Dr. **Alexandre Ferreira do Nascimento** por toda ajuda em campo, pelos conselhos, disponibilidade, ensinamentos e trocas de mensagens, por toda a força para a concretização deste trabalho. E ao Prof. Dr. **Brivaldo Gomes Almeida** pelos conselhos, ensinamentos, trocas de mensagens, dinâmica, amizade e incentivo.

Ao Prof. Dr. **José Romualdo de Sousa Lima** por todos os conselhos, ensinamentos, confiança, pelo tempo desprendido para auxílio nas atividades laboratoriais e de campo, pela manutenção de uma amizade iniciada na graduação.

Ao Prof. **Valdomiro Severino de Souza Júnior** pelas boas conversas e valiosos ensinamentos.

Aos Profs. Dr. **Alexandre Nascimento** (UFRPE-UAG), Dr^o **Clody Hammerd** e Dr. **Jairo**, por toda ajuda teórica ou dedicada a implementar algo neste trabalho.

Ao Dr. **José Coelho** pela disponibilidade em participar como examinador do meu trabalho de dissertação, e pelas valiosas contribuições ao mesmo.

Ao grande “seu **Zeca**” (José Fernando Wanderley Fernandes de Lima), pela ajuda em campo, pelos ensinamentos e apoio. A **Josué Camilo e Maria do Socorro Santana**, por todas as risadas, ensinamentos, apoio, força, e os tão bons cafezinhos. A todos os demais funcionários da pós-graduação.

Aos professores da pós-graduação por toda ajuda e valiosos ensinamentos, em especial a prof. **Mateus Filho, Flávio Marques, Maria Bethânia e Caroline Biondi**.

Aos integrantes do quarteto fantástico **Elis Regina Câmara e Juliet Emília Santos de Sousa**, por tornarem a jornada mais prazerosa, graças a amizade, companheirismo, ajuda e toda a alegria envolvida na ciência e fora dela.

A **Beatriz Campos**, que junto a mim compartilhou alegrias e dificuldades, tens uma importância enorme em minha vida. Aos meus amigos do **Sogima (Laura, Maura, Sandrine, Ivaneide e Neto)**, por me levarem a Deus e nunca me deixarem só. Aos amigos **Ana Cláudia, Érica Mayara, Cássia Machado, José Cicero e Jéssica Oliveira**. Ao meu amigo Padre **Josenildo José**, por todos os conselhos, exortações e encorajamento. A **Gabriel Henrique** que me acolheu novamente em Garanhuns, proporcionando-me uma grande amizade e trocas de conhecimentos.

Aos queridos amigos-irmãos científicos **Arnaldo Joaquim, Cleyton Andrade, Cláudio Filho, Cidney Barbosa, Geova, Márlon Ribas e Edivan Úchoa**, os quais me suportaram cotidianamente, compreendiam-me e me proporcionaram grandes momentos de alegria e por toda ajuda. Aos amigos da pós-graduação **Cíntia, Magda, Willian, Hernán, Ítalo, Adriana, Abraão, Vinicius, Paulo, Paula, Gerson, Bruno, Sthefanny, Hidelblandi, Douglas, Manuella, Daniella, Mayame, Marília, Suzi e Monalisa**. Aos amigos que conquistei no laboratório **Thyago e Wendson** (Física do Solo), **Luciana, Jamilly, Jéssica Moraes e Edy Rodrigues** (Laboratório de química do solo), agradeço toda ajuda. Aos meus queridos amigos do “**Hora do café**” **Érica Oliveira, Raquel Barros e Uemeson dos Santos**, por compartilharem ensinamentos, experiências e por toda amizade que me guardaram.

A **José Cícero (Fazenda São João)**, que disponibilizaram suas áreas como fonte de estudo para pesquisa e elaboração das análises.

A **Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE** por toda oportunidade e apoio.

A **Unidade Acadêmica de Garanhuns- UAG** que me deu estrutura e suporte para realização desse trabalho. A todos os funcionários nas pessoas de **Rosi, Cláudio, Alison e Alvaro**.

Agradeço a todas as pessoas que passaram por minha vida, as quais contribuíram de forma direta ou indiretamente para minha formação.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	14
RESUMO	16
ABSTRACT	17
1. Introdução	18
2. REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 ARGILUVIAÇÃO	20
2.2 LAMELAS: DEFINIÇÃO E GÊNESE	26
2.3 CARACTÉRISTICAS DAS LAMELAS NOS SOLOS	31
3. MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1 Descrição da área estudada	35
3.2 SELEÇÃO DE PERFIS, DESCRIÇÃO E AMOSTRAGEM	35
3.3 ANÁLISES FÍSICAS E FÍSICO-HÍDRICAS	37
3.4 ANÁLISES SEDIMENTOLÓGICAS – ESTATÍSTICA DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS GRÃOS DE AREIA	41
3.5 ANÁLISES QUÍMICAS	41
3.6 ANÁLISES MINERALÓGICAS	42
3.7 ANÁLISE MICROMORFOLÓGICOS	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1 ORGANIZAÇÃO BIDIMENSIONAL DA LITOTOPOSSEQUÊNCIA E ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS	44
4.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS	51
4.5 ATRIBUTOS FÍSICOS	61
4.6 ATRIBUTOS SEDIMENTOLÓGICOS	73
4.7 ATRIBUTOS FÍSICO-HÍDRICOS	79
4.7.1 DENSIDADE DE FLUXO	79
4.7.2 UMIDADE VOLUMÉTRICA E POTENCIAL MATRICIAL MEDIDOS EM CAMPO	83
4.7.3 CURVAS DE RETENÇÃO DE ÁGUA E DISTRIBUIÇÃO DA POROSIDADE DOS SOLOS	86
4.8 ATRIBUTOS MINERALÓGICOS	92
4.9 ATRIBUTOS MICROMORFOLÓGICOS	100
4.10 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS	109
4.11 GÊNESE DAS LAMELAS	113
5. CONCLUSÕES	118

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
APÊNDICE 1- Resultados Estatísticos da Distribuição dos Grãos (areia) em uma Litotoposequência.	135
APÊNDICE 2- Dados Morfológicos e Análíticos dos perfis de solos localizados no município de São João-PE	138

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do município de São João, inserido no estado de Pernambuco, Brasil.	35
Figura 2. Representação bidimensional da cobertura pedológica e perfil topográfico com a localização dos perfis de solos e tradagens feitos na litotoposequência.	44
Figura 3: Relações estabelecidas no contexto da fração areia. A- relação da AG/AMF; B- relação entre $(AMG+AG) / (AMF+AF)$; C- soma de AMF+AF+SILTE distribuídos dentro da litotoposequência no município de São João-PE.	66
Figura 4. Distribuição de argila em uma litotoposequência no município de São João-PE.	67
Figura 5. Grau de flocculação distribuídos dentro de uma litotoposequência no município de São João-PE.	68
Figura 6 : Densidade de fluxo (q) dos horizontes do Perfil 1, localizado no município de São João-PE.	80
Figura 7: Densidade de fluxo (q) dos horizontes do Perfil 2, localizado no município de São João-PE.	80
Figura 8. Densidade de fluxo (q) dos horizontes do Perfil 3, localizado no município de São João-PE.	82
Figura 9. Densidade de fluxo (q) dos horizontes do Perfil 4, localizado no município de São João-PE.	82
Figura 10. Evolução diária da umidade volumétrica do solo e da precipitação pluvial no período de 10/07/2015 a 21/12/2015, para o P3 no município de São João-PE.	83
Figura 11. Evolução diária do potencial matricial e da precipitação pluvial no período de 10/07/2015 a 21/12/2015, para o P3 no município de São João-PE.	84
Figura 12. Perfil de umidade volumétrica do solo, referente ao P3 nos dias 11/07/2015; 17/08/2015 e 25/10/2015 em diferentes condições de precipitação, no município de São João-PE.	85
Figura 13. Curvas de retenção de Neossolos Regolíticos (P1, P2 e P3) e Argissolo Acinzentado (P4) localizados no município de São João-PE.	86
Figura 14. Curvas de retenção dos horizontes com lamelas (P1C ₁ , P2C ₁ e P3L) e entre lamela do P3, localizados no município de São João-PE.	88
Figura 15. Difrátogramas de Raios-X, da fração areia localizados no município de São João-PE, 1- Perfil 1; 2- Perfil 2; 3- Perfil 3; 4- Perfil 4.	93
Figura 16. Difrátogramas de Raios-X, da fração silte localizados no município de São João-PE, 1- P1; 2- P2; 3- P3 e 4- P4.	94
Figura 17. Difrátogramas de Raios-X, da fração argila de um Neossolo Regolítico (P1), localizados no município de São João-PE.	96
Figura 18. Difrátogramas de Raios-X, da fração argila de um Neossolo Regolítico (P2), localizados no município de São João-PE.	96
Figura 19. Difrátogramas de Raios-X, da fração argila de um Neossolo Regolítico (P3), localizados no município de São João-PE.	97

Figura 20. Difractogramas de Raios-X, da fração argila de um Neossolo Regolítico (P3), localizados no município de São João-PE.....	97
Figura 21. Micrografias do material grosso do P3. A) Feldspato alterado na região de lamelas em ppl. B) foto anterior em xpl. C) Fragmento de rocha em ppl. D) foto anterior em xpl. E) Quartzo policristalino em ppl. F) Foto anterior em xpl. G) Mica (Biotita) em ppl. H) foto anterior em xpl. I) Feldspato com germinação tartan (microclina) em ppl. G) Foto anterior em xpl.	101
Figura 22. Micromorfologia do horizonte C1 do P3. A) feldspato com grau de alteração C2.1 na região de lamelas em ppl. B) foto anterior em xpl.	102
Figura 23. Micromorfologia dos horizontes C1. A- Distribuição dos componentes da zona entre lamela do P2 em xpl. B- Distribuição dos componentes na zona de lamelas do P3 em xpl.	106
Figura 24. Micromorfologia do P3. A- Distribuição dos componentes do P3 em duas zonas características lamela e entre lamela; B- Revestimento parcial de argila sobre grãos na forma de capeamento; C- Distribuição de grãos finos nas lamelas e arranjo do material fino, ppl.; D-Foto anterior em xpl.	107
Figura 25. Pedofecção de argiluviação no horizonte Bt do Perfil 4. A) Foto em ppl. B) Foto em xpl.	108
Figura 26: Neossolo Regolítico distrófico espessarênico lamelico, localizado no município de São João-PE. B- distribuição de lamelas; C-Lamela distribuídas no torrão.	143
Figura 27: A- Lamelas distribuídas no horizonte C1 (20-42 cm); B- Lamelas distribuídas em um torrão de solo.	144
Figura 28: Neossolo Regolítico distrófico espessarênico lamelico, localizado no município de São João-PE.....	152
Figura 29: Perfil de Argissolo Acinzentado (P4), localizado no município de São João-PE.....	156
Figura 30: Mosqueados no horizonte Bt, em Argissolo Acinzentado (P4) localizado no município de São João-PE/	157

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores dos parâmetros das curvas de retenção da água no solo, para os perfis estudados	39
Tabela 2. Atributos morfológicos dos perfis estudados em uma topossequência no município de São João-PE	46
Tabela 3. Atributos químicos dos perfis estudados em uma litotopossequência no município de São João-PE	52
Tabela 4. Atributos químicos das lamelas e entre lamelas de três perfis localizados no município de São João-PE.....	58
Tabela 5. Fracionamento químico da MOS dos conjuntos de lamelas e entre lamelas, dos perfis 1 e 3	60
Tabela 6. Atributos Físicos dos solos estudados no município de São João-PE	62
Tabela 7. Resultados do fracionamento da areia total dos perfis estudados no município de São João-PE	64
Tabela 8. Atributos físicos das lamelas e entre lamelas dos solos estudados no município de São João-PE	70
Tabela 9. Fracionamento em 5 categorias da areia total das lamelas e entre-lamelas de dos solos estudados no município de São João-PE	71
Tabela 10: Separação da argila fina e grossa das lamelas, entre lamelas e horizontes dos solos estudados no município de São João-PE	72
Tabela 11. Parâmetros da estatística da distribuição granulométrica da fração areia total separada em cinco frações, nos perfis estudados	74
Tabela 12. Parâmetros estatísticos da distribuição de grãos de areia das lamelas e entre-lamelas separadas em cinco frações.....	75
Tabela 13. Parâmetros estatísticos da distribuição de grãos de areia separada em 12 frações para os horizontes dos perfis estudados	76
Tabela 14. Parâmetros estatísticos da distribuição de grãos da areia separada em 12 frações para as lamelas e entre-lamelas	78
Tabela 15. Condutividade hidráulica saturada (Ksat) de horizontes selecionados de Neossolos Regolíticos (P1, P2 e P3) e Argissolo Acinzentado (P4), no município de São João-PE	81
Tabela 16. Capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível de Neossolos Regolíticos (P1, P2 e P3) e Argissolos Acinzentado (P4) localizados no município de São João-PE.....	89
Tabela 17. Distribuição do tamanho dos poros (%) nos horizontes selecionados dos perfis de Neossolos Regolíticos (P1, P2 e P3) e Argissolo Acinzentado (P4) localizados no município de São João	91
Tabela 18. Extração de Fe por DCB e por Oxalato de Amônio para as lamelas, entre lamelas e horizontes sob e subjacente de três perfis de solos dentro de uma topossequência	99
Tabela 19. Atributos micromorfológicos dos horizontes (AC e C ₁) do P1, C ₁ do P2, horizontes Ap e C ₁ do P3 e horizonte Bt do P4, localizados no Agreste Meridional de Pernambuco	103

Tabela 20. Classificação taxônomica dos solos estudados conforme o SiBCS (EMBRAPA 2013).....111

RESUMO

A gênese de lamelas em solos está relacionada a processos geogenéticos, pedogenéticos, ou mesmo pedogeogenéticos. A presença e a expressividade dessa feição é importante para produção agrícola devido ao aumento da capacidade de retenção e, ou redução na evaporação da água do solo. Mesmo as lamelas tendo ocorrência comum, pouco se sabe sobre sua gênese no Agreste pernambucano e como elas variam em suas propriedades (espessura, composição, distribuição, etc.). Desta forma, o objetivo deste trabalho é identificar e caracterizar os principais mecanismos envolvidos na formação de lamelas ao longo de uma litotoposequência no Agreste meridional pernambucano. Para tanto foi utilizado pontos de amostragem com espaçamentos regulares, associados a uma adaptação da análise estrutural da cobertura pedológica proposta por Boulet (1993), que proporcionou o entendimento da distribuição dos horizontes e lamelas ao longo da vertente. Tradagens foram realizadas para separação dos segmentos dentro da litotoposequência, permitindo alocação e coleta dos perfis representativos a cada segmento. Análises morfológicas, químicas, físicas, físico-hídricas, sedimentológicas, mineralógicas e micromorfológicas foram realizadas nos perfis e em alguns horizontes selecionados. De forma geral, foram observados que a formação das lamelas é pedogenética, dado o peneiramento de argilas promovidos por zonas mais fechadas de grãos de areia finas oriundos da desintegração de quartzos policristalinos. As primeiras lamelas formadas foram as de superfície, e a formação é controlada pelo fluxo hídrico. A espessura das mesmas está diretamente relacionada com o espaçamento das zonas entre lamelas. A estabilidade das lamelas dentro dos segmentos é ocasionada pela saturação de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} . As lamelas proporcionam uma maior retenção de água, e funcionam como filtros químicos, apresentando alta saturação por bases. O avanço em profundidade é consequência da manutenção da umidade, e a saturação por alumínio controla o não desenvolvimento de novas lamelas. A vertente apresenta domínio caulínítico, devido a boa drenagem desses solos.

Palavras chaves: argiluviação; pedogenéticas; Neossolo Regolítico.

ABSTRACT

The lamellae's genesis in soils is related to geogenetics processes, pedogenetic or even pedogeogenetics. The presence and expression of this feature is important to crop production due to increased capacity and retention or reduction in evaporation of water from the soil. Even though the lamellae has common occurrence, little is known about its genesis in the Agreste of Pernambuco and how they vary in their properties (thickness, composition, distribution, etc.). Thus, the objective of this work is to identify and characterize the main mechanisms involved in the formation of lamellae along a litotoposequence in southern Pernambuco's Agreste. For this we used collecting spots, with regular spacing between them, associated with an adaptation of the structural analysis of soil cover proposed by Boulet (1993), which provided an understanding of the distribution of horizons and lamellae along the slope. Augers were made to separate the segments within the litotoposequence, allowing allocation and collection of representative profiles to each segment. Morphological, chemical, physical, physical-hydric, sedimentological, mineralogical and micromorphological analysis were held in the profiles and in selected horizons. In general, it was observed that the formation of lamellae is pedogenetic, given the sieving clays promoted by more enclosed areas of fine sand grains resulting from the disintegration of quartz polycrystalline. The first formed lamellae were from the surface and the formation is controlled by the water flow. The thickness of the lamellae directly related to the spacing in the areas between lamellae. Saturating Ca^{2+} , Mg^{2+} and Al^{3+} bring upon the lamellae stability within the segments. The lamellae provide greater water retention and act as chemical filters, with high base saturation. The advance in depth is the result of moisture maintenance, and the aluminum saturation controls the non-development of new lamellae. The hillside has caulinitic domain, due to the good drainage of the soils.

Key words: Argilluviation; pedogenetic; Entisol.

1. INTRODUÇÃO

As lamelas são definidas como finas camadas descontínuas de material enriquecido com argila, distribuídas horizontalmente, com espessuras milimétricas a centimétricas, que se originam principalmente nos solos e sedimentos arenosos (RAWLING, 2000; SCHAETZL, 2001). São descritas como horizonte Bt em solos arenosos (ROBISON; RICH, 1960) e geralmente apresentam-se com aspecto contorcido, ondulado e descontínuo (GRAY et al., 1976). A identificação das lamelas é facilmente realizada devido aos altos cromas que as mesmas possuem (avermelhadas) (SCHAETZL, 2001).

De modo geral, duas linhas principais dominam a bibliografia que trata da formação de lamelas: a sedimentação e a iluviação. Quando há o processo de iluviação ou e-iluviação, a lamela é considerada como de origem pedogenética. Quando há o processo de sedimentação a partir do material de origem, descreve-as como geogenéticas (PAISANI, 2001).

Rawling (2000) afirma que as lamelas são um exemplo de “Equifinalidade pedogênica”, o que significa que podem ter se formado por diferentes formas. Estabelecer quais são os mecanismos de formações são cruciais para entender as características ou propriedades que detém os solos com lamelas.

Os principais mecanismos envolvidos na gênese de lamelas pedogenéticas são: estruturas de infiltração da água de chuvas (OLIVEIRA, 1998); secagem da frente de infiltração (BOCKHEIM; HARTEMINK, 2013), e por peneiramento relacionado com variações (negativas) na porosidade (MAFRA et al., 2001; HOLLIDAY; RAWLING, 2006; ROLIN NETO et al., 1994; WURMAN et al., 1959). Quimicamente as teorias baseiam-se na floculação, relacionadas a variações no pH ou presença de íons floculantes, principalmente Ca e Mg, como proposto por Dijkerman et al. (1987). Todas controladas pela eluviação e iluviação de argilas, processo denominado argiluviação.

A importância das lamelas se deve principalmente ao aumento na quantidade de argila, que proporciona uma maior retenção de água (ALMEIDA et al., 2015), dado a maior quantidade de diâmetros efetivamente capilares na região de lamelas (BOUABID et al., 1992).

O objetivo deste trabalho foi elucidar quais mecanismos são atuantes na formação de lamelas no Agreste Meridional de Pernambuco, a partir de estudos de natureza química, física, físico-hídrica, sedimentológica, macro-micromorfológicas e mineralógicas em uma litotoposequência.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ARGILUVIAÇÃO

De acordo com diversos autores, o processo de argiluviação pode ser entendido como a transferência vertical de argilas, com tamanhos menores que 2 μm nos solos (do francês argil= argila; luv=lavado) (De JONGE et al., 2004; QUÉRNAD et al., 2011; CORNU et al., 2014). Ocorre a partir de um horizonte superficial (horizonte eluviado), geralmente o horizonte A ou E, para outro horizonte subsuperficial (horizonte iluviado) (SANTOS et al., 2013).

Argiluviação é um termo mais específico ao termo geral lessivagem (do francês “lessive”, lavado). Este último abrange não somente o transporte de argilas finas, mais de outros materiais que se encontram no solo e que estão propícios a translocação, tais como sais ou compostos orgânicos (DUCHAUFOUR, 1983). Usualmente, ambas as nomenclaturas são utilizadas com a mesma finalidade (BOCKHEIM, 2015; CORNU et al., 2014; QUENARD et al., 2011; MERCIER et al., 2000; De JONGE et al., 2004). Contudo, Duchaufour (1983) esclarece que mesmo se tratando de sinônimos, é importante usar nomenclaturas diferentes para distinguir os tipos de materiais que se movem no solo, sugerindo argiluviação (argilas), lixiviação (sais solúveis) e queluviação (quelatos organo-metálicos).

Duchaufour (1983) destaca a importância da nomenclatura para partículas em suspensão, pois uma terminologia correta diferencia não só a direção do movimento, como também sua importância no processo e sua redistribuição no solo. Apesar de diversos trabalhos utilizarem o termo lessivagem, referindo-se somente ao transporte de argila, a designação de argiluviação será aqui o termo preferencialmente utilizado.

O processo de argiluviação é composto por sub-processos: mobilização, transporte e deposição (floculação e/ou filtração) de partículas. A dinâmica deste processo depende de fatores físico-químicos, químicos, como também mecânicos. Para isso é necessário que as argilas se tornem dispersas e estejam em suspensão, e a percolação de água seja o veículo para transportá-las e, por fim, deposição (QUÉNARD et al., 2011). A argila no solo com tamanhos menores

que 0,2 μm são mais fáceis de serem translocadas (MERCIER et al., 2000), contudo, normalmente as argilas nos solos estão eletroquimicamente ou fisicamente unidas umas às outras. Quando isso ocorre é dito que as mesmas estão flocluladas.

Quimicamente a dispersão da massa floclulada é favorecida com a saída dos óxidos de ferro/alumínio e da matéria orgânica do solo (GOLDBERG et al. 1990). Os mesmos autores discorrem que a saída de óxidos de ferro não só desestabiliza a estrutura do solo, como favorece também a translocação dado a maior dispersividade da argila. A substituição de cátions como K, Ca e Mg, por H ou Na, nas bordas dos argilominerais controlam os processos de dispersão por alterarem a espessura da dupla camada difusa (FONTES et al., 2001).

Ademais, alguns trabalhos (PAES et al., 2013; GAI et al., 1984; CORRÊA et al., 2008) discutem a presença de sódio e de determinados ácidos orgânicos como agentes causadores da dispersão de materiais no solo. Na solução do solo a baixa concentração eletrolítica condiciona uma zona propícia a dispersão, e esta geralmente ocorre em zonas lixiviadas, dado o fluxo contínuo de água (ANDREGUETTO et al., 2014; SHAINBERG e LETEY, 1984).

A dispersão é fisicamente favorecida pelos ciclos de molhamento e secamento da massa do solo, dada as variações que promovem perturbações (rompimento dos agregados) e, conseqüentemente, a dispersão (SHANG et al., 2008). Kjaergaard et al. (2004) e Majdlani et al. (2008), a partir de experiências que correlacionam a umidade dos solos com o processo de translocação, indicam uma relação entre a mobilização de partículas e o teor inicial de água. Kjaergaard et al. (2004) acrescentam que o aumento da mobilização de partículas se deve a um potencial matricial inicial próximo a -100 kPa, ou seja, em condições mais úmidas do que o ponto de murcha (-15.500 kPa).

Para Majdlani et al. (2008), pausas de eventos de chuvas entre 150-200 h favorecem a máxima mobilização de partículas quando comparados a intervalos maiores, promovendo mobilização mínima de partículas após 70 dias. Quernard et al., (2011) discute que ambos os resultados suportam a hipótese de que a mobilização de partículas está relacionada as tensões capilares, e sob

condições mais secas as partículas estão fortemente associadas, permitindo o desenvolvimento das forças de Van de Waals.

Os mecanismos mencionados anteriormente são somados a influência da natureza das partículas e das interações que as mesmas exercem entre si. Um exemplo disso é o efeito da mineralogia da partícula na dispersão e no transporte, que tendem a ser maiores quando a carga de superfície é alta (ROUSSEAU et al., 2004). Solos ricos em esmectitas (argilas 2:1) são mais fáceis de dispersar, quando comparados aos minerais que contém interestratificados, e esses por sua vez, menores que os solos caulínicos (MERCIER et al., 2000). Cornu et al. (2014) mostram que o transporte da esmectita não é constante ao longo do tempo, e sim, preferencialmente mais intenso no início da argiluviação.

O pH do solo influencia na disponibilidade de cátions permutáveis e, subsequentemente, na mobilização de partículas. Valores de pH inferiores a 5,0 promovem a floculação em virtude da elevação da concentração de Al^{3+} , como também valores de pH maiores que 6,5 causam elevação na concentração do Ca^{2+} , o que favorece a floculação (QUENARD et al., 2011). Os mesmos autores também estabelecem que a eluviação ocorre principalmente quando os valores de pH variam entre 4,5, 5,0 e 6,5, exceto em solos salinos. Contudo, Cornu et al. (2014) concluem que estes valores de pH não tem relação com o aumento da liberação de partículas em suspensão, não sendo responsável assim pelo início do processo de argiluviação.

O vetor que favorece o transporte de argilas, como já mencionado, é a água (CASTINE et al., 2015; SHANG et al., 2008; KJAERGAARD et al., 2004;) e quanto mais rápido a percolação de água, maiores chances são dadas ao transporte de argila. O aumento da percolação é favorecido por poros grandes, interligados e verticalmente alinhados, como também intensos períodos de chuvas (MAJDALANI et al., 2008).

Baixas intensidades de chuvas podem promover fluxos preferenciais quando há uma conexão entre macroporos. A permanência do veículo de translocação (água) aumenta as distâncias de eluviação das partículas de argilas (SHANG et al., 2008). Neste sentido, FAIVRE (1995) discute que a argiluviação

é favorecida por chuvas de alta intensidade, estabelecendo duas condições: a quebra dos agregados pelo impacto das gotas de chuvas, seguido da mobilização das partículas pela água de percolação.

Filtração, última etapa a concluir os sub-processos de argiluviação, engloba uma série de mecanismos de captura (estabelecida após o transporte de partículas), que inclui a atração da partícula para material poroso, paradas em superfícies de fraturas e estreitamento do espaço poroso (McGECHAN, 2002). Dois processos podem estar ligados ao mecanismo, estes são: 1- Superfície de filtração mecânica, dado ao tamanho demasiadamente grande da partícula em relação ao poro, impedindo o seu movimento, referido também como “esforço” na bibliografia; e, 2- filtrações físico-químicas, a partir de forças moleculares, nas quais também se incluem fatores da solução do solo e da natureza da partícula (IBARAKI; SUDICKY, 1995; McGECHAN, 2002; DENOVIIO et al., 2004), tais como aumentos eletrolíticos, atuantes na movimentação dos cátions adsorvidos, na aproximação e na tendência a floculação de partículas do solo, com exceção do sódio em solução (ALMEIDA NETO et al., 2009; MILLER et al., 1990).

Quenard et al. (2011) discorrem que a argiluviação é governada principalmente por fluxos verticais, de modo que as condições de solo plano ou de sub-planos favorecem ao processo. Os mesmos autores, baseando-se nos diferentes tipos de solos que têm sua classificação designada a partir do processo, estabelecem que climas úmidos e temperaturas amenas favorecem o transporte descendente de partículas.

O principal critério utilizado para inferir no processo de argiluviação, tanto em tempos atuais como pretéritos, é a presença de cutâns de argila iluvial (argilâns). Mafra et al. (2001) concluem que a presença de cerosidade associada aos cutâns de iluviação no exame micromorfológico, revela a participação do processo de argiluviação. Medeiros et al. (2013), por sua vez, pontuam que apesar de não encontrarem em campo a presença de cerosidade (argila revestindo as estruturas), observaram aumento, nos valores da relação argila-fina/argila-total em horizontes com acúmulo de argila, inferindo a atuação do processo de argiluviação, indicando a seletividade das frações mais finas envolvidas no processo. Para solos arenosos, a argila apresenta-se revestindo

alguns grãos de areia individuais, além de manifestar-se como pontes entre os grãos (MAFRA et al., 2001).

A partir da micromorfologia é possível ainda identificar a presença de argilões laminados, dentro dos poros e nos contatos entre os grãos, como lâminas, e em camadas birrefringentes (COOPER; VIDAL-TORRADO., 2000). O revestimento dos poros pode ser completo, porém na maioria das vezes ocupam as bordas superiores dos poros. Bockenheim (2015), descreve evidências do processo de argiluviação por visualização nos aspectos morfológicos como: argilas brilhantes na face dos agregados (cerosidade), argilas ligadas a compostos orgânicos pretos no topo do Bt, silte branqueado e grãos de areia no topo de prismas no Bt, além de fendas de argila no horizonte Bt.

A ocorrência do processo é comumente utilizada como fator importante na classificação de algumas classes de solos. Bockenheim (2015) menciona o processo de argiluviação, como dominante na formação de solos líticos com subgrupos Alfisols, Argids, Arg-grandes grupos, e menos frequentemente nos Ultisols. A existência de Albolls, uma espécie de Molissol encontrados em áreas de hidromorfia, tem o processo de argiluviação como um dos processos dominantes em sua gênese. Bockenheim (2016), reunindo trabalhos sobre a classificação e distribuição de solos com horizontes álbicos nos EUA, ressalta a argiluviação como principal processo na formação desses solos.

Bockenheim e Hartemink (2015), em seus estudos sobre a gênese de horizontes sálicos, apresentam evidências de argiluviação, como processo secundário na formação dos mesmos. Phillips (2015), estudando uma cronossequência, evidenciou a ação conjunta do processo de argiluviação e podzolização, e também expressa a ligação positiva de ambos os processos favorecidos por translocação pela água. Rubinic et al. (2015) relatam o processo de argiluviação na formação de pseudo-gleis, pelo aumento vertical no teor de argila do solo em direção ao material de origem em regiões da Croácia. Já Zaidel'man (2007) verificou que características de argiluviação são frequentemente observadas nos solos sem impedimentos verticais para a movimentação da água e, conseqüentemente, processos de transferência de massa. Silva et al. (2015), estudando variabilidade de solos em posições distintas da paisagem, verificaram a ocorrência do processo de argiluviação, pela

presença de cutãs de argila em lâminas de micromorfologia e maiores valores de argila fina.

O processo de argiluviação governa, em grande parte, a diferenciação e formação de alguns solos, seja por reduzir (eluviação) ou incrementar (iluviação) os teores de argila em horizontes do perfil do solo. A compreensão do processo assume grande importância também na diferenciação de solos arenosos que apresentam lamelas (bandas de argilas). A origem pedogenética das lamelas, independente do mecanismo, é resultado do processo de argiluviação (SOIL SURVEY STAFF, 1975; BUOL, 1983; JACOMINE, 2005).

2.2 LAMELAS: DEFINIÇÃO E GÊNESE

As lamelas são definidas como faixas de constituintes granulométricos finos (argila), distribuídos horizontalmente, com espessuras milimétricas a centimétricas, que se originam principalmente nos solos e sedimentos arenosos (RAWLING, 2000; SCHAETZL, 2001). São descritas como horizonte Bt em solos arenosos (ROBISON; RICH, 1960) e geralmente apresentam-se com aspecto contorcido, ondulado e descontínuo (GRAY et al., 1976). A identificação das lamelas é facilmente realizada devido aos altos cromas que as mesmas possuem (avermelhadas). A denominação de entre lamelas é atribuída a matriz do solo (SCHAETZL, 2001).

A argila das lamelas provém de horizonte(s) sobrejacente(s), levando a nomenclatura de horizonte Bt para aqueles com acúmulo de lamelas, e zonas acima ou entre elas (zonas entrelamelar) são descritas como horizonte E. A não praticidade de descrição para cada faixa de lamelas e entre lamelas acarreta na descrição para as zonas com lamelas como Bt/E ou E/Bt, a depender da predominância de áreas com mais lamelas ou com mais entre lamelas (BOCKHEIM; HARTEMINK, 2013). No entanto, Santos et al. (2013) conceituam horizonte E como um horizonte de perdas de argila silicatadas. Holliday e Rawling (2006) discorrem que as zonas entre lamelas não correspondem à zonas de perdas de argila, mas seriam regiões de reorganização dentro do mesmo horizonte, estando ainda a fração fina no horizonte de origem, não da mesma maneira inicial. Os mesmos autores ainda discutem que as zonas entre lamelas deveriam ser referidas como horizonte C.

Embora sejam relatados dados que indicam o estudo de lamelas no início do século XX (WILCOX, 1906 *apud* RAWLING, 2000), somente a partir de 1950 os estudos foram mais direcionados a sua gênese em solos arenosos. Para se referir às lamelas são encontrados vários termos na bibliografia especializada, se destacando o termo bandas onduladas. Porém, Rawling (2000) cita outras denominações, tais como: lamelas textural, bandas de textura, acumulação de argila, lamelas de argila iluvial, bandas de argila e ferro, camadas de argilas, estruturas de infiltração e pseudofibras. O autor ainda ressalta que a falta de uniformização na terminologia, associada a uma falta de conhecimento sobre os

diferentes mecanismos envolvidos na sua origem, torna confusa a compreensão das mesmas.

Santos e Castro (2006) afirmam que a terminologia mais usual no Brasil é a de bandas onduladas. Os poucos resultados relatados na bibliografia a respeito da formação de lamelas levam a conclusões ambíguas, alguns favorecendo os ambientes de formação, outros os mecanismos de formação (SANTOS; CASTRO, 2006). Contudo, duas classificações oriundas das pesquisas iniciais das décadas de 50 e 60 são propostas para sua gênese. A primeira delas estabelecidas por Wurman et al. (1959), que classificam as lamelas em três tipos genéticos: lamelas petrogenéticas, herdadas de um substrato geológico sedimentar, geralmente paralelas aos planos de estratificação e transversal a superfície topográfica; lamelas pedogenéticas, produtos de processos pedogenéticos de iluviação, caracterizados por um paralelismo com a superfície do solo; lamelas pedopetrogenéticas, que subtenderia uma associação entre a formação petrogenéticas e pedogenéticas, também descrita como associação mista, em que a argiluviação seria controlada pelo material de origem.

A segunda nomenclatura, proposta por Dijkermann et al. (1967), classificam as lamelas quanto aos mecanismos de formação em sedimentares, ilúvio-sedimentares e iluviais, critérios de classificação basicamente estratigráficos. Segundo Santos e Castro (2006), os critérios adotados no Brasil para a classificação das lamelas seguem a classificação de Dijkermann et al. (1967), possuindo uma condição inicial de formação sedimentar. Os mesmos autores ainda defendem que o trabalho da Comissão de Solos (1960) provavelmente é a publicação pioneira no Brasil sobre o assunto, contudo, a origem das lamelas não é mencionada.

De forma geral, duas tendências principais dominam a bibliografia que trata da formação de lamelas: a sedimentação e a iluviação. Quando há o processo de iluviação ou e-iluviação, a lamela é considerada como de origem pedogenética. Quando há o processo de sedimentação a partir do material de origem, descreve-as como geogenéticas (PAISANI, 2001). A origem pedogenética para formação de lamelas é bastante relatada na bibliografia, como resultado da translocação de argilas no solo por mecanismos específicos

que variam a depender do ambiente de formação. Entre estes mecanismos específicos incluem-se: o preenchimento dos espaços intragranulares associados geralmente a fluxos hídricos (MAFRA et al., 2001; HOLLIDAY; RAWLING, 2006); e variações da frente de secagem (BOCKHEIM; HARTEMINK, 2013).

A presença de materiais que induzam a floculação torna estes mecanismos mais bem estabelecidos, por favorecerem em determinados locais do solo a imobilização de partículas finas. Entre estes materiais estão os compostos de ferro em ambientes mais intemperizados (MAFRA et al., 2001) ou ainda os íons floclantes, principalmente Ca e Mg (DJIKERMAN et al., 1967) em ambientes com menor intemperismo. A formação de argila *in situ*, por preferência intempérica de algum mineral do solo, é pouco abordada e não há menções positivas a respeito deste mecanismo formando lamelas. Segundo Wurman et al. (1959), pouca ou nenhuma depleção preferencial é encontrada.

A origem pedogenética das lamelas é reforçada por aspectos morfológicos que incluem: 1- lamelas que atravessam os planos de estratificação; 2- ausências de lamelas em altas profundidades nos perfis ou acima de zonas eluviadas; 3- incrementos no desenvolvimento de lamelas, principalmente quanto a espessura, cor e números; e 4- os limites, claros e nítidos superiores e inferiores das lamelas (SCHAETZL, 2001). O mesmo autor ainda discorre sobre os indicativos de origem geológicas, que são: 1- conformidade com os planos de estratificação de rochas ou sedimentos; 2- demasiadamente espessas para uma formação pedogenética; 3- falta de conformidade com as superfícies do solo e do terreno; 4- subjacentes a uma zona tão desprovido de argila de modo a excluir ou impedi-lo de ser uma fonte de argila; e/ou 5- ocorrem em grandes profundidades.

Rolin Neto (1991), estudando a origem de lamelas em Neossolos Quartzarênicos com fragipan, no Agreste de Pernambuco, observou que uma das características mais marcantes do perfil é a ocorrência de lamelas argilosas pouco espessas, aproximadamente paralelas à superfície do solo, mas com ligeiras ondulações, cores mais escuras e consistência mais dura que a matriz dos horizontes onde estão inseridas.

Com o propósito de compreender a origem das lamelas neste perfil, o autor citado anteriormente faz uso de análises físicas, químicas, micromorfológicas e mineralógicas, concluindo que a formação das lamelas é resultado da elevação do lençol freático. Neste processo, a argila, previamente depositada por meio do processo de argiluviação, sofreria dispersão em horizontes superiores e seria translocada, formando as lamelas por meio de argiluviação. Entretanto, foi identificado por alguns autores, que a formação de lamelas não é resultado exclusivamente de processos no perfil, como a iluviação, mas a maneira como o perfil está distribuído na paisagem, interfere na formação das mesmas (CASTRO; CURMI, 1987), estabelecendo novos mecanismos na formação de lamelas. Assim, uma nova classificação quanto a origem das lamelas é atribuída, descrita comumente como origem e-iluvial (PAISANI, 2004), resultado da eluviação de argilas que anteriormente compunham um horizonte B textural.

No Platô de Bauru, no estado de São Paulo, as colinas médias apresentam uma distribuição convexo-côncavo-convexo, ao longo do qual se desenvolvem sistemas pedológicos constituídos de Latossolo Vermelho-Amarelo nos topos convexos, Argissolo Vermelho-Amarelo nas vertentes, progressivamente hidromorfizado para jusante, onde passa ao Gleissolo na base das vertentes. Nos segmentos médios de suas vertentes, onde se desenvolve o Argissolo Vermelho Amarelo, o horizonte E arenoso apresenta numerosas lamelas, na forma de pedúnculos em semi-arco conectados ao horizonte B subjacente, argiluvial e hidromorfizado (Btg), ou ainda de faixas estreitas desconectadas. Ambas concentram constituintes finos (areia fina, argila e oxidohidróxido de ferro). Os resultados revelam que as lamelas estudadas são de origem pedogenética relacionada a processo de hidromorfia suspensa e e-iluviação, as quais teriam facilitado também a instalação de fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais verticais e laterais concentrados nesse segmento, favorecendo sua instabilidade e dissecação posterior por erosão hídrica (SANTOS;SIMÕES, 2006).

Furquim et al. (2013), ao estudarem os processos de formação de lamelas em solos tropicais no Sudeste do Brasil, estabelecem a gênese de lamelas ao longo de uma topossequência, situando que as lamelas seriam formadas, tanto

por argiluviação, como também seriam resultantes da degradação do horizonte Bt.

Oliveira (2009), partindo de uma análise bidimensional da cobertura pedológica em campo e de evidências macro e micromorfológicas, conclui que a formação das bandas onduladas no interior dos Neossolos Quartzarênicos é facilitada pela ação da gravidade e peneiramento proporcionado pela porosidade de empilhamento. Por meio do fluxo de água, que carrega partículas em suspensão, forma-se uma banda incipiente que acaba sendo uma barreira para o movimento da água descendente, dado o entupimento dos poros de baixo para cima.

Rawling (2000) afirma que as lamelas são um exemplo de “equifinalidade pedogênica”, o que significa que podem ter se formado por diferentes formas. Estabelecer quais são os mecanismos de formações são cruciais para entender as características ou propriedades que detém os solos com lamelas.

2.3 CARACTÉRISTICAS DAS LAMELAS NOS SOLOS

A granulometria das lamelas é a principal característica física que comumente se sobressai aos demais atributos, e a diferença no teor de argila em relação à matriz do solo é incluída como parte de sua definição. GRAY et al. (1976), a partir de análises granulométricas em um perfil com lamelas, observaram maiores teores dessa fração nas lamelas, não só em relação a entre lamelas, como também aos demais horizontes do perfil.

O maior conteúdo de argila nas lamelas em relação entre lamelas não é capaz de alterar fortemente a textura desses solos em relação aos demais horizontes dos perfis (HOLLIDAY; RAWLLING, 2006). MacFadden et al. (1994) encontraram teores de argila+silte superiores nas lamelas em relação a entre lamelas e mencionam o efeito positivo sobre a produção de biomassa vegetal em áreas de florestas de Carvalho.

Almeida et al. (2015) discorrem que os aumentos nos valores de argila estão associados a natureza de formação das lamelas. Os dados anteriores são reforçados, por Bockheim e Hartemink (2013), que apresentam diferentes dados de solos com lamelas nos Estados Unidos, e descrevem os maiores teores de argila nas lamelas em relação a sua matriz.

As maiores quantidades de argilas nas lamelas proporcionam uma maior retenção de água, dado a maior quantidade de diâmetros efetivamente capilares na região de lamelas (BOUABID et al., 1992). Tomer e Anderson (1995) asseveram que incrementos de 3% no teor de argilas nas lamelas é suficiente para alterar a hidrologia desses solos. Hannah e Zahner (1970) observam que o incremento na produção de madeira de *Pinus banksiana* Lamb. se deu devido a presença de lamelas na profundidade efetiva, ocasionando maior incremento de água proporcionado pelas mesmas.

As expressões das lamelas, favorecidas por maiores conteúdos de argila em matriz arenosa são resultantes principalmente da distribuição de areia fina em relação as frações superiores (areia muito grossa e grossa) (SCHAETZL et al., 2001). Berg (1984) propõe que o movimento de argila é favorecido pela sua rápida e fácil translocação em materiais arenosos grossos, resultando em

um incremento no teor de argila dentro de certas profundidades ao longo do tempo.

Almeida et al. (2015), estudando a gênese de lamelas em Neossolos Regolíticos, concluem, a partir da caracterização micromorfológica, que a retenção e o armazenamento de água estão relacionados com a presença de empacotamento denso dos materiais grossos e finos (empacotamento aglomerático) e expressividade das pontes de argila ligando os grãos de areia e, ou, silte.

As características citadas anteriormente quanto aos aspectos micromorfológicos das lamelas são características próprias das mesmas. Rolim Neto e Santos (1994) descrevem, em horizontes com presença de lamelas, argila preenchendo os vazios de empacotamento simples, de forma total ou parcial, formando pontes de conexão entre os grãos de material grossos. O material fino, que reveste e preenche os poros, apresenta-se límpido, amarelado-claro, com forte anisotropia ótica, principal indicativo do caráter iluvial (ROLIM NETO; SANTOS, 1994).

A falta de revestimento em grãos de horizontes com ocorrência de lamelas é interpretada por Gray (1976) como o principal fator excludente do processo de argiluviação na formação de lamelas, mesmo que apresentem revestimentos de grãos ligados por pontes, resultado da maior quantidade de argila.

Oliveira (2009) indica duas distribuições distintas na organização de materiais grossos e finos (uma externa e outra interna às lamelas), e conclui que o aumento de plasma em relação aos volumes entre lamelas do mesmo horizonte permite que a distribuição relativa gsfúrica entre lamelas passe a porfírica nas lamelas. O inverso é observado na porosidade das duas regiões, predominando a porosidade de empilhamento entre lamelas, e macroporosidade cavitária irregular e de canais nas lamelas, que permanecem como sedes da acumulação de argila por iluviação (cutãs de iluviação). O mesmo autor ainda identificou que fenômenos de degradação (desmantelamento, descoloração, estruturação plásmica) ocorrem predominantemente no topo e na base das bandas onduladas, revelando uma dinâmica de formação e destruição dessas feições.

Mafrá et al. (2001), estudando uma topossequência derivada de arenitos na microbacia de Cerveiro em Piracicaba (SP), revelam a presença de plasma argiloso preenchendo os espaços intergranulares, disposto na forma de estruturas laminares, mostrando a deposição de argilas em suspensão, possivelmente em decorrência do fluxo hídrico vertical ou lateral. A micromorfologia, em diversos trabalhos, foi indispensável para o melhor entendimento da gênese de lamelas a partir do processo de e-iluviação (associado a degradação de horizontes Bt), como observado por Castro e Curmi (1987) em Marília (SP), e por Salomão (1994) e Santos (1995), em Bauru (SP).

Bockheim e Hartemink (2013), após compilação de vários trabalhos com lamelas nos EUA, afirmam que as lamelas ocorrem em torno de 40 a 50 cm de profundidade, com espessura menor que 2 mm e ligeiramente composta por material mais fino do que entre lamelas. A ocorrência de lamelas mais profundas (abaixo de 185 cm) também foi descrita com vários centímetros de espessura e de textura bem mais fina do que entre lamelas (Bockheim e Hartemink, 2013). Schaetzl (1992) menciona que a formação de lamelas rasas e descontínuas estão associados com a boa seletividade das frações finas em zonas superficiais. Valores de areias mais finas favorecem a menor infiltração e porosidade (GILE, 1979), conseqüentemente não há um arraste e transporte de materiais finos, acarretando em menor profundidade e descontinuidade das lamelas.

Quanto as suas propriedades químicas, pouca importância tem sido dada. As lamelas espessas em solos arenosos conferem barreiras químicas por possuírem maior quantidade de sítios ativos, tornando possível a adsorção de cátions nos solos. Gray et al. (1976), estudando um perfil com lamelas em solos de Oklahoma, observaram que as mesmas apresentam altos teores de matéria orgânica, baixos valores na capacidade de troca de cátions, valores significativamente maiores quando comparados à zona entre lamelas. De forma geral, o complexo de troca de argilas das lamelas é ocupado, muitas vezes, por cátions floculantes, principalmente Ca^{2+} e Mg^{2+} , que podem estar associados à sua gênese ou estabilização (DIJKERMAN, et al., 1987), dada ação floculante desses cátions.

A partir da difração de raio-x, Gray (1976) identificou na fração argila os minerais montmorilonita, vermiculita, illita e caulinita. De forma geral, a difratometria de raio-x tem sido amplamente utilizada em estudos que buscam explicar a origem das lamelas e sua relação com o material de origem de perfis e sistemas pedológicos (GRAY et al., 1976; OLIVEIRA, 2009). Schaetzl (1992) identificou que a argila das lamelas é composta por caulinita-clorita e illita, assim como os perfis acima e abaixo na vertente, o que justificaria um material autóctone e uma formação relacionada a processos pedogenéticos.

O entendimento da distribuição de solos com lamelas em diferentes compartimentos da paisagem é importante porque essa informação pode fornecer evidências de processos pedogenéticos relacionados a dinâmica hídrica de vertentes (TOMER; ANDERSON, 1995). Crellin (1992) sugere que o espessamento da lamela (diferentes expressões) é consequência dos fluxos laterais de água provenientes de posições acima da paisagem.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

Os solos foram descritos e coletados no Sítio Várzea do Barro, pertencente ao município de São João, com coordenadas de 08° 51' 11" S / 36° 22' 49,1" W, na mesorregião Agreste e na microrregião Garanhuns do Estado de Pernambuco (Figura 1), distante 236 km da cidade do Recife (BRASIL, 2005) a uma altitude aproximadamente de 716 metros.



Figura 1. Localização do município de São João, inserido no estado de Pernambuco, Brasil.

O município de São João–PE está inserido na unidade geoambiental das superfícies retrabalhadas com relevo dissecado e vales profundos. Sua vegetação nativa é composta por Floresta Hipoxerófila, com partes de Subperenifólia (CPRM, 2005). De acordo com BORGES JÚNIOR et al. (2012), o clima é tropical chuvoso, com verão seco; a estação chuvosa se inicia no outono e engloba o inverno e o início da primavera. De acordo com dados da Secretaria de Agricultura e Reforma Agrária de Pernambuco (SARA, 2014) a precipitação pluvial anual total é de 826 mm, sendo o trimestre mais chuvoso constituído dos meses de maio, junho e julho.

3.2 SELEÇÃO DE PERFIS, DESCRIÇÃO E AMOSTRAGEM

Para o estudo foi adaptada a Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, metodologia descrita por BOULET (1993), com o intuito de explicar os sistemas

pedológicos ao longo da vertente.

A vertente de aproximadamente 900 m, passou por levantamento topográfico como proposto por MARQUES et al. (2000). Após o levantamento topográfico, uma série de tradagens foram realizadas, espaçadas cada uma a 50 m, totalizando 19 tradagens fixas ao longo da vertente. Não houve necessidades de tradagens intermediárias como recomenda a metodologia, pois similaridades foram sempre vistas entre as tradagens fixas.

As tradagens foram realizadas nas profundidades de 0-20 cm; 20-50 cm; 50-80 cm; 80-120 cm e 120- 150 cm e suas coordenadas geográficas anotadas. Em cada uma destas profundidades foram determinadas a cor, granulometria, argila dispersa em água (ADA), e posteriormente calculado a estatística da distribuição granulométrica (Diâmetro Médio - DM, Grau de Seleção - GS; Grau de Assimetria e Curtose – Ct) segundo parâmetros de Folk e Ward (1957).

As tradagens permitiram a escolha de locais para abertura dos 4 (quatro) perfis, estes distribuídos ao longo da vertente, alocados pela diferença entre os atributos morfológicos e quanto ao padrão ou ausência de lamelas. Mine-trincheiras de observação foram abertas, com a finalidade da confirmação das descrições dos perfis ao longo da vertente.

O perfil 1 (P1), localiza-se em altitude média de 738 metros ($8^{\circ} 51' 12,6''$ S/ $36^{\circ} 22' 50,3''$ W (GPS)) sendo o mais alto da paisagem, em posição suave inclinada; o perfil 2 (P2) situa-se em altitude média de 729 metros ($8^{\circ} 51' 4,2''$ S/ $36^{\circ} 22' 56,5''$ W (GPS)), em posição de relevo plano; o perfil 3 (P3) encontra-se em uma altitude média de 728 metros ($S 8^{\circ} 50' 59,7''$ W $36^{\circ} 23' 1,4''$ (GPS)), sendo o perfil localizado na inflexão da vertente, saindo de uma região de relevo mais planar e entrando em uma região de relevo inclinado; o perfil 4 (P4), localiza-se a uma altitude de 720 metros ($8^{\circ} 50' 54,3''$ S/ $36^{\circ} 23' 05,8''$ W(GPS)), é o de posição mais baixa dentro da vertente. Todas as áreas são cultivadas com mandioca e feijão.

Nos perfis foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de todos os horizontes e camadas. As amostras deformadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras com malha de 2 mm para obtenção da fração terra fina seca ao ar (TFSA), que foi utilizada para realização das análises físicas, químicas e mineralógicas. As frações cascalho (2 a 20 mm) e calhaus (>20 mm) foram tratadas com NaOH a $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ em recipientes plásticos por

24 horas, sendo lavadas em seguida com água corrente, secas em estufa, fracionadas e pesadas para determinação percentual de sua massa em relação a massa total do solo.

Os perfis (trincheiras) foram descritos e coletados em conformidade com SANTOS et al. (2013). Para os horizontes com presença de lamelas, foram feitas coletas das lamelas pontualmente, separando das regiões entre lamelas. As lamelas foram separadas em três conjuntos: conjunto 01- mais próximos a superfície; conjunto 2- lamelas de centro do horizonte e conjunto 3- últimas lamelas. Os conjuntos foram separados baseando-se no total de lamelas de cada perfil. Para cada amostra coletada foram realizadas análises físicas, sedimentológicas, químicas e mineralógicas, com três repetições cada.

Os horizontes com lamelas, como aqueles situados abaixo e acima dos horizontes com lamelas no P1, o horizonte C₁ do P2, os horizontes Ap e C₁ do P3, e o horizonte Bt do Perfil 04, tiveram amostras indeformadas coletadas em caixas de Kubiena, para realização das análises micromorfológicas.

3.3 ANÁLISES FÍSICAS E FÍSICO-HÍDRICAS

As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Solos- Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG/UFRPE). A granulometria para TFSA foi realizada pelo método do densímetro (ALMEIDA, 2008) para todas as amostras coletadas (tradagens e perfis e lamelas). A fração areia foi subdividida, segundo SKOOPE (2000), em: muito grossa (2-1 mm), grossa (1-0,5 mm), média (0,5-0,25 mm), fina (0,25 – 0,10 mm) e muito fina (0,10 -0,05 mm). Esta subdivisão foi realizada por peneiramento à seco, sendo utilizados um conjunto de cinco (5) peneiras de malhas variando de 1,00 mm à 0,05 mm, conforme cada classe, sobre vibração constante. A fração areia dos perfis e lamelas, também passaram por subdivisão em 12 peneiras, com malhas distribuídas em (>3,350 mm), (3,350-1,700 mm), (1,700-0,850 mm), (0,850-0,600 mm), (0,600-0,425 mm), (0,425-0,300 mm), (0,300-0,212 mm), (0,212-0,150 mm), (0,150-0,106 mm), (0,106-0,075 mm), (0,075-0,053 mm), sem classificação nominal definida.

A partir da granulometria da TFSA, calculou-se os dados da relação silte/argila. A argila dispersa em água também foi realizada em todas as

amostras (perfis e tradagens) e da mesma forma que a determinação da granulometria, porém sem fazer uso do dispersante (EMBRAPA, 1997). De posse destes resultados foram calculados os graus de floculação e dispersão (EMBRAPA,1997).

A argila total foi separada por centrifugação em argila fina e grossa em amostras oriundas dos horizontes com lamelas e de horizontes sub e suprajacentes, conforme método proposto por JACKSON (1975).

A densidade do solo (D_s) foi determinada pelo método do anel volumétrico (GROSSMAN & REINSCH, 2002) e a densidade de partículas (D_p) pelo método do balão volumétrico (FLINT & FLINT, 2002). Após a obtenção dos resultados foram calculadas a porosidade total do solo conforme Embrapa (1997).

Amostras indeformadas dos horizontes com lamelas e os sobre e subjacentes, assim como horizontes selecionados de perfis que não apresentassem lamelas, foram coletadas com o objetivo de determinar a curva de retenção da água no solo. As amostras foram saturadas e em seguida submetidas às tensões de 0,05; 0,1; 0,2; 0,26; 0,66 e 1 bar em Extrator à base de mercúrio (REINERT & REICHERT, 2006) e para as tensões de 3, 5, 10 e 15 bar em câmara de Richards (KLUTE, 1986). Primeiramente coletaram-se amostras não deformadas de cada horizonte com o auxílio de um amostrador de solo do tipo Uhland, onde cada amostra ficou retida num tubo cilíndrico de PVC com 5 cm de diâmetro e 5 cm de altura (volume de 98,125 cm³). Logo após, essas amostras foram saturadas e levadas para obtenção das baixas pressões (Panela de mercúrio), e o contínuo da curva deu-se no extrator de Richards. Em cada perfil utilizou-se 3 repetições de cada horizonte, onde após cada tensão utilizada, as amostras foram pesadas e posteriormente recolocadas no extrator e ajustada as tensões seguintes. Depois de submetidas à tensão de 15 bar, as amostras foram colocadas em estufa por 24 horas a 105°C, sendo posteriormente retiradas e pesadas para obtenção do peso seco de cada amostra. Por se tratar de solos arenosos, a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP) foi obtido com a umidade das amostras submetida à tensões de 0,1 bar.

Com esses dados foi possível calcular a microporosidade de cada horizonte, e por diferença da porosidade total, previamente calculada pela densidade do solo e densidade da partícula, determinou-se a macroporosidade de cada camada.

As curvas de retenção $\theta(h)$ foram ajustadas pelo modelo de van Genuthen (1980):

$$\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \left[1 + \left(\frac{h}{h_g} \right)^n \right]^{-m} \text{ sendo } m = 1 - \frac{2}{n} \text{ (BURDINE, 1953) (Equação 1)}$$

sendo θ a umidade volumétrica [$\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$]; θ_s e θ_r as umidades volumétricas saturada e residual [$\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$], respectivamente; h o potencial matricial [cm]; h_g [cm] um valor de escala de h ; m e n são parâmetros de forma. Utilizou-se a rotina Solver do Excel para se obter os parâmetros da equação 1.

Os valores dos parâmetros da equação de Van Genuchten (1980) estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores dos parâmetros das curvas de retenção da água no solo, para os perfis estudados

Perfil	Horizonte	Parâmetros				
		h_g	N	M	thetaS	a (cm^{-1})
P1	Ap	0,03	2,47	0,19	0,35	0,41
	C1	0,02	2,33	0,14	0,33	0,43
	C2	0,01	2,20	0,09	0,19	0,45
P2	Ap	0,01	2,47	0,19	0,35	0,41
	C1	0,02	2,42	0,17	0,35	0,41
	C2	0,01	2,64	0,24	0,35	0,38
P3	Ap	0,01	2,59	0,23	0,35	0,39
	C1_L	0,02	2,19	0,09	0,31	0,46
	C1_EL	0,00	2,40	0,17	0,35	0,42
P4	Ap	0,01	2,35	0,15	0,24	0,43
	AB	0,00	2,34	0,15	0,29	0,43
	BA	0,04	2,33	0,14	0,35	0,43

C1_L- Anel retirado na lamela; C1_EL - Anel retirado na entre lamelas.

O cálculo da lâmina de água disponível (AD) às plantas foi realizado através dos dados de umidade obtidos nas curvas de retenção equivalente a

capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) avaliados em amostras indeformadas em laboratório.

A fórmula utilizada no cálculo da AD (%) de cada horizonte foi a seguinte:

$$AD (\%) = (CC - PMP) \quad (\text{Equação 2})$$

A partir da curva de retenção, foi obtida a curva de distribuição do tamanho do poro realizada segundo PARAHYBA (2013), utilizando a equação simplificada ($D (\mu\text{m}) = \frac{30}{\psi}$), obtida a partir da expressão matemática adaptada de BOUMA (1991).

A densidade de fluxo (q) foi obtida a partir de ensaios de infiltração realizados em campo com o auxílio de um infiltrômetro de anel simples de 15 cm de diâmetro. Foram realizados ensaios nos horizontes com lamelas e nos horizontes sob e subjacentes para todos os perfis. Para o perfil 4 realizou-se apenas nos horizontes superficiais A e AB. Para cada ensaio foram feitos 3 repetições em cada horizonte dos respectivos perfis. Os ensaios consistiram em se anotar o tempo em que volumes constantes de água (100 ml) adicionados continuamente no anel, levavam para serem infiltrados, encerrando-se quando o fluxo atingisse o regime permanente. Durante a realização de cada teste, foram coletadas amostras deformadas para determinação das umidades inicial (θ_0) e final (θ_s) e da densidade do solo (D_s). Com o uso dos dados relativos aos ensaios de infiltração e conseqüentemente da densidade de fluxo, foram obtidos os valores da condutividade hidráulica saturada (K_{sat}).

Uma mine torre meteorológica automatizada foi instalada sobre o perfil 3. A precipitação pluvial foi monitorada por meio de um pluviógrafo automatizado (modelo TE 525WS-L, Texas Electronics, USA), instalado no centro da área. A precisão do pluviógrafo é de 1% e as leituras foram feitas a cada minuto, com o valor total de cada 30 minutos armazenados num sistema de aquisição de dados (modelo CR1000, Campbell Scientific Inc., USA). Para as determinações da umidade volumétrica do solo (θ , $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), foram instalados sensores automatizados tipo TDR (modelo CS 616 da Campbell Scientific Inc., USA) nas profundidades de 0,20 m; 0,40 m; 0,60 m; 0,8 m e 1,0 m. As leituras foram realizadas a cada minuto com o valor de cada 30 min armazenados num sistema

de aquisição de dados (modelo CR1000, Campbell Scientific Inc., USA). Sensores de temperatura e sensores de potencial matricial foram instalados próximos.

3.4 ANÁLISES SEDIMENTOLÓGICAS – ESTATÍSTICA DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS GRÃOS DE AREIA

Os resultados do fracionamento granulométrico das tradagens, dos perfis e lamelas, foram inseridos no Software Sysgran – Análises e Gráficos Sedimentológicos, que se utilizam de parâmetros inicialmente estabelecidos por FOLK & WARD (1957) e analisa estatisticamente a distribuição granulométrica das areias. A partir dessa análise foram obtidos os valores de diâmetro médio, grau de seleção do grão, assimetria e curtose. A finalidade da aplicação desses dados sedimentológicos foi prever a preferência de determinadas frações areia em relação as demais, favorecendo a estratificações indicativos a áreas de sedimentos.

3.5 ANÁLISES QUÍMICAS

As análises químicas foram realizadas CENLAG (Central de Laboratórios de Garanhuns) da Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG/UFRPE). Nas amostras coletadas dos perfis (TFSA) foi realizada a determinação do pH na proporção solo:solução de 1:2,5, em água e KCl 1 mol L⁻¹; cátions trocáveis Na⁺ e K⁺ extraídos por Mehlich 1 e determinados por fotômetro de chama e os teores de Ca²⁺ e Mg²⁺, que foram extraídos por KCl 1 mol L⁻¹ e determinados por absorção atômica. Teores trocáveis de Al³⁺ foram extraídos com solução de KCl 1,0 mol L⁻¹ e titulado com NaOH 0,025 mol L⁻¹. A acidez potencial (H + Al) foi determinada em extrato de Ca(OAc)₂ 1,0 mol L⁻¹ a pH 7,0 e titulado com NaOH 0,06 mol L⁻¹. O fósforo disponível foi determinado por colorimetria, usando ácido ascórbico como redutor, após a extração com solução de HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹ (Mehlich-1).

A partir dos dados analíticos foi calculada a capacidade de troca de cátions a pH 7,0 ($CTC_{pH7,0}$), as saturações por bases (V%), alumínio (m%) e sódio (PST), todos segundo EMBRAPA (1997).

A matéria orgânica do solo pelo método de Walkley-Black (NELSON & SOMMERS, 1996). Para a extração das frações húmicas: ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e huminas (HU) foi utilizado o método difundido pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas - IHSS (SWIFT, 1996). As frações correspondentes aos ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e huminas (HU) foram obtidas com base na solubilidade diferencial em soluções alcalinas e ácidas, segundo (BENITES, et al., 2003).

3.6 ANÁLISES MINERALÓGICAS

As análises mineralógicas foram realizadas no laboratório de cristalóquímica e Micromorfologia do solo no CENLAG (Central de Laboratórios de Garanhuns) da Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG/UFRPE). A TFSA das lamelas e dos horizontes sub e suprajacentes foi analisada com a finalidade de obter-se a composição mineralógica da fração areia, silte e argila ao longo da vertente. As análises foram realizadas por difratometria de raio X (DRX), em difratômetro XRD 6000 da Shimadzo, operando com radiação de $Cu K\alpha$ a 40 kV e 30 mA, com monocromador de grafite.

As amostras de areia foram analisadas apenas na forma de pó não orientado, depois de macerada em almofariz de ágata e passadas em peneira de 48 mesh, sendo o conjunto montado em suporte de metal. A fração silte e argila foi analisada como argila natural (pó não orientado), com velocidade de 1° min 2θ , registrando amplitude de 3 a 70° (2θ). A argila como agregados orientados sobre lâminas de vidro por esfregação, após serem submetidas aos pré-tratamentos de eliminação de óxidos de ferro e saturação com Mg-glicol, de acordo com os métodos preconizados por JACKSON (1975), com velocidade de $0,7^\circ$ min 2θ , registrando amplitude de 3 a 35° (2θ).

Os critérios empregados para interpretação dos difratogramas e identificação dos minerais constituintes da fração areia, silte e argila foram

baseados no espaçamento interplanar (d) e no comportamento dos picos de difração frente aos tratamentos de saturação, conforme apresentado por JACKSON (1975), BROWN & BRINDLEY (1980) e MOORE & REYNOLDS (1989).

Foram analisadas ainda as formas de Fe de alta e baixa cristalinidade na fração argila das lamelas e argila dos horizontes sub e suprajacentes pelos métodos deditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB) (MEHRA & JACKSON, 1960); e oxalato ácido de amônio $0,2 \text{ mol L}^{-1}$, pH 3,0, no escuro (MCKEAGUE & DAY, 1966), respectivamente.

3.7 ANÁLISE MICROMORFOLÓGICOS

Para os estudos micromorfológicos foram executadas as seguintes etapas: amostragem de solo com estrutura indeformada (micromonólitos orientados), seguido de impregnação, laminação, polimento e interpretação no microscópio. Amostras indeformadas de horizontes selecionados de cada perfil (Ap, C₁ e C₂ do P1; C₁ do P2; Ap, C₁ do P3; Bt do P4), foram coletados nas profundidades (centro da caixa de Kubiena), de 10 cm e 25 cm respectivamente aos horizontes Ap e C₁ dos perfis 1, 2 e Ap do P3. O C₁ do P3 à 50 cm e o Bt à 120 cm. Parte das amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Micropedologia da USP/ESALQ em Piracicaba, e outra parte foi confeccionada no Laboratório de Impregnação e Laminação da UAG-UFRPE, em ambos os locais foram preparadas as lâminas delgadas com a impregnação com resina de poliéster não saturada, diluída com monômero de estireno e misturada com pigmento fluorescente utilizando Butanox como catalisador, conforme recomendado por Murphy (1986).

A coleta foi realizada seguindo as recomendações de MURPHY (1986).

As principais microestruturas pedológicas foram observadas, com descrições baseadas nas definições e nos critérios de identificação propostos por BULLOCK et al. (1985). Realizadas no laboratório de cristalóquímica e Micromorfologia do solo no CENLAG (Central de Laboratórios de Garanhuns) da Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG/UFRPE).

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ORGANIZAÇÃO BIDIMENSIONAL DA LITOTOPOSSEQUÊNCIA E ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS

Os atributos morfológicos dos solos descritos durante as tradagens (cor, textura, consistência e espessura) permitiram segmentar o sistema pedológico da litotopossequência (vertente) em 4 (quatro) partes (Figura 2). Para cada segmento foram alocados um perfil e seus atributos podem ser observados resumidamente na Tabela 2. A classificação dos solos foi realizada tomando-se como base as características encontradas em campo, descritas conforme a proposta de Santos et al. (2013), onde para os perfis 1, 2 e 3 classificou-se como Neossolos Regolíticos, e o perfil 4 classificado como Argissolo Acinzentado.

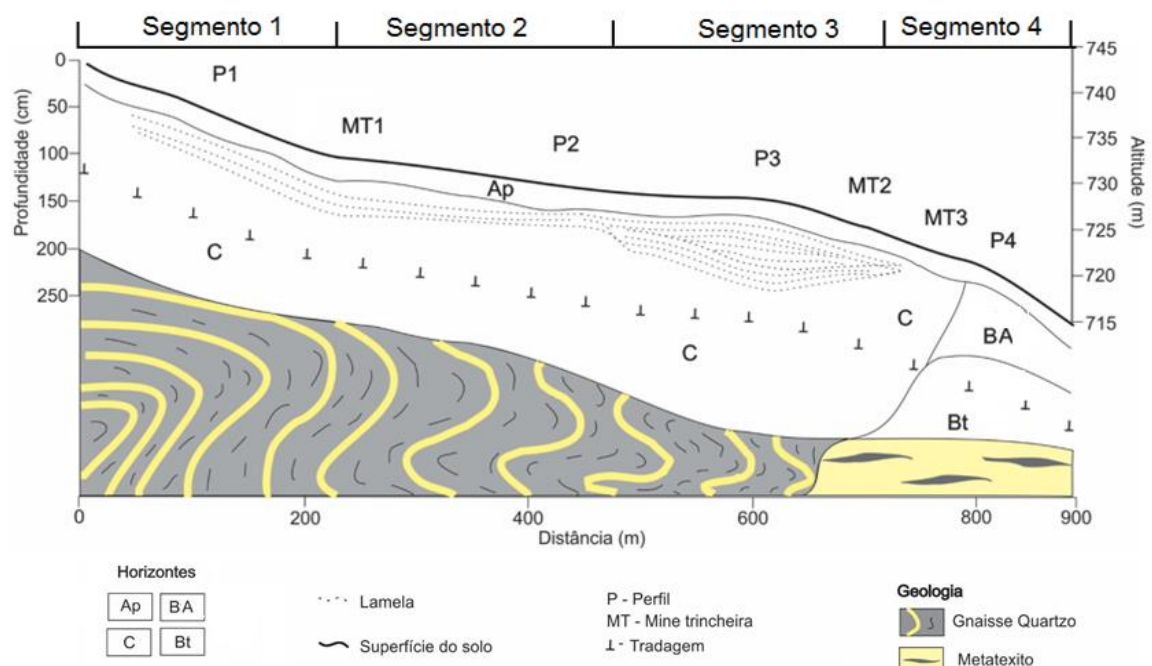


Figura 2. Representação bidimensional da cobertura pedológica e perfil topográfico com a localização dos perfis de solos e tradagens feitas na litotopossequência.

O segmento 1 abrange a sequência das tradagens de 1 a 5 (TR-1 a TR-5) com um comprimento de aproximadamente 200 m, caracterizado por solo de textura areia franca e cores bruno acinzentados (10YR 4/2 ou 4/3). A partir de TR-6 foi possível verificar uma redução no valor da cor, saindo de 4 para 3, como

também um ligeiro acréscimo no teor de argila (Tabela 6) na camada de 20 a 50 cm, todavia insuficiente para mudar a classe textural. Essas características permitiram alocar o perfil 1 (P1) como representativo do primeiro segmento.

O P1 apresenta sequência de horizonte Ap-C₁-C₂-C₃-C₄-C₅ com profundidade de 1,80 m, podendo chegar até 2,20 m em alguns pontos do segmento 1 (observação por tradagem). Após o C₅ foi identificado horizonte com forte resistência a penetração ao trado e maiores teores de minerais de fácil intemperização, enquadrado como saprolito (Cr). O horizonte Ap apresenta seus componentes predominantemente como grãos simples, com pequenas porções organizadas na forma de pequenos a médio blocos subangulares, com baixo grau de desenvolvimento. A textura é areia franca, que se repete nos horizontes subsequentes (exceto o Cr). A estrutura dos demais horizontes se mostra com maior agregação, na forma de blocos subangulares, pequenos a médios, mas ainda com baixo grau de pedalidade e presença em menor expressão de grãos simples.

Nos horizontes C₁ e C₂ foram identificadas pequenas zonas horizontalizadas de concentração de argilas denominadas de lamelas, com espessuras variando de 1 a 4 mm e maior nitidez no conjunto central, entre 25 e 35 cm de profundidade.

De modo geral, as lamelas são paralelas a superfície e apresentam-se com ligeiras ondulações. São descontínuas (observada a olho desarmado a pequena distância), com pequenas secções (menores que 5 mm) que podem favorecer o fluxo hídrico no perfil. O contraste para a zona entre lamelar é difuso, sendo mais nítido no horizonte C₁, com lamelas de cor 10YR 3/3 e matriz adjacente de cor 10YR 5/2. A espessura da zona entre lamelas varia de 40 a 60 mm. Apesar da presença de lamelas no C₁ e C₂, os mesmos não diferem dos demais horizontes quanto a textura, estrutura e consistência (Tabela 2).

A fim de constatar a distinção entre os pontos TR-5 e TR-6 foi aberto uma mine trincheira (MT-1), com cerca de 70 cm de profundidade, esta assinalando uma variação em relação ao P1, principalmente na cor (menor valor) e no padrão de distribuição das lamelas, indicando o início do segmento 2, distribuído em mais 200 m (TR-6 a TR-10), e permitindo alocação de um segundo perfil representativo (P2).

Tabela 2. Atributos morfológicos dos perfis estudados em uma topossequência no município de São João-PE

Hor.	Prof. Cm	Cor úmido-seco	Estrutura	Consistência			Transição	Textura
				Seca	Úmida	Molhada		
Perfil 01 - Neossolo Regolítico								
A	0-18	10YR 5/2- 7/2	Gs 1 P M Bls	LD	MFr	ñPI ñPe	cp	Areia
C ₁	18-47	10YR 4/2	1 M Bls Gs	LD	MFr	ñPI ñPe	cp	Areia Franca
C ₂	47-82	10YR 4/2	1 M Bls Gs	LD	MFr	Lg PI ñPe	gp	Areia Franca
C ₃	82-110	10YR 4/3	1 M Bls Gs	LD	MFr	Lg PI ñPe	dp	Areia Franca
C ₄	110-140	10YR 4/3	1 M Bls Gs	LD	MFr	Lg PI ñPe	gp	Areia Franca
C ₅	1,40-1,80	10YR 5/2	1 M Bls Gs	LD	MFr	ñPI ñPe	-	Areia Franca
Cr	1,80 -2,20	10 YR 5/2	-	-	-	-	-	Franco Arenosa
Perfil 02- Neossolo Regolítico								
Ap	0-20	10YR 4/2-10Y6/2	Gs 1 M Bls	LD	MFr	ñPI ñPe	cp	Areia Franca
C ₁	20-42	10YR 3/3	1 M Bls	LD	MFr	ñPI à LgPI Lg Pe	gp	Areia Franca
C ₂	42-105	10YR 3/3	1 M Bls	LD	Mfr	Lg PI Lg Pe	dp	Areia Franca
C ₃	105-150	10YR 3/3	1 M Bls	LD	Mfr	Lg PI Lg Pe	gp	Areia Franca
C ₄	150-166	10YR 4/2	1 M Bls	LD	Mfr	ñ PI ñ Pe	gp	Areia Franca
C ₅	166-195	10YR 7/2 a 5/2	1 M Bls Gs	LD	Fr	ñ PI ñ Pe	-	Areia Franca

Hor.	Prof. Cm	Cor úmido-seco	Estrutura	Consistência			Transição	Textura
				Seca	Úmida	Molhada		
Perfil 03- Neossolo Regolítico								
Ap	0-20	10YR 5/2 - 6/2	Gs 1 M Bsl	LD	Mfr	ñ Pe	cp	Areia
C1	20-100	10 YR 5/2	1 M Bsl Gs	LD	Mfr	Lg PI Ñ Pe	cp	Areia Franca
C2	100-115	10YR 6/3	1 M Bsl Gs	-	Fr	ñ PI ñ Pe	gp	Areia Franca
C3	115-140	10 YR 6/2	1 M Bsl Gs	-	-	ñPI ñ Pe	gp	Areia Franca
Cr	140-190	10YR 5/2	-	-	-	-	-	Franco Arenosa
Perfil 04 - Argissolo Acinzentado								
Ap	0-18	10YR 6/2- 4/2	Gs 1 M Bls	LD	MFr	ñ PI ñ Pe	cp	Areia
BA1	18-74	10YR 4/2	Ma	D	MFr	Lg PI Lg Pe-Pe	cp	Areia Franca
BA2	74-115	10YR 4/2	Ma	D/MD	MFr	PI Pe	cp	Franco Arenosa
Bt	115-145 +	10YR 3/2	Ma	ExD	ExF	PI Pe		Franco Argilo arenosa

Estrutura: 1 - fraca; 2 - moderada; 3 - forte; MP: muito pequena; P: pequena; M: média; G: grande; Gr: granular; Bla: blocos angulares; Bls: Blocos subangulares; Gs: grão simples; Ma: maciça. Consistência: So: solto; Ma: macio; LD: ligeiramente dura; D: dura; MD: muito dura; ED: extremamente dura; MFr: muito friável; Fr: frável; Fi: Firme; MFi: muito firme; ñ: não; Lg: ligeiramente; Mt: muito; PI: plástico; Pe: pegajoso. Transição: p: plana; o: ondulada; a: abrupta; g: gradual; d: difusa; c: clara. Cor: vr: variegado; ms: mosqueado; p: pouco; c: comum; a: abundante; di: distinto; df: difuso; pq: pequeno; md: médio; gr: grande.

O P2 apresenta sequência de horizontes semelhante ao P1 (Ap-C₁-C₂-C₃-C₄-C₅), com profundidade de 1,95 m, podendo chegar a 2,50 m (observado por tradagem na base da trincheira). Não foram identificadas diferenças expressivas de estrutura, consistência e textura em relação ao P1 (Tabela 2). A cor apresentou matiz de 10YR, com valor e croma predominante igual a 3, principalmente em profundidade.

As lamelas foram apenas identificadas no C₁, paralelas a superfície e concentrando-se entre 22 e 30 cm de profundidade. Apresenta-se poucas, com baixa expressão, igualmente ao C₂ do P1, com espessura entre 1 e 3 mm e contraste menos evidente (difuso) para a matriz adjacente (lamelas, 10YR 3/2; entre lamela, 10YR 3/3). Por serem pouco espessas e mais próximas não foi possível discernir conjuntos. Contudo, salienta-se uma perda de nitidez à medida que há o aumento da profundidade, sendo as iniciais mais contrastante (em relação a matriz da zona entre lamelar) e conectadas. As zonas entre lamelas distavam aproximadamente 30 mm.

A partir da TR-10, uma alteração na textura da camada de 20 a 50 cm foi identificada, em relação tradagem anterior. Esta alteração foi caracterizada por um decréscimo no teor de argila, não refletindo na classificação textural, e o aumento no valor da cor em relação ao segmento anterior, bem como o incremento da expressividade das lamelas (observada em corte de estrada). Essas características se estendem até TR-15, culminando na formação do terceiro segmento da litotopossequência, permitindo a alocação do P3 numa seção de aproximadamente 200 m.

O P3 apresenta sequência de horizontes Ap-C₁-C₂-C₃-C₄, com profundidade de 1,90 m. A partir dos 80 cm, o perfil apresentava-se úmido e em C₃ e C₄ foi observado a presença de mosqueados pequenos e grandes de coloração vermelha (2,5YR 4/8) e amarela (10YR 6/8) resultados da menor drenagem nesses solos.

O horizonte Ap é predominantemente em grãos simples, mas também há ocorrência de estrutura em blocos subangulares médios em grau fraco de desenvolvimento. Os demais horizontes apresentam-se similares.

As lamelas observadas nesse perfil são mais espessas em relação às aquelas identificadas nos perfis 1 e 2. A espessura média foi de 10 mm, podendo chegar a 23 mm, com zonas entre lamelas de até 120 mm. Não foram observadas secções que caracterizassem descontinuidades, contudo se assemelham as lamelas dos segmentos anteriores pelo paralelismo a superfície e presença de ondulações. A expressividade das lamelas é maior no conjunto central, entre 40 e 80 cm. A cor das lamelas é 10YR 4/2 e da região entre lamelas 10YR 6/2, uniforme a todo o perfil.

A partir de TR-15, foram realizadas 4 (quatro) observações em mine trincheiras (MT-2, 3, 4 e 5). No MT-5, próximo a TR-16, não foram identificadas a presença de lamelas, iniciando um novo segmento (segmento 4). Nesse, o solo encontrava-se com maior teor de argila, refletindo maior plasticidade e pegajosidade. Para caracterizar esse segmento foi descrito e coletado um quarto perfil dentro da litotoposequência (P4).

O P4, classificado como Argissolo Acinzentado, possui sequência de horizontes Ap-BA1-BA2-Bt. O horizonte Ap apresenta textura areia franca, espessura de 18 cm e cores bruno acinzentado escuro (10YR 4/2) e bruno cinza claro (10YR 6/2) quando úmido e seco respectivamente. Apresenta-se com estrutura predominante em grãos simples, mas também há a presença de fracos blocos subangulares médio; com consistência solta e ligeiramente dura respectivamente, não plástica e não pegajosa.

Abaixo do Ap, encontra-se o BA1, de mesma coloração quando úmida, mas com teores de argila relativamente maiores o que confere uma textura franco arenosa. O horizonte apresenta uma estrutura maciça (muito coesa), extremamente resistente ao corte com pá reta. A consistência seca está entre muito dura a extremamente dura, quando úmida muito friável e quando molhada ligeiramente plástica e entre pegajosa a ligeiramente pegajosa. Transiciona de forma gradual para um horizonte BA2, de estrutura maciça, com consistência entre dura a muito dura, firme, plástica e pegajosa, quando respectivamente seco, úmido e molhado. O Bt apresenta coloração bruno acinzentado muito escuro (10YR 3/2), com cores que demonstram processos de oxirredução, na forma de mosqueados de coloração vermelha (2,5YR 4/8) e amarela (10YR 6/8). Os

mosqueados vermelhos foram descritos como poucos, tamanho de médio a grandes e contraste proeminente. Enquanto os amarelos são comuns, de médio a grandes e distintos. Salienta-se a textura cascalhenta BA com aproximadamente 1,5 cm de diâmetro, geralmente quartzosos e angulosos.

De forma geral, os segmentos 1, 2 e 3 são classificados como Neossolos Regolíticos, porém os padrões das lamelas são diferentes dentro dos segmentos, podendo apresentar maior ou menor expressão e, conseqüentemente, conferir propriedades físico-hídricas e químicas distintas a estes solos, justificando a separação dos segmentos. O segmento 4 apresenta uma variação na classe de solo dentro da litotoposequência, sendo considerado como Argissolo Acinzentado. A variação dos solos dentro da topossequência é justificada, pois, de acordo com RUEH (1956), o controle para formação dos solos e das suas respectivas superfícies são resultados da associação solo-feição geomórfica. Desta forma, os solos estão associados as formas de relevo específicas e os seus padrões de distribuição espacial podem ser repetitivos ou imprevisíveis. É notório, dentro da litotoposequência, diferentes formações de solos ou diferentes expressões de atributos morfológicos, entre estes a distribuição das lamelas que acompanham o declive da litotoposequência.

4.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS

Os valores referentes às análises químicas dos perfis são apresentados na Tabela 3.

Os valores de pH em água variaram entre 4,30 a 6,23 e assinalam a ocorrência de reação ácida em todos os perfis estudados. Os horizontes mais superficiais apresentaram valores mais próximos a neutralidade em relação aos horizontes subsuperficiais. Este fato provavelmente deve-se a incorporação de matéria orgânica em superfície, onde a adição de resíduos vegetais pode promover, antes da humificação, a elevação do pH por promover complexação de H e Al com compostos do resíduo vegetal, deixando Ca, Mg e K mais livres em solução, o que pode ocasionar aumento na saturação da CTC por estes cátions de reação básica (FRANCHINI et al., 2001; PAVINATO; ROSOLEM, 2008). Fato corroborado pelos maiores valores de soma de bases (SB) e saturação por bases (V%) nos horizontes superficiais (Tabela 3).

Os valores de pH em água foram maiores que aqueles obtidos em KCl em todos os perfis, resultando em valores de ΔpH negativos e indicando o predomínio de cargas negativas no complexo sortivo (MEKARU; UEHARA, 1972). Trata-se de uma constatação comum em solos pouco intemperizados, como observados por Almeida et al. (2013) e Santos et al. (2012).

De modo geral, os cátions básicos trocáveis dominantes foram Ca^{2+} e Mg^{2+} . Os valores de Mg^{2+} são semelhantes nos Neossolos Regolíticos e inferiores aos valores de Ca^{2+} . Lepsch (2011) descreve ser comum a predominância desses cátions em solos neutros a pouco ácidos, com valores de Mg^{2+} cerca de 50 a 80% inferiores aos valores de Ca^{2+} . Tendência contrária foi observada no P4, onde os valores de Mg^{2+} são maiores que aos valores de Ca^{2+} .

A predominância dos cátions básicos Ca^{2+} e Mg^{2+} estão associados ao material de origem desses solos, expressos em alguns minerais identificados na micromorfologia dos perfis estudados (Tabela 19). A ocorrência da série dos plagioclásios, como também a presença de minerais máficos como a biotita, podem estar contribuindo para a liberação destes cátions no solo.

Tabela 3. Atributos químicos dos perfis estudados em uma litotopossequência no município de São João-PE

Hor.	Prof. cm	Ph		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	Soma de Bases	CTC pH 7,0	CTC efetiva	P mg kg ⁻¹	V —%—	m	PST	COT g kg ⁻¹
		H ₂ O	KCl														
Perfil 1 – Neossolo Regolítico																	
Ap	0-18	6,26	6,09	0,91	0,34	0,05	0,19	0,04	0,91	1,48	2,39	1,52	12	62	3	8	1,63
C ₁	18-47	5,24	4,01	0,54	0,3	0,04	0,12	0,24	2,23	1	3,22	1,24	6	31	19	4	1,5
C ₂	47-82	4,86	3,93	0,5	0,25	0,04	0,12	0,5	2,72	0,91	3,63	1,41	1	25	36	3	0,93
C ₃	82-110	4,62	4,01	0,51	0,29	0,03	0,15	0,54	2,15	0,97	3,12	1,51	0,5	31	36	5	0,87
C ₄	110-140	4,63	4,03	0,55	0,27	0,04	0,15	0,57	2,39	1	3,39	1,57	0,5	29	36	4	0,87
C ₅	1,40-1,80	4,74	3,97	0,51	0,32	0,04	0,15	0,46	1,49	1,02	2,5	1,47	0,5	41	31	6	0,27
Cr	1,80 -2,20	4,99	4,04	0,53	0,56	0,04	0,19	0,78	0,99	1,32	2,31	2,1	0,2	57	37	8	0,92
Perfil 2 – Neossolo Regolítico																	
Ap	0-20	5,45	6,7	1,69	0,48	0,06	0,12	0,03	0,58	2,36	2,93	2,39	89	80	1	4	3,16
C ₁	20-42	6,03	5,1	1,43	0,35	0,06	0,17	0,03	3,22	2	5,22	2,04	10	38	2	3	2,6
C ₂	42-105	4,85	3,96	0,64	0,25	0,04	0,1	0,33	2,15	1,03	3,18	1,36	3	32	24	3	2,43
C ₃	105-150	4,53	3,93	0,49	0,25	0,04	0,15	0,51	2,31	0,92	3,23	1,42	0,6	28	36	5	1,67
C ₄	150-166	4,82	4,01	0,53	0,33	0,03	0,15	0,25	1,07	1,04	2,11	1,29	0,5	49	19	7	1,5
C ₅	166-195	5,29	4,26	0,53	0,43	0,03	0,12	0,09	0,66	1,12	1,78	1,21	0,3	62	8	6,7	0,33

Hor.	Prof. cm	Ph		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	Soma de Bases	CTC pH 7,0	CTC efetiva	P mg kg ⁻¹	V —%—	m	PST	COT g kg ⁻¹
		H ₂ O	KCl														
Perfil 3 – Neossolo Regolítico																	
Ap	0-20	5,79	6,6	0,85	0,2538	0,04	0,08	0,01	0,58	1,23	1,81	1,24	21	68	1	4	1,9
C ₁	20-100	5,34	4,17	0,62	0,2688	0,04	0,08	0,01	1,07	1,01	2,09	1,02	4	49	0,8	4	0,94
C ₂	100-115	4,89	4,16	0,47	0,22	0,03	0,1	0,13	0,83	0,83	1,65	0,96	0,2	50	14	6	0,2
C ₃	115-140	5,4	4,4	0,81	0,315	0,03	0,08	0,02	0,66	1,23	1,89	1,25	0,1	65	2	4	0,16
C ₄	140-190	5,66	4,29	0,69	0,88	0,04	0,32	0,03	0,58	1,92	2,5	1,95	0,1	76	1	13	0,41
Perfil 4 – Argissolo Acinzentado																	
Ap	0-18	6,79	6,61	1,59	0,63	0,09	0,08	0	0,58	2,4	2,98	2,4	51	81	0	3	2,77
AB	18-74	6,23	6,21	1,84	1,44	0,09	0,12	0	0,66	3,48	4,14	3,48	4	84	0	3	2,31
AB	74-115	4,97	3,85	1,17	1,62	0,05	0,15	0,27	2,23	2,98	5,21	3,25	2	57	8	3	1,9
Bt	115-145 +	5,15	3,73	1,25	2,13	0,09	0,41	0,22	2,15	3,86	6,01	4,09	0,1	64	6	7	1,61

Os maiores valores de Mg^{2+} no P4 podem ser consequência da mudança do material de origem.

Os teores de K^+ foram baixos para todos os perfis, entre 0,03 e 0,09 $cmol_c\ kg^{-1}$ e inferiores aos de Na^+ , que são ligeiramente maiores nos segmentos iniciais da litotoposequência e diminuem com a proximidade ao sopé. As maiores concentrações de Na^+ interferem nas condições físicas do solo devido a seu grande raio iônico hidratado e da sua interação não específica com a fração coloidal, causando a expansão da dupla camada difusa e, conseqüentemente, empurrando as partículas individuais colóidais uma contra a outra, não permitindo neutralização de forças a curtas distâncias, dispersando o solo (DIAS;BLANCO, 2010).

Quanto aos valores de soma de bases (S), os perfis 1, 2 e 3 são ligeiramente inferiores aos valores encontrados por Santos et al. (2012) para Neossolos Regolíticos da região semiárida pernambucana. Contudo, segue a mesma tendência descrita pelos mesmos autores, onde nos horizontes superficiais há valores mais elevados, diminuído no centro e voltando a se elevar em profundidade. O acréscimo em profundidade das bases deve-se tanto a maior proximidade do material de origem, como também a alta percolação de água nesses perfis. A textura predominantemente arenosa, favorece a lixiviação de íons, contribuindo para o acréscimo em profundidade.

Os valores S diferem também entre os perfis que compõe a topossequência. Este fato provavelmente não só é justificado pelo conteúdo de argila dos perfis, que são ligeiramente diferentes (Tabela 6), deve-se também a sua posição na paisagem, o que induz a atributos químicos diferentes. O relevo regula os movimentos de água ao longo de uma vertente, tanto em superfície como no interior do solo, agindo sobre o regime hídrico e, conseqüentemente, sobre fenômenos de percolação interna e ações correlatas, tais como: lixiviação de solutos, transporte de partículas coloidais em suspensão no meio líquido e em algumas reações químicas (OLIVEIRA, 2008).

O efeito da topossequência sobre os cátions básicos é sugerido pelo acréscimo ao longo dos perfis da litotoposequência, onde foram obtidos maiores acúmulos desses íons nos perfis posterior por áreas inclinadas (P2 e

P4). McNamara et al. (2005) observaram que o incremento de água dentro da vertente pode alterar as conectividades hidráulicas do solo e favorecer a ocorrência de fluxos laterais e, conseqüentemente, ao transporte de íons em solução. Entretanto Kung (1990) discorre que fluxo lateral em solos arenosos é complexo e difícil de ser modelados e mensurados, dado a preferência do fluxo vertical governado pelos poros de drenagem.

Os perfis 1 e 2 apresentaram os maiores teores de Al^{3+} trocável, variado de 0,04 a 0,78 $cmol_c\ cm^{-3}$ e 0,03 a 0,51 $cmol_c\ cm^{-3}$, respectivamente. De acordo com Franchin et al. (1999), as perdas de elementos básicos do complexo sortivo favorecem a aumentos de cátions de caráter ácido no complexo de troca do solo. Em superfície, o Al^{3+} trocável apresentou seus menores teores, provavelmente devido a ação complexante da matéria orgânica. Já em profundidade, seus teores aumentaram, principalmente abaixo dos horizontes com maior desenvolvimento das lamelas (para os perfis 1, 2 e 3), chegando a ocupar cerca de 35% da CTC efetiva desses solos. Dos perfis representativos de Neossolos Regolíticos, o P3 foi o que apresentou menor teor de Al^{3+} e saturação por alumínio (m%). Para o P4, seus teores foram maiores no BA e Bt. A maior presença do Al^{3+} em subsuperfície provavelmente é resultante dos processos intempéricos sofridos pelo material de origem, cujo efeito quanto mais próximo ao saprólito é reduzido (SANTOS, 2011). Os valores de H+Al, seguem mesma tendência.

Quanto maior o valor de m%, maior será a redução na espessura da dupla camada difusa dos colóides do solo, concorrendo para a manutenção dessas partículas mais próximas umas das outras e, por consequência menor dispersão em meio líquido (ALMEIDA NETO, 2009). Spera et al. (2008) discorrem a respeito da capacidade do íon Al^{3+} , em estabilizar a estrutura dos solos, por ocorrência da maior aproximação das partículas e estabilização das forças de Van de Wall.

A saturação de bases (V%) variou de 24 a 80%, apresentando os maiores valores nos horizontes superficiais e nos horizontes subsuperficiais mais profundos. Os Neossolos Regolíticos dos perfis 1, 2 e 3 apresentaram V% < 50%, dentro da maior parte do horizonte C, sendo enquadrados no 3ª nível

categorico do SiBCS como distróficos (Embrapa, 2013). Já o P4 são eutróficos por apresentar V% superior a 50%

A saturação por Na⁺ (PST) variou de 2 a 13% nos perfis estudados. Os perfis 1, 3 e 4 apresentaram caráter solódico devido ao elevado teor de sódio em seus horizontes dentro de 150 cm de profundidade.

O teor de carbono orgânico total (COT) foram maiores em superfície (Tabela 3) e apresentaram amplitudes típicas da região semiárida (RESENDE et al., 1988). Entre os perfis da litotoposequência, observou-se que o COT foi maior no segmento 2, provavelmente devido a sua melhor drenagem e principalmente a menor incidência a processos erosivos. A erosão também justifica valores mais baixos desse elemento nos P1 e P3, segmentos mais inclinados da litotoposequência estudada. Apesar da menor drenagem no P4, os incrementos nos teores de argila promovem maior interação com a matéria orgânica e sua manutenção no solo, justificando o aumento nos teores de carbono orgânico total nesse segmento. Esse resultado também é favorecido por ser uma área de sopé. Segundo JACOMINE (1996), os Neossolos Regolíticos apresentam baixo teor de matéria orgânica e fósforo.

Para todos os perfis, os valores de P disponíveis foram de médios a altos em superfície e diminuem com o aumento de profundidade O acréscimo em superfície provavelmente é resultado da incoportação de resíduos orgânicos. As correlações obtidas sugerem que os maiores valores em superfície estão associados aos maiores valores de COT ($r = 0,97$) e prováveis associações com o Ca²⁺ ($r=0,91$) na forma de fosfatos policálcios (P-Ca), comum em solos pouco intemperizados (NOVAIS & SMYTH, 1999; SCHLINDWEIN et al., 2011). A dissolução dessa forma mineral, com consequente determinação de maiores valores de P disponível para os solos estudados, deve-se ao caráter ácido do extrator Mehlich⁻¹ (SANTOS & KLIEMANN, 2005).

As lamelas e entre lamelas de todos os perfis apresentaram pH_{H2O} variando de 4,75 a 6,09 e pH_{KCl} de 3,90 a 4,63, expressando ΔpH negativos, indicando predomínio de cargas negativas no complexo sortivo (Tabela 4). A V% das lamelas (com exceção do 1º conjunto do P1 e do 3º conjunto do P3) apresentaram valores superiores a entre lamelas e aos horizontes

subsuperficiais de seus respectivos perfis. De modo geral, as bases predominantes nas lamelas e entre lamelas foram Ca^{2+} e Mg^{2+} (0,72 a 1,44 cmolc kg^{-1} e 0,22 a 0,44 cmolc kg^{-1} , respectivamente), seguida por K^{+} (0,4 a 0,14 cmolc kg^{-1}) e posteriormente o Na^{+} (0 a 0,1 cmolc kg^{-1}). A medida que os cátions de caráter básicos diminuem nas lamelas, os cátions de caráter ácido são incrementados, refletindo maiores valores de m%.

Tabela 4. Atributos químicos das lamelas e entre lamelas de três perfis localizados no município de São João-PE

Lamelas/ Entre lamelas	pH _{H2O}	pH _{KCl}	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SB	Al ³⁺	H+Al	CTC (pH 7,0)	CTC efetiva	V	m	P	CO
Perfil 1 - Neossolo Regolítico															
1º C. L	5,4	4,5	1,08	0,34	0,04	0,09	1,55	0,26	1,65	3,20	1,81	48	14	3	4,4
2º C. L	5,0	4,0	1,01	0,36	0,04	0,04	1,45	0,77	0,91	2,36	2,22	62	35	3	3,2
3º C. L	4,7	3,9	0,89	0,27	0,04	0,04	1,24	0,99	0,89	2,13	2,23	58	44	2	3,2
E. L.	5,1	4,2	0,72	0,22	0,00	0,04	0,98	0,76	0,83	1,80	1,73	54	44	2	3,1
Perfil 2 - Neossolo Regolítico															
C. L.	6,1	4,6	1,61	0,49	0,10	0,13	2,33	0,45	1,24	3,57	2,78	65	16	5	2,5
E. L.	5,5	4,7	1,55	0,42	0,00	0,13	2,10	0,53	1,68	3,78	2,63	56	20	3	1,3
Perfil 3 - Neossolo Regolítico															
1º C. L	5,7	4,4	1,18	0,33	0,04	0,12	1,67	0,55	0,83	2,49	2,22	67	25	2	1,7
2º C. L.	5,1	3,9	1,44	0,44	0,04	0,18	2,10	0,45	1,82	3,91	2,55	54	18	1	2,7
3º C. L.	4,8	3,9	0,81	0,25	0,04	0,05	1,15	0,20	1,16	2,30	1,35	50	15	1	1,1
E. L.	4,9	4,8	0,91	0,40	0,04	0,05	1,40	0,66	1,16	2,56	2,06	55	32	1	1,1

C.L- Conjuntos de lamelas; E.L - Entre lamelas;

Os maiores teores de COT foram observados nas lamelas, com valores mais elevados que entre lamelas, principalmente no P3 e nos horizontes acima dos horizontes com lamelas. Estes resultados são influenciados pela textura, o maior conteúdo de argila influencia em uma menor aeração, visto o tempo que permanecem mais úmidos, pela maior capacidade de adsorção de água, por formação de complexo humo-argilosos.

No P1 há um ligeiro decréscimo nos valores de COT a medida que aumenta a profundidade dos conjuntos de lamelas. Tendência não observada no P3, que apresentou os maiores teores de COT no conjunto central. Apesar da variação entre o primeiro e o segundo conjunto de lamelas do P3, é perceptível menores valores de COT no último conjunto, o que sugere uma ordem de formação das lamelas, pois os maiores valores próximos a superfície provavelmente indicam maior contribuição da superfície.

A estabilidade e a iluviação da matéria orgânica no solo é avaliada pela relação C-EA/C-HUM (FONTANA et al., 2010). Conforme a Tabela 5, no último conjunto de lamelas e entre lamelas do P3 foram observados os maiores valores dessa relação, superiores a 2,0. A ausência de baixos valores dessa relação ($C-EA/C-HUM \leq 0,50$) indica a alta instabilidade e/ou interação da matéria orgânica com a matriz mineral. BENITES et al. (2003) discorrem a respeito dos altos valores dessa relação ($C-EA/C-HUM \geq 2,0$), que indicam a movimentação das frações alcalino solúveis dentro do perfil do solo e de zonas de acúmulo de carbono orgânico, podendo assim ser analisado como indicador da capacidade iluvial dos solos. FONTANA et al. (2010) discorrem a respeito do potencial de lixiviação (sistema ou solo) - C-FAH/C-FAF e C-EA/C-HUM ($\geq 1,0$), onde valores maiores que esses estão diretamente relacionados aos potenciais de lixiviação e de contaminação das águas subterrâneas por compostos orgânicos solúveis, e à habilidade do solo funcionar efetivamente como filtro.

Tabela 5. Fracionamento químico da MOS dos conjuntos de lamelas e entre lamelas, dos perfis 1 e 3

		FAF (mgC)	FAH (mgC)	FH (mgC)	AH/AF	EA/HUM*
P1	1º Conjunto de Lamelas	0,38	0,32	0,63	0,86	1,09
	2º Conjunto de Lamelas	0,39	0,33	0,59	0,86	1,23
	3º Conjunto de Lamelas	0,45	0,39	0,54	0,87	1,49
	Entre Lamelas	0,36	0,33	0,32	0,92	1,46
P3	1º Conjunto de Lamelas	0,43	0,32	0,46	0,75	1,59
	2º Conjunto de Lamelas	0,45	0,48	0,48	1,09	1,88
	3º Conjunto de Lamelas	0,44	0,34	0,09	0,78	8,22
	Entre Lamelas	0,82	0,26	0,13	0,32	7,83

*Relação ente o extrato alcalino e a fração humina;

Foi observado a fixação da humina nos conjuntos iniciais de lamelas em relação aos conjuntos intermediários e finais, visualizados principalmente pela relação C-EA/C-HUM do P3. Esse efeito reflete as condições do transporte dos materiais no sentido de cima para baixo, carregados provavelmente por fluxos hídricos. Essa dinâmica provém da natureza solúvel da matéria orgânica (ácidos fúlvicos e ácidos húmicos) que percola no perfil, enquanto a humina, por sua natureza pouco solúvel, concentra-se nas camadas superficiais. STEVENSON (1994) descreve que a predominância da fração humina deve-se às suas características de alta massa molecular e à forte interação com a fração mineral do solo, conferindo resistência à degradação microbiana.

Os valores apresentados anteriormente garantem o sentido de formação das lamelas de cima para baixo, uma vez que há redução da humina em profundidade. A manutenção dos ácidos fúlvicos e húmicos sem variação entre as lamelas mais próximas a superficiais e as mais profundas sugerem que não está ocorrendo o processo de podzolização.

4.5 ATRIBUTOS FÍSICOS

Os resultados dos atributos físicos dos solos estudados estão apresentados na Tabela 6 e mostram quantidades crescentes de cascalhos em profundidade para todos os perfis devido à proximidade do saprólito. Exceção foi o P4, que apresenta um aumento no horizonte BA em relação aos horizontes Ap e AB.

Os perfis 1, 2 e 3 apresentam semelhanças na classe textural, com valores predominantes da fração areia, seguidos por silte e argila, condizentes com os resultados observados por Pedron et al. (2011), Santos et al. (2012), Silva et al. (2014) e Almeida et al. (2015) para esses tipos de solos. Segundo CUNHA (2008), as baixas atuações dos fatores de formação não diferem estes solos drasticamente do material que originou, predominando a textura arenosa.

Menores teores de areia foram obtidos no P4, que podem está ligados a sua posição na litotopossequência (segmento mais baixo), que favorece a acumulação de argilas translocadas lateralmente (SOARES et al., (2005). Além disso, a mineralogia desse solo indica o menor conteúdo de minerais primários de fácil intemperização, que são fontes da fração argila pelo intemperismo químico.

A subdivisão da fração areia (Tabela 7) indica pouca variação entre os perfis, com predominância das frações areia média (AM), areia grossa (AG) e areia fina (AF). Maior teor da fração areia muito grossa (AMG) é observado no horizonte C1 do P2 e BA do P4. De forma geral, os valores são igualmente distribuídos dentro das frações para os demais horizontes.

Tabela 6. Atributos Físicos dos solos estudados no município de São João-PE

Hor.	Prof. Cm	Cascalhos %	TFSA %	Granulometria (g kg ⁻¹)			S/A	ADA (g kg ⁻¹)	GF %	Ds g.cm ⁻³	Dp	PT
				Areia	Silte	Argila						
P1- Neossolo Regolítico												
A	0-18	4	96	892	68	40	1,71	20	50	1,65	2,78	40,48
C ₁	18-47	4	96	854	86	60	1,42	60	0	1,72	2,64	35,00
C ₂	47-82	4	96	837	103	60	1,72	40	33	1,69	2,71	37,78
C ₃	82-110	5	95	822	118	60	1,96	40	33	1,72	2,63	34,50
C ₄	110-140	5	95	806	134	60	2,28	60	0	1,70	2,63	35,38
C ₅	1,40-1,80	9	91	807	133	60	2,21	40	33	1,72	2,67	35,69
Cr	1,80 -2,20	24	76	787	112	100	1,12	80	20	-	-	-
P2- Neossolo Regolítico												
Ap	0-20	4	97	800	140	60	2,32	20	67	1,72	2,63	34,64
C ₁	20-42	3	97	813	107	80	1,33	60	25	1,82	2,60	29,81
C ₂	42-105	4	96	842	77	80	0,97	60	25	1,64	2,70	39,26
C ₃	105-150	4	96	802	118	80	1,47	60	25	1,67	2,67	37,64
C ₄	150-166	7	93	821	79	100	0,80	60	40	1,62	2,64	38,49
C ₅	166-195	12	88	868	72	60	1,20	40	33	-	2,68	-

Hor.	Prof. Cm	Cascalhos %	TFSA %	Granulometria (g kg ⁻¹)			S/A	ADA (g kg ⁻¹)	GF %	Ds	Dp g.cm ⁻³	PT
				Areia	Silte	Argila						
P3- Neossolo Regolítico												
Ap	0-20	3	97	900	60	40	1,50	20	50	1,77	2,60	32,11
C ₁	20-100	4,	96	867	73	60	1,22	20	67	1,72	2,67	35,45
C ₂	100-115	5	95	846	94	60	1,57	20	67	1,75	2,69	35,06
C ₃	115-140	8	92	840	100	60	1,66	20	67	1,88	2,71	30,64
C ₄	140-190	17	83	764	155	80	1,93	80	0	-	2,67	-
P4- Argissolo Acinzentado												
Ap	0-18	3	97	876	104	20	5,19	20	0	1,69	2,64	36,09
BA1	18-74	5	95	802	98	100	0,98	100	0	1,77	2,57	30,35
BA2	74-115	21	79	686	194	120	1,61	120	0	1,72	2,64	34,72
Bt	115-145 +	14	86	524	192	284	0,68	280	1	1,73	2,60	33,46

Tabela 7. Resultados do fracionamento da areia total dos perfis estudados no município de São João-PE

Horizonte	Profundidade (cm)	AMG	AG	AM	AF	AMF
%						
Perfil 1 – Neossolo Regolítico						
A	0-18	18,77	30,91	25,94	18,32	6,05
C ₁	18-47	16,82	26,64	28,80	21,18	6,57
C ₂	47-82	11,74	28,53	32,16	19,80	7,77
C ₃	82-110	14,91	26,84	28,54	22,44	7,28
C ₄	110-140	14,43	20,56	27,22	26,77	11,02
C ₅	1,40-1,80	21,69	21,76	24,63	22,54	9,38
Cr	1,80 -2,20	23,84	27,52	24,17	17,94	6,53
Perfil 2 – Neossolo Regolítico						
Ap	0-20	26,09	26,96	23,08	16,45	7,42
C ₁	20-42	29,73	28,35	21,69	14,24	6,00
C ₂	42-105	11,49	22,63	30,56	27,10	8,22
C ₃	105-150	13,36	20,21	26,75	28,05	11,63
C ₄	150-166	18,89	20,37	25,88	24,96	9,90
C ₅	166-195	15,55	28,91	24,93	21,64	8,97
Perfil 3 – Neossolo Regolítico						
Ap	0-20	8,93	27,97	31,88	23,19	8,03
C ₁	20-100	12,24	25,17	30,50	23,34	8,75
C ₂	100-115	12,89	21,90	28,57	26,77	9,87
C ₃	115-140	14,98	24,31	28,44	24,15	8,13
C ₄	140-190	23,84	27,52	24,17	17,94	6,53
Perfil 4 – Argissolo Acinzentado						
Ap	0-18	12,55	25,13	30,96	23,83	7,53
BA1	18-74	17,84	28,30	27,52	20,12	6,22
BA2	74-115	31,15	16,02	18,13	13,62	8,56
Bt	115-145 +	25,68	29,77	26,00	13,29	5,26

Algumas relações foram estabelecidas a partir do fracionamento da areia total dos solos da litopossequência, com a finalidade de observar o predomínio de uma fração. A relação AG/AMF confere uma área sobre o segmento 2 enriquecida com o maior conteúdo de AG em relação a AMF (Figura 2a), que se estende por praticamente toda a profundidade do mesmo segmento. No segmento 3, a relação é inversa, aumentando a quantidade de areia muito fina, principalmente em profundidade, como também dentro do próximo segmento.

Os maiores teores de areia grossa provavelmente imprimem uma dinâmica hídrica no segmento 2 distinto aos demais. Parahyba (2013) discorre sobre a importância dos teores de areias finas e do seu arranjo nos solos arenosos, conferindo dinâmica hídrica diferente quando comparados a solos dominados por areias mais grossas. Quando estabelecidas a relação $(AMG+AG)/(AF+AMF)$ (Figura 2b), de modo geral, tem-se uma distribuição equivalente na subsuperfície dos segmentos 1 e 2. Assim, por meio da distribuição de seus valores na litotoposequência, percebe-se que a expressão das lamelas pode estar diretamente relacionada a predominância dos grãos finos. Mesmo com incremento do silte (somando-o aos teores AF e AMF), os segmentos 1 e 2 prevalecem com menores teores de frações finas (Figura 2c).

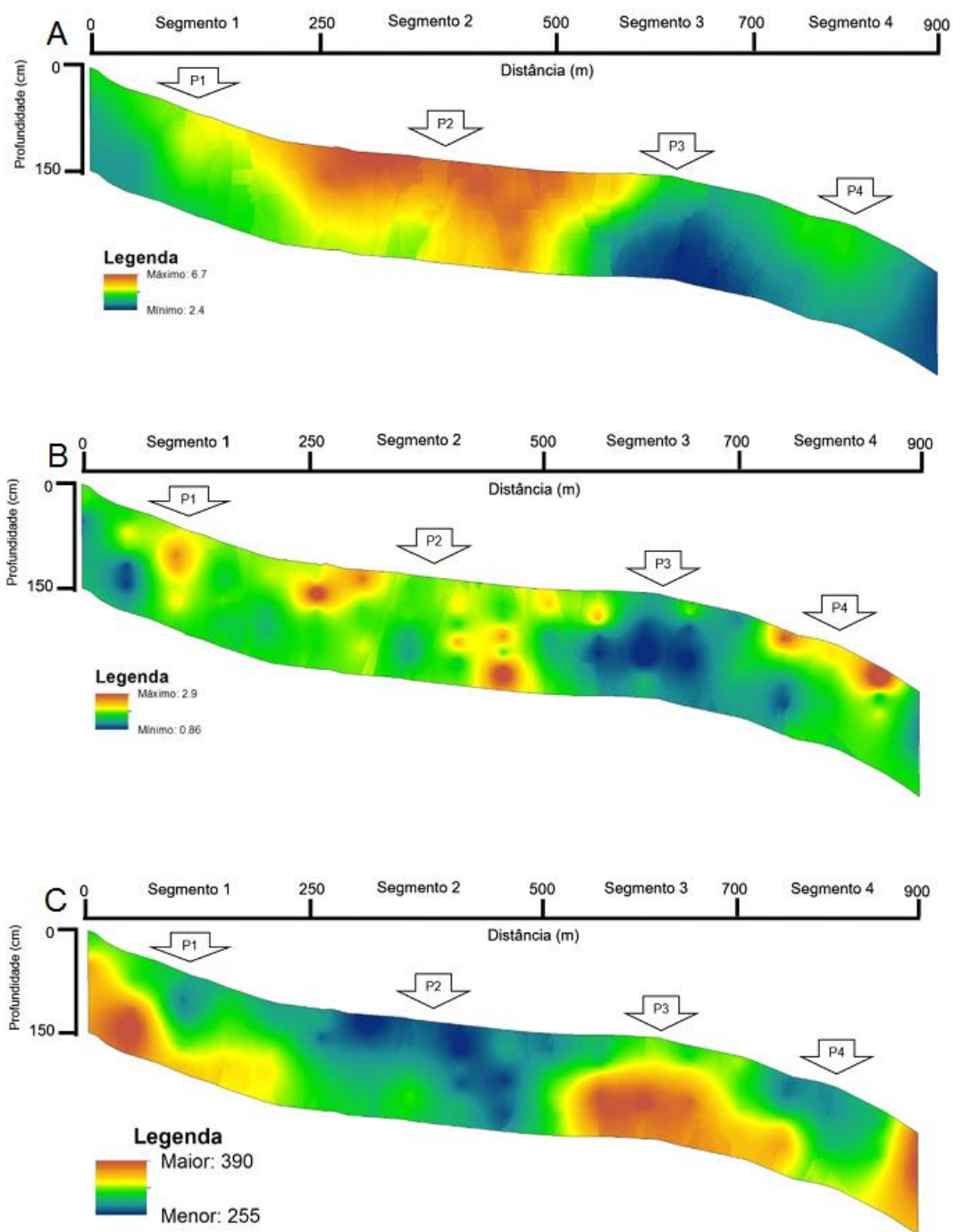


Figura 3: Relações estabelecidas no contexto da fração areia. A- relação da AG/AMF; B- relação entre $(AMG+AG) / (AMF+AF)$; C- soma de AMF+AF+SILTE distribuídos dentro da litotopossequência no município de São João-PE.

A baixa atuação dos processos pedogenéticos influencia os menores teores da fração argila dos perfis 1, 2 e 3, que apresentam variação crescente com o incremento da profundidade (Tabela 6). Exceção foi observada no P2, que apresenta uma diminuição no teor dessa fração no horizonte C5, em relação ao horizonte C4.

A mesma variação dos teores de argila em profundidade a cada perfil, também é observada lateralmente dentro dos segmentos da litopossequência (Figura 4). Observa-se a influência da altitude e declividade nos teores dessa fração na litopossequência, favorecendo áreas de ganhos (segmentos 2 e 4) e perdas (segmentos 1 e 3) provavelmente devido a contribuições laterais. A transição do segmento 3 para o segmento 4 é marcada pelo incremento de argila em relação aos demais segmentos, valores condizentes com o P4 em relação aos demais perfis.

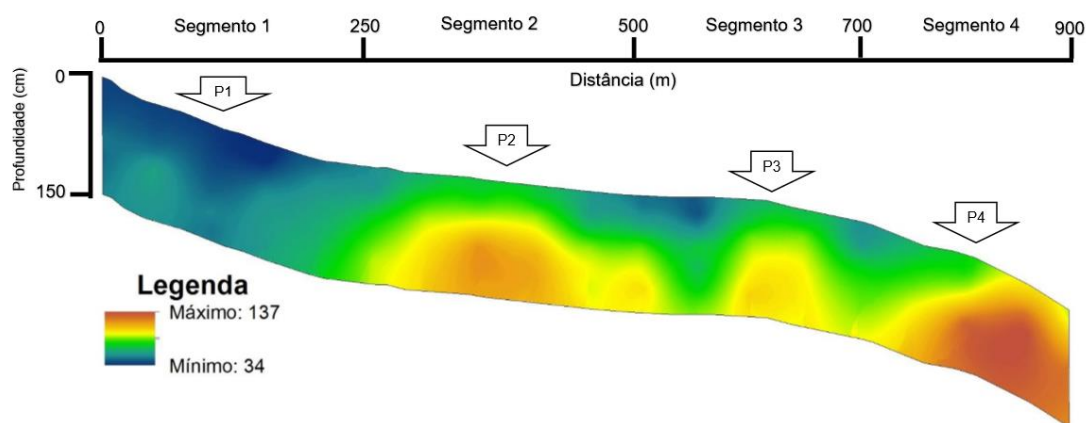


Figura 4. Distribuição de argila em uma litopossequência no município de São João-PE.

De modo geral, os limites que indicam maiores teores de argila na litopossequência não são paralelas a superfície, com formato convexo. Estes formatos podem ser indicativos do processo de argiluviação, pelos teores crescentes em profundidade nos valores de argila, como também a possíveis translocação laterais de argila dentro dos segmentos (FONTANA, 2014).

O baixos teores da fração argila em relação a fração areia é consequência do incipiente desenvolvimento pedogenético desses solos e da

presença expressiva de quartzo na constituição do material de origem (SANTOS et al., 2012). Esse fato influencia diretamente os valores da relação silte/argila, que segundo Santos et al. (2013), pode ser usada como referência para avaliação do estágio de intemperismo dos solos. Para todos os perfis estudados os valores variaram de 0,7 a 5,2, indicando o baixo grau de desenvolvimento. Os maiores valores foram observados no horizonte superficial do P4, provavelmente em função da perda relativa de argila na superfície por eluviação (SILVA et al., 2002). Além disso o predomínio do quartzo, tectossilicato altamente resistente ao intemperismo, que se acumula também na fração silte, provavelmente contribui para o aumento da relação silte/argila.

Os valores de argila dispersa em água (ADA) variaram de 20 a 80 gkg⁻¹ nos Neossolos Regolíticos, chegando a 280 g kg⁻¹ no Argissolo Acinzentado (Tabela 6). O grau de floculação dentro da litotopossequência variou de 0 a 97%, apresentando grande amplitude entre os segmentos (Figura 5), com predomínio de áreas com maiores graus de floculação no segmento 1. O segmento 2 possui maiores valores do GF em superfície, e o segmento 3, apresenta um incremento do GF com aumento da profundidade. O segmento 4, praticamente não apresenta valores extremos do GF, com pequeno incremento em superfície. Os baixos valores no GF dos segmentos 2 e 4, indicam a mobilidade do sistema, em superfície esses valores são afetados pelos maiores valores do COT.

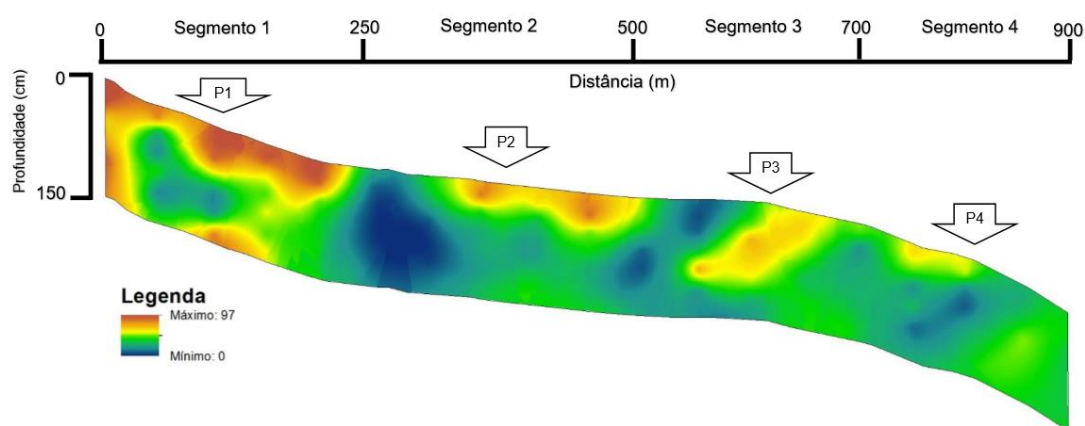


Figura 5. Grau de floculação distribuídos dentro de uma litotopossequência no município de São João-PE.

A densidade do solo (D_s) apresentou pouca variação dentro dos perfis e entre os perfis, com amplitude de 1,62 a 1,88 g cm⁻³(Tabela 6). Destaca-se a ocorrência de zonas com maiores valores de D_s nos horizontes C₁ dos perfis 1 e 2, C₃ do P3, e do AB do P4. Os valores estão de acordo com os de Santos et al. (2012), Marques (2007) e Almeida et al. (2015) e dentro da faixa comum a solos arenosos (MELO et al., 2009)

A densidade de partículas (D_p) apresenta-se muito semelhante dentro de todos os horizontes estudados (2,57 a 2,63 g cm⁻³) e sugere predomínio de minerais silicatadas nas diferentes frações. Reichardt e Timm (2004) asseguram que os valores da D_p são em média 2,65 g cm⁻³ para solos cujo constituinte dominante é o quartzo. Kohnke (1968) descreve que a variação D_p entre 2,50 e 2,80 g cm⁻³ é coerente quando o quartzo é o constituinte básico de solos. Os valores referentes a porosidade total (P_t) dos solos estudados foram baixos (20,8 a 40,5 %) e coerente com sua natureza arenosa (BRUAND et al., 2005), com maiores valores nos horizontes superficiais.

A granulometria da TFSA das lamelas e entre lamelas indica o predomínio da fração areia em relação as demais frações (Tabela 8). Todavia as lamelas contêm um ligeiro acréscimo na quantidade argila em relação aos demais horizontes dos solos, principalmente ao se comparar a matriz do solo adjacente (zona entre lamelas) (MILES;FRANZMEIER, 1980; TORRENT et al., 1980; SCHAETZL, 1991; BOCKHEIM et al., 2013). Tal fato está de acordo com Miles e Franzmeier (1980) que descrevem as lamelas como áreas de incremento de argilas. Os conjuntos de lamelas não variaram quanto ao teor de argila dentro do mesmo perfil e entre os perfis, com exceção do P3, que apresenta um ligeiro decréscimo no 3º conjunto, reduzindo para 80 g kg⁻¹.

O incremento de argila altera a relação S/A, quando comparados aos horizontes supra e subjacente, diminuindo os valores nos conjuntos de lamelas, consequência do ganho de argilas nestas zonas. As zonas entre lamelas apresentam maiores relações, reflexo do menor teor de argila.

A ADA das lamelas reduz com a profundidade, com valor 0 (zero) nas entre lamelas. O grau de flocculação segue ordem inversa, aumentando à medida que há o incremento em profundidade os maiores valores do grau de

floculação, quanto mais próximos, estando diretamente correlacionado com a saturação por alumínio (m%) ($r = 0,70$).

Tabela 8. Atributos físicos das lamelas e entre lamelas dos solos estudados no município de São João-PE

Lamelas / Entre Lamelas	Areia	Silte	Argila	C.T	S/A	ADA	GF
	g kg⁻¹					g kg⁻¹	%
Perfil 1 – Neossolo Regolítico							
1º C. L.	869,8	30,2	100	Areia Franca	0,30	60	40
2º C. L.	859,6	40,4	100	Areia Franca	0,40	20	80
3º C. L.	848,2	51,8	100	Areia Franca	0,52	0	100
E. L.	907,2	52,8	40	Arenosa	1,32	0	100
Perfil 2 – Neossolo Regolítico							
C.L	875,8	24,2	100	Areia Franca	0,24	40	60
E.L	872,2	47,8	80	Arenosa	0,60	0	100
Perfil 3 – Neossolo Regolítico							
1º C. L.	836,8	63,2	100	Areia Franca	0,63	20	80
2º C. L.	830,6	69,4	100	Areia Franca	0,69	20	80
3º C.L.	839,4	80,6	80	Areia Franca	1,01	0	100
E. L.	875,6	84,4	40	Arenosa	2,11	0	100

*S/A- Relação silte/argila; CL – Conjuntos de lamelas; EL- Entre lamelas;

Em relação ao fracionamento da fração areia, os conjuntos de lamelas e entre lamelas apresentam teores semelhantes da fração areia (Tabela 9). Quando comparados os conjuntos de lamelas e a região entre lamelas do mesmo perfil, observa-se que há o predomínio das frações média e grossa em relação às demais na entrelamela. Essas frações ainda são predominantes, mesmo quando comparados os perfis.

Tabela 9. Fracionamento em 5 categorias da areia total das lamelas e entre-lamelas de dos solos estudados no município de São João-PE

Lamelas/Entre Lamelas	A.M.G	A.G.	A.M.	A. F.	A.M.F.
Perfil 1 – Neossolo Regolítico					
1º C. L	195	317	284	165	41
2º C. L	137	267	305	232	60
3º C. L	163	264	297	217	59
E.L.	136	281	313	210	60
Perfil 2 – Neossolo Regolítico					
C.L.	169	299	299	183	49
E. L.	140	272	315	29	54
Perfil 3 – Neossolo Regolítico					
1º C. L.	163	275	285	206	72
2º C. L.	134	264	305	222	71
3º C.L.	165	250	279	225	80
E.L.	127	263	297	229	85

C.L- Conjunto de lamelas; E.L - Entre lamelas.

O fracionamento da argila em grossa e fina das lamelas, entre lamelas e de horizontes sub e sobrejacente é apresentado na Tabela 10.

Para todos os perfis foram observados predomínio da argila fina em relação a argila grossa nas lamelas e entre lamelas, sugerindo seletividade de tamanho durante o processo de argiluviação. Isso é mais evidente no P3, em que há o predomínio da fração argila fina em relação a grossa nas lamelas. Para o P2 foi observado os valores de argila fina superiores a grossa nas entre lamelas. Tal fato corrobora a pouca expressividade dessa feição nesse perfil decorrente de fluxos com baixa energia (insuficiente para translocar argilas menores que 0,2 μm) e reforça a ocorrência de menor argiluviação no segmento 2 da litotoposequência.

Os horizontes sobrejacentes àqueles com lamelas provavelmente possuem influência da matéria orgânica em promover uma agregação estável, preservando maiores quantidades de argila fina ou ainda mantendo o equilíbrio

entre a perda da argila fina e grossa. Para o horizonte subjacentes foi observado maior teor de argila grossa em relação a argila fina. Essas tendências sugerem que a gênese das lamelas deve-se predominantemente a redistribuição da argila fina a curta distância, restringindo-se ao próprio horizonte com pouca contribuição dos horizontes sobrejacentes.

Tabela 10: Separação da argila fina e grossa das lamelas, entre lamelas e horizontes dos solos estudados no município de São João-PE

Horizonte/ Lamelas/ Entre Lamelas	Argila grossa	Argila fina	AGF/AGG	AGF/AGT
%				
Perfil 1 – Neossolo Regolítico				
Ap	51	49	0,95	0,49
1º C. L.	34	66	1,96	0,66
2º C. L.	31	69	2,27	0,69
3º C. L.	34	66	1,94	0,66
E.L.	49	51	1,02	0,51
C ₂	62	38	0,60	0,38
Perfil 2- Neossolo Regolítico				
Ap	36	64	1,78	0,64
C.L	33	68	2,08	0,68
E.L.	42	59	1,41	0,59
C ₂	52	48	0,92	0,48
Perfil 3 – Neossolo Regolítico				
Ap	47	53	1,11	0,53
1º C.L	47	54	1,15	0,54
2º C. L.	43	58	1,35	0,58
3º C. L.	35	66	1,90	0,66
E. L.	62	39	0,63	0,39
C ₂	71	30	0,42	0,30

AGF- Argila fina; AGG- Argila grossa; AGT- Argila total.

4.6 ATRIBUTOS SEDIMENTOLÓGICOS

A estatística da distribuição do tamanho das partículas para os solos da litotoposequência (Apêndice), foi obtida a partir dos resultados do fracionamento da areia total em areia muito grossa, grossa, média, fina e muito fina. Com auxílio do programa de computador SysGran (CAMARGO, 2006), foram obtidos o diâmetro médio, o grau de seleção, a assimetria e a curtose seguindo o métodos de Folk e Ward (1967).

Os dados indicam o predomínio de areia média e grossa distribuídos aleatoriamente dentro da litotoposequência. O desvio padrão de 1,05 a 1,37, caracteriza o grau de seleção pobremente selecionado, ou seja, dentro da litotoposequência existe uma ampla variedade no tamanho das partículas do grão areia.

Em geral foi observado o predomínio de assimetria aproximadamente simétrica para as amostras da litotoposequência, contudo, nas camadas de 110-150 cm, no segmento 2, e em superfície (0-20 cm) de praticamente todo o segmento 4, foi observada assimetria positiva, por conta do aumento nos teores da fração areia fina nesta amostras.

Os valores médios da curtose dos solo da litotoposequência variaram de platicúrtica a mesocúrtica, indicando a baixa seletividade de grãos e uma mistura das várias frações dentro da areia (PONÇANO, 1986).

Na análise estatística da distribuição granulométrica da areia separada em cinco frações não foram observadas diferenças sedimentológicas importantes entre horizontes e camadas ao longo da litotoposequência, assim como na zona de lamelas e de entre lamela. Assim, por esta análise descarta-se a possibilidade dos sedimentos controlando os locais preferências para a formação de lamelas.

Para todos os perfis da litotoposequência foi observado a areia média como fração predominante dentro da areia (Tabela 11), com exceção dos horizontes A e C1 do perfil P2, e dos horizontes BA e Bt do perfil P4, nos quais

predominam areia grossa (AG). Isto pode ser mais bem visualizado nos gráficos das relações AG/AF e AG/AMF, apresentados no item anterior.

Tabela 11. Parâmetros da estatística da distribuição granulométrica da fração areia total separada em cinco frações, nos perfis estudados

Horizonte	Profundidade (cm)	Classificação		Grau de Seleção		Assimetria		Curtose		
P1 – Neossolo Regolítico										
A	0-18	1,1	A.M	1,2	P.S	0,11	P.	0,90	Me	
C ₁	18-47	1,2	A.M	1,2	P.S	0,02	A.S	0,89	PI	
C ₂	47-82	1,3	A.M	1,2	P.S	0,05	A.S	0,97	Me	
C ₃	82-110	1,3	A.M	1,2	P.S	0,02	A.S	0,89	PI	
C ₄	110-140	1,5	A.M	1,3	P.S	-0,06	A.S	0,88	PI	
C ₅	1,40-1,80	1,2	A.M	1,4	P.S	0,00	A.S	0,81	PI	
Cr	1,80 -2,20	1,0	A.M	1,3	P.S	0,11	P	0,85	PI	
P2 – Neossolo Regolítico										
Ap	0-20	1,0	A.G.	1,3	P.S	0,15	P	0,85	PI	
C ₁	20-42	0,9	A.G.	1,3	P.S	0,19	P	0,84	PI	
C ₂	42-105	1,5	A.M.	1,2	P.S	-0,05	A.S	0,91	Me	
C ₃	105-150	1,5	A.M.	1,3	P.S	-0,08	A.S	0,88	PI	
C ₄	150-166	1,3	A.M.	1,4	P.S	-0,05	A.S	0,83	PI	
C ₅	166-195	1,3	A.M.	1,3	P.S	0,09	A.S	0,87	PI	
P3 – Neossolo Regolítico										
Ap	0-20	1,4	A.M.	1,2	P.S	0,03	A.S	0,92	Me	
C ₁	20-100	1,4	A.M.	1,2	P.S	0,00	A.S	0,92	Me	
C ₂	100-115	1,5	A.M.	1,3	P.S	-0,05	A.S	0,89	PI	
C ₃	115-140	1,4	A.M.	1,3	P.S	-0,01	A.S	0,88	PI	
C ₄	140-190	1,0	A.M.	1,3	P.S	0,11	P.	0,85	PI	
P4 – Argissolo Acinzentado										
Ap	0-18	1,4	A.M.	1,2	P.S	-0,01	A.S	0,91	Me	
BA1	18-74	1,2	A.M.	1,2	P.S	0,05	A.S	0,88	PI	
BA2	74-115	0,9	A.G.	1,4	P.S	0,20	P.	0,77	PI	
Bt	115-145 +	0,9	A.G.	1,2	P.S	0,11	P.	0,89	PI	

A.M- Areia média; A.G – Areia Grossa; P.S- Pobremente selecionado; A.S Aproximadamente simétrico; P- Positivo; Me- Mesocurtica; PI- Platicurtica.

A análise estatística realizada para o fracionamento de amostras de lamelas e entre-lamelas (Tabela 12) mostrou diâmetro médio variando entre 1,0 e 1,39, predomínio de areia média; desvio padrão entre 1,17 e 1,28, apresentando grau de seleção pobremente selecionado; assimetria aproximadamente simétrica; e curtose entre mesocurtica e platicurtica. Ressalta-se que esta análise não mostrou diferenças sedimentológicas entre as zonas de lamelas daquelas entre-lamelas.

Tabela 12. Parâmetros estatísticos da distribuição de grãos de areia das lamelas e entre-lamelas separadas em cinco frações

Lamelas/Entre lamelas	Diâmetro		Grau de seleção		Assimetria	Curtose		
	Médio							
P1- Neossolo Regolítico								
1º C. L.	1,02	A.M	1,17	P.S	0,07	A.S	0,91	Me
2º C. L.	1,32	A.M	1,19	P.S	-0,01	A.S	0,88	PI
3º C. L.	1,25	A.M	1,2	P.S	0,00	A.S	0,88	PI
E. L.	1,29	A.M	1,18	P.S	0,02	A.S	0,92	Me
P2 – Neossolo Regolítico								
C. L.	1,15	A.M.	1,17	P.S	0,04	A.S	0,91	Me
E. L.	1,29	A.M	1,18	P.S	-0,01	A.S	0,89	PI
P3 – Neossolo Regolítico								
1º C. L.	1,26	A.M	1,25	P.S	0,04	A.S	0,90	Me
2º C. L.	1,34	A.M	1,22	P.S	0,01	A.S	0,91	Me
3º C. L.	1,31	A..M	1,29	P.S	0,01	A.S	0,87	PI
E. L.	1,39	A.M	1,21	P.S	0,02	A.S	0,91	Me

A.M- Areia média; P.S- Pobremente selecionado; A.S- Aproximadamente simétrica; Me- Mesocurtica; PI- Platicurtica;

Tendo em vista que a separação da areia em 5 frações não indicou diferenças sedimentológicas na fração areia total, esta fração dos perfis foi separada em 12 frações na tentativa de observar o predomínio de um determinado diâmetro de partícula com a formação das lamelas. Esses dados são apresentados na Tabela 13.

Com este fracionamento mais detalhado a areia total, de maneira geral, foi observado diâmetro de grão entre médio e grossos; desvio padrão entre 0,92 a 1,32, caracterizando um grau de seleção pobremente e moderadamente selecionado; e curtose variando entre mesocúrtica e platicúrtica (Tabela 13).

Tabela 13. Parâmetros estatísticos da distribuição de grãos de areia separada em 12 frações para os horizontes dos perfis estudados

Horizonte	Profundidade (cm)	Diâmetro Médio		Grau de Seleção		Assimetria		Curtose	
P1 – Neossolo Regolítico									
A	0-18	1,03	A.M	1,18	P.S	0,10	P	0,96	Me
C1	18-47	1,35	A.M	1,15	P.S	0,00	A.S	0,90	Me
C2	47-82	0,82	A.G	0,96	M.S	-0,19	N	0,86	PI
C3	82-110	0,87	A.G	0,92	M.S	-0,18	N	0,87	PI
C4	110-140	0,95	A.G	1,12	P.S	-0,13	N	0,92	Me
C5	1,40-1,80	0,98	A.G	1,30	P.S	-0,14	N	0,86	PI
Cr	1,80 -2,20	1,01	A.M	1,31	P.S	0,16	P	0,82	PI
P2 – Neossolo Regolítico									
Ap	0-20	0,98	A.G	1,182	P.S	0,05	A.S	0,89	PI
C1	20-42	0,83	A.G	0,9392	M.S	-0,15	N	0,94	Me
C2	42-105	0,87	A.G	0,994	M.S	-0,09	A.S	0,88	PI
C3	105-150	1,13	A.M	1,256	P.S	0,02	A.S	0,79	PI
C4	150-166	0,66	A.G	1,381	P.S	0,076	A.S	0,84	PI
P3 – Neossolo Regolítico									
Ap	0-20	0,94	A.G	1,009	P.S	-0,01	A.S	0,97	Me
C1	20-100	1,34	A.M	1,236	P.S	0,06	A.S	0,93	Me
C2	100-115	1,26	A.M	1,125	P.S	-0,14	N	0,88	PI
C3	115-140	0,93	A.G	1,098	P.S	-0,04	A.S	0,82	PI
C4	140-190	0,93	A.G	1,098	P.S	-0,04	A.S	0,82	PI
P4 – Argissolo Acinzentado									
Ap	0-18	0,80	A.G	1,036	P.S	0,05	A.S	0,86	PI
BA1	18-74	1,17	A.M	1,201	P.S	0,01	A.S	0,89	PI
BA2	74-115	0,73	A.G	1,312	P.S	-0,13	N	0,87	PI
Bt	115-145 +	0,73	A.G	1,115	P.S	0,05	A.S	0,95	Me

A.M- Areia média; A.G- Areia grossa; P.S- Pobremente selecionado; M.S- Moderadamente Simétrico; P- Positivo; A.S – Aproximadamente simétrico; N- Negativo; Me- Mesocúrtica; PI- Platicúrtica.

Quanto a assimetria foi observado o predomínio da classificação de aproximadamente simétrica para os horizontes dos perfis, contudo, alguns horizontes possuem especificidades. O P1 apresenta assimetria positiva no horizonte Ap, aproximadamente simétrico no horizonte C, e assimetria negativa nos horizontes C₂ a C₅. O P2, apresenta assimetria aproximadamente simétrica no horizonte Ap, negativa no horizonte C₁, e aproximadamente simétrica no horizonte C₂ ao C₄. Para o P3, assimetria negativa foi observada apenas no

horizonte C₂, abaixo do horizonte que ocorrem as lamelas, nos demais horizontes a assimetria foi observada como aproximadamente simétricos. Os horizontes C₂ do P1, e C₁ do P2, segundo os atributos morfológicos apresentam menor expressividade de lamelas, e apresentam assimetria negativa, indicando o predomínio da fração areia mais fina (Tabela 14). Neste sentido, pode-se prever que apesar de não existir variações dentro da litotoposequência, os perfis 1, 2 e 3, apresentam dinâmica hídrica distintas, principalmente quanto aos horizontes com lamelas e os supra e subjacentes, uma vez que a tendência entre as frações mais finas ora a tendência das frações mais grossas.

A fração areia grossa, apresenta baixo poder de retenção de água, muito permeável e desprovida de plasticidade, apresentando-se solta e pouco coesa quando seca. A areia fina apresenta propriedades intermediárias entre a areia grossa e o silte, por promover arranjo que influencia na condução de água ou na retenção da mesma. Assim, o comportamento físico de solos arenosos varia de acordo com a granulometria da fração areia (RIVA, 2005), implicando, entre outras coisas, em um menor diâmetro na rede capilar (que possibilita uma maior retenção de água entre às partículas do solo), e no melhor arranjo de suas partículas, proporcionando movimento mais lento da solução do solo (PARAHYBA, 2014).

Os valores médios da curtose variaram, em geral, de platicúrtica a mesocúrtica, isto é, a distribuição das frações areia (subdivididos em 12 frações) apresentam frequências próximas, não distinguindo do fracionamento das 5 (cinco) frações.

A areia total das lamelas e entre lamelas também foram separadas em 12 frações, mas não foram observadas diferenças quanto ao fracionamento em cinco frações, sendo as mesmas predominantemente areia média, com grau de seleção pobremente selecionado, e aproximadamente simétricas, com distribuição das frações entre mesocúrtica e platicúrtica.

Tabela 14. Parâmetros estatísticos da distribuição de grãos da areia separada em 12 frações para as lamelas e entre-lamelas

Lamelas/ Entre lamelas	Diâmetro Médio		Grau de Seleção		Assimetria	Curtose			
Perfil 1 – Neossolo Regolítico									
1º C. L.	1,16	A.M	1,08	P.S	0,01	A.S	0,96	Me	
2º C. L.	1,14	A.M	1,08	P.S	0,01	A.S	0,95	Me	
3º C. L.	1,16	A.M	1,16	P.S	-0,01	A.S	0,68	PI	
E. L.	1,19	A.M	1,14	P.S	0,06	A.S	0,95	Me	
Perfil 2 – Neossolo Regolítico									
C. L.	1,35	A.M	1,21	P.S	0,03	A.S	0,92	Me	
E. L.	1,16	A.M	1,15	P.S	0,05	A.S	0,95	Me	
Perfil 3 – Neossolo Regolítico									
1º C. L.	1,45	A.M	1,16	P.S	0,01	A.S	0,96	Me	
2º C. L.	1,25	A.M	1,26	P.S	0,07	A.S	0,94	Me	
3º C. L.	1,26	A.M	1,29	P.S	0,06	A.S	0,84	PI	
E. L.	1,41	A.M	1,23	P.S	0,02	A.S	0,90	Me	

A.M- Areia média; P.S – Pobremente selecionado; A.S- Aproximadamente simétrico; Me- Mesocúrtica; PI- Platicúrtica.

4.7 ATRIBUTOS FÍSICO-HÍDRICOS

4.7.1 DENSIDADE DE FLUXO

A densidade de fluxo (q) dos horizontes com lamelas e os sub e sobrejacentes dos perfis 1, 2, e 3 e dos horizontes superficiais do P4 são apresentados nas Figuras 6, 7, 8 e 9, respectivamente.

Para todos os perfis, seus horizontes apresentaram maior q no início e após saturação permaneceram constantes. Os maiores valores iniciais são ocasionados pela baixa umidade inicial do solo, indicando média a alta permeabilidade dos solos, conforme verificado por Santos e Araújo Filho (2008) em solos arenosos.

O horizonte Ap do P1 (Figura 6) apresentou algumas oscilações, antes da estabilização da velocidade de infiltração. O horizonte C₁ do mesmo perfil inicialmente apresentou fluxo próximo a 0,6 mm s⁻¹, com o passar do tempo, decresceu até obter valor próximo ao horizonte Ap (0,14 mm s⁻¹). As oscilações de picos, antes da estabilização no C₁, são ocasionadas provavelmente pela presença de lamelas. A diferença granulométrica e a microestrutura mais compactada das lamelas em relação a entre-lamela (Tabela 19), podem diminuir a velocidade de infiltração, contudo, após a saturação das lamelas foram observados aumentos da velocidade e estabilização do fluxo. O menor valor da condutividade hidráulica saturada (K_{sat}) (Tabela 15) no horizonte C₂ (subjacente aos horizontes com lamelas) indica menor velocidade de infiltração quando comparado aos horizontes superiores.

O comportamento da densidade de fluxo para os horizontes do P2 (Figura 6) são distintos do P1. Os horizontes Ap e C₂ possuem K_{sat} similares (Tabela 15), com mesma tendência da curva de infiltração. O horizonte C₁ inicialmente apresentou maior densidade de fluxo, contudo estabiliza a valores inferior aos horizontes Ap e C₂. Apesar da maior presença da fração areia grossa e, conseqüentemente, maior macroporosidade, esse perfil possui um arranjo mais denso, como observado a partir da micromorfologia (Tabela

19), reduzindo a infiltração de água, por apresentar áreas mais fechadas. Dessa forma, a velocidade de infiltração não é controlada apenas pela presença de determinadas frações, mas como as mesmas estão distribuídas.

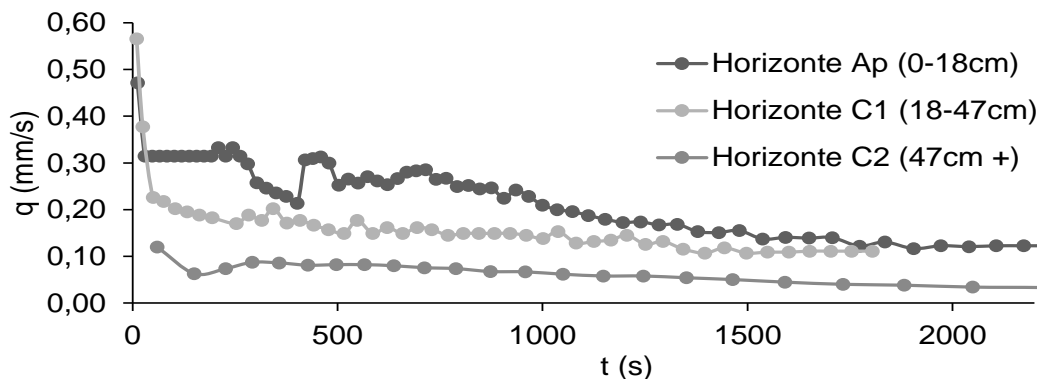


Figura 6 : Densidade de fluxo (q) dos horizontes do Perfil 1, localizado no município de São João-PE.

Jacinto et. al. (2006) discorrem a respeito dos Latossolos do Distrito Federal, que apesar de apresentarem até mais de 50% de argila, possuem permeabilidade de solos arenosos, consequência ao padrão de arranjo das partículas primárias do solo (areia, silte e argila) em se organizar em unidades estruturais compostas, denominadas de agregados esféricos e microagregados. A condutividade hidráulica saturada de um solo é determinada pela geometria e continuidade dos poros preenchidos com água, tornando-se dependente da forma, quantidade, distribuição e continuidade dos mesmos (MESQUITA; MORAES, 2004).

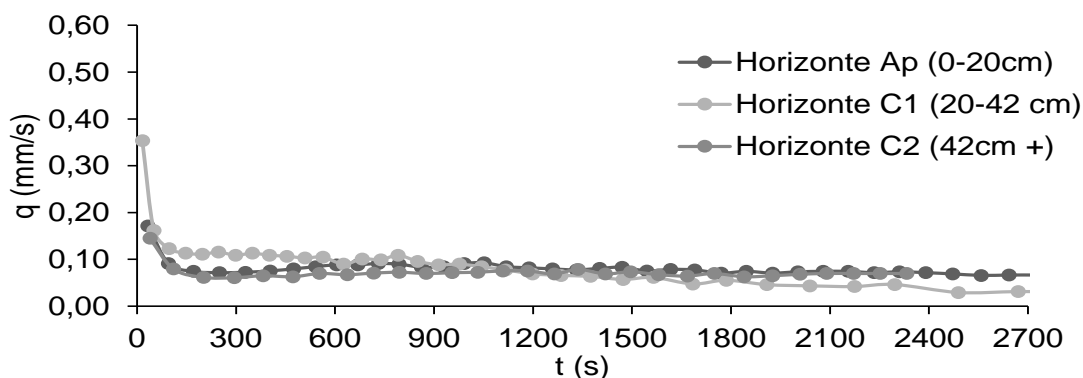


Figura 7: Densidade de fluxo (q) dos horizontes do Perfil 2, localizado no município de São João-PE.

Quando comparadas a q (mm s^{-1}) dos perfis 1 e 2, observa-se que o P1 está sujeito a fluxos mais intensos do que o P2, sendo que os valores da Ksat (Tabela 15), representam bem essa diferença. Uma similaridade nos horizontes C₂ do P1 e C₁ do P2, refletem uma redução na infiltração de água. Essa menor infiltração provavelmente influencia no menor desenvolvimento das lamelas, uma vez que o fluxo lento promove menor arraste das partículas de argilas. Apesar do maior teor da fração areia grossa no horizonte Ap do P2 (Figura 2-A), este apresenta menores valores iniciais de infiltração quando comparado ao Ap do P1.

Tabela 15. Condutividade hidráulica saturada (Ksat) de horizontes selecionados de Neossolos Regolíticos (P1, P2 e P3) e Argissolo Acinzentado (P4), no município de São João-PE

Horizonte	Ksat (mm d^{-1})
P1- Neossolo Regolítico	
Ap	8640
C ₁	9504
C ₂	2592
P2- Neossolo Regolítico	
Ap	6048
C ₁	2592
C ₂	6048
P3- Neossolo Regolítico	
Ap	6048
C ₁	4320
P4 - Argissolo Acinzentado	
Ap	6048
BA	2592

Os maiores teores de argila e matéria orgânica no horizonte desses perfis em relação aos demais, provavelmente estão controlando essa redução, promovendo maior agregação ao solo. A matéria orgânica apresenta importância na estrutura dos solos, com influência na velocidade de infiltração de água no solo (BRANDÃO et al., 2009).

O horizonte Ap do P3 (Figura 7) inicialmente apresenta uma velocidade de infiltração de $0,33 \text{ mm s}^{-1}$, estabilizando a valores de $0,07 \text{ mm s}^{-1}$. O C₁ do mesmo perfil apresenta uma baixa densidade de fluxo, com poucas oscilações

(picos crescentes e decrescentes) antes da estabilização a $0,05 \text{ mm s}^{-1}$. Este fato pode estar relacionado a maior espessura das lamelas, e também, a suas formas mais conectadas, que torna mais eficiente a infiltração/distribuição da água nesse solo, apresentando comportamento diferente aos demais perfis, principalmente na distribuição de poros (Tabela 16).

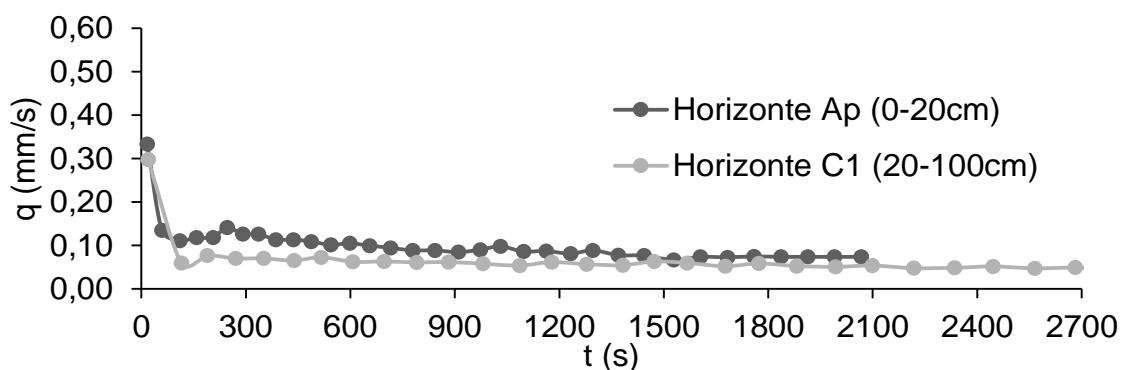


Figura 8. Densidade de fluxo (q) dos horizontes do Perfil 3, localizado no município de São João-PE.

O P4 (Figura 8) apresentou valores de q (mm s^{-1}) do Ap similar ao mesmo horizonte dos demais perfis, com K_{sat} de 6.048 mm d^{-1} . O horizonte BA apresentou inicialmente densidade de fluxo de $0,23 \text{ mm s}^{-1}$, mas com K_{sat} baixa (2.529 mm d^{-1}). Esses baixos valores da velocidade de infiltração são consequência, provavelmente, da estrutura extremamente dura e compactada, como observado a partir dos atributos morfológicos (Tabela 2). Esse tipo de estrutura implica em uma lenta infiltração (PANACHUKI et al., 2006).

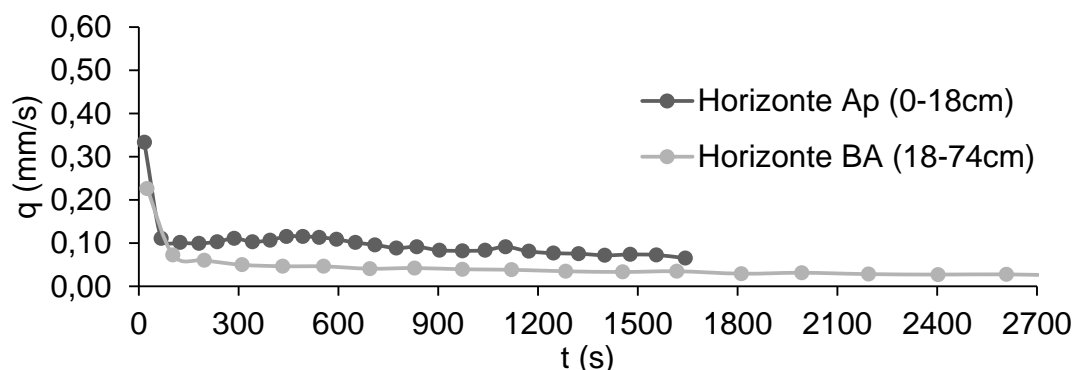


Figura 9. Densidade de fluxo (q) dos horizontes do Perfil 4, localizado no município de São João-PE.

4.7.2 UMIDADE VOLUMÉTRICA E POTENCIAL MATRICIAL MEDIDOS EM CAMPO

Os valores referentes as umidades volumétricas (θ), em diferentes camadas (20 cm (θ_1), 40 cm (θ_2), 60 cm (θ_3), 80 cm (θ_4) e 100 cm (θ_5)) do P3, e da precipitação pluvial são apresentados na Figura 9.

De forma geral observa-se que as variações na θ seguem as variações da precipitação pluvial. Após eventos de chuvas, há aumento da θ nas camadas superficiais do solo (20 e 40 cm), e com o avanço do tempo e redução das chuvas ocorre uma redução da umidade do solo. Este efeito é resultado do menor Ψ_m nas camadas mais subsuperficiais (60 (Ψ_{m3}), 80 (Ψ_{m4}) e 100 cm (Ψ_{m5})), em relação aos superficiais (20 cm (Ψ_{m1}) e 40 cm (Ψ_{m2})) (Figura 9), que tendem a movimentar a água pela diferença no gradiente e a evapotranspiração ocasionado pelo uso agrícola desses solos. Segundo Silva et al. (2014), a atuação conjunta dos componentes atmosféricos e do sistema radicular é responsável pela retirada de água, assim explicando a maior variação dos valores de umidade volumétrica nas camadas mais superficiais.

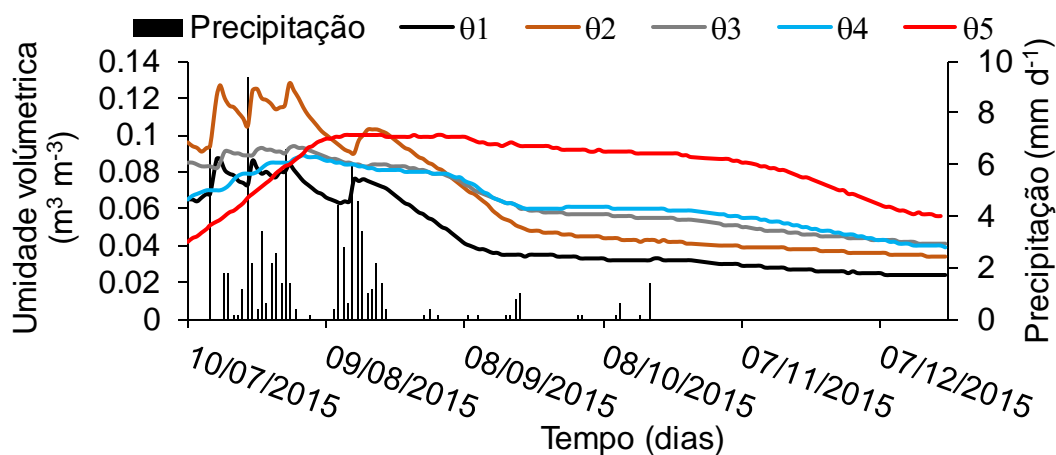


Figura 10. Evolução diária da umidade volumétrica do solo e da precipitação pluvial no período de 10/07/2015 a 21/12/2015, para o P3 no município de São João-PE.

O maior potencial matricial em subsuperfície (Figura 10) no fim do período de chuvas indica o movimento da água de cima para baixo, dado o movimento de água influenciado pelo gradiente de energia (ARRAES, 2014). Os efeitos da redução da umidade são menos pronunciados nas camadas mais subsuperficiais e tendem a favorecer o acúmulo de umidade neste perfil, como pode ser observado na profundidade de 100 cm (Figura 9). A quebra de conectividade entre poros ocasionada pela textura areia das zonas entre lamelas, desfavorece ascensão capilar de água, resultando no maior acúmulo de água em profundidade, favorecendo a maiores valores de umidade. Esse acúmulo de umidade na profundidade de 100 cm justifica os mosqueados descritos na morfologia (Tabela 2).

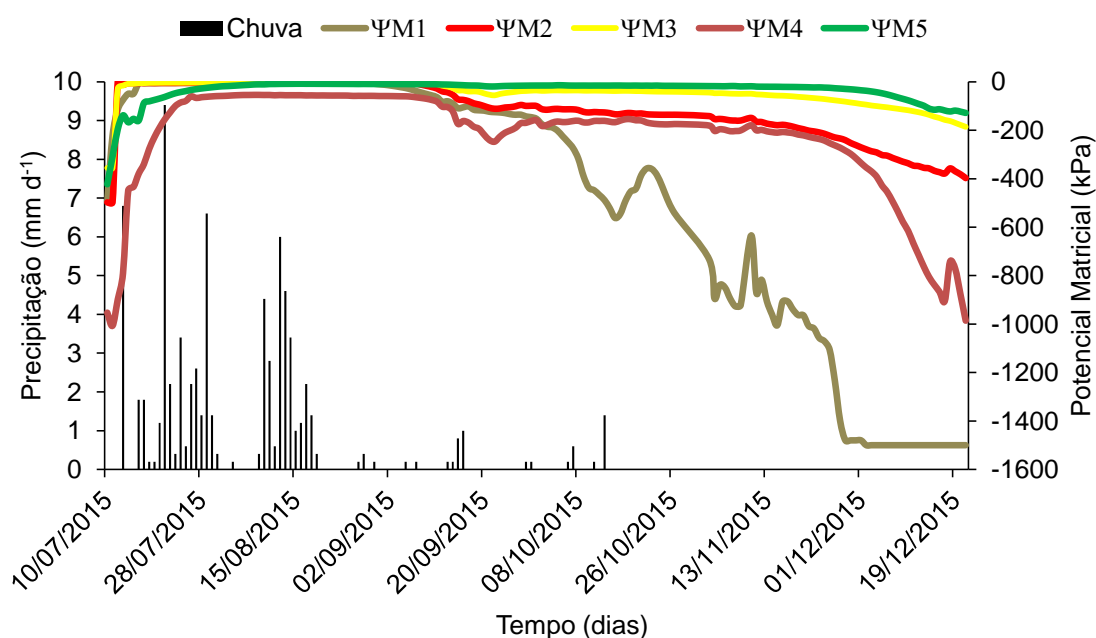


Figura 11. Evolução diária do potencial matricial e da precipitação pluvial no período de 10/07/2015 a 21/12/2015, para o P3 no município de São João-PE.

Como uma forma de melhor ilustrar esse acúmulo de água nas camadas mais profundas, são apresentados perfis de umidade do solo (Figura 12) em três dias característicos, sendo eles: I- 11/07/2015, dia anterior ao período de chuvas; II- 17/08/2015, dia do período chuvoso e III- 25/10/2015, dia após decorridos 20 dias dos eventos de chuvas.

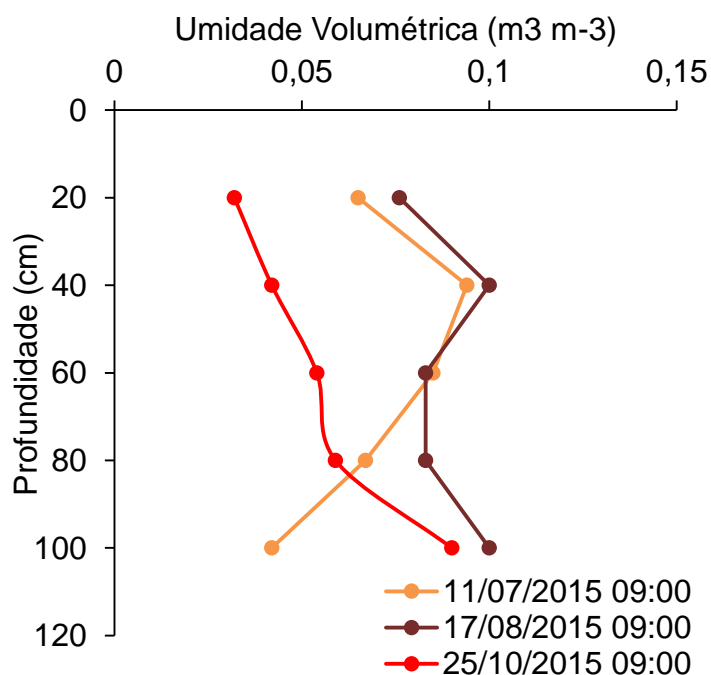


Figura 12. Perfil de umidade volumétrica do solo, referente ao P3 nos dias 11/07/2015; 17/08/2015 e 25/10/2015 em diferentes condições de precipitação, no município de São João-PE.

Observa-se no dia 11/07/2015 que a umidade foi maior nas camadas mais superficiais, sendo que na profundidade de 100 cm a umidade volumétrica foi menor que $0,05 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$; já no período chuvoso (dia 17/08/2015) a umidade aumentou em todas as profundidades e em 100 cm foi o dobro do dia anterior. No período de secamento do solo (25/10/2015) observa-se que a umidade diminuiu consideravelmente nas camadas mais superficiais, porém se manteve próximo de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na profundidade de 100 cm.

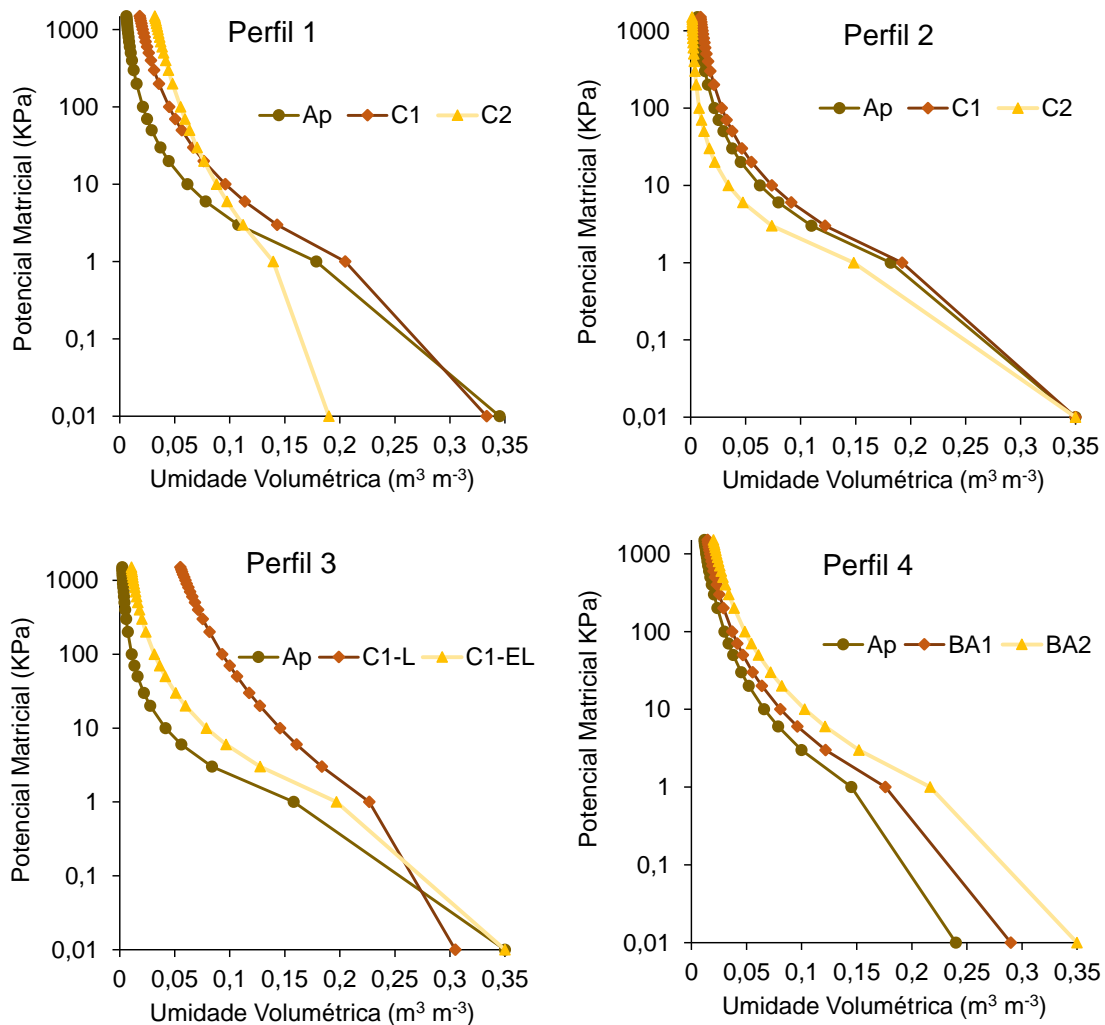
A manutenção da umidade em profundidade após os eventos de chuvas é semelhante ao dia com a presença de chuvas. Este comportamento indica a manutenção da umidade em profundidade para esse perfil, mesmo após dias de estiagem.

Esses resultados influenciam a promoção da maior mobilização de argilas nesse segmento. Segundo Kjaergaard et al. (2004) e Majdlani et al. (2008), a manutenção da umidade é propícia ao menor desenvolvimento das forças de Van der Waals e possibilitam maiores chances de argiluviação.

Justificando possivelmente o porquê desse segmento apresentar maior quantidade de lamelas em profundidade (segmento mais móvel).

4.7.3 CURVAS DE RETENÇÃO DE ÁGUA E DISTRIBUIÇÃO DA POROSIDADE DOS SOLOS

As curvas de retenção dos quatro perfis são apresentadas na Figura 13.



* C1-L - Horizonte C1 na lamela; C1-EL – Horizonte C1 na região entre lamelas;

Figura 13. Curvas de retenção de Neossolos Regolíticos (P1, P2 e P3) e Argissolo Acinzentado (P4) localizados no município de São João-PE.

O horizonte Ap de todos os perfis apresentou menor retenção de água, consequência do menor teor de argila nesses horizontes. A maior retenção ocasionada no Ap do P2, em relação aos demais horizontes, é efeito dos maiores valores do COT nesse horizonte (Tabela 3).

De modo geral, uma similaridade foi observada entre o P1 e P2. A manutenção de água em altas pressões é superior no C₂ do P1 em relação ao horizonte com lamelas (C₁), o contrário é verificado no P2, em que o horizonte com lamelas apresenta maior retenção. O P3 apresentou uma retenção de água diferente quando comparado ao P1 e P2. No P3 foi observado maior retenção de água das lamelas em relação a matriz adjacente (entre-lamelas). Neste perfil, as lamelas apresentaram-se mais espessas e nítidas quando comparados aos anteriores, aliados a este fato a maior contribuição de areia fina e areia muito fina no segmento 3 (Figura 2-A,C), proporcionam aumento na retenção de água. Parahyba (2013) relacionou o aumento da retenção de água em solos arenosos em função do maior teor de areia muito fina, silte e argila, que juntas contribuem para a maior quantidade de microporos e, conseqüentemente, aumento na capacidade de retenção de água.

O P4 apresenta aumento na retenção de água com o acréscimo dos teores de argila. Apesar do incremento em argila no BA do P4, o mesmo apresenta redução na retenção quando comparado ao C₁-L do P3.

Para os perfis 1, 2 e 3, quando comparados apenas os horizontes com lamelas (Figura 14), observou-se que o aumento na retenção da água ocorreu no C₁-L do P3. A retenção na zona entre lamela é muito próxima aos horizontes C₁ do P1 e P2. Contudo, foi observado maior retenção no P1, que possui lamelas mais bem desenvolvidas, quando comparados ao P2.

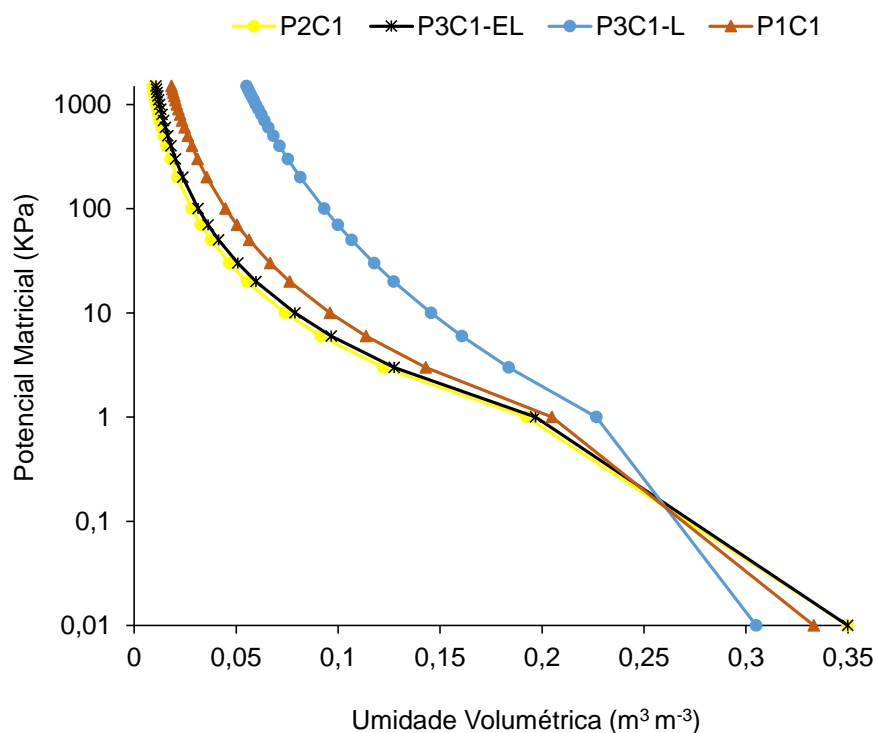


Figura 14. Curvas de retenção dos horizontes com lamelas (P1C₁, P2C₁ e P3L) e entre lamela do P3, localizados no município de São João-PE.

A capacidade de campo (CC) nas tensões de 10 kPa e de 33 kPa, o ponto de murcha permanente (PMP), bem como a água disponível (AD) respectiva à cada tensão utilizada na CC encontram-se na Tabela 16. Apesar de não existir um ponto consensual sobre qual a tensão a ser utilizada para cada tipo de solo (KIRKHAN, 2005), a maioria dos trabalhos estabelece que o potencial para determinação da capacidade de campo é 10 kPa (0,1 bar) para solos arenosos e 33 kPa (0,33 bar) para solos argilosos. Parahyba (2013), estudando solos arenosos, atribui os valores referentes a capacidade de campo entre ambos potenciais, uma vez que a capacidade de campo determinada *in situ* apresenta valores inferiores aos determinados em laboratório na tensão de 10 kPa, porém superiores aos de 33 kPa. Assim, ambas as tensões são utilizadas para indicar a capacidade de campo neste trabalho.

Tabela 16. Capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível de Neossolos Regolíticos (P1, P2 e P3) e Argissolos Acinzentado (P4) localizados no município de São João-PE

Hor.	Z (cm)	CC		PMP	AD		AD		
		10kPa	33kPa	1500kPa	AD ₁	AD ₂	AD ₁	AD ₂	
		%							Mm
P1- Neossolo Regolítico									
Ap	18	6,1	3,7	0,6	5,5	3,1	10	6	
C1	29	9,6	6,6	1,8	7,8	4,8	23	14	
C2	35	8,8	7	3,2	5,6	3,8	20	13	
P2- Neossolo Regolítico									
Ap	20	6,3	3,8	0,6	5,7	3,2	11	6	
C1	22	7,4	4,7	0,9	6,5	3,8	14	8	
C2	63	3,4	1,7	0,1	3,3	1,6	21	10	
P3- Neossolo Regolítico									
Ap	20	4,1	2,2	0,2	3,9	2	8	4	
C1 L	18	14,6	11,8	5,5	9,1	6,3	16	11	
C1 EL	72	7,9	5,1	1,1	6,8	4	49	29	
P4- Argissolo Acinzentado									
Ap	18	6,6	4,5	1,2	2,1	3,3	10	6	
BA1	56	8,1	5,6	1,5	2,5	4,1	37	23	
BA2	41	10,3	7,2	2	3,1	5,2	34	21	

A CC para ambas as tensões (10kPa e 33kPa), quando comparados entre os horizontes dos perfis 1, 2 e 3, apresentou os maiores valores para os horizontes com a presença de lamelas, provavelmente consequência do arranjo das lamelas como identificados na micromorfologia desses horizontes (Tabela 19). Novamente a expressão das lamelas justifica os maiores valores da CC, uma vez que o P2 apresentou menor valor da CC. O horizonte C₂ do P1, apresenta comportamento muito próximo ao C₁ do mesmo perfil. Esses dados corroboram com os resultados observados nas curvas de retenção (Figura 13), onde o C₂ apresenta nas altas tensões maior retenção de água.

Muitos são os fatores que afetam a retenção de água no solo, principalmente a granulometria e a estrutura (REICHARDT, 1990). A areia, fração dominante, possui reduzida capacidade de retenção de água (BUCKMAN & BRADY, 1979), causada pelo grande espaço entre as partículas e rápido escoamento de água de percolação.

Os valores da AD seguem a tendência da CC e PMP, apresentando-se superiores nas lamelas, com exceção do P2, que por apresentar maior espessura, foi observado um aumento no conteúdo de água no horizonte C₂. O P3 apresentou maior AD quando comparados aos demais perfis, por influência das lamelas como da região entre lamelas. A maior proporção das frações areia fina e silte no segmento 3 (Figura 2C) tornam esse segmento diferencial aos demais, ocasionando maior retenção de água, além de estarem associados as lamelas de desenvolvimento expressivo. Parahyba (2013) discorre que o incremento de areia fina, areia muito fina, silte associados a argila favorecem maior retenção de água. Esses dados são corroborados com as pesquisas de Angleotti Netto, (2007), Resende e Rezende, (1983), Muggler et al. (1996) e Medeiros (1977).

Apesar do aumento na retenção de água das lamelas, a CC de todos os perfis mostra que os valores estão dentro dos limites para solos arenosos, como propostos por Vieira (1986). Segundo o autor, a capacidade de campo varia de 10 a 20% para solos arenosos, e de 35 a 50% para solos argilosos. Dessa forma, apesar do desenvolvimento de lamelas nos Neossolos Regolíticos, os mesmos não diferem abruptamente do contexto dos solos arenosos.

A dinâmica de água é influenciada diretamente pela distribuição do diâmetro de poros (Tabela 17). Observou-se o predomínio de macroporos, característico desses solos, porém, dentro dos horizontes com lamelas, os microporos predominam. Para o C₁ do P1 e P3, as lamelas apresentam mais de 50% dominados por microporos. A maior macroporosidade do P2 é justificada pelo maior teor de areia grossa nesse perfil, no entanto o arranjo do mesmo controla a velocidade de infiltração, diferente do C₁-L do P3, nos quais a velocidade é controlada pela maior microporosidade.

Tabela 17. Distribuição do tamanho dos poros (%) nos horizontes selecionados dos perfis de Neossolos Regolíticos (P1, P2 e P3) e Argissolo Acinzentado (P4) localizados no município de São João

Horizonte	Diâmetro dos Poros (μm)								
	>300 macroporos	300-100 Mesoporos	100-50	50-30	30--9	9—3	3-0,3	0,3-0,2	$\leq 0,2$ Microporos
P1 - Neossolo Regolítico									
Ap	12,8	6,2	2,9	1,8	3,2	2,0	3,5	0,1	0,9
C1	5,0	2,7	1,5	1,0	1,9	1,4	3,3	0,2	2,0
C2	6,8	7,2	3,0	1,7	2,7	1,4	1,9	1,0	0,2
P2- Neossolo Regolítico									
Ap	15,8	7,0	3,1	1,8	2,9	1,6	2,4	0,1	0,3
C1	20,2	7,4	2,6	1,3	1,8	0,8	0,7	0,0	0,0
C2	19,20	7,42	2,78	1,44	2,09	0,97	1,01	0,02	0,1
P3 - Neossolo Regolítico									
Ap	19,2	7,4	2,8	1,4	2,1	1,0	1,0	0,0	0,1
C1-L	7,8	4,3	2,3	1,5	3,0	2,2	5,5	0,3	3,5
C1-EL	15,3	6,9	3,1	1,8	3,0	1,7	2,6	0,1	0,4
P4 - Argissolo Acinzentado									
Ap	9,5	4,5	2,1	1,3	2,2	1,4	2,4	0,1	0,5
BA1	11,4	5,4	2,6	1,5	2,7	1,7	2,9	0,1	0,7
BA2	13,3	6,5	3,1	1,9	3,3	2,1	3,8	0,1	0,9

4.8 ATRIBUTOS MINERALÓGICOS

A assembleia mineralógica da fração areia e silte para os perfis estudo estão representadas na Figura 15.

Os espectros de DRX indicam semelhança mineralógica da fração areia entre os perfis 1, 2 e 3, compostos principalmente por quartzos (Qz) e feldspatos (Fd). Além desses minerais, as observações por meio de microscopia óptica permitiram a identificação dos plagioclásios Ca-Na (Pg) e micas (Mi) (provavelmente biotita) como componente da fração grossa desses solos. Esses últimos três minerais compõem a assembleia dos minerais primários facilmente intemperizáveis (MPFI), que superam os 4%. SANTOS et al. (2013) discorrem que apenas percentuais superiores a 4% resultaram em picos evidentes de feldspatos nos difratogramas, confirmando as observações macromorfológicas de campo e o enquadramento dos solos como Neossolos Regolíticos, segundo os critérios constantes no atual SiBCS (EMBRAPA, 2013). De acordo com CUNHA (2008), teores superiores a esse percentual de MPFI nas frações mais grossas proporcionam boa reserva de nutrientes as plantas.

A constituição do P4 difere dos demais perfis, no qual foram identificados por DRX apenas o Qz como principal constituinte na fração areia. Essa tendência não foi observada na fração silte (Figura 16), que se mostrou semelhante entre os perfis, sugerindo uniformidade da assembleia mineralógica ao longo da litopossequência. Além do Qz e Fd, os espectros de DRX dessa fração indicam a presença de micas (biotita) em todos os perfis. A presença desse mineral juntamente com os feldspatos expressa o baixo grau de desenvolvimento desses solos (SANTOS, 2012), promovido pela condição climática semiárida em que a topossequência estudada está inserida.

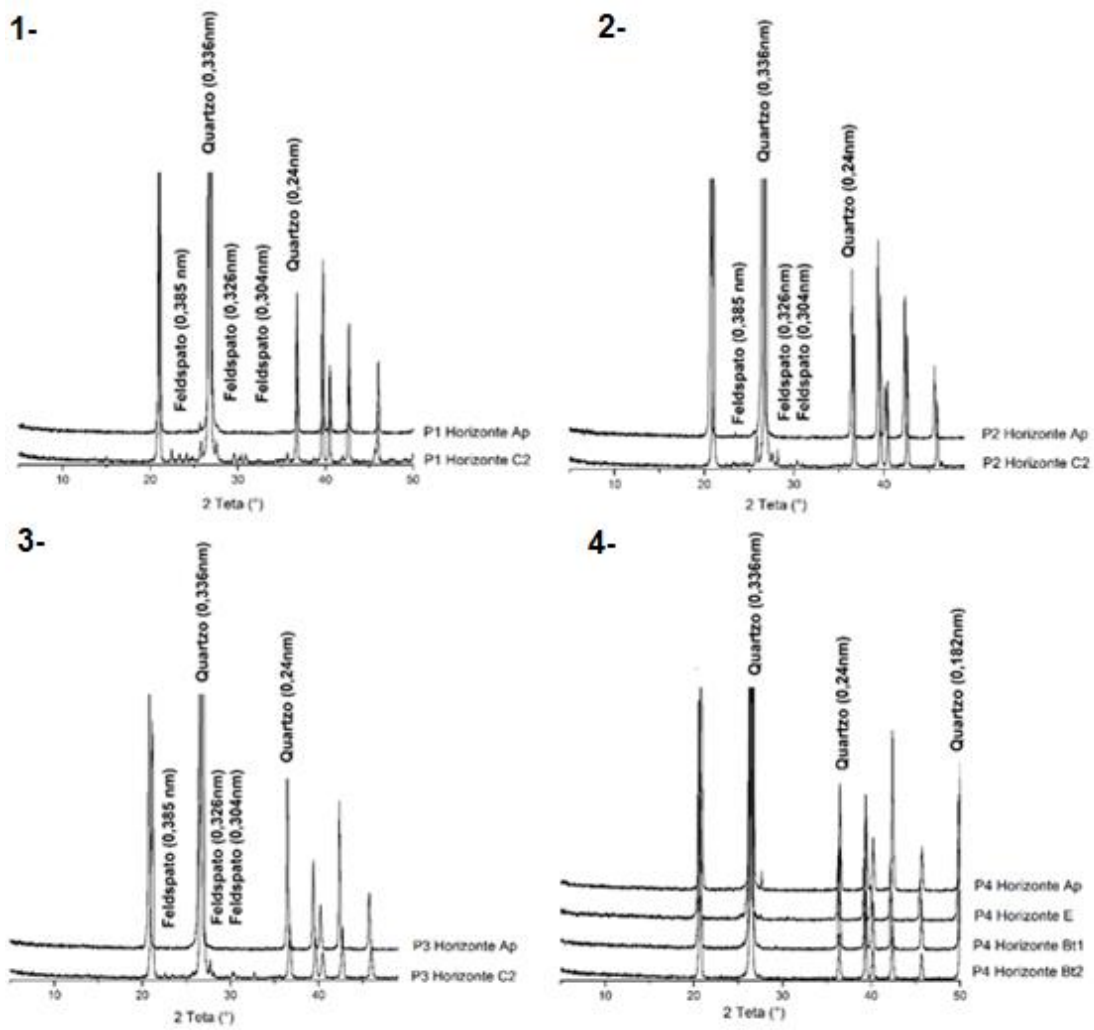


Figura 15. Difratogramas de Raios-X, da fração areia localizados no município de São João-PE, 1- Perfil 1; 2- Perfil 2; 3-Perfil 3; 4- Perfil 4.

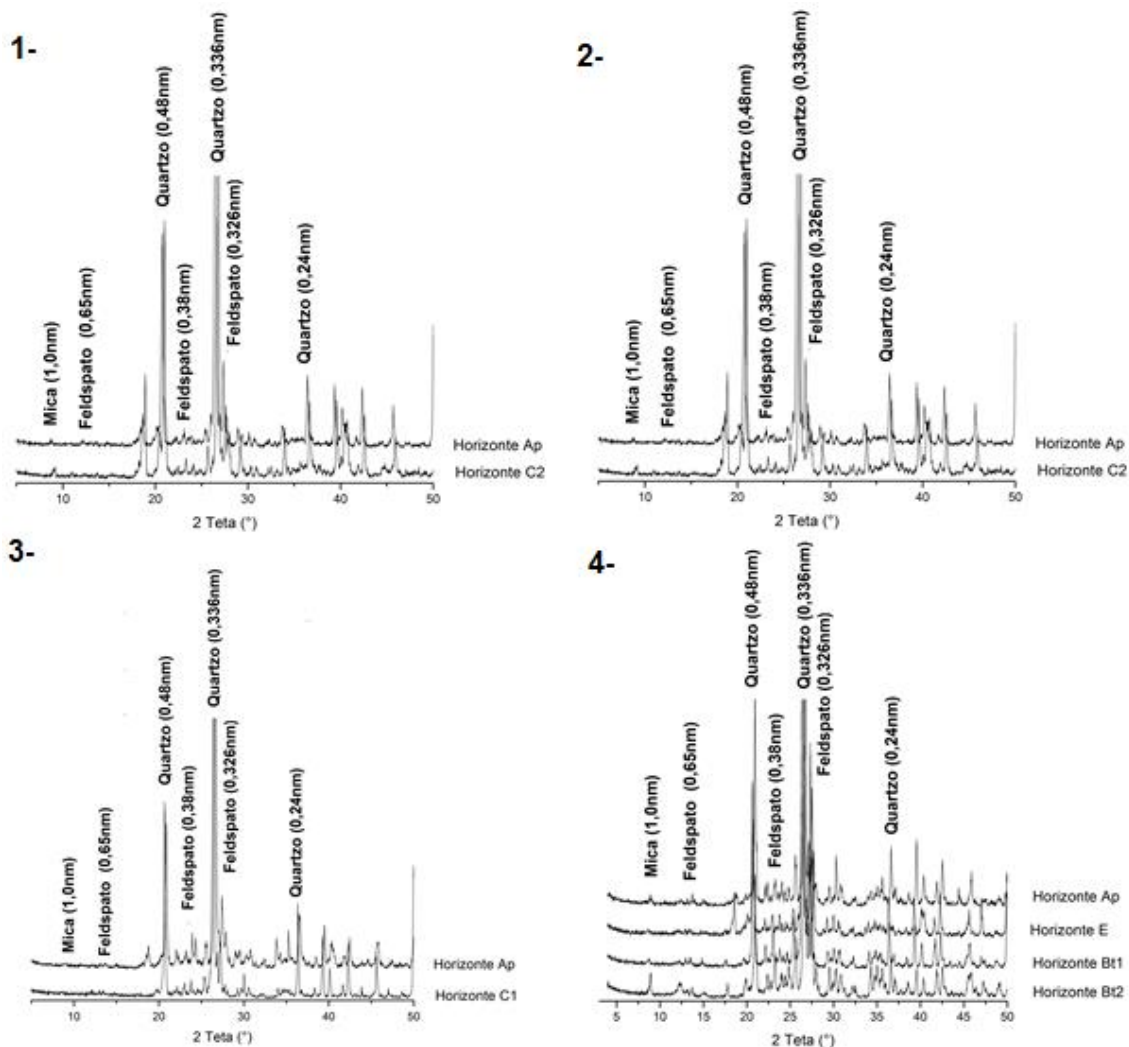


Figura 16. Difratogramas de Raios-X, da fração silte localizados no município de São João-PE, 1- P1; 2- P2; 3-P3 e 4- P4.

Os difratogramas de raios X da fração argila são apresentados nas Figuras 17, 18, 19 e 20, respectivamente para o P1, P2, P3 e P4. A fração argila dos solos são constituídas principalmente por caulinita, ilitas, quartzo e feldspatos. O predomínio da caulinita como principal constituinte mineral da fração argila de solos pouco desenvolvido deve-se ao processo de monossilitização (caulinitização), favorecido por intensas chuvas sazonais, somadas a boa drenagem dos solos, levando a alteração direta dos feldspatos à caulinita (SANTOS, 2012)

A formação de caulinita a partir da intemperização direta de mica (biotita), resulta em resíduos do material originário, como exemplo a ilita

(SANTOS, 2012), considerada como produto do estágio intermediário na caulinitização das micas. Mesmo em regiões onde as precipitações pluviométricas não são tão elevadas ou são menos frequentes, também ocorre dessilicatização parcial, resultando na formação de caulinita em solos poucos desenvolvidos tais como os Neossolos Regolíticos (KAMPF e CURI, 2003; BUCKMAN e BRADY, 1989).

As Figuras 17, 18 e 19, apresentam também, os espectros de DRX correspondentes a fração argila dos conjuntos de lamelas e entre lamelas. Não foram observadas diferenças na assembleia mineralógica desses conjuntos em relação aos horizontes sub e sobrejacente, mantendo uma homogeneidade mineralógica nos perfis 1, 2 e 3. As lamelas se mostraram tipicamente caulínica, com presença de illita (mica) e feldspatos.

A ocorrência de Fd na fração argila também é relatada por outros autores para solos em ambientes semiáridos (CORRÊA et al., 2003; SANTOS et al., 2012). A atividade de Si e Al é suficientes para manter esse mineral na fração coloidal e sua alteração é, provavelmente, a principal fonte de Ca^{+2} e Al^{3+} presentes como trocáveis, justificando a maior saturação desses elementos nos solos estudados.

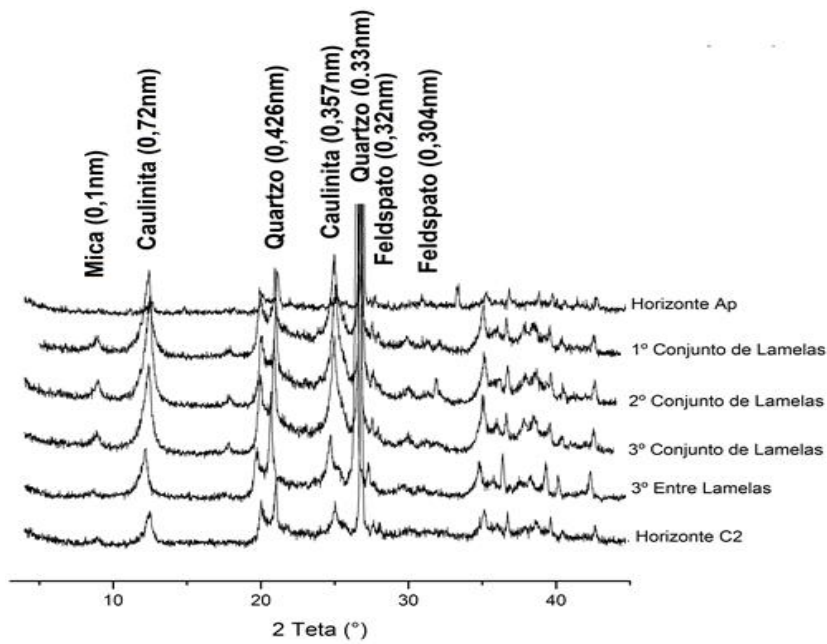


Figura 17. Difratogramas de Raios-X, da fração argila de um Neosolo Regolítico (P1), localizados no município de São João-PE

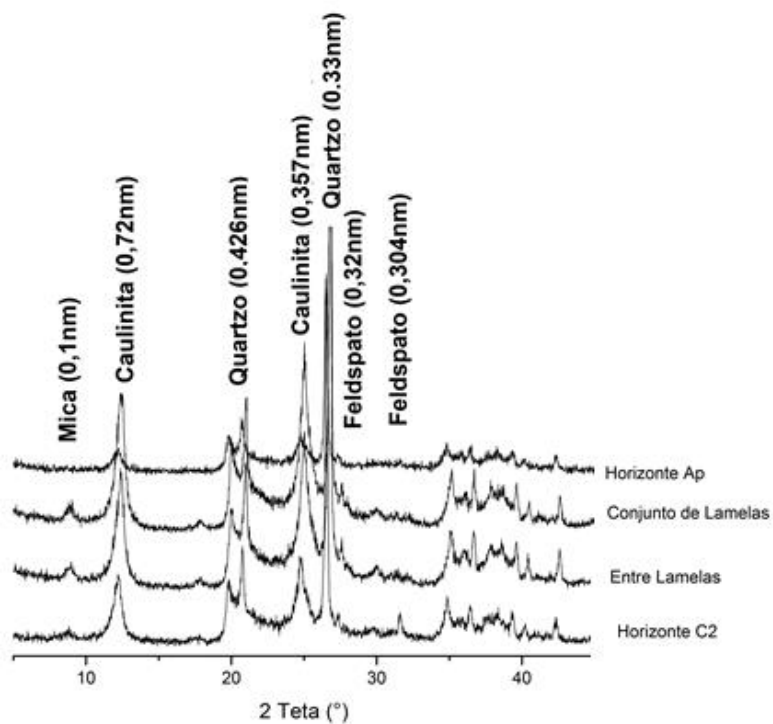


Figura 18. Difratogramas de Raios-X, da fração argila de um Neosolo Regolítico (P2), localizados no município de São João-PE.

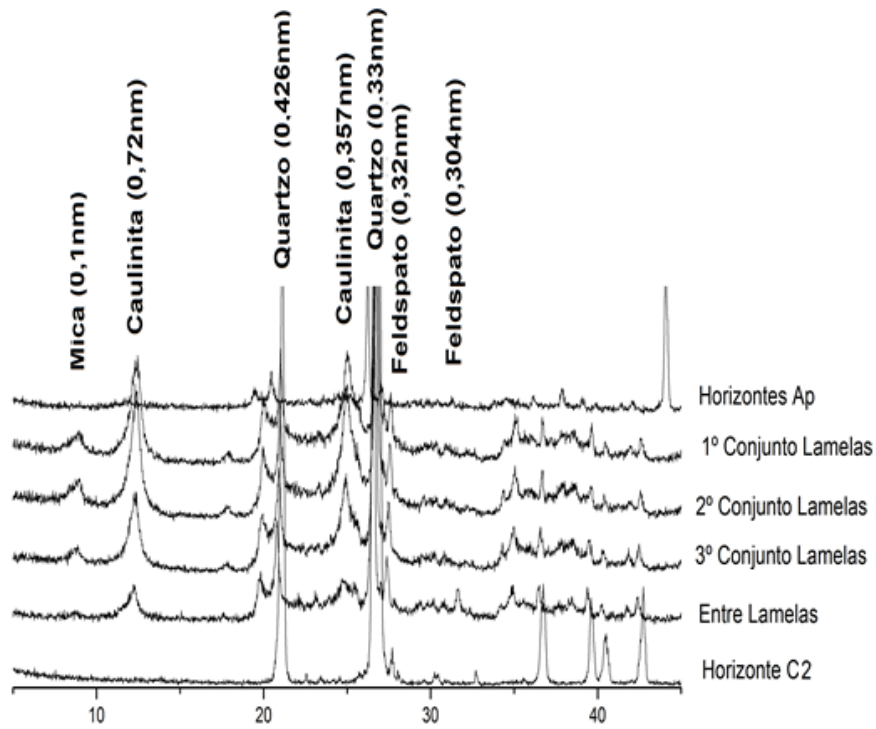


Figura 19. Difratoformas de Raios-X, da fração argila de um Neossolo Regolítico (P3), localizados no município de São João-PE.

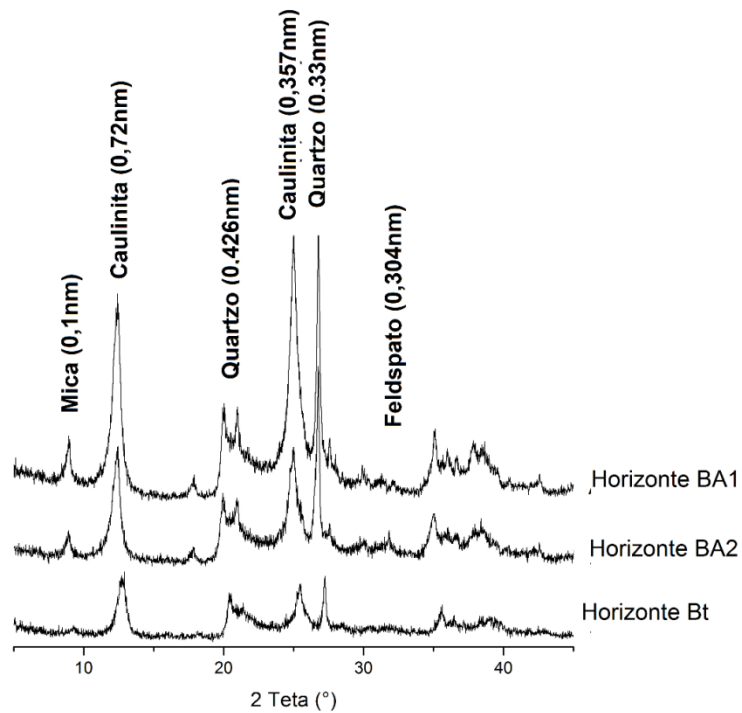


Figura 20. Difratoformas de Raios-X, da fração argila de um Neossolo Regolítico (P3), localizados no município de São João-PE.

Não foram identificados minerais secundários do grupo 2:1 (a exemplo das esmectitas) nos espectros de DRX (Apêndice) das argilas naturais e saturadas com Mg, que devido a sua preferência na argiluviação (CORNU et al., 2014), poderiam contribuir expressivamente com a formação das lamelas. Sua ausência pode estar relacionada à forte perda de magnésio nesses solos devido a alta percolação de água, conferida pela textura arenosa. Para o P4, mesmo com menor condição de drenagem, o incremento nos valores de Mg^{2+} também não foi suficiente para manter um ambiente favorável a bissialitização. Aliado a isso, a presença de feldspatos nas diferentes frações do solo (areia, silte e argila) também conduzem a formação de minerais do grupo 1:1 (OLIVEIRA, 2008).

Os resultados de ferro extraídos por DCB (Fed) e por oxalato de amônio (Feo) são apresentados na Tabela 18. De forma geral, os valores foram baixos, variando de 0,12 a 0,64 dag kg⁻¹ para Feo, e entre 0,06 a 3,20 dag.kg⁻¹ para o Fed, coerentes com o caráter ácido do material de origem dos solos.

Os baixos teores de Fe também estão coerentes com o baixo croma das lamelas (Tabela 2), que se apresentam apenas distinguíveis da matriz adjacente quando do solo úmido. Essas cores pálidas estão em desacordo com outros autores que normalmente descrevem cores mais cromáticas e com maiores conteúdos de ferro livre (RAWLING, 2000; SCHAETZL, 2001; GRAY et al., 1974).

A relação Feo/Fed apresentou valores elevados, entre 0,25 e 3,20, sugerindo domínio de forma de Fe de baixa cristalinidade. De acordo com vários autores (COELHO & VIDAL-TORRADO, 2003; SCHWERTMANN & KAMPF 1983), relações Feo/Fed maiores que 0,05 indicam grande proporção de ferro não cristalino ou amorfo, enquanto menores que 0,05 indicam o predomínio de ferro cristalino.

Acredita-se que o conteúdo de Fe secundário, ou mesmo sua forma não cristalina estejam participando diretamente da estabilização das lamelas. Observa-se que ora o conteúdo de Fed e Feo são maiores nas lamelas (P1) ou ora menores (P2 e P3), quando comparados com os horizontes sobre e

subjacentes, mostrando baixa relação pedogenética. Contudo, salienta-se que os ambientes com baixos teores de Fe livre conduzem a um sistema muito propício a argiluviação. Para Goldberg et al. (1990) a presença dos óxidos de Fe desempenha um papel importante na estabilização dos agregados do solo. Assim, o estado de floculação/dispersão da fração coloidal dos solos da litotoposequência estudada está controlado por outros fatores, tais como teor de matéria orgânica e saturação de cátions trocáveis (Al^{3+} e Ca^{2+}).

Em razão dos baixos teores de carbono orgânico total, acredita-se que os cátions acima descrito desempenham um papel fundamental na formação e expressividade das lamelas em solos arenosos de ambientes semiáridos.

Tabela 18. Extração de Fe por DCB e por Oxalato de Amônio para as lamelas, entre lamelas e horizontes sob e subjacente de três perfis de solos dentro de uma topossequência

Horizontes ou Conjuntos de Lamelas / Entre Lamelas	OXALATO Fe ₂ O ₃ dag.kg ⁻¹ TFSA	DCB Fe ₂ O ₃ dag.kg ⁻¹ TFSA	FeOx/ Fed
Perfil 1 – Neossolo Regolítico			
Ap	0,18	0,21	0,85
1º Cj. Lamelas	0,20	0,27	0,74
2º Cj. Lamelas	0,14	0,21	0,67
3º Cj. Lamelas	0,12	0,18	0,67
Entre-lamelas	0,25	0,54	0,46
C2	0,41	0,20	2,05
Perfil 2 – Neossolo Regolítico			
Ap	0,28	0,34	0,82
Conjunto Lamelas	0,06	0,07	0,86
Entre-lamelas	0,05	0,06	0,83
C2	0,22	0,15	1,45
Perfil 3 – Neossolo Regolítico			
Ap	0,30	0,23	1,29
1º Cj. Lamelas	0,17	0,22	0,77
2º Cj. Lamelas	0,17	0,21	0,81
3º Cj. Lamelas	0,14	0,15	0,93
Entre-lamelas	0,21	0,35	0,60
C2	0,37	0,12	3,20
Perfil 4 – Argissolo Acinzentado			
Ap	0,17	0,69	0,25
BA1	0,27	0,43	0,63
BA2	0,33	0,43	0,76
Bt	0,64	0,41	1,55

4.9 ATRIBUTOS MICROMORFOLÓGICOS

Os atributos micromorfológicos de horizontes selecionados dos solos são apresentados na Tabela 19. As observações em lâminas delgadas confirmam o domínio arenoso dos solos estudados, a exceção do horizonte Bt do P4, corroborando a macromorfologia e os dados granulométricos apresentados nas Tabelas 2 e 6, respectivamente. De modo geral, o material grosso representou mais que 50% da área da lâmina, seguido da porosidade (entre 20 e 35%) e finos (entre 2 e 30%).

A assembleia mineralógica constituinte e alteração dos grãos que compõe os materiais grosso e fino são bastantes similares ao longo da litotopossequência. Quartzo, feldspato potássico (Fd), micas (Mi) e aglomerados com diferentes combinações desses minerais foram identificados na forma de fragmentos de rocha (Figura 21). Pequena variação na proporção de Fd e Mi no material grosso foi identificado no P4, em relação aos demais perfis (Tabela 19) e deve-se provavelmente a variação na constituição do material de origem. Almeida et al. (2015), estudando diferentes Neossolos Regolíticos discorrem que a similaridade entre os perfis está relacionada a homogeneidade climática e geológica.

O quartzo é o constituinte dominante e representa de 80 a 0% das laminas de todos horizontes. São policristalinos, poligonais e interlobados de origem pós-tectônica, com alguns grãos apresentando deformações sintectônicas. Apresentaram-se na forma subangulares e subarredondados, subalongados e esféricos, com bordas lisas (magnificação 50x). A extinção ondulante dos grãos de quartzo, associada à presença de grãos policristalinos, surge a alteração de material de origem metamorfizado (ALMEIDA et al., 2015). Alguns grãos de quartzo apresentaram fraturas, seguindo a intersecções dos policristais, separandos com manutenção da forma e tamanho.

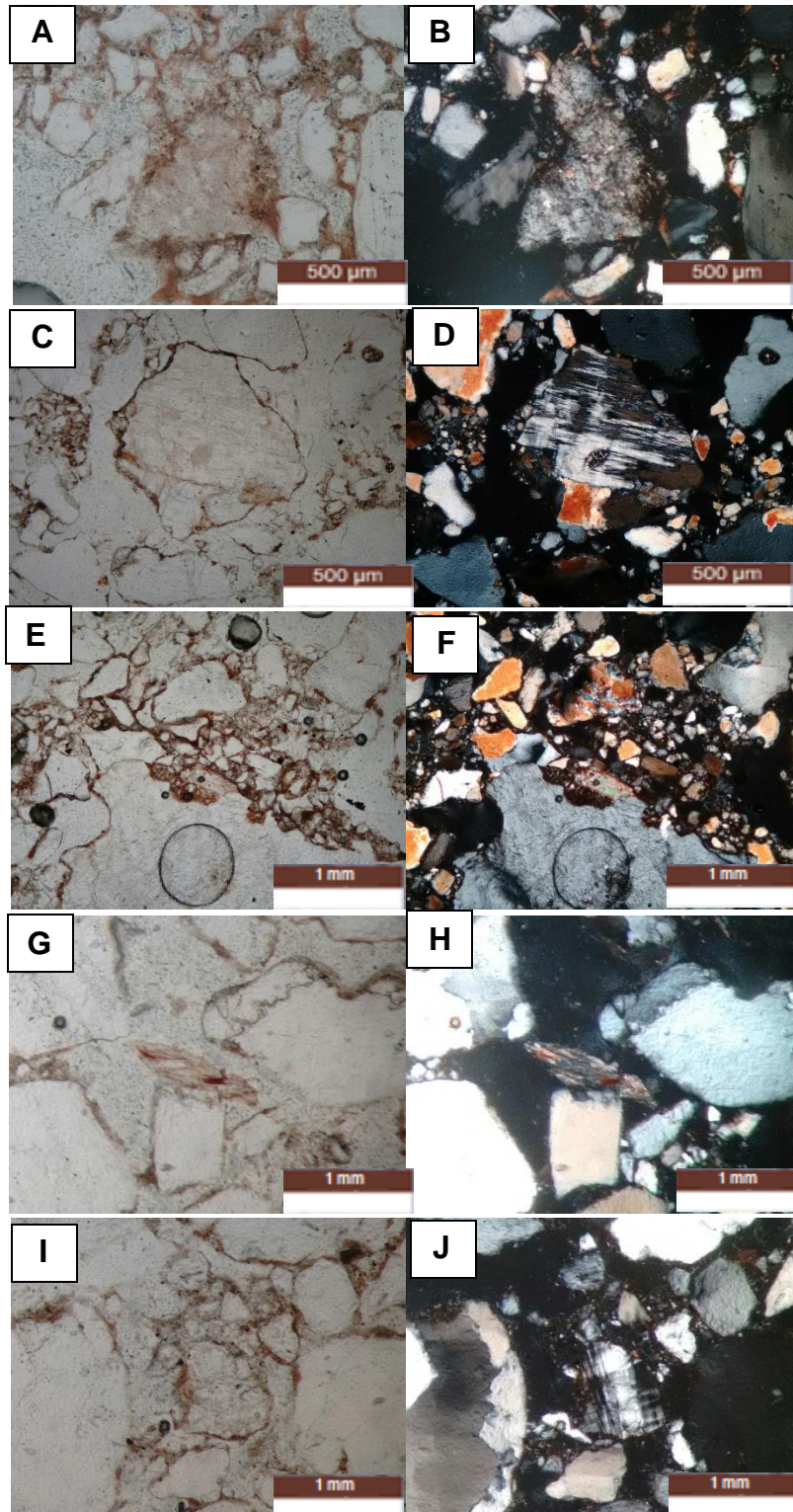


Figura 21. Micrografias do material grosso do P3. A) Feldspato alterado na região de lamelas em ppl. B) foto anterior em xpl. C) Fragmento de rocha em ppl. D) foto anterior em xpl. E) Quartzo policristalino em ppl. F) Foto anterior em xpl. G) Mica (Biotita) em ppl. H) foto anterior em xpl. I) Feldspato com germinação tartan (microclina) em ppl. G) Foto anterior em xpl.

Os feldspatos variaram entre os perfis de 2 a 6% do material grosso. A germinação polissinética (tipo tartan) permitiu a identificação da microclima como feldspato dominante. Apresentam-se em formas subalongadas a subesféricas, subangulares a subarredondadas, com bordas lisas (magnificação de 50x), isolado ou como associações a cristais de quartzo e, ou micas, na forma de fragmentos de rochas. Os grãos de feldspatos (Figura 22) apresentam padrão de alteração C₂ em classe 0 a 1 (BULLOCK et al., 1985).

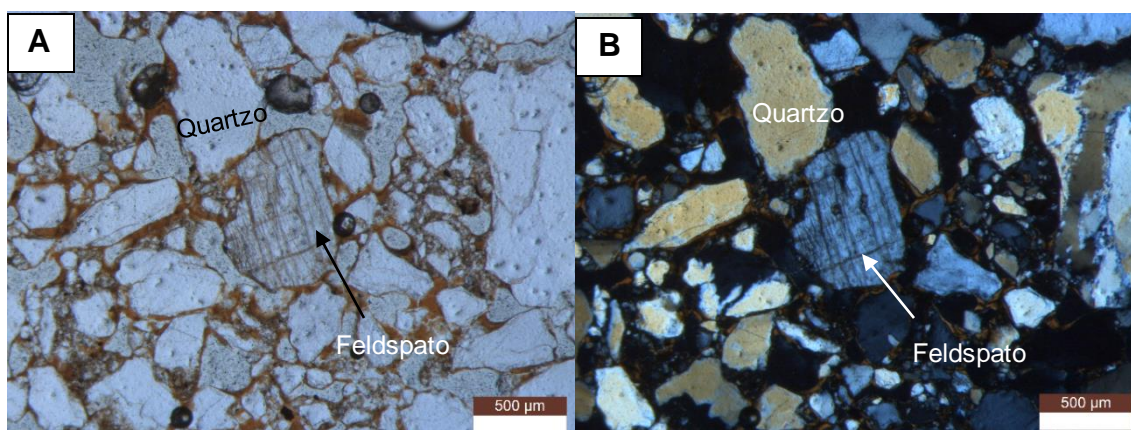


Figura 22. Micromorfologia do horizonte C₁ do P3. A) feldspato com grau de alteração C_{2.1} na região de lamelas em ppl. B) foto anterior em xpl.

O material fino tem constituição mineral e cores bruno-escuro (luz transmitida) e amarelo pálido (luz incidente). Mostra-se predominantemente isótico, com pequenas regiões anisotrópicas na forma de fábricas birrefringentes do tipo salpicada (BULLOCK et al., 1985), sugerindo domínio caulínítico e corroborando os dados de DRX. No C₁ do P3 também foram observadas fábricas do tipo mosaico. O horizonte Ap do P3 apresentou-se totalmente isótico (fábrica indiferenciada).

A proporção das micas variou de 1 a 3%. Encontram-se bastante alteradas para material fino secundário com coloração vermelha-amarelada, devido oxidação de Fe de seus sítios octaedrais e consequente formação de óxidos de ferro. A laminação foi pouco evidente. Foram indentificados ainda como componentes do material grosso fragmentos de raízes e carvões, principalmente nos horizontes mais superficiais.

Tabela 19. Atributos micromorfológicos dos horizontes (AC e C₁) do P1, C₁ do P2, horizontes Ap e C₁ do P3 e horizonte Bt do P4, localizados no Agreste Meridional de Pernambuco

Atributo	P1		P2		P3		P4
	AC	C ₁	C ₁	C ₁	Ap	C ₁	Bt
Geral	Homogênea	Heterogênea: Região-1 (80%) e Região-2 (20%)	Heterogênea: Região-1 (90%) e Região-2 (10%)		Homogênea	Heterogênea: Região-1 (60%) e Região-2 (40%)	Homogênea
Microestrutura	Grãos simples (40%), grãos com películas (30%) e grãos com pontes (30%).	Região 01- Grãos simples (20%) Grãos com películas (40%); Grãos com pontes (40%), Região 02- Exceto de grãos simples.	Região 1- Grãos com películas (60%), grãos com pontes (40%); Região 02- Idem ao anterior.		Grãos simples (50%), grãos com películas (20%), grãos compactados (30%).	Região 01- Grãos simples (30%) Grãos com películas (40%); Grãos com pontes (30%), Região 02- Exceto grãos simples.	Grãos simples (30%); Grãos parcialmente revestido (15%); Grãos com pontes (30%) Grãos compactos (25%).
Maerial Fino	Bruno-escuro (LT e LI), mineral, manchado, fabricas b-salpicada grânida.	Região 01- Bruno-escuro, mineral, manchado, fábrica b-salpicada granida. Região 2- Bruno-escuro (LT), amarelo (LI), mineral, manchado, fabricas b-salpicada grânica e estriadas.	Região 01- Bruno-escuro (LT), mineral, manchado, fabricas b-salpicada grânida; Região 02- Bruno escuro (LT), amarelo (LI), mineral, manchado, fábricas b-salpicada grânida.		Bruno-escuro, mineral, manchado. Fábrica s- b indiferenciada.	Região 01- Bruno-escuro, mineral, manchado, fábrica b-salpicada grânida. Região 2- Bruno-escuro (LT), amarelo (LI), mineral, manchado, fabricas b-salpicada grânida e mosaico, e estriadas	Bruno-escuro (LT), Amarelo (LI), mineral, impuro, anisotrópico, fabricas b-salpicada grânida, estriadas.

Atributo	P1		P2		P3		P4
	AC	C1	C1	C1	Ap	C1	Bt
Material Grosso	Quartzo (95%), Feldspatos (3%), raízes e carvões (2%).	Região 1- Quartzo (90%), Feldspatos (6%), Micas (1%), fragmentos de raízes e carvões (3%). Região 2- Idem ao anterior.	Região 01- Quartzo (92%), feldspatos (6%), micas (3%). Região 02- Quartzo (95%), feldspatos (5%).		Quartzo (98%) e Feldspatos (2%).	Região 1- Quartzo (90%), Feldspatos (5%), Micas (4%), fragmentos de raízes e carvões (1%). Região 2- Idem ao anterior, sem presença de raízes.	Quartzo (90%), fragmentos de rochas (7%), feldspatos (2%), micas (1%)
Poros	Empilhamento simples.	Regiões 1 e 2- Empilhamento simples e cavidades.	Região 01- Empilhamento simples; Região 02- Empilhamento simples e cavidades.		Empilhamento simples	Região 01- Empilhamento simples; Região 02- Empilhamento simples e cavidades.	Empilhamento simples.
Distribuição Relativa	Mônica, Géfurica-Quitônica.	Região 1- Mônica-Gefúrica-Quitônica; Região 2- Porfirica-Gefúrica	Região 01- Gefúrica - Quitônica; Região 02- Porfirica;		Mônica (95%) e Quitonica (5%).	Região 01- Mônica, gefúrica- Quitônica; Região 02- Pofirica e Gefúrica;	Pofirica-Quitônica
Pedofeição	Revestimentos parciais e completos, orientação fraca, extinções difusa	Região 1- Revestimento de grãos, parciais (capeamento) e totais, crescente, orientação fraca, moderadamente nítida, extinções fracas, raras; Região 2- Preenchimentos em cavidades incompletos, raros, orientação forte. Revestimentos totais e preenchimentos, argila, orientação forte, extinção nítida, comuns.	Região 1- Revestimento de grãos do tipo parciais (capeamento) e totais, crescente, orientação fraca, moderadamente nítida, extinções raras; Região 2- Preenchimento de cavidades incompletos, raros, argila, orientação forte, extinção nítida, comuns.		Revestimentos de grãos parciais, raros, orientados, extinção difusa.	Região 1- Revestimento de grãos do tipo parciais (capeamento) e totais, crescente, orientação fraca, moderadamente nítida, extinções raras; Região 2- Preenchimento de cavidades incompletos, raros, Revestimentos totais e preenchimentos, argila, orientação forte, extinção nítida, comuns, material impuro.	Preenchimento, microlaminações, orientação forte, nítida, predominante.

Principalmente nos horizontes C₁ dos perfis 1, 2 e 3 foram observadas zonas de maior concentração de argila e paralelas ao topo da lâmina, correspondente as lamelas descritas em campo. Entre estas feições de concentração encontra-se uma zona de depleção de argila com predomínio de grãos maiores, que variam de 2 a 0,25 mm de espessura, e com espaçamento entre grãos superiores a região das lamelas.

As regiões das lamelas são regiões mais fechadas, comumente formadas por grãos menores (< 0,16 mm) distribuídos entre grãos maiores (1,2 – 0,8 mm), resultando em um empacotamento. Próxima a essas zonas são comuns a presença de quartzos policristalinos. Essas regiões mais fechadas, principalmente aquelas dominadas por grãos mais finos, são responsáveis pelo maior acúmulo de material fino, capaz de concentrar argila e silte. Assim, a deposição do material fino parece ser fortemente controlada pela distribuição de tamanho do material grosso. Essa relação (grossos controlando a deposição dos finos) mantém-se nos horizontes com lamelas em toda a litopossequência (segmentos 1, 2 e 3). De certa forma os dados sedimentológicos indicam a homogeneidade da litopossequência nas diferentes frações areia, mas a partir das relações entre AG/AF+AMF e AF+AMF+SILTE nota-se o domínio dos grãos finos sobre o segmento 3, induzido a comportamentos de distribuição diferentes entre os 3 segmentos.

A região entre lamelas apresenta feições pedológicas texturais de revestimento parcial ou total de argila, na forma de capeamento de grãos. Os perfis se diferenciam na quantidade, continuidade e homogeneidade do revestimento, que de modo geral se apresentavam muitos finos com espessura inferior a 100 µm. Para o P1, a quantidade de revestimentos parciais (5%) se apresentaram ligeiramente superior aos totais (2%), ambos com orientação fraca e extinção difusa. O P2, por sua vez, praticamente não apresenta revestimentos parciais, mas sim, revestimentos totais dos grãos e além da frequente presença de pontes entre os grãos. Nesse perfil chama atenção que a região entre lamelas, quando comparada aos demais perfis, são mais fechadas (Figura 23), com maior quantidade de finos distribuídos na porosidade de empacotamento simples, dentro de grande quantidade de material grosso de quartzos policristalinos fraturados.

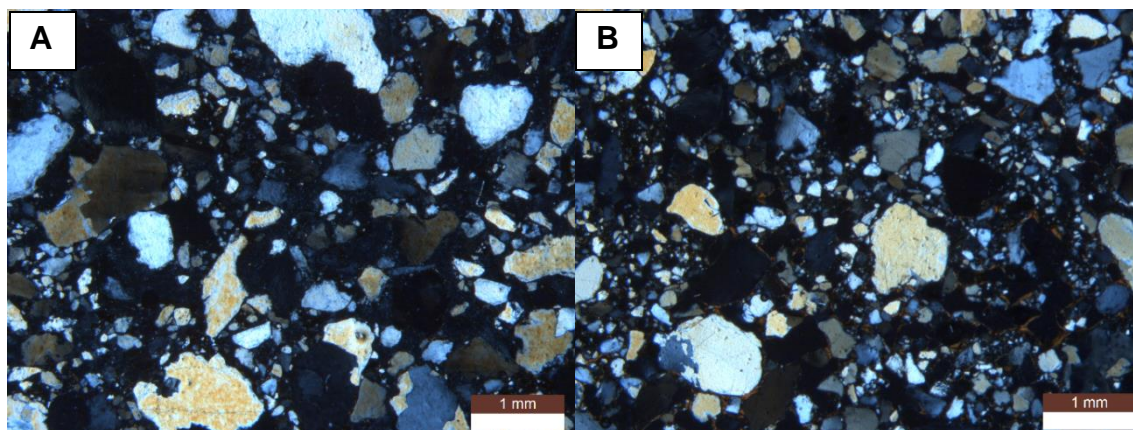


Figura 23. Micromorfologia dos horizontes C1. A- Distribuição dos componentes da zona entre lamela do P2 em xpl. B- Distribuição dos componentes na zona de lamelas do P3 em xpl.

Já o P3 apresenta os maiores espaçamentos das zonas entre lamelas, quando comparada aos demais perfis, raros revestimentos totais, com maiores quantidades de revestimentos parciais (Figura 24-B), do tipo capeamento. Todo o material fino que compõe essa zona possui orientação de fraca a moderada, extinção difusa. Dessa forma maior perda (eluviação) seletiva da fração argila ocorreu nesse perfil em relação aos demais. Provavelmente a maior umidade e a não promoção de forças que garantem a floculação favoreceram a mobilização acentuada nesse segmento. Os revestimentos parciais do tipo capeamento com orientação fraca na superfície dos grãos é condicionado pelo fluxo hídrico da superfície para a subsuperfície, a não continuidade dos grãos que possuem revestimento de argilas aglomerados é uma justificativa a não formação de lamelas, nessa região.

As regiões das lamelas são similares no perfil e entre estes, com predomínio de preenchimentos de argilas na porosidade de cavidades irregulares formadas entre grãos, como também, preenchimento completo e revestimento parcial da porosidade formada entre grãos, com distribuição do tipo porfírica. O material fino nas lamelas ocorre também como revestimento de grãos, levando a formação de pontes entre os mesmos, principalmente na parte superior, ocasionando uma distribuição relativa do tipo porfírica-gefuríca.

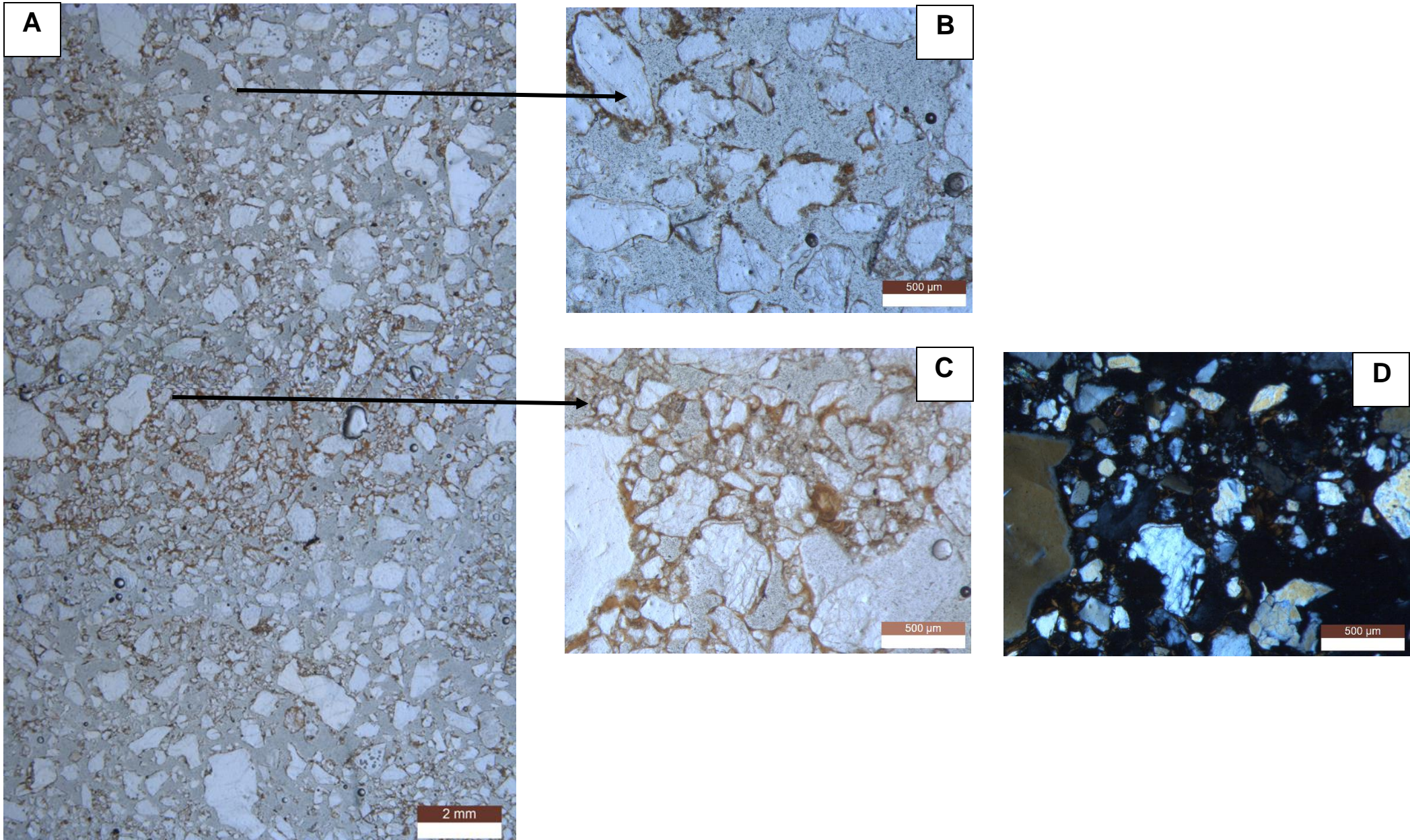


Figura 24. Micromorfologia do P3. A- Distribuição dos componentes do P3 em duas zonas características lamela e entre lamela; B- Revestimento parcial de argila sobre grãos na forma de capeamento; C- Distribuição de grãos finos nas lamelas e arranjo do material fino, ppl.; D-Foto anterior em xpl.

O material fino (argila), que compõe as lamelas, apresenta-se com forte anisotropia, seja na forma de fábricas-b refringentes, ou como feição textural que de forma geral, apresentou orientação forte, coloração amarelada, extinção nítida e manchada, para todos os perfis. O P3, apresenta também revestimentos bandeados, tornando o material impuro, pela presença não só de argila, mas também silte. A presença do silte compondo o material fino das lamelas no P3, induz que a velocidade de formação das lamelas é grande o suficiente para o arraste não exclusivo de argilas, mas também de partículas maiores com diâmetro de até (0,02 mm). A alternância dos materiais induz a uma formação policíclica, onde em certos momentos depositou-se argila e em outros silte. Essa distribuição de finos nas zonas com lamelas ocasionam a redução do espaço poroso. Material fino, fortemente orientado é encontrado no P3, contornando a área de raiz, indicando pontos positivos ao trabalho de Schaetz (1992), que faz referência a fluxos preferenciais ocasionados pela água, associado a carregamentos da fração fina nos solos. Todas as feições sejam de revestimento ou preenchimento para zona de lamelas são indicativos do processo de argiluviação, como também parte dos revestimentos nas zonas entre lamelas. O material do P4, também induz a uma formação por argiluviação visto a forte anisotropia dessa região (Figura 25).

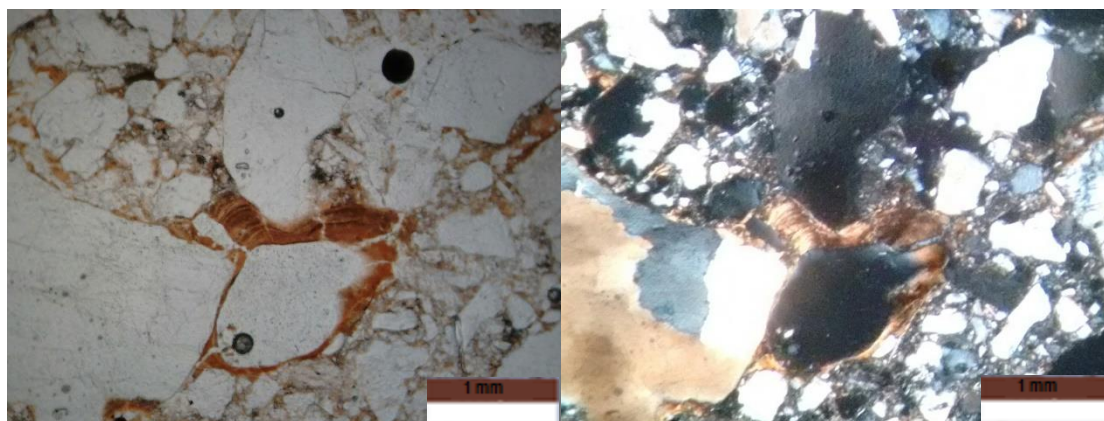


Figura 25. Pedofeição de argiluviação no horizonte Bt do Perfil 4. A) Foto em ppl. B) Foto em xpl.

4.10 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

Dado o predomínio de solos com sequência de horizontes A-C tendo predomínio de frações grossas contendo quantidades maiores que 4% de minerais primários de fácil intemperização, e a baixa atuação dos processos pedogenéticos para os perfis 1, 2 e 3, é confirmado a presença dos Neossolos Regolíticos, assim como indicam os mapeamentos pedológicos da região. Contudo, algumas variações ocorrem na nomenclatura uma vez que características específicas desenquadraram esses solos como sendo típicos em 4ª nível categórico.

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos –SiBCS (2013) define, que um horizonte deve ser caracterizado como B textural quando a ocorrência de lamelas de textura franco arenosa ou mais fina, em conjunto perfaçam 15 cm ou mais de espessura, admitindo-se que, entre as mesmas, possa ocorrer material das classes texturais de areia ou areia franca. Apesar da presença de lamelas nos segmentos 1 e 2, as mesmas não possuem soma em espessuras superiores a 15 cm, nem textura franco arenosa ou mais fina (Tabela 8) sendo os segmentos 1 e 2 representados como Neossolos Regolíticos.

Rolim Neto e Santos (1994) observaram a partir de feições micromorfológicas a presença de feições de iluviação, estudando um perfil de Neossolo Quartzarênico no município de São João-PE, e propuseram o enquadramento de solos com lamelas como Argissolos, pois a classe dos Neossolos não apresenta coerência para a presença expressiva do processo de argiluviação. Contudo, para Holliday e Rawling (2006) a designação de horizontes Bt para horizontes que apresentem lamelas é imprópria, mesmo observando-se o caráter notório iluvial das lamelas, pois, não é possível nomear as zonas entre lamelas como horizontes Bt. USDA (2010) apresenta a designação de Bt para as lamelas e de E para a região entre lamelas, sendo o horizonte designado como “E e Bt” ou “Bt e E”, a depender da predominância das lamelas. Segundo Holliday e Rawling (2006) horizonte E corresponde ao horizonte com perdas de argila silicatadas, porém, as zonas entre lamelas não correspondem a zonas de perdas de argila, mas seriam zonas de reorganização, estando ainda a fração fina no horizonte só que de maneira reorganizada, podendo ser enquadrado como horizonte C.

O P3, em cota inferior aos perfis 1 e 2, apresenta acentuada presença de lamelas, que em espessura somam mais de 15 cm, contudo a granulometria das lamelas (Tabela 7), na classe textural areia franca, não permite a alteração da classe de Neossolos Regolíticos para a classe dos Argissolos, sendo também o segmento 03 representado por Neossolo Regolítico.

Os perfis 1 e 2 apresentaram baixa saturação por bases (<50%) na maior parte dos horizontes C, dentro de 120 cm a partir da superfície do solo (SANTOS, 2013), sendo classificados como distróficos. O P3 apresenta saturação por bases abaixo do limite estabelecido pelo SiBCS, (2013), sendo enquadrado como distrófico. Porém as lamelas do P3 que perfazem mais de 15 cm de espessura, apresentam caráter eutrófico. Dessa forma, sugere-se que quando a presença de lamelas ocorrer em até 100 cm de profundidade, e a soma das lamelas for superior a 15 cm, o caráter eutrófico ou distrófico das lamelas é quem deve comandar o enquadramento no terceiro nível categórico. Dessa forma o P3 pode ser classificado como eutrófico.

O predomínio da textura arenosa desde a superfície do solo até o máximo de 100 cm, inclui a característica espesssarênico para esses solos.

No SiBCS, não há na classe dos Neossolos Regolíticos, assim como existe para a Soil Taxonomy (SOIL SURVEY Staff, 2014), um nível que mencione a presença de lamelas no perfil. A *Soil Taxonomy* estabelece que o solo seja enquadrado no quarto nível categórico como lamélico (tradução livre de *lamellic*).

No quarto nível categórico, as classes são separadas por uma das seguintes características: 1- representa, solo intermediários para classes 1º, 2º ou 3º níveis categóricos; 2- representam os solos com características extraordinárias, isto é, características diagnósticas especiais que possam indicar variação relevante do conceito central da classe ou limitação para algum tipo de uso; ou 4- representam o conceito central da classe.

Baseado nos atributos físico-hídricos e químicos, as lamelas apresentam um potencial distinto ao armazenamento de água, dado o maior teor de argila, como também, a organização da mesma entre os grãos de areia, que favorecem a uma redução da macroporosidade (responsável pela drenagem livre da água) e favorecendo a uma redução na infiltração. Tais atributos atribuem a esses solos comportamentos distintos de outros Neossolos Regolíticos típicos, como bem representado em Almeida et al. (2015). Atrelado a essa característica físico-

hídrica, há também a influência dessas lamelas em promover maiores sítios ativos e, conseqüentemente, maior saturação de bases trocáveis, dado o enriquecimento de argila, quando comparados a outros horizontes do mesmo perfil, ou a região entre-lamelas. Provavelmente, a redução da saturação de bases é dada pelo efeito da diluição da lamela na região entre lamelas, promovendo a descaracterização desses solos de eutróficos para distróficos, uma vez que isoladamente a saturação das lamelas é maior que 50%. Assim, as lamelas, além de representarem um potencial no armazenamento de água, atuam também como filtros de nutrientes para exploração pelas raízes das plantas. Para Hannah e Zahner, (1970) as lamelas desempenham um papel importante no fluxo e de retenção de água e nutrientes, especialmente em solos de textura grossa e, por conseguinte, sobre o crescimento das plantas.

Dessa forma os perfis 1 e 2 são classificados como NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico Espessarênico lamélico. O P3 como NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico Espessarênico lamélico. Apesar da pouca variação da classe de solos dentro dos segmentos 1, 2 e 3, os mesmos são ainda considerados distintos quanto a expressão e ocorrência das lamelas. A classificação atual e proposta pode ser vista na Tabela 20.

Tabela 20. Classificação taxônomica dos solos estudados conforme o SiBCS (EMBRAPA 2013)

Perfil	Classificação em vigor	Classificação proposta
P1	NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico espessarênico	NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico lamélico
P2	NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico espessarênico	NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico lamélico
P3	NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico espessarênico	NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico lamélico
P4	ARGISSOLO ACINZENTADO Eutrófico solódico	ARGISSOLO ACINZENTADO Eutrófico solódico

O P4, observado em campo como Argissolo Acinzentado, tem uma saturação por base superior a 50% nos primeiros centímetros, essa característica classifica o mesmo como eutrófico. A saturação por sódio na maior parte da seção de controle que define a classe, varia de 6 a <15 %, indicando o caráter solódico. Assim o P4, é classificado como ARGISSOLO ACINZENTADO Eutrófico solódico.

4.11 GÊNESE DAS LAMELAS

O conjunto de resultados levantados pelo presente estudo indicam que a formação das lamelas na litotopossequência estudada é do tipo pedogenética (BERG, 1984; HANNAH;ZAHNER, 1970; DIJKERMAN et al., 1967; MILES; FRAZMEIER,1981; HOLLIDAY;RAWLING, 2006), devido, principalmente, ao peneiramento promovido pelo espaço poroso de argila iluvial, predominantemente de tamanhos inferiores a 0,2 a 0,08 μm . Contudo, outros fatores também contribuíram diretamente para a formação dessa feição, tais como: textura arenosa do perfil, chuvas torrenciais provavelmente superiores à 50 mm (típicas da região semiárida estudada), teores de Ca^{2+} e Al^{3+} trocáveis, tamanho de partícula, entre outros, que serão discutidos a seguir procurando estabelecer um mecanismo padrão para sua formação.

Os dados da estatística da distribuição granulométrica indicam que não houve estratificações na litotopossequência, entretanto, a micromorfologia revela a ocorrência do entupimento do espaço poroso, ocasionado por zonas mais fechadas do material grosso, oriundos do intemperismo dos quartzos policristalinos, mais propensos a ceder grãos de areias de tamanhos menores. Bouabid et al. (1992) discorrem a respeito da estratificação da areia em frações menores que influenciam no movimento da água e garantem um comportamento de “peneira” na deposição de argila, devido a descontinuidade dos poros. Os resultados desse trabalho concordam com os experimentos iniciais de Dijkerman et al. (1967), que induz a importância da frente de infiltração e da porosidade de peneiramento na formação de lamelas.

Apesar da alteração de feldspatos dentro das lamelas, contribuindo com aumento nos teores de argila (Figura 22), o domínio da forte anisotropia nas lamelas (Tabela 19) em todos os perfis, revela o caráter iluvial das mesmas, indicando pouca participação de formação *in situ* de argila. Wurman et al. (1959) discorre que pouca ou nenhuma depleção preferencial é encontrada da contribuição *in situ* de argila na formação das lamelas.

Como observados a partir dos atributos morfológicos, há presença de lamelas nos segmentos 1, 2 e 3 da litotopossequência. A cada segmento foi observada variação na expressão e nitidez das lamelas. A topografia

provavelmente é o primeiro fator que contribui a essas variações, pois controla a entrada e saída de água do sistema pedológico. Segundo Bockheim e Hartemink, (2013) as lamelas são encontradas predominantemente em áreas com menos 10% de declive, nas depressões podem apresentar lamelas mais grossas e rasas do que em regiões altas.

Apesar da estatística da distribuição granulométrica indicar que a litotoposequência é igualmente distribuída com predomínio do diâmetro referente a areia média, a micromorfologia mostra que as zonas entre lamelas do P3 são mais abertas e espessas, constituídas predominantemente por grãos de areia grossas, que possivelmente favorecem ao maior transporte de argila, ocasionando uma diferenciação preferencial das lamelas quando comparada aos demais perfis. O carreamento da argila fina ocorre sempre das zonas entre lamelas, que dada a maior macroporosidade tornam os fluxos de água mais turbulentos e preferências, promovendo o arraste de partículas finas.

O transporte de argilas para formação das lamelas depende do regime hídrico, uma vez que há necessidade de água para o carreamento de partículas finas (BOCKHEIM & HARTEMINK, 2013). A água é o principal agente de transporte de argilas (CASTINE et al., 2015; SHANG et al., 2008; KJAERGAARD et al., 2004;). O espaço mais aberto da região entre lamelas garante mais macroporos interligados e verticalmente alinhados, favorecendo a percolação de água e conseqüentemente maior velocidade de infiltração de água.

O P2, por sua vez, possui uma organização da zona entre lamelas mais fechada, mesmo sendo dotada de maiores quantidades de areia grossa. A distribuição de finos não é localizada, mas aleatória, sem áreas empacotadas de areias grossas e finas, como observado no P3. Assim, a menor expressividade das lamelas do P2 pode estar relacionado a um fluxo com menor energia e/ou menor velocidade de infiltração da água. Segundo Riva (2005), dado a proporção de areia grossa ou areia fina, o comportamento físico dos solos arenosos pode variar, estando mais propício ao armazenamento de água ou mais propício a drenagem. A organização do C₁ do P1 é intermediária aos perfis 2 e 3, com maior expressão das lamelas quando comparado ao P2, e menor expressão quando comparado ao P3.

Associado a micromorfologia, a estatística de distribuição dos grãos induz um ponto positivo que corrobora os demais dados do trabalho. A assimetria dos grãos de areia do C₁ dos perfis 1 e 3 são aproximadamente simétricas, indicando um predomínio das diferentes frações de areias, em quantidades próximas. Contudo, para o P2, a assimetria do horizonte com lamelas é negativa, indicando o predomínio da fração grossa, o que condiciona um diâmetro capilar e espaço poroso não favoráveis ao entupimento por materiais finos. A assimetria do P2 é igual a assimetria do horizonte C₂ do P1, que segundo a descrição morfológica apresenta raras lamelas, em espessura e nitidez semelhantes ao P2.

A distribuição dos componentes, como observado na micromorfologia, podem ser indicativos a promoção de fluxos diferenciais entre os horizontes. Essa alteração é confirmada a partir dos ensaios de infiltração, com semelhanças entre as velocidades de infiltração dos horizontes C₂ do P1 e C₁ do P2. A velocidade de infiltração no horizonte C₁ do P3, por apresentar lamelas mais espessa, não permite comparação com o horizonte C₁ do P1. O aumento no teor de argila pelo preenchimento dos poros do C₁ do P, altera a velocidade de infiltração nesse perfil quando comparadas as lamelas mais finas do P1, associada a regiões entre lamelas dominadas por macroporos que alteram os fluxos de água.

As alterações dos fluxos de água são observadas também pela quantidade de revestimentos deixados nas zonas entre lamelas. A maior quantidade de revestimentos totais dos grãos no P2 indica que a energia da água não foi suficiente para promover a eluviação total da argila, lavando a área das entre lamelas e promovendo o aumento de sua espessura, a baixa concentração de finos nesse horizonte também é consequência ao limitado desenvolvimento das lamelas. O P3 apresenta menor quantidade de revestimentos parciais e raros revestimentos totais, indicando maior lavagem de argila nessas áreas contribuindo para expressão das lamelas.

A presença dos revestimentos totais ou parciais nas zonas entre lamelas, provavelmente não são resíduo da lamela acima, pois os dados químicos isolados das lamelas indicam o predomínio da saturação por cálcio, seguida pela saturação do alumínio (não necessariamente nessa ordem). A dominância de ambos os cátions ditos flocculantes são suficientes para promover a estabilização

das lamelas, corroborada pela ausência de zonas de depleção de argila nas bases das lamelas.

A variação da espessura das lamelas é acompanhada pela nitidez das mesmas nos perfis. Lamelas mais espessas são também mais nítidas e estão diretamente relacionadas com a espessura das áreas entre lamelas. A maior distribuição de argilas finas nas zonas entre lamelas dos perfis 1 e 2 podem, promover menor diferenciação na coloração das zonas entre lamelas, tornando a cor das lamelas muito próxima a cor da entre-lamelas, induzindo menor percepção das mesmas. A proximidade no matiz do solo em relação ao matiz da lamela é decorrência de partículas dispersas. As lamelas mais nítidas ocorrem no P3, seguidos do P1, e são menos expressivas no P2, assim como segue de forma crescente em mesma ordem os teores de Na^+ trocável.

A profundidade de máxima ocorrência das lamelas é diferente dentro dos segmentos, por influência da organização estrutural dos horizontes abaixo aos horizontes com lamelas. Nota-se que nos horizontes subjacentes aos horizontes com lamelas, há uma redução na velocidade de infiltração, como também há uma alteração na porosidade, indicando possivelmente maior arranjo dos grãos. Aliados a esse fato, têm-se também o aumento na saturação por Al^{3+} , logo abaixo as zonas com lamelas. Sabe-se do efeito do alumínio como cátion trivalente na estabilização de partículas, o que pode diminuir a translocação das argilas.

A formação das lamelas deve-se ao fluxo de água vertical, seguindo o sentido superfície-subsuperfície. A menor visibilidade dos conjuntos iniciais é consequência da sua proximidade com a superfície. Provavelmente a agregação promovida pela matéria orgânica, promove maior interação com a argila, ocasionando lamelas menos espessas, quando comparadas aos conjuntos intermediários (de centro). A reduzida velocidade de infiltração de água devido o aumento da profundidade e a ocorrência das primeiras lamelas (barreiras ao fluxo preferencial), minimizam o arraste da argila e distinção mais acentuada das últimas lamelas.

A ondulação das lamelas para todos os segmentos é consequência de como está distribuída a concentração de material grosso, que agrupa o material

fino, para promover a formação das lamelas. As bifurcações são resultados do arranjo da proximidade dos grãos finos em forma de “Y invertido” que se encontram a medida que ganham material fino. O segmento 4 não apresenta lamelas em decorrência do arranjo poroso do mesmo, que não permite a formação de extratos para ocorrência de lamelas, como também o caráter sódico do segmento, que indica maior predomínio de argilas dispersas.

Dessa forma, os processos químicos de mobilização e precipitação parecem adequar-se para a explicação da formação de lamelas nos solos estudados. Quanto a formação das lamelas, os dados apresentados concordam com a sequência de formação estabelecida por Rolin Neto & Santos (1994), mas discordam do mecanismo favorecido na formação das mesmas.

5.CONCLUSÕES

- 1- Os horizontes dos solos da litotoposequência onde ocorrem as lamelas, não apresentam diferenças sedimentológicas importantes em relação àqueles sem lamelas, excluindo assim a formação das lamelas ligada a processos sedimentares. Os solos estudados apresentam domínio arenoso, exceção do segmento 4.
- 2- A anisotropia das lamelas revela que as mesmas são de constituição iluvial e de domínio caulínítico, assim como toda a litotoposequência, propiciados pela alta drenagem desses solos.
- 3- A origem das lamelas é pedogenética, dado o peneiramento de argilas promovidos por zonas mais fechadas de grãos de areia finos, provavelmente oriundos da desintegração de quartzos policristalinos. As primeiras lamelas formadas são as superficiais, e a formação é controlada pelo fluxo hídrico. A estabilidade das lamelas é ocasionada pelos íons floclantes Al^{3+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} .
- 4- As lamelas aumentam a retenção de água e funcionam como filtros químicos, apresentando maior potencialidade em reter nutrientes as plantas, devido sua maior CTC e menor infiltração (menor macroporosidade), minimizando o processo de lixiviação em solos arenosos.
- 5- Sugere-se que solos arenosos com lamelas dentro de 100 cm de profundidade, com soma das lamelas ≥ 15 cm, controlem o enquadramento no terceiro nível categórico quanto a eutrófia ou distrófia desses solos. É sugerido incluir o caráter lamélico no quarto nível categórico do SiBCS.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA NETO, O. B., MATOS, A. T., ABRAHÃO, W. A. P., COSTA, L. M., & DUARTE, A. (2009). Influência da qualidade da água de irrigação na dispersão da argila de Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33(6), 1571-1581.

ALMEIDA, A. VAN DER L. Caracterização morfológica, química e físico-hídrica de Neossolos Regolíticos no Agreste Meridional de Pernambuco– Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns – UFRPE/UAG, Garanhuns, 2014. 75 f. **Dissertação** (Mestrado em Produção Agrícola).

ALMEIDA, A. Van Der L. de, CORRÊA, M. M., LIMA, J. R. de S., SOUZA, E. S. de, SANTORO, K. R., & ANTONINO, A. C. D. (2015). Atributos Físicos, Macro e Micromorfológicos de Neossolos Regolíticos no Agreste Meridional de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 39(5), 1235-1246.

ALMEIDA, B. G. de. Métodos alternativos de determinação de parâmetros físicos do solo e uso de condicionadores químicos no estudo da qualidade do solo - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2008. 103p. **Tese (Doutorado)**.

ANDREGUETTO, L. G., PINHEIRO, A., KAUFMANN, V., & do REIS CASTRO, N. M. (2015). Transporte de Cátions no Perfil do Solo Sob a Influência de chuvas intensas. **Revista de Estudos Ambientais**, 16(2), 57-66.

ARAÚJO FILHO, J.C. et al. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de Pernambuco**. Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS, 2000. 382p. (EMBRAPA SOLOS, Boletim de Pesquisa; 11).

ARRAES, F. D. D. **Modelagem bidimensional do movimento da água em condições de solo não saturado**. Diss. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, 2014.

BENITES, V.M.; MADARI, B. & MACHADO, P.L.O.A. Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: Um procedimento simplificado de baixo custo. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2003a. 7p. (Comunicado Técnico, 16)

BERG, R. C. "The origin and early genesis of clay bands in youthful sandy soils along Lake Michigan, USA." **Geoderma** 32.1 (1984): 45-62.

BOCKHEIM, J. G. & HARTEMINK, A. E. Classification and distribution of soils with lamellae in the USA. **Geoderma** 206, 2013, p, 92–100.

BOCKHEIM, J. G. (2014). Soils with Lamellae. In **Soil Geography of the USA** (pp. 283-300). Springer International Publishing.

BOCKHEIM, J. G. (2016). Classification and distribution of soils with albic horizons in the USA: A preliminary analysis. **Geoderma**, 262, 85-93.

BOCKHEIM, J. G. Properties and genesis of Argialbolls in the USA. **Geoderma**, 2015, 255: 73-80.

BOCKHEIM, James G. Classification and development of shallow soils (< 50cm) in the USA. **Geoderma Regional**, 2015, 6: 31-39.

BOCKHEIM, James G. Genesis of soils with an abrupt textural contrast in the United States. **CATENA**, 2016, 137: 422-431.

BOND, W. J. (1986). Illuvial band formation in a laboratory column of sand. **Soil Science Society of America Journal**, 50(1), 265-267.

BORGES JÚNIOR, J.C.F.; ANJOS, R.T.; SILVA, T.J.A.; LIMA, J.R.S.; ANDRADE, C.L.T. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para a microrregião de Garanhuns, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p. 380-390, 2012.

BOUABID, R., NATER, E. A., & BARAK, P. (1992). Measurement of pore size distribution in a lamellar Bt horizon using epifluorescence microscopy and image analysis. **Geoderma**, 53(3), 309-328.

BOULET, R. (1993) Uma evolução recente da Pedologia e suas implicações no conhecimento da gênese do relevo In: **Anais do III Congresso ABEQUA**. Belo Horizonte, p.43-58.

BRANDÃO, V. S.; Pruski, F. P.; Silva, D. D. **Infiltração da água no solo**. 3.ed. Viçosa: **UFV**, 2009. 120p.

BRUAND, A.; HARTMAM, C. & LESTURYEY, G. **Physical properties of tropical sandy soils: A large range of behaviours**. In: Management of Tropical Sandy Soils for Sustainable Agriculture. A holistic approach for sustainable development of problem solis in the tropical. Khon Kaen: Thailande. 2005. <http://hallinsu.archivers-ouverts.fr/hall-00079666>.

BUCKMAN, H. O. & BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. 5 ed. Trad. A. B. N. Figueiredo Filho. Rio de Janeiro: Biblioteca Universitária Freitas Bastos, 1979. 647 p.

BULLOCK, P.; FEDOROFF, N; JONGERIUS, A.;STOOPS, G.; TURSINA, T.; BABEL, U.. **Handbook for soil thin section description** .Waine Research Publications, Wolverhampton, 1985.

BUOL, S.W. (1983) **Pathways of Oxisol formation**. In: International Soil Classification Workshop, 4. Ruanda. Proceedings. Bruxelas, p.377-395.

CAMARGO, M. G. 2006. SYSGRAN - Análises e gráficos sedimentológicos. Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, versão 3.0.

CASTRO, S.S. & CURMI, P. **Bandas onduladas em solos podzolizados variação Marília: estruturas de transformação pedológica**. Congresso Bras. De Ciência do Solo, SBCS, XXV, Campinas, Anais: Resumo: 34-36, 1987.

COOPER, M., & VIDAL-TORRADO, P. "Ferriargillan genesis in argillic B horizons of a soil sequence over diabase in Piracicaba." **Scientia Agricola** 57.4 (2000): 745-750.

CORNU, S., et al. "Experimental approach of lessivage: Quantification and mechanisms." **Geoderma** 213 (2014): 357-370.

CORRÊA, M. M., ANDRADE, F. D., MENDONÇA, E. D. S., SCHAEFER, C., Pereira, T. T. C., & Almeida, C. C. (2008). Ácidos orgânicos de baixo peso molecular e ácidos húmicos e alterações em algumas propriedades físicas e químicas de Latossolos, Plintossolo e Neossolo Quartzarênico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32(1), 121-131.

CORREËA, M. M., KER, J. C., MENDONÇA, E. S., RUIZ, H. A., & BASTOS, R. S. (2003). Physical, chemical and mineralogical characteristics of soils from the meadow Region of Sousa (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27(2), 311-324.

CRELLIN, J. D. Lamellae morphology in a sandy outwash soil of east-central Minnesota. 1992.

CUNHA, T. J. **Solos do Submédio do Vale do São Francisco: potencialidades e limitações para uso agrícola**. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2008. 60 p. -- (Embrapa Semiárido. Documento, 211).

De JONGE, LIS WOLLESEN, KJAERGAARD, C., & MOLDRUP, P. "Colloids and colloid-facilitated transport of contaminants in soils." **Vadose Zone Journal** 3.2 (2004): 321-325.

DENOVIO, N. M.; SAIERS, J. E.; RYAN, J. N. Colloid movement in unsaturated porous media. **Vadose Zone Journal**, 2004, 3.2: 338-351.

DIAS, N. da S.; BLANCO, F. F. **Efeitos dos sais no solo e na planta. Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010, 1: 129-141.

DIJKERMAN, J.C., CLINE, M.G., OLSON, G.W., 1967. Properties and genesis of textural sub soil lamellae. **Soil Science** 104, 7–16.

DUCHAUFOR, Ph. Pedologie, Tome 1: **Pedogenese et Classification**. 477 pp. 1983.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA) - Centro Nacional de Pesquisa em Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: **EMBRAPA**, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA) - Centro Nacional de Pesquisa em Solos - **EMBRAPA**. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3ª edição. Brasília, DF, 2013.

FAVRE, P.; CHAMARRO, C. **Facteurs biotiques et mécanismes de lessivage particulaire dans les sols. L'exemple des toposéquences caractéristiques des Andes de Colombie.** Etude et gestion des sols, 1995, 1: 25-41.

FLINT, A. L.; FLINT, L. E. Particle density. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C. (Ed.). Methods of soil analysis. Madison: **Soil Science Society of America**. pt. 4, p. 229-240, 2002.

FOLK, R.L. & WARD, W.C. Petrol Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters. **Journal Sedimentology**, 3(27): 3-26, 1957.

FONTANA, A. C., de NÓBREGA, M. T., STEVAUX, J. C., & SILVEIRA, H. (2014). SISTEMA PEDOLÓGICO ASSOCIADO À LAGOA DOS 32, NO TERRAÇO TAQUARUSSU, MATO GROSSO DO SUL, BRASIL. **Boletim de Geografia**, 32(2), 93-109.

FONTANA, A., BRITO, R. J., PEREIRA, M. G., & LOSS, A. (2010). Índices de agregação e a relação com as substâncias húmicas em Latossolos e Argissolos de tabuleiros costeiros, Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, 5(3), 291-297.

FONTES, M. P. F., CAMARGO, O. D., & SPOSITO, G. (2001). Eletroquímica das partículas coloidais e sua relação com a mineralogia de solos altamente intemperizados. **Scientia Agricola**, 58(3), 627-646.

FRANCHINI, J. C. "Potencial de extratos de resíduos vegetais na mobilização do calcário no solo por método biológico." **Sci. Agric** 58.2 (2001): 357-360.

FRANCHINI, J. C., MIYAZAWA, M., PAVAN, M. A., & MALAVOLTA, E. (1999). Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesq. Agropec. Bras**, 34, 2267-2276.

FURQUIM, S. A.C.; COLTRINARI, L.; FERREIRA, R. P. D.; CASTRO, S. S.; PUGLIESE, G. R. Lamellae formation processes in tropical soils in southeastern Brazil. **Catena** 107 (2013) 15–25p. abr. 2013.

GAL, M., ARCAN, L., SHAINBERG, I., & KEREN, R. (1984). Effect of exchangeable sodium and phosphogypsum on crust structure—scanning

electron microscope observations. **Soil Science Society of America Journal**, 48(4), 872-878.

GASPAR, L. O **Nordeste do Brasil. Fundação Joaquim Nabuco**, Recife. Disponível em: <<http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar/>>. Acesso em: 12 de agosto de 2014.

GILE, L. H. Holocene soils in eolian sediments of Bailey County, Texas. **Soil Science Society of America Journal**, 1979, 43.5: 994-1003.

GOLDBERG, S., KAPOOR, B. S., & RHOADES, J. D. (1990). Effect of aluminum and iron oxides and organic matter on flocculation and dispersion of arid zone soils. **Soil Science**, 150(3), 588-593.

GRAY, FENTON, BENCHAWAN MEKSOPON, and DEAN PESCHEL. "Study of some physical and chemical properties of an Oklahoma soil profile with clay-iron bands." **Soil Science** 122.3 (1976): 133-138.

GROSSMAN, R. B.; REINSCH, T. G. Bulk density and linear extensibility. In: DANE, J. H.; TOPP. G. C. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: **Soil Science Society of America**, pt. 4, p. 201-228, 2002

HANNAH, P.R., ZAHNER, R., 1970. Nonpedogenetic texture bands in outwash sands of Michigan: their origin, and influence on tree growth. **Soil Science Society of America Journal** 34, 134–136

HOLLIDAY, V.C., RAWLING III, J.E. Soil-geomorphic relations of lamellae in eolian sand on the High Plains of Texas and New Mexico. **Geoderma** 131, 154–180, 2006.

IBARAKI, M.; SUDICKY, E. A. Colloid-facilitated contaminant transport in discretely fractured porous media: 1. Numerical formulation and sensitivity analysis. **Water Resources Research**, 1995, 31.12: 2945-2960.

JACINTHO, E.C. et al. Solos Tropicais e o Processo Erosivo. In: CAMAPUM DE CARVALHO, J.; SALES, M.M.; SOUZA, N.M.; MELO, M.T.S. (Org.). **Processos erosivos no centro-oeste brasileiro**. Brasília: Universidade de Brasília: FINATEC, 2006. p. 93-156.

JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis**: advance Course. 29. ed. Madison, 1975. 895 p.

JACOMINE, P.K.T. (2005) Origem e evolução dos conceitos e definições de atributos , horizontes diagnósticos e das classes de solos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). **Tópicos Ci. Solo**, 4: 193-231.

JACOMINE, P.K.T. Solos sob caatingas: características e uso agrícola. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa, SBCS-UFV, 1996. 930p.

KAMPF, N. & CURI, N. Formação e evolução do solo (Pedogênese). In: KER, J. C.; CURI, N.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIDAL-TORRADO, P. **Pedologia: fundamentos**, MG: SBCS, 2012. p. 207-302.

KAMPF, N., CURI, N., CURI, N., MARQUES, J. J. G. S. M., GUILHERME, L. R. G., LIMA, J. M., ... & ALVAREZ V, V. H. (2003). **Argilominerais em solos brasileiros**. CURI, N.; MARQUES, JJ; GUILHERME, LRG; LIMA, JM, 1-54.

KEMP, R. A., and P. D. McINTOSH. "Genesis of a texturally banded soil in Southland, New Zealand." **Geoderma** 45.1 (1989): 65-81.

KIRKHAM, M. B. Principles of Soil and Plant Water Relations. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2005. 519 p.

KJAERGAARD, C. "Colloid mobilization and transport in undisturbed soil columns. I. Pore structure characterization and tritium transport." **Vadose Zone Journal** 3.2 (2004): 413-423.

KLUTE, A. **Methods of soil analysis. Part 1: Physical and Mineralogical Methods**. Madison, Wisconsin USA. ASA/SSSA, 188p, 1986.

KOESTEL, J. K., NORGAARD, T., LUONG, N. M., VENDELBOE, A. L., MOLDRUP, P., JARVIS, N. J., ... & WOLLESEN de Jonge, L. (2013). Links between soil properties and steady-state solute transport through cultivated topsoil at the field scale. *Water Resources Research*, 49(2), 790-807.

KOHNKE, Helmut; KOHNKE, Helmut. **Soil physics**. 1968.

KUNG, KJ S. Preferential flow in a sandy vadose zone: 2. Mechanism and implications. **Geoderma**, 1990, 46.1-3: 59-71.

LEINZ, V.; CAMPOS, J.E.S. **Guia para determinação de minerais**. 8. ed. São Paulo, Nacional. 1979. 149p.

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

MABESSONE, J.M.; História geológica da Província Borborema (NE Brasil). **Revista de Geologia**, v.15, p. 635-643, Ago. 2002.

MAFRA, A. L.; SILVA, E. F.; COOPER, M. & DEMATTÊ J. L. I. Pedogênese de uma sequência de solos desenvolvidos de arenito na região de Piracicaba (SP). **R. Bras. Ci. Solo**, 25:355-369, 2001.

MAJDALANI, S., MICHEL, E., Di-PIETRO, L., & ÂNGULO-JARAMILO, R. (2008). Effects of wetting and drying cycles on in situ soil particle mobilization. **European journal of soil science**, 59(2), 147-155.

MARQUES, A. J. et al. O uso do clinômetro no levantamento topográfico. Estudo de caso: levantamento pedológico. **Boletim de Geografia, Maringá**, 18(1): 135-141, 2000.

MARQUES, F. A., RIBEIRO, M. R., BITTAR, S. M. B., TAVARES FILHO, A. N., & LIMA J. F. W. F. (2007). Caracterização e classificação de Neossolos da ilha de Fernando de Noronha (PE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31(6), 1553-1562.

McFADDEN, J. P., MacDONALD, N. W., WITTER, J. A., & ZAK, D. R. (1994). Fine-textured soil bands and oak forest productivity in northwestern lower Michigan, USA. **Canadian Journal of Forest Research**, 24(5), 928-933.

McGECHAN, M. B.; LEWIS, D. R. SW—**Soil and water: Transport of particulate and colloid-sorbed contaminants through soil**, Part 1: General Principles. *Biosystems Engineering*, 2002, 83.3: 255-273.

McKEAGUE, J. A.; DAY, J. H.; Dithionite and oxalate extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. **Canadian Journal of Soil Science**, v.46, p.13-22, 1966.

McNAMARA, J. P., CHANDLER, D., SEYFRIED, M., & ACHET, S. (2005). **Soil moisture states, lateral flow, and streamflow generation in a semi-arid, snowmelt-driven catchment. *Hydrological Processes*, 19(20), 4023-4038.**

MEDEIROS, L. A. R. Caracterização e gênese de solos derivados de calcário e de sedimentos terciários na região de Jaíba, Norte de Minas Gerais. Viçosa. 1977. 107 p. (**Dissertação de Mestrado**). Universidade Federal de Viçosa, 1977.

MEDEIROS, P. S. C. D., NASCIMENTO, P. C. D., INDA JUNIOR, A. V., & SILVA, D. S. D. (2013). Caracterização e classificação de solos graníticos em topossequência na região Sul do Brasil. **Ciência rural**. Santa Maria. Vol. 43, n. 7 (jul. 2013), p. 1210-1217.

MEDEIROS, P. S. C. de; PEDRON, F. de A.; STÜRMER, S. L. C.; RODRIGUES, M. F. AZEVEDO, A. C. de.; SALMOLIN, R. S. D. **Caracterização de Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos do RS e análise do seu potencial agrícola**. XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do solo. Gramado - RS, 2007.

MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. **Iron oxide removal from soils and clays by dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate**. In: SWINEFORD, A., Ed., Clay and clay minerals proceeding conference. Elmsdorf, NY: Pergamon Press, p.317-342, 1960.

MEKARU, T., & UEHARA, G. "Anion adsorption in ferruginous tropical soils." **Soil Science Society of America Journal** 36.2 (1972): 296-300.

MELO, V.F.; CASTILHOS, R.M.V. & PINTO, L.F.S. Reserva mineral do solo. In: MELO, V.F. & ALLEONI, L.R.F., eds. **Química e mineralogia do solo; conceitos básicos**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p.251- 332.

MERCIER, P., DENAIX, L., ROBERT, M., & de MARSILY, G. (2000). Caractérisation des matières colloïdales évacuées au cours du drainage agricole: incidence sur l'évolution pédogénétique des sols. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series IIA-Earth and Planetary Science**, 331(3), 195-202.

MESQUITA, M. D. G. B. D., & MORAES, S. O. (2004). The dependence of the saturated hydraulic conductivity on physical soil properties. **Ciência Rural**, 34(3), 963-969.

MILES, R. J., & FRANZMEIER, D. P. (1981). A lithochronosequence of [Psamments, Udalfs] soils formed in dune sand [in western Indiana]. **Journal of the Soil Science Society of America** (USA).

MILLER, W. P., NEWMAN, K. D., & FRENKEL, H. (1990). Flocculation concentration and sodium/calcium exchange of kaolinitic soil clays. **Soil Science Society of America Journal**, 54(2), 346-351.

MUGGLER, C. C., CURI, N., SILVA, M. L. N., & de LIMA, J. M. (1996). Características pedológicas de ambientes agrícolas nos chapadões do rio Corrente, sudoeste da Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 31(3), 221-232.

MURPHY, C.P. **Thin section preparation of soils and sediments**. Berkhamsterd: Academic Publis. 1986. 145p.

NELSON, D.W., SOMMERS, L.E., 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter, In: Sparks, D.L. (Ed.), **Methods of Soil Analysis, Part III: Chemical Methods**, 2nd ed. SSSA Book Series No. 9. **Soil Science of America**, Inc. and American Society of Agronomy, In c., Madison, pp. 961–1010.

NETO, M. V. B.; SILVA, H. A.; ARAÚJO, M. do S. B. **Mapeamento da vulnerabilidade natural à erosão como subsidio ao planejamento ambiental no semiárido Pernambucano**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

NETTO, A. A., FERNANDES, E. J., & CENTURION, J. F. (2007). Propriedades físicas e indicador de qualidade de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Irriga**, 27-37.

NOVAIS, R., SMYTH, T., NOVAIS, R., & SMYTH, T. (1999). Fósforo na planta. NOVAIS, RF; SMYTH, TJ **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, DPS, 255-270.

OLIVEIRA JÚNIOR. J. A. S. de Propriedades hidrodinâmicas de Neossolo Regolítico sob pastagem e caatinga no Agreste Pernambucano/José Aildo Sabino de Oliveira Junior. 90f. Garanhuns, 2013, **(Dissertação)**.

OLIVEIRA, D. de. As bandas onduladas e sua influência na evolução do relevo em São Pedro-SP (Brasil). **Geosul**, Florianópolis, v. 24, n. 47, p 161-186, jan./jun. 2009.

OLIVEIRA, D.; CASTRO, S.S. & FERREIRA, R.P.D. (1998) Indicadores macro e micromorfológicos da circulação hídrica dos solos de uma toposseqüência em São Pedro (SP). Florianópolis: **Geosul** 14 (27): 482-487.

OLIVEIRA, D.; CASTRO, S.S. & FERREIRA, R.P.D. (1998) Indicadores macro e micromorfológicos da circulação hídrica dos solos de uma toposseqüência em São Pedro (SP). Florianópolis: **Geosul** 14 (27): 482-487.

OLIVEIRA, J.B. **Pedologia aplicada**. 3.ed. Piracicaba, FEALQ, 2008. 592p.

Paes, J. L. A., Ruiz, H. A., Fernandes, R. B. A., Freire, M. B. G. S., Barros, M. F. C., & Rocha, G. C. (2013). Dispersão de argilas em solos afetados por sais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17, 1135-1142.

PAISANI, J. C. Gênese de Lamelas (“estruturas de dissipação”) Associadas à Evolução de Paleoargissolos em Rampa Arenosa, Praia Mole (Ilha de Santa Catarina) / SC, Brasil: subsídios para uma interpretação paelogeomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Ano 5, Nº 1 (2004) 29-42.

PAISANI, J.C. (2001) Estrutura de Dissipação: uma revisão conceitual. In **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, UFRGS, 28(2):133-140.

PAIVA, Q., RODRIGUES, A. C. V., & da SILVA RIBEIRO, L. (2008). Distribuição do sistema radicular de citros em uma toposseqüência de solos de Tabuleiro Costeiro do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32(2), 503-513.

PANACHUKI, E., ALVES SOBRINHO, T., VITORINO, A. C. T., CARVALHO, D. D., & Urchei, M. A. (2006). Avaliação da infiltração de água no solo, em sistema de integração agricultura-pecuária, com uso de infiltrômetro de aspersão portátil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 28(1), 129-138.

PARAHYBA, R. da B. V. **Geoambientes, litotoposseqüência e características físico-hídricas de solos arenosos da Bacia do Tucano**, Bahia. – Recife: O autor, 2013. 269 f.: il. ; 30 cm

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2008, 911-920.

PEDRON F. de A; de AZEVEDO, A. C., DALMOLIN, R. S. D., STÜRMER, S. L. K., & MENEZES, F. P. (2009). Morfologia e classificação taxonômica de Neossolos e saprolitos derivados de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral no Rio Grande no Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33(1), 119-128.

PERNAMBUCO. **Governo do Estado. Geografia de Pernambuco**. Disponível em: <<http://www.pe.gov.br/conheca/geografia/>>. Acesso em: 1 março. 2014.

PHILLIPS, Jonathan D. The robustness of chronosequences. **Ecological Modelling**, 2015, 298: 16-23.

PONÇANO, W.L. 1986. Sobre a interpretação ambiental de parâmetros estatísticos granulométricos: exemplos de sedimentos quaternários na costa brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, 16 (2): 157-170.

PREVEDELLO, C.L. Física do solo. Com problemas resolvidos. Curitiba. 446 p. 1996

QUÉNARD, L., SAMOUELIAN, A., LAROCHE, B., & CORNU, S. (2011). Lessivage as a major process of soil formation: a revisitation of existing data. **Geoderma**, 167, 135-147.

RAWLING III, J.E., 2000. A review of lamellae. **Geomorphology** 35, 1–9.

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

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

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.

RESENDE, M. **Nordeste: ambientes agrícolas, problemas e sugestões de pesquisa**. Mossoró: ESAM, 1989. 278 p. (Coleção Mossoroense, série A, 29). 1989. 278 p.

RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Brasília, DF: MEC; [Lavras]: ESAL; [Piracicaba]: POTAFOS, 1988. 81 p.

RIVA, R. D. D. Densidade, porosidade resistência a penetração e retenção de água em resposta ao arranjo e morfometria de partículas da fração areia. Viçosa: MG. 2005. 77 p. **Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de Plantas)**. Universidade Federal de Viçosa. 2005.

ROBINSON, G. H.; RICH, C. I. Characteristics of the multiple yellowish-red bands common to certain soils in the southeastern United States. **Soil Science Society of America Journal**, 1960, 24.3: 226-230.

ROLIM NETO, F. C. Gênese de solo arenoso com lamelas no Agreste de Pernambuco. 120 f. **Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo)** – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 1991.

ROUSSEAU, M., DI PIETRO, L., AANGULO-JARAMILLO, R., TESSIER, D., & CABIBEL, B. (2004). Preferential Transport of Soil Colloidal Particles. **Vadose Zone Journal**,3(1), 247-261.

RUBINIC, V., GALOVIC, L., HUNSIJAK, S., & DURN, G. (2015). Climate vs. parent material—Which is the key of Stagnosol diversity in Croatia. **Geoderma**, 241, 250-261.

RUEH, R. V. Elements of the soil landscape. Transactions of the 7th International Congress of Soil Science. **Int. Soc. Of Soil Science**. Madison. 4:165-170, 1960.

SALOMÃO, F.X.T. Processos erosivos lineares em Bauru (SP) – regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1994. 200p. **(Tese de Doutorado)**

SANTOS, E.A. & KLIEMANN, H.J. Disponibilidade de fósforo de fosfatos naturais em solos de cerrado e sua avaliação por extratores químicos. **Pesq. Agropec. Trop.**, 35:139-146, 2005.

SANTOS, J. C. B.; JÚNIOR, V. S. S.; CORRÊA, M. M.; RIBEIRO, M. R.; ALMEIDA, M. C.; BORGES, L. E. P. Caracterização de Neossolos Regolíticos da região semiárida do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. v. 36, n.3, p.683-696, 2012.

SANTOS, J. C. P. dos. & ARAÚJO Filho, J. C. de. **Avaliação Detalhada do potencial de terras para irrigação nas áreas de reassentamento de colonos do Projeto Jusante**, Área 3, Glória, BA. Recife: Embrapa UEP/ NE, 2008. 111 p.

SANTOS, L. J. C. & CASTRO, S. S. "Lamelas (Bandas Onduladas) em Argissolo Vermelho-Amarelo como Indicadores da Evolução do Relevo: o caso das colinas médias do Platô de Bauru (SP)." **Revista Brasileira de Geomorfologia**-Ano 7.1 (2006).

SANTOS, L.J.C. (1995) Estudo morfológico da toposseqüência da Pousada da Esperança, em Bauru, SP: subsídio para a compreensão da gênese, evolução e comportamento atual dos solos (**Dissertação de Mestrado-Geografia/USP**) 2v.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 6. ed. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 100p

SARA - **Secretaria de Agricultura e Reforma Agrária**. Disponível em: <http://www.agricultura.pe.gov.br/interna.php?p=dadospluviometricos&s=RD7_Q_Ajustados>. Acesso em: 08/08/2014.

SCHAETZL, R. J. "Morphologic evidence of lamellae forming directly from thin, clayey bedding planes in a dune." **Geoderma** 99.1 (2001): 51-63.

SCHAETZL, R. J. "Texture, mineralogy, and lamellae development in sandy soils in Michigan." **Soil Science Society of America Journal** 56.5 (1992): 1538-1545.

SCHLINDWEIN, J. A.; BORTOLON, L.; GIANELLO, C.. Calibração de métodos de extração de potássio em solos cultivados sob sistema plantio direto. **R Bras Ci Solo**, 2011, 35: 1669-78.

SCHWERTMANN, U.; KAMPF, N. Oxidos de ferro jovens em ambientes pedogeneticos brasileiros. **Revista brasileira de ciência do solo**, 1983.

SHAINBERG, I.; LETEY, J. Response of soils to sodic and saline conditions. University of California, **Division of Agriculture and Natural Resources**, 1984.

SHANG, J., FLURY, M., CHEN, G., & ZHUANG, J. (2008). Impact of flow rate, water content, and capillary forces on in situ colloid mobilization during infiltration in unsaturated sediments. **Water Resources Research**, 44(6).

SILVA, A.P.; IMHOFF, S. & KAY, B. Plant response to mechanical resistance and air-filled porosity of soils under conventional and no-tillage system. **Sci. Agric.**, 61:451- 456, 2004.

SILVA, L. F. D., NASCIMENTO, P. C. D., INDA, A. V., & SILVA, E. R. (2015). SOIL VARIABILITY IN DIFFERENT LANDSCAPE POSITIONS IN THE PORTO ALEGRE BOTANICAL GARDEN, SOUTHERN BRAZIL. *Ciência e Agrotecnologia*, 39(5), 477-487.

Silva, M. S. L. D., Klamt, E., Cavalcante, A. C., & Kroth, P. L. (2002). Adensamento subsuperficial em solos do semi-árido: processos geológicos e/ou pedogenéticos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 314-320.

SILVA, R. A. B.da, LIMA, J. R. S. da, ANTONINO, A. C. D.,GONDIM, P. S.de S., Souza, E. S., & Júnior, G. B. (2014). Balanço hídrico em Neossolo Regolítico cultivado com braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 38(1), 147-157.

SOARES, J. L. N.; ESPÍNDOLA, C. R.; CASTRO, S. S de. Alteração física e morfológica em solos cultivados sob sistema tradicional de manejo. **Rev Bras. Ci. Solo**, 2005, 29: 1005-1014.

SOIL SURVEY Staff (1975, 2014) **Soil Classification: a comprehensive system**, 7th approximation. Washington D.C., U.S.D.A. Soil Cons. Service, 265p.

SOUZA, E. S.; ANTONINO, A. C. D. JARAMILLO, R. A.; NETTO, A. M. MONTENEGRO, S. M. G. L.; SILVA, E. B.; Variabilidade espacial dos parâmetros hidrodinâmicos de duas parcelas agrícolas no estado da Paraíba. **Rev. Bras. Ciênc. Solo** [online]. 2008, vol.32, n.5, pp. 1795-1804. ISSN 0100-0683.

SPERA, S. T., DENARDIN, J. E., ESCOSTEGUY, P. A. V., SANTOS, H. D., & FIGUEROA, E. A. (2008). Dispersão de argila em microagregados de solo incubado com calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32(Especial).

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: Genesis, composition, reactions**. 2.ed. New York, John Wiley & Sons, 1994. 443p.

TOMER, M. D., & ANDERSON, J. L. (1995). Variation of soil water storage across a sand plain hillslope. **Soil Science Society of America Journal**, 59(4), 1091-1100.

TORRENT, J., W. D. NETTLETON, and G. BORST. "Clay illuviation and lamella formation in a Psammentic Haploxeralf in southern California." **Soil Science Society of America Journal** 44.2 (1980): 363-369. USDA, (2010)

Van GENUCHTEN, M. T. A Closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**,44:892-898, 1980.

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

WURMAN, E.; WHITESIDE, E.P.; MORTLAND, M.M.; Properties and genesis of finer textured subsoil bands in some sandy Michigan soils. **Soil Science Society of America Journal** 23, 135–143p, 1959.

ZAIDEL'MAN, F. R. Lessivage and its relation to the hydrological regime of soils. **Eurasian Soil Science**, 2007, 40.2: 115-125.

APÊNDICE 1- RESULTADOS ESTATÍSTICOS DA DISTRIBUIÇÃO DOS GRÃOS (AREIA) EM UMA LITOTOPOSSEQUÊNCIA.

Resultado estatístico da distribuição dos grãos subdivido em cinco frações, na litotoposequência.

Identificação da Amostra	Profundidade (cm)	Classificação		Grau de Seleção		Assimetria		Curtose	
Tradagem 01	0-20	1,29	A.M	1,17	P.S	0,07	A.S.	0,97	Mesocúrtica
	20-50	1,25	A.M	1,21	P.S	0,06	A.S.	0,96	Mesocúrtica
	50-80	1,51	A.M	1,28	P.S	-0,03	A.S.	0,91	Mesocúrtica
	80-110	1,39	A.M	1,25	P.S	0,02	A.S.	0,92	Mesocúrtica
	110-150	1,41	A.M	1,21	P.S	0,03	A.S.	0,95	Mesocúrtica
Tradagem 02	0-20	1,35	A.M	1,17	P.S	0,05	A.S.	0,95	Mesocúrtica
	20-50	1,11	A.M	1,25	P.S	0,09	A.S.	0,91	Mesocúrtica
	50-80	1,23	A.M	1,23	P.S	0,07	A.S.	0,93	Mesocúrtica
	80-110	1,56	A.M	1,34	P.S	-0,06	A.S.	0,89	Platicúrtica
	110-150	1,49	A.M	1,37	P.S	-0,10	N	0,85	Platicúrtica
Tradagem 03	0-20	1,04	A.M	1,20	P.S	0,09	A.S.	0,92	Mesocúrtica
	20-50	1,08	A.M	1,20	P.S	0,03	A.S.	0,90	Platicúrtica
	50-80	1,25	A.M	1,19	P.S	0,04	A.S.	0,94	Mesocúrtica
	80-110	1,08	A.M	1,26	P.S	0,07	A.S.	0,87	Platicúrtica
	110-150	1,23	A.M	1,32	P.S	0,07	A.S.	0,88	Platicúrtica
Tradagem 04	0-20	1,27	A.M	1,20	P.S	0,10	P	0,90	Mesocúrtica
	20-50	1,35	A.M	1,19	P.S	0,06	A.S.	0,93	Mesocúrtica
	50-80	1,35	A.M	1,20	P.S	0,03	A.S.	0,92	Mesocúrtica
	80-110	1,18	A.M	1,30	P.S	0,08	A.S.	0,88	Platicúrtica
	110-150	1,35	A.M	1,25	P.S	0,03	A.S.	0,90	Mesocúrtica
Tradagem 05	0-20	1,27	A.M	1,14	P.S	0,04	A.S.	0,94	Mesocúrtica
	20-50	1,18	A.M	1,20	P.S	0,04	A.S.	0,89	Platicúrtica
	50-80	1,27	A.M	1,20	P.S	0,06	A.S.	0,90	Mesocúrtica
	80-110	1,31	A.M	1,24	P.S	0,00	A.S.	0,86	Platicúrtica
	110-150	1,34	A.M	1,24	P.S	0,00	A.S.	0,89	Platicúrtica
Tradagem 06	0-20	1,31	A.M	1,18	P.S	0,01	A.S.	0,92	Mesocúrtica
	20-50	0,91	A.G.	1,09	P.S	0,09	A.S.	0,97	Mesocúrtica
	50-80	1,31	A.M.	1,17	P.S	0,01	A.S.	0,91	Mesocúrtica
	80-110	1,27	A.M.	1,21	P.S	0,00	A.S.	0,88	Platicúrtica
	110-150	1,27	A.M.	1,24	P.S	0,04	A.S.	0,89	Platicúrtica
Tradagem 07	0-20	1,09	A.M.	1,10	P.S	0,09	A.S.	0,95	Mesocúrtica
	20-50	1,25	A.M.	1,13	P.S	0,03	A.S.	0,93	Mesocúrtica
	50-80	1,30	A.M.	1,19	P.S	0,02	A.S.	0,92	Mesocúrtica
	80-110	1,27	A.M.	1,19	P.S	0,04	A.S.	0,92	Mesocúrtica
	110-150	1,09	A.M.	1,28	P.S	0,11	P	0,83	Platicúrtica
Tradagem 08	0-20	1,33	A.M.	1,11	P.S	0,05	A.S.	0,91	Mesocúrtica
	20-50	1,29	A.M.	1,13	P.S	0,00	A.S.	0,91	Mesocúrtica
	50-80	1,20	A.M.	1,23	P.S	0,00	A.S.	0,88	Platicúrtica
	80-110	1,39	A.M.	1,23	P.S	0,00	A.S.	0,90	Mesocúrtica
	110-150	1,42	A.M.	1,24	P.S	0,01	A.S.	0,91	Mesocúrtica
Tradagem 09	0-20	1,27	A.M.	1,10	P.S	0,05	A.S.	0,94	Mesocúrtica
	20-50	1,20	A.M.	1,09	P.S	0,04	A.S.	0,95	Mesocúrtica
	50-80	1,35	A.M.	1,15	P.S	-0,05	A.S.	0,86	Platicúrtica
	80-110	1,00	A.G.	1,24	P.S	0,07	A.S.	0,87	Platicúrtica
	110-150	1,36	A.M.	1,27	P.S	-0,01	A.S.	0,89	Platicúrtica

Identificação da Amostra	Profundidade (cm)	Classificação		Grau de Seleção		Assimetria		Curtose	
Tradagem 10	0-20	1,29	A.M.	1,25	P.S	0,07	A.S.	0,88	Platicúrtica
	20-50	1,35	A.M.	1,14	P.S	0,03	A.S.	0,92	Mesocúrtica
	50-80	1,11	A.M.	1,06	P.S	0,05	A.S.	0,97	Mesocúrtica
	80-110	1,39	A.M.	1,22	P.S	0,01	A.S.	0,89	Platicúrtica
	110-150	0,83	A.G.	1,19	P.S	0,11	P	0,86	Platicúrtica
Tradagem 11	0-20	1,20	A.M.	1,09	P.S	0,08	A.S.	0,95	Mesocúrtica
	20-50	1,24	A.M.	1,18	P.S	0,03	A.S.	0,89	Platicúrtica
	50-80	1,43	A.M.	1,22	P.S	0,00	A.S.	0,93	Mesocúrtica
	80-110	1,33	A.M.	1,27	P.S	0,01	A.S.	0,88	Platicúrtica
	110-150	1,29	A.M.	1,27	P.S	0,04	A.S.	0,92	Mesocúrtica
Tradagem 12	0-20	1,23	A.M.	1,12	P.S	0,02	A.S.	0,93	Mesocúrtica
	20-50	1,10	A.M.	1,12	P.S	0,09	A.S.	0,94	Mesocúrtica
	50-80	1,52	A.M.	1,24	P.S	-0,06	A.S.	0,92	Mesocúrtica
	80-110	1,52	A.M.	1,22	P.S	-0,03	A.S.	0,93	Mesocúrtica
	110-150	1,41	A.M.	1,29	P.S	-0,01	A.S.	0,89	Platicúrtica
Tradagem 13	0-20	1,41	A.M.	1,18	P.S	0,04	A.S.	0,93	Mesocúrtica
	20-50	1,50	A.M.	1,20	P.S	-0,02	A.S.	0,92	Mesocúrtica
	50-80	1,52	A.M.	1,23	P.S	-0,01	A.S.	0,91	Mesocúrtica
	80-110	1,67	A.M.	1,25	P.S	-0,08	A.S.	0,92	Mesocúrtica
	110-150	1,22	A.M.	1,35	P.S	0,06	A.S.	0,89	Platicúrtica
Tradagem 14	0-20	1,17	A.M.	1,20	P.S	0,10	P	0,93	Mesocúrtica
	20-50	1,55	A.M.	1,19	P.S	-0,01	A.S.	0,91	Mesocúrtica
	50-80	1,45	A.M.	1,23	P.S	0,02	A.S.	0,92	Mesocúrtica
	80-110	1,58	A.M.	1,29	P.S	-0,04	A.S.	0,91	Mesocúrtica
	110-150	1,42	A.M.	1,30	P.S	-0,01	A.S.	0,90	Platicúrtica
Tradagem 15	0-20	1,46	A.M.	1,20	P.S	-0,02	A.S.	0,93	Mesocúrtica
	20-50	1,34	A.M.	1,18	P.S	0,03	A.S.	0,94	Mesocúrtica
	50-80	1,28	A.M.	1,28	P.S	-0,01	A.S.	0,88	Platicúrtica
	80-110	1,22	A.M.	1,30	P.S	0,04	A.S.	0,87	Platicúrtica
	110-150	1,32	A.M.	1,33	P.S	0,02	A.S.	0,87	Platicúrtica
Tradagem 16	0-20	0,85	A.M.	1,32	P.S	0,19	P	0,84	Platicúrtica
	20-50	1,28	A.M.	1,14	P.S	0,06	A.S.	0,96	Mesocúrtica
	50-80	1,35	A.M.	1,14	P.S	0,04	A.S.	0,95	Mesocúrtica
	80-110	1,48	A.M.	1,23	P.S	0,00	A.S.	0,93	Mesocúrtica
	110-150	1,53	A.M.	1,33	P.S	-0,03	A.S.	0,89	Platicúrtica
Tradagem 17	0-20	1,15	A.M.	1,31	P.S	0,12	P	0,96	Mesocúrtica
	20-50	1,28	A.M.	1,16	P.S	0,03	A.S.	0,92	Mesocúrtica
	50-80	1,27	A.M.	1,21	P.S	0,02	A.S.	0,90	Platicúrtica
	80-110	1,29	A.M.	1,26	P.S	0,02	A.S.	0,87	Platicúrtica
Tradagem 18	0-20	1,30	A.M.	1,31	P.S	0,08	A.S.	0,88	Platicúrtica
	20-50	0,73	A.G.	1,26	P.S	0,22	P	0,89	Platicúrtica
	50-80	1,56	A.M.	1,32	P.S	0,04	A.S.	0,88	Platicúrtica
	80-110	1,13	A.M.	1,25	P.S	0,06	A.S.	0,93	Mesocúrtica
Tradagem 19	0-20	1,45	A.M.	1,34	P.S	-0,01	A.S.	0,88	Platicúrtica
	20-50	1,36	A.M.	1,30	P.S	0,04	A.S.	0,94	Mesocúrtica
	50-80	1,48	A.M.	1,29	P.S	0,00	A.S.	0,89	Platicúrtica
	80-110	1,48	A.M.	1,32	P.S	-0,01	A.S.	0,89	Platicúrtica

APÊNDICE 2- DADOS MORFOLÓGICOS E ANÁLITICOS DOS PERFIS DE SOLOS LOCALIZADOS NO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO-PE

DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 1

DATA: **04-02-2014**

CLASSIFICAÇÃO: **NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico espessarênico. A fraco, textura arenosa, fase caatinga hipoxerófila, relevo suave ondulado.**

LOCALIZAÇÃO: **Sítio Várzea do Barro no município de São João – PE coordenadas (GPS) 08° 51' 11" S / 36° 22' 49,1" W.**

SITUAÇÃO E DECLIVE: **Levemente Inclinado**

ALTITUDE: **739 m**

LITOLOGIA: **Biotita Orto-gnaisse**

MATERIAL DE ORIGEM: **Biotia gnaisse-granitóide**

PEDREGOSIDADE: **Ausente**

ROCHOSIDADE: **Ausente**

RELEVO LOCAL: **Suave ondulado**

RELEVO REGIONAL: **Ondulado**

EROSÃO: **Ligeira**

DRENAGEM: **Bem drenado**

VEGETAÇÃO LOCAL: **Caatinga hipoxerófila**

VEGETAÇÃO REGIONAL: **Caatinga hipoxerófila**

USO ATUAL: **Cultivo agrícola (mandioca)**

CLIMA: **BSs'h' de Köppen**

DESCRITO E COLETADO POR: **Alexandre Nascimento Ferreira, Marcelo Metri Corrêa, Francis Henrique Tenório Firmino**

B- DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap – (0-18 cm), – buno- acinzentado (10YR 5/2, úmida) e cinzento-claro (10 YR 7/2, seca); areia franca; grãos simples; fraca, pequena e média blocos sub-angulares; ligeiramente dura, muito friável, não plástica, não pegajosa, transição clara e plana; presença de muitas raízes.

C₁ – (18-47 cm), – bruno – acinzentado – escuro (10 YR 4/2); areia franca; grãos simples; fraca, pequena e média blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, não plástica e não pegajosa, transição clara e plana; presença de poucas raízes.

C₂ – (47–82 cm), – bruno-acinzentado- escuro (10YR 4/2); areia franca; fraca, média blocos sub-angulares; grãos simples; ligeiramente dura, muito friável, não plástica a ligeiramente plástica, não pegajosa, transição gradual e plana; presença de poucas raízes.

C₃ – (82-110 cm), – bruno (10YR 4/3); franco arenosa; fraca, média blocos subangulares; grãos simples; ligeiramente dura, muito friável, não plástica a ligeiramente plástica, não pegajosa, transição difusa e plana; presença de poucas raízes.

C₄ – (110-140 cm), – bruno (10YR 4/3); areia franca; fraca, média blocos subangulares; grãos simples; ligeiramente dura, muito friável, não plástica a ligeiramente plástica, não pegajosa, transição gradual e plana; presença de poucas raízes.

C₅ – (140-180 cm), – bruno acinzentado (10 YR 5/2); areia franca pouco cascalhenta; fraca, média blocos subangulares; grãos simples; ligeiramente dura a dura, muito friável, não plástica, não pegajosa; presença de raras raízes.

Cr – Obtido por tradagem na base do perfil.

Observações – Ap, C₁, C₃, C₄, C₅ - As raízes são finas; Ap, C₁, C₂, C₃ - atividade biológica, cor poderia se enquadrar em variegada; Geral: Presença de lamelas no C₁ e C₂; Presença de lamelas no Cr (orientação de biotita).

Lamelas- bruno – escuro (10YR 3/3); Espessura das lamelas presentes variaram de 1 a 4 mm, espaços entre lamelas são variados; as lamelas apresentam arranjo complexo, com junções entre lamelas, maior concentração de 25-35 cm. Paralelas a superfície, suave onduladas, as primeiras são mais contínuas lateralmente. Com o incremento de profundidade as lamelas tornam-se menos visíveis e mais desconectadas, média de 10 lamelas. Contraste das lamelas e entre lamelas é difuso. As lamelas do C2 – Não são tão espessas, menos visíveis e menor quantidade, são também paralelas a superfície do terreno. Contraste menos evidente difuso.

Entre lamelas – bruno – claro (10YR 6/2);

Atributos físicos do P1 (Neossolo Regolítico) localizado no município de São João-PE

Horizontes		Calhaus (>20mm)	Casc. (20-2mm)	TFSA (<2mm)	Composição Granulométrica da TFSA (g.Kg ⁻¹)										Densidade (Kg.dm ⁻³)			
Simb.	Prof. (cm)		%		A.M.G. (2-1mm)	A.G. (1-0,5mm)	A.M. (0,5-0,25)	A.F. (0,25-0,1mm)	A.M.F. (0,1-0,05mm)	A.T. (2-0,05mm)	Silte (0,05-0,002)	Argila (<0,002)	A.D.A. (g.Kg ⁻¹)	GF (%)	Silte /Argila	Solo	Partic.	P (%)
A	0-18	0	4	96	167	276	231	163	54	892	68	40	20	71	1,7	1,65	2,78	40
C1	18-47	0	4	96	144	227	246	181	56	854	86	60	60	30	1,4	1,72	2,64	35
C2	47-82	0	4	96	98	239	269	166	65	837	103	60	40	61	1,7	1,69	2,71	38
C3	82-110	0	5	95	123	221	235	185	60	822	118	60	40	66	2,0	1,72	2,63	34
C4	110-140	0	5	95	116	166	219	216	89	806	134	60	60	55	2,2	1,70	2,63	35
C5	1,40-1,80	0	9	91	175	176	199	182	76	807	133	60	40	70	2,2	1,72	2,67	36
Cr	1,80 -2,20	0	24	76	188	217	190	141	51	787	112	100	80	29	1,1	-	2,57	-

Atributos químicos do P1 (Neossolo Regolítico) localizado no município de São João-PE

Horizontes		pH (1:2,5)			Complexo Sortivo (cmol _c cm ⁻³)								P (mg Kg ⁻¹)	COT (g Kg ⁻¹)	V (%)	m (%)	100 Na ⁺ /T (%)
Simb.	Prof.(cm)	H ₂ O	KCl	ΔpH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S.B.	Al ³⁺	(H+Al)	(T)					
A	0-18	6,26	6,09	-0,17	0,91	0,34	0,05	0,19	1,48	0,04	0,91	2,39	11,75	1,63	62	3	8
C1	18-47	5,24	4,01	-1,23	0,54	0,30	0,04	0,12	1,00	0,24	2,23	3,22	6,32	1,50	31	19	4
C2	47-82	4,86	3,93	-0,93	0,50	0,25	0,04	0,12	0,91	0,50	2,72	3,63	1,10	0,93	25	36	3
C3	82-110	4,62	4,01	-0,61	0,51	0,29	0,03	0,15	0,97	0,54	2,15	3,12	0,53	0,87	31	36	5
C4	110-140	4,63	4,03	-0,61	0,55	0,27	0,04	0,15	1,00	0,57	2,39	3,39	0,46	0,87	29	36	4
C5	1,40-1,80	4,74	3,97	-0,77	0,51	0,32	0,04	0,15	1,02	0,46	1,49	2,50	0,44	0,27	41	31	6
Cr	1,80 -2,20	4,99	4,04	-0,95	0,53	0,56	0,04	0,19	1,32	0,78	0,99	2,31	0,19	0,92	57	37	8



Figura 26: Neossolo Regolítico distrófico espessarênico lamelico, localizado no município de São João-PE. B- distribuição de lamelas; C-Lamela distribuidas no torrão.



Figura 27: A- Lamelas distribuidas no horizonte C1 (20-42 cm); B- Lamelas distribuidas em um torrão de solo.

DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 2

DATA: **05-02-2014**

CLASSIFICAÇÃO: **NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico espessarênico. A fraco, textura arenosa, fase caatinga hipoxerófila, relevo suave ondulado.**

LOCALIZAÇÃO: **Sítio Várzea do Barro no município de São João – PE coordenadas (GPS) 08° 51' 11" S / 36° 22' 49,1" W.**

SITUAÇÃO E DECLIVE: **Plano**

ALTITUDE: **729 m**

LITOLOGIA: **Biotita Orto-gnaisse**

MATERIAL DE ORIGEM: **Biotia gnaisse-granitóide**

PEDREGOSIDADE: **Ausente**

ROCHOSIDADE: **Ausente**

RELEVO LOCAL: **suave ondulado**

RELEVO REGIONAL: **Ondulado**

EROSÃO: **Ausente**

DRENAGEM: **Bem drenado**

VEGETAÇÃO LOCAL: **Caatinga hipoxerófila**

VEGETAÇÃO REGIONAL: **Caatinga hipoxerófila**

USO ATUAL: **Cultivo agrícola (mandioca)**

CLIMA: **BSs'h' de Köppen**

DESCRITO E COLETADO POR: **Alexandre Nascimento Ferreira, Marcelo Metri Corrêa, Francis Henrique Tenório Firmino**

B- DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

PERFIL 02-

Ap – (0-20 cm), – bruno – acinzentado – escuro (10YR 4/2, úmida) e cinzento – bruno – claro (10 YR 6/2, seca); areia franca; grãos simples; fraca, pequena e média blocos sub-angulares; ligeiramente dura, muito friável, não plástica, não pegajosa, transição clara e plana, presença comuns de raízes.

C₁ – (20-42 cm), – bruno – escuro (10 YR 3/3); areia franca; grãos simples; fraca, média blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, não plástica a ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, transição gradual e plana; presença de poucas raízes.

C₂ – (42–105 cm), – bruno – escuro (10YR 3/3); areia-franca; fraca, média blocos sub-angulares; ligeiramente dura, muito friável, não plástica a ligeiramente plástica, não pegajosa, transição difusa e plana; presença de poucas raízes.

C₃ – (105-150 cm), – bruno – escuro (10YR 3/3); areia franca; fraca, média blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa, transição gradual e plana, presença de raras raízes.

C₄ – (150-166 cm), – bruno – acinzentado- escuro (10YR 4/2); areia franca; fraca, média blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa, transição gradual e plana, presença de raras raízes.

C₅ – (166-195 cm), – Variegada: cinzento claro e bruno acinzentado (10YR 7/2 e 10 YR 5/2); areia franca pouco cascalhenta; fraca, média blocos subangulares; grãos simples; ligeiramente dura, friável, não plástica, não pegajosa, presença de raras raízes.

Observações – Ap, C₁, C₂ - atividade biológica, cor poderia se enquadrar em variegada; Geral: Presença de lamelas no C₁;

Lamelas- bruno acinzentado muito escuro (10YR 3/2); Espessura das lamelas presentes variaram de 1 a 3 mm, espaços entre lamelas são variados, mas inferiores ao P1. As lamelas apresentam arranjo complexo, com junções

entre lamelas, maior concentração de 20-30 cm. Paralelas a superfície, suave onduladas, pouco continuas, assemelham-se as lamelas do horizonte C₂ do P1.

Atributos físicos do P2 (Neossolo Regolítico) localizado no município de São João-PE

Horizontes	Prof. (cm)	Calhaus		TFSA (<2mm)	Composição Granulométrica da TFSA (g.Kg ⁻¹)										Densidade (Kg.dm ⁻³)			
		>20m	20-2mm		A.M.G. (2-1mm)	A.G. (1-0,5mm)	A.M. (0,5-0,25)	A.F. (0,25-0,1mm)	A.M.F. (0,1-0,05mm)	A.T. (2-0,05mm)	Site (0,05-0,002)	Argila (<0,002)	A.D.A (g.Kg ⁻¹)	GF (%)	Site/Argila	Solo	Partic.	P (%)
Ap	0-20	0	3	97	209	216	185	132	59	800	140	60	20	67	2,3	1,72	2,63	35
C1	20-42	0	3	97	242	231	176	116	49	813	107	80	60	25	1,3	1,82	2,6	30
C2	42-105	0	4	96	97	191	257	228	69	842	77	80	60	25	1,0	1,64	2,7	39
C3	105-150	0	4	96	107	162	214	225	93	802	118	80	60	25	1,5	1,67	2,67	38
C4	150-166	0	7	93	155	167	212	205	81	821	79	100	60	40	0,8	1,62	2,64	38
C5	166-195	0	12	88	135	251	216	188	78	868	72	60	40	33	1,2	-	2,68	-

Atributos químicos do P2 (Neossolo Regolítico) localizado no município de São João-PE.

Horizontes	Prof.(cm)	pH (1:2,5)			Complexo Sortivo (cmol _c cm ⁻³)								P (mg Kg ⁻¹)	COT (g Kg ⁻¹)	V (%)	m (%)	100 Na ⁺ /T (%)
		H ₂ O	KCl	ΔpH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S.B.	Al ³⁺	(H+Al)	(T)					
Ap	0-20	6,70	5,9	-0,8	1,69	0,48	0,06	0,12	2,36	0,03	0,58	2,93	89,17	3,16	80	1	4
C1	20-42	6,03	5,1	-0,93	1,43	0,35	0,06	0,17	2,00	0,03	3,22	5,22	10,24	2,60	38	2	3
C2	42-105	4,85	4,0	-0,89	0,64	0,25	0,04	0,10	1,03	0,33	2,15	3,18	2,52	2,43	32	24	3
C3	105-150	4,53	3,9	-0,60	0,49	0,25	0,04	0,15	0,92	0,51	2,31	3,23	0,63	1,67	28	36	5
C4	150-166	4,82	4,0	-0,81	0,53	0,33	0,03	0,15	1,04	0,25	1,07	2,11	0,51	1,50	49	19	7
C5	166-195	5,29	4,3	-1,03	0,53	0,43	0,03	0,12	1,12	0,09	0,66	1,78	0,29	0,33	63	8	7

DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 3

DATA: **05-02-2014**

CLASSIFICAÇÃO: **NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico espessarênico; A fraco, textura arenosa, fase caatinga hipoxerófila, relevo suave ondulado.**

LOCALIZAÇÃO: **Sítio Várzea do Barro no município de São João – PE coordenadas (GPS) 08° 51' 11" S / 36° 22' 49,1" W.**

SITUAÇÃO E DECLIVE: **Levemente Inclinado**

ALTITUDE: **728 m**

LITOLOGIA: **Biotita Orto-gnaisse**

MATERIAL DE ORIGEM: **Biotia gnaisse-granitóide**

PEDREGOSIDADE: **Ausente**

ROCHOSIDADE: **Ausente**

RELEVO LOCAL: **Suave ondulado**

RELEVO REGIONAL: **Ondulado**

EROSÃO: **Ligeira**

DRENAGEM: **Moderadamente bem drenado**

VEGETAÇÃO LOCAL: **Caatinga hipoxerófila**

VEGETAÇÃO REGIONAL: **Caatinga hipoxerófila**

USO ATUAL: **Cultivo agrícola (mandioca)**

CLIMA: **BSs'h' de Köppen**

DESCRITO E COLETADO POR: **Alexandre Nascimento Ferreira, Marcelo Metri Corrêa, Francis Henrique Tenório Firmino**

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

PERFIL 3

Ap – (0-20 cm), – bruno – acinzentado (10YR 5/2, úmida) e cinzento- bruno – claro (10 YR 6/2, seca); areia; grãos simples; fraca, pequena e média blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável; laminar; não plástica, não pegajosa, transição clara e plana, presença comum de raízes.

C₁ – (20 -100 cm), – bruno – acinzentado (10 YR 5/2); areia franca; grãos simples; fraca, pequena e média blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, não plástica a ligeiramente plástica, não pegajosa, transição clara e plana; presença de poucas raízes.

C₂ – (100–115 cm), – cinzento –bruno-claro (10YR 6/2); areia franca; fraca, média blocos subangulares; grãos simples; ligeiramente dura, friável, não plástica, não pegajosa, transição gradual e plana; presença de raras raízes.

C₃ – (115-140 cm), – bruno – acinzentado (10YR 5/2); areia franca; fraca, média blocos subangulares; grãos simples; muito friável, não plástica a ligeiramente plástica, não pegajosa; presença de raras raízes.

C₄ – (140-190 cm), – bruno- acinzentado (10 YR 5/2); franco-arenosa cascalhenta; Exame realizado com trado.

Observações – Perfil úmido a partir de 80 cm. C₂- presença de poucos mosqueados, pequeno, 5 YR 5/8; C₃- Presença de mosqueados, grandes difusos 7,5YR (6/8), matiz 10YR 5/2). Atividade biológica restrita aos horizontes Ap e B. Presença de carvão de caatinga em profundidade.

Lamelas- (10YR 4/2); Espessura das lamelas presentes variaram de 10 a 23 mm, com média em torno de 10 mm, espaços entre lamelas são variados, as lamelas apresentam arranjo complexo, com junções entre lamelas, maior concentração em torno de 90 cm. Paralelas a superfície, suave onduladas, a medida que há o aprofundamento no perfil as lamelas elas diminuem em expressão, a cor das últimas lamelas é muito próxima a região de entre lamelas. A soma das lamelas é igual a 18 cm. Entre lamelas – (10YR 6/2);

Atributos físicos do P3 (Neossolo Regolítico P3) localizado no município de São João-PE.

Horizontes		Calhaus (>20mm)	Casc. (20-2mm)	TFSA (<2mm)	Composição Granulométrica da TFSA (g.Kg ⁻¹)									Densidade (Kg.dm ⁻³)				
Simb.	Prof. (cm)		%		A.M.G. (2-1mm)	A.G. (1-0,5mm)	A.M. (0,5-0,25)	A.F. (0,25-0,1mm)	A.M.F. (0,1-0,05mm)	A.T. (2-0,05mm)	Silte (0,05-0,002)	Argila (<0,002)	A.D.A. (g.Kg ⁻¹)	GF (%)	Silte/Argila	Solo	Partic.	P (%)
Ap	0-20	0	3	97	80	252	287	209	72	900	60	40	20	50	1,5	1,77	2,6	32,1
C1	20-100	0	4	96	106	218	264	202	76	867	73	60	20	67	1,2	1,72	2,67	35,5
C2	100-115	0	5	95	109	185	242	226	84	846	94	60	20	67	1,6	1,75	2,69	35,1
C3	115-140	0	8	92	126	204	239	203	68	840	100	60	20	67	1,7	1,88	2,71	30,6
C4	140-190	0	17	83	182	210	185	137	50	764	155	80	80	0	1,9	-	2,67	-

Atributos químicos do P3 (Neossolo Regolítico) localizado no município de São João-PE

Horizontes		pH (1:2,5)			Complexo Sortivo (cmol _c cm ⁻³)								P (mg Kg ⁻¹)	COT (g Kg ⁻¹)	V (%)	m (%)	100 Na ⁺ /T (%)
Simb.	Prof.(cm)	H ₂ O	KCl	ΔpH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S.B.	Al ³⁺	(H+Al)	(T)					
Ap	0-20	6,8	6,6	-0,19	0,85	0,2538	0,04	0,08	1,23	0,01	0,58	1,81	21,03	1,90	68	1	4
C1	20-100	5,3	4,2	-1,17	0,62	0,2688	0,04	0,08	1,01	0,01	1,07	2,09	3,67	0,94	49	1	4
C2	100-115	4,9	4,2	-0,73	0,47	0,2200	0,03	0,10	0,83	0,13	0,83	1,65	0,17	0,20	50	14	6
C3	115-140	5,4	4,4	-1,00	0,81	0,3150	0,03	0,08	1,23	0,02	0,66	1,89	0,08	0,16	65	1	4
C4	140-190	5,7	4,3	-1,37	0,69	0,88	0,04	0,32	1,92	0,03	0,58	2,50	0,10	0,41	77	1	13



Figura 28: Neossolo Regolítico distrófico espessarênico lamélico, localizado no município de são João-PE.

DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 04

DATA: **05-02-2014**

CLASSIFICAÇÃO: **ARGISSOLO ACINZENTADOS eutrófico abruptico solódico. A fraco, textura arenosa/média, fase caatinga hipoxerófila, relevo ondulado.**

LOCALIZAÇÃO: **Sítio Várzea do Barro no município de São João – PE cordenadas (GPS) 08° 51' 11" S / 36° 22' 49,1" W.**

SITUAÇÃO E DECLIVE: **moderadamente Inclinado**

ALTITUDE: **720 m**

LITOLOGIA: **Biotita metatexisto**

MATERIAL DE ORIGEM: **Biotia gnaisse-granitóide**

PEDREGOSIDADE: **Ausente**

ROCHOSIDADE: **Ausente**

RELEVO LOCAL: **Suave ondulado**

RELEVO REGIONAL: **Ondulado**

EROSÃO: **Ligeira**

DRENAGEM: **mal drenado.**

VEGETAÇÃO LOCAL: **Caatinga hipoxerófila**

VEGETAÇÃO REGIONAL: **Caatinga hipoxerófila**

USO ATUAL: **Cultivo agrícola (mandioca e milho)**

CLIMA: **BSs'h' de Köppen**

DESCRITO E COLETADO POR: **Alexandre Nascimento Ferreira, Marcelo Metri Corrêa, Francis Henrique Tenório Firmino**

B- DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

PERFIL 4

Ap- (0-18 cm), – bruno – acinzentado- escuro (10YR, 4/2, úmido) e cinzento-brunado-claro (10YR 6/2, seco), areia; grãos simples; fraca, média blocos sub-angulares; ligeiramente dura, muito friável, não plástica, não pegajosa, transição clara e plana, raízes comuns.

BA1 – (18-74 cm), – bruno- acinzentado-escuro (10YR 4/2); francoarenosa, maciça, dura a muito dura, muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa a pegajosa, transição gradual e plana, raízes raras.

BA2 – (74 – 115 cm) – bruno- acinzentado- escuro (10YR 4/2); francoarenosa cascalhenta; maciça, muito dura, muito friável, plástica, pegajosa, transição clara e plana, raízes são ausentes.

Bt – (115-145 cm) – bruno – acinzentado- muito escura (10YR 3/2), presença de mosqueados, comum, pequenos e distintos (2,5YR 4/8) e poucos, médios e proeminentes (10YR 6/8); franco- argiloarenosa pouco cascalhenta; maciça, plástica, pegajosa, raízes ausentes.

Observações: Horizonte E- Extremamente resistente a pá reta; Entre 50 e 60 cm, presença de carvão pirogênico. Horizonte Bt- cascalhento, média dos cascalhos 1 cm. Presença de muitos quartzos angulosos no topo do Bt2, de diâmetro médio de 1,5 cm. A partir do mesmo horizonte, o perfil encontrava-se úmido.

Atributos físicos do P4 (Argissolo Acinzentado) localizado no município de São João-PE

Horizontes		Calhaus		TFSA (<2mm)	Composição Granulométrica da TFSA (g.Kg ⁻¹)										Densidade (Kg.dm ⁻³)		
Simb.	Prof. (cm)	>20m	Casc. (20-2mm)		A.M.G. (2-1mm)	A.G. (1-0,5mm)	A.M. (0,5-0,25)	A.F. (0,25-0,1mm)	A.M.F. (0,1-0,05mm)	A.T. (2-0,05mm)	Silte (0,05-0,002)	Argila (<0,002)	A.D.A (g.Kg ⁻¹)	GF (%)	Silte Argila	Solo	Partic.
Ap	0-18	0	3	97	110	220	271	209	66	876	104	20	0	5,2	1,69	2,64	36
BA1	18-74	0	5	95	143	227	221	161	50	802	98	100	0	1,0	1,77	2,57	31
BA2	74-115	0	21	79	214	110	124	93	59	686	194	120	0	1,6	1,72	2,64	35
Bt	115-145 +	0	14	86	134	156	136	70	28	524	192	284	1	0,7	1,73	2,6	33

Atributos químicos do (Argissolo Acinzentado) localizado no município de São João-PE

Horizontes		pH (1:2,5)			Complexo Sortivo (cmol _c cm ⁻³)								P (mg Kg ⁻¹)	COT (g Kg ⁻¹)	V (%)	m (%)	100 Na ⁺ /T (%)	Atividade Argila (Cmol _c Kg ⁻¹)
Simb.	Prof.(cm)	H ₂ O	KCl	ΔpH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S.B.	Al ³⁺	(H+Al)	(T)						
Ap	0-18	6,8	6,6	-0,18	1,59	0,63	0,09	0,08	2,40	0,00	0,58	2,98	50,56	2,8	80,6	0,0	2,7	148,7
BA1	18-74	6,3	6,2	-0,09	1,84	1,44	0,09	0,12	3,48	0,00	0,66	4,14	4,11	2,3	84,1	0,0	3,0	41,3
BA2	74-115	5,0	3,8	-1,13	1,17	1,62	0,05	0,15	2,98	0,27	2,23	5,21	1,99	1,9	57,2	8,2	2,8	43,3
Bt	115-145 +	5,1	3,7	-1,42	1,25	2,13	0,09	0,41	3,86	0,22	2,15	6,01	0,13	1,6	64,3	5,5	6,8	21,2



Figura 29: Perfil de Argissolo Acinzentado (P4), localizado no município de São João-PE.



Figura 30: Mosqueados no horizonte Bt, em Argissolo Acinzentado (P4) localizado no município de Sãa João-PE