

GERSON MOREIRA BARROS

**CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS AO LONGO DE UMA LITOSSEQUÊNCIA NO
OESTE DO PARÁ, AMAZÔNIA ORIENTAL**

**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 grau de Mestre**

Orientador: Prof. Dr. Valdomiro Severino de Souza Júnior

RECIFE-PE

2013

Ficha Catalográfica

B277c Barros, Gerson Moreira
Caracterização de solos ao longo de uma litossequência
no oeste do Pará, Amazônia Oriental / Gerson Moreira
Barros. – Recife, 2013.
99 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Valdomiro Severino de Souza Júnior.
Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento
de Agronomia, Recife, 2013.
Inclui referências e anexo(s).

1. Amazônia 2. Latossolos 3. Argissolos 4. Nitossolos
5. Caulinita I. Souza Júnior, Valdomiro Severino de,
orientador II. Título

CDD 631.4

Dissertação Intitulada CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS AO LONGO DE UMA LITOSSEQUÊNCIA NO OESTE DO PARÁ, AMAZÔNIA ORIENTAL, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Ciências do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre.

Valdomiro Severino de Souza Júnior, Dr.

Presidente da Banca Examinadora

(Orientador)

Mateus Rosas Ribeiro Filho, Dr.

(Examinador)

Paulo Klinger Tito Jacomine, Dr.

(Examinador)

José Coelho de Araújo Filho, Dr.

(Examinador)

“Senhor fazei de mim um instrumento de vossa paz

Onde houver ódio que eu leve o **amor**

Onde houver ofensa que eu leve o **perdão**

Onde houver discórdia que eu leve a **união**

Onde houver dúvida que eu leve a **fé**

Onde houver erro que eu leve a **verdade**

Onde houver desespero que eu leve a **esperança**

Onde houver tristeza que eu leve a **alegria**

Onde houver trevas que eu leve a **luz**”

OFEREÇO

A toda minha família pela compreensão e incentivo imensurável neste momento em que fiquei ausente, em especial aos meus Pais (José Maria Bezerra Barros e Maria Eliete Moreira Barros) e aos meus irmãos (Jefferson Moreira Barros e Gécica Moreira Barros), e a minha amada Iwanne Lima Coelho, que contribuíram para que este sonho pudesse ser realizado.

DEDICO

A Deus, que em nenhum momento me faltou e sempre esteve comigo, guiado meus caminhos e me ajudando a realizar meus sonhos.

Ao meu estimado Orientador Professor Mateus Rosas Ribeiro (*In memoriam*), que me acolheu nesta instituição e foi, além de professor e orientador, um amigo. Nenhum vocábulo é capaz de expressar meus agradecimentos. Mesmo diante de sua ausência, sei que por meio das boas lembranças e da continuidade do bom trabalho, o qual sempre primava, tal Professor sempre será um exemplo de dignidade, seriedade, compromisso e inspiração a todos que o conheceram. Muito Obrigado.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, por meio do Departamento de Agronomia-Área de solos, pela oportunidade de realização deste trabalho.

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, sob Coordenação do Professor Valdomiro Severino de Souza Júnior.

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão da Bolsa de estudos.

Aos Professores Valdomiro Severino de Souza Júnior, Clístenes Williams Araújo do Nascimento, Maria Betânia Galvão dos Santos Freire, Mateus Rosas Ribeiro Filho, Brivaldo Gomes de Almeida, Caroline Miranda Biondi, Edivan Rodrigues de Souza, Flávio Adriano Marques, Marcelo Metri Corrêa, Mário de Andrade Lira Jr, Sheila Maria Bretas Bitar Schulze, Herdjânia Veras de Lima (UFRA), Norberto Cornejo Noronha (UFRA).

Aos Funcionários Maria do Socorro de Santana (Socorro), Josué Camilo de Melo, José Fernando W. F. de Lima (Zeca), Sidrack Melo (Sr. Camilo).

Aos colegas da Pós-Graduação Maria da Conceição de Almeida, Elaine Delarmelinda, Remy Farias, Camila Lapenda, Maikon, Diego Vanderval, Igor Tenório, Aníbia, Janielly Lemos, Flávio Silveira, Ygor Jacques, Yuri Agra Bezerra, Adelazil Neto, Airon, Monalisa, Marise, Renato, João Paulo, Jane Kelly Araújo, Edvan Uchôa, Marcos Mendes, Laércio Neves, Kilma Lima (UFRA), Karina Marques (UFPE).

Aos estagiários Elis Regina Guimarães, Juliet Emília de Souza, Cláudio Henrique, Kelly Nayara, Fernando Xavier e Cássio.

As Pós- Doutoras Regilene Souza e Eloise Mello.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3.	HIPÓTESES	16
4.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
4.1	MATERIAL DE ORIGEM COMO FATOR DE FORMAÇÃO DOS SOLOS.....	16
4.2	ESTUDOS DE LITOSSEQUÊNCIAS	17
4.3	PROCESSOS DE MONOSSIALITIZAÇÃO E FERRALITIZAÇÃO	18
4.4	FÓSFORO E MICRONUTRIENTES EM LATOSSOLOS	20
5.	MATERIAL E MÉTODOS	22
5.1	SELEÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	22
5.2	COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS DE SOLO	24
5.3	ANÁLISES FÍSICAS	25
5.4	ANÁLISES QUÍMICAS	26
5.4.1	Análises de Rotina	26
5.4.2	Extração de Fe por DCB e Oxalato	26
5.4.3	Extração de Ferro, Silício, Titânio e Alumínio por digestão sulfúrica	26
5.5	ANÁLISES MINERALÓGICAS	27
5.6	EXTRAÇÃO DE FÓSFORO	27
5.7	EXTRAÇÃO DE MICRONUTRIENTES	28
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6.1	MORFOLOGIA DOS SOLOS	28
6.2	ATRIBUTOS FÍSICOS	37
6.3	ATRIBUTOS QUÍMICOS	42
6.3.1	Complexo sortivo e carbono orgânico	42
6.3.2	Ferro, Alumínio, Titânio e Silício extraído por digestão sulfúrica, DCB e oxalato	48
6.4	ATRIBUTOS MINERALÓGICOS	52
6.5	CLASSIFICAÇÃO DOS PERFIS	58
6.6	FORMAS DE FÓSFORO	61
6.7	MICRONUTRIENTES	64
7.	CONCLUSÕES	68
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
9.	ANEXOS: DADOS MORFOLÓGICOS E ANALÍTICOS DOS PERFIS ESTUDADOS	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização da área de estudo no oeste do Pará	22
Figura 2	Perfil 1- Argissolo Amarelo desenvolvido de granito no oeste do Pará	29
Figura 3	Perfil 2- Latossolo Amarelo desenvolvido de andesito no oeste do Pará	32
Figura 4	Perfil 3- Latossolo Amarelo desenvolvido de folhelho no oeste do Pará	34
Figura 5	Perfil 4- Nitossolo Vermelho desenvolvido de diabásio no oeste do Pará	35
Figura 6	Perfil 5- Latossolo Amarelo desenvolvido de sedimentos da Formação Alter-do-Chão no oeste do Pará	37
Figura 7	Difratograma da fração argila, sem tratamento, de um Argissolo Amarelo em uma litossequência no oeste do Pará	54
Figura 8	Difratograma da fração argila, sem tratamento, de um Latossolo Amarelo em uma litossequência no oeste do Pará	55
Figura 9	Difratograma da fração argila, sem tratamento, de um Latossolo Amarelo em uma litossequência no oeste do Pará	55
Figura 10	Difratograma da fração argila, sem tratamento, de um Nitossolo Vermelho em uma litossequência no oeste do Pará	56
Figura 11	Difratograma da fração argila, sem tratamento, de um Latossolo Amarelo em uma litossequência no oeste do Pará	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Propriedades físicas do Perfil-1 (Argissolo Amarelo Distrófico típico) de uma litossequência no oeste do Pará	82
Quadro 2	Propriedades químicas do Perfil-1(Argissolo Amarelo Distrófico típico) de uma litossequência no oeste do Pará	83
Quadro 3	Propriedades físicas do Perfil-2 (Latosolo Amarelo Distroférico típico) de uma litossequência no oeste do Pará	86
Quadro 4	Propriedades químicas do Perfil-2 (Latosolo Amarelo Distroférico típico) de uma litossequência no oeste do Pará	87
Quadro 5	Propriedades físicas do Perfil-3 (Latosolo Amarelo Distrófico típico) de uma litossequência no oeste do Pará	90
Quadro 6	Propriedades químicas do Perfil-3 (Latosolo Amarelo Distrófico típico) de uma litossequência no oeste do Pará	91
Quadro 7	Propriedades físicas do Perfil-4 (Nitossolo Vermelho Distroférico típico) de uma litossequência no oeste do Pará	94
Quadro 8	Propriedades químicas do Perfil-4 (Nitossolo Vermelho Distroférico típico) de uma litossequência no oeste do Pará	95
Quadro 9	Propriedades físicas do Perfil-5 (Latosolo Amarelo Distrocoeso típico) de uma litossequência no oeste do Pará	98
Quadro 10	Propriedades químicas do Perfil-5 (Latosolo Amarelo Distrocoeso típico) de uma litossequência no oeste do Pará	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Litossequência estudada na região oeste do Pará	22
Tabela 2	Atributos Morfológicos da litossequência estudada no oeste do Pará	30
Tabela 3	Propriedades Físicas dos perfis estudados no oeste do Pará	38
Tabela 4	Propriedades Químicas dos perfis estudados no oeste do Pará	43
Tabela 5	Teores de Si, Al, Ti e Fe obtidos por diferentes extratores e principais relações derivadas	49
Tabela 6	Composição Mineralógica em distintas frações da litossequência estudada no oeste do Pará	53
Tabela 7	Formas de Fósforo obtidas por diferentes extratores	62
Tabela 8	Teores de Micronutrientes disponíveis dos solos estudados no oeste do Pará	65

RESUMO

Os solos da Amazônia são caracterizados pelo elevado grau de evolução pedogenética, reflexo do intenso intemperismo químico sobre o material de origem, pois este representa um fator chave na formação dos solos. Objetivou-se no presente estudo caracterizar física, química e mineralogicamente 5 perfis de solos em uma litossequência ao longo da Rodovia Cuiabá-Santarém (BR 163) no oeste do estado do Pará. A litossequência, compreende cinco perfis de solos formados a partir da alteração de 5 distintos materiais de origem (Granito, Andesito, Folhelho, Diabásio e sedimentos inconsolidados da Formação Alter-do-Chão). Os perfis foram descritos morfologicamente e classificados de acordo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Os perfis foram os seguintes: Perfil 1 - Argissolo Amarelo Distrófico típico, desenvolvido a partir de Granito; Perfil 2 - Latossolo Amarelo Distroférico típico, desenvolvido a partir de Andesito; Perfil 3 - Latossolo Amarelo Distrófico típico, desenvolvido a partir de Folhelho; Perfil 4 - Nitossolo Vermelho Distroférico típico, desenvolvido a partir de Diabásio; e o Perfil 5 - Latossolo Amarelo Distrocoeso, desenvolvido a partir de Sedimentos da Formação Alter-do-Chão. Em todos os perfis foram observados teores muito elevados de argila, em especial o perfil 5, com valores acima de 90%. Em função da natureza do material de origem, foi constatado a ocorrência do caráter coeso no perfil 5. Os perfis 2 e 4 apresentaram os maiores valores de Fe. Observou-se em todos os perfis estudados uma composição mineralógica da fração argila relativamente uniforme com predomínio de caulinita. Os micronutrientes Zn, Mn, Cu, Ni e Fe mostraram tendência de decréscimo em profundidade, excetuando-se o Fe para o perfil 4. Os valores de P-rem mostraram-se elevados nos horizontes superficiais, mas com tendência de redução em profundidade. Portanto, os solos estudados apresentam uma composição mineralógica simples e com baixa reserva de nutrientes em reflexo às condições de alto grau de intemperismo químico regional.

Palavras-chave: Amazônia, Latossolos, Argissolos, Nitossolos, Caulinita.

ABSTRACT

The Amazon soils are characterized by degree large of the pedogenetic evolution, reflection weathering of the large about the parent material, for this represent a key factor in soils formation. The aim of this research was to characterize the genesis, chemistry, mineralogically, profile five of the soils and of the lithosequence along Cuiaba-Santarem highway – (BR 163) in West Para, State). The lithosequence, comprise the profile five of soils formed starting for weathered for five parental materials (Granite, Andesite, Shale, Diabase, Sediments of the Alter do Chão Formation). The profiles were described morphologically and classified according to Brazilian Soil Classification System. The profile were the following: profile 1- Yellow Ultisol dystrophic, developed starting of Granite; profile 2 - Yellow Oxisol distroferric, developed starting of Andesite; profile 3 - Yellow Oxisol dystrophic, developed starting of Shale; profile 4 - Red Alfisol distroferric, developed starting of Diabase; and profile 5 -Yellow Oxisol distrocohesiv, developed starting of sediments Alter do Chão Formation. It was observed large level of the clay in all profiles, mainly, in the profile 5 that account for more than 90%. In function of the material parental It was observed cohesive character occurrence in profile 5. Furthermore, the profile 2 and 4 presented large contents of the Fe. It was observed in all profiles, a mineralogical composition for clay fraction uniform kaolinite with predominance. The micronutrients Zn, Mn, Cu, Ni and Fe, showed tendency of decreasing with depth, except the iron for the profile 4. The P-rem values are large surface horizon, with tendency of decreasing with depth. It was observed in profiles, a mineralogical composition simple, with less reserve the nutrients in reflection the terms degree weathering of the large country chemistry.

Key-words: Amazon, Oxisols, Ultisols, Alfisols, Kaolinite.

1. INTRODUÇÃO

A ocupação da região Amazônica foi baseada em um longo processo histórico, que ocorreu por meio das campanhas religiosas e só foi possível em virtude da existência da rede de canais de drenagem que compõe a sua bacia hidrográfica, que facilitou o povoamento com o surgimento de vários núcleos Altamira, Santarém e Itaituba (ROCHA e LOPES, 2007). A região possui uma grande malha navegável, formada por vasta rede hidrográfica que funciona como a mais importante via de transporte, com destaque para o rio Amazonas. A posição privilegiada do rio Amazonas revela a existência de um verdadeiro sistema de integração fluvial.

A partir dos anos 50 iniciou-se um período de grandes transformações da estrutura espacial, fundamentadas na implantação de políticas de integração nacional, incluindo a implantação dos chamados eixos e polos de desenvolvimento, baseadas na apropriação de terras para projetos agropecuários, reforma agrária e mineração (ALVES, 2001). Essas transformações somente foram possíveis após a construção de grandes rodovias, como a Belém-Brasília e posteriormente a construção da BR 230 (Transamazônica) e a BR 163 (Cuiabá-Santarém), esta última com a finalidade de ligar a Região Centro-Oeste ao porto de Santarém (SOUZA e LINDO, 2009). A partir de então, o transporte rodoviário passou a ter o papel de principal articulador do espaço (VENTURIERI, 2007).

A partir da construção da rede viária básica, houve um intenso processo de ocupação, promovendo a derrubada de milhões de hectares de florestas, visando à atividade agropecuária, projetos de colonização e reforma agrária. O rápido desmatamento provocou na região grande impacto no funcionamento dos ecossistemas, nos ciclos hidrológicos, na fertilidade dos solos, nas condições precárias de vida em função dos conflitos sociais, bem como, na migração desordenada e no crescimento desordenado das cidades (ALVES, 2001). Em sequência, a região amazônica desenvolveu-se em um modelo violento de ocupação, exógeno, baseada na exploração predatória dos recursos naturais (VIEIRA et al., 2005).

A Amazônia é um bioma extremamente complexo e diversificado e somente após a execução do Projeto RADAM, que foi finalizado na década de 1970, veio dotar a região de informações exploratórias sobre geologia, geomorfologia, pedologia e vegetação dos ecossistemas existentes (GUTBERLET, 2002).

De modo geral, as condições bioclimáticas atuais na região amazônica, tais como elevadas temperaturas e precipitações pluviométricas (UFV, 1979; KITAGAWA e MÖLLER,

1980), a despeito da geologia e relevo, conferem a formação de solos com elevado desenvolvimento pedogenético (LIMA et al., 2006). Cerca de 70% da região amazônica é recoberta pela classe dos Latossolos, os quais são solos de baixa fertilidade natural e com composição mineralógica essencialmente caulínica e oxídica, em função das condições pedoambientais reinantes (MÖLLER, 1986). A ocorrência de áreas com solos férteis são observadas onde há maior influência atual ou pretérita de sedimentos andinos e, ou ocorrência de rochas básicas (basaltos, diabásios) ou sedimentares ricos em nutrientes para as plantas (calcários), a exemplo do ocorrente nos estados de Roraima, Pará e Amapá, (SCHAEFER et al., 2000; LIMA et al., 2006).

Em termos de limitação agrícola, na Amazônia, os maiores problemas recaem sobre a disponibilidade do fósforo. Há extensas áreas com baixos teores de P disponível (GUALBERTO et al., 1987). De acordo com Schaefer et al. (2000) 96% dos solos da Amazônia em termos de área, possuem alta deficiência de fósforo. Melo et al. (2010) estudando solos em Roraima com características eutróficas e composição mineralógica diversificada, também observaram baixos teores de P disponível ($< 1 \text{ mg kg}^{-1}$). Campos et al. (2011) estudando uma topossequência no Amazonas, também relataram baixa disponibilidade de fósforo (máximo $3,5 \text{ mg kg}^{-1}$ em horizontes superficiais). Por outro lado, destaca-se na região a ocorrência dos solos denominados Terra Preta de Índio, caracterizados pelos elevados teores de P disponível (3000 mg kg^{-1}), dada a quantidade de artefatos cerâmicos, detritos de animais e humanos, considerados reflexos da ocupação humana em época pretérita na Amazônia (ROLIM NETO et al., 2004).

Os teores de micronutrientes em solos normalmente estão relacionados à natureza do material de origem e grau de evolução dos solos (NASCIMENTO et al., 2006). É de suma importância o conhecimento dos teores de micronutrientes, visando melhorar a fertilidade dos solos da Amazônia, já naturalmente reduzida, dada a grande pressão sobre a região, diante do avanço da fronteira agrícola com implantação de sistemas agrícolas cada vez mais tecnificados. Com a intensificação dos sistemas agrícolas, de modo geral, há diminuição dos nutrientes, incluindo os micronutrientes Katyal e Sharma (1991). Portanto, configura-se de suma importância a manutenção dos teores disponíveis, visando boas produtividades (GALRÃO et al., 1978; NASCIMENTO, et., 2006). Quanto à disponibilidade para as plantas, propriedades dos solos tais como textura, mineralogia, teores de matéria orgânica, pH e potencial redox influenciam de forma pronunciada na disponibilidade dos micronutrientes (NASCIMENTO et al., 2006). Os poucos trabalhos sobre micronutrientes realizados na região amazônica, em especial por Lima et al. (2006), atribuem maiores teores de Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Ni e Cr nas

frações mais finas em detrimento das frações mais grosseiras, indicativo da pobreza do material de origem.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

- Caracterizar física, química e mineralogicamente solos em uma litossequência ao longo da Rodovia Cuiabá-Santarém, no Oeste do Pará, Amazônia Oriental.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar e classificar os solos da litossequência ao longo da Rodovia Cuiabá-Santarém e avaliar a sua potencialidade agrícola.

- Compreender a importância do material de origem e sua influência nas propriedades dos solos no oeste do Pará.

3. HIPÓTESES

- A condição do clima muito quente e úmido, com alto poder do intemperismo, uniformiza os solos em relação à mineralogia;

- As maiores diferenças entre os solos, em consequência da diversificação dos materiais de origem, estão relacionadas com as propriedades físicas e químicas.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. MATERIAL DE ORIGEM COMO FATOR DE FORMAÇÃO DOS SOLOS

Os solos como atualmente se apresentam na superfície da crosta terrestre são resultantes de processos que inicialmente atuaram sobre uma fonte primária, isto é, as rochas. Estas por sua vez, ao se decompor, formarão um substrato, a partir do qual os solos se originarão (OLIVEIRA, 2011).

Os fatores que condicionam o intemperismo na formação dos solos são o clima por meio da variação sazonal da temperatura e distribuição das chuvas, o relevo que atua regulando o regime de infiltração e drenagem das águas, a fauna e a flora que fornecem

matéria orgânica para as reações químicas e o material de origem, que de acordo com sua natureza oferece resistência distinta ao grau de ação intempérica, bem como, o tempo de exposição do material de origem aos agentes intempéricos (TEIXEIRA et al., 2003; KAMPF et al., 2009).

O material de origem é o precursor do sistema solo, isto é, o ponto inicial de sua formação Jenny (1941). De acordo com Heckman e Hasmussen (2011), o material de origem é reconhecido como fator fundamental na formação do solo, atuando de forma relevante em várias propriedades tais como: conteúdo de argila, profundidade do perfil, capacidade de troca de cátions, produção e os tipos de minerais secundários formados (LIMA et al., 2006; HECKMAN e RASMUSSEN, 2011).

Os processos pedogenéticos são inicialmente conduzidos por fatores derivados diretamente das propriedades do material de origem: mineralogia, estrutura, descontinuidade e fraturas (SOUBRAND-COLIN et al., 2007). Desta forma, muitas propriedades do material de origem são persistentes ao longo da pedogênese. Por exemplo, sedimentos argilosos ou arenosos de certo formarão solos argilosos e arenosos, respectivamente (SCHAETZL e ANDERSON, 2005). Por outro lado, à medida que os solos evoluem, sua composição mineralógica passa a depender mais do ambiente de intemperização do que da composição do material de origem (KAMPF et al., 2009).

A depender da severidade da ação do clima e o condicionamento promovido pelo relevo sobre o material de origem, este poderá ser fortemente alterado pela pedogênese de forma a impossibilitar o seu reconhecimento e, ou identificação dos constituintes originais, conduzindo em alguns casos a formação de solos morfologicamente semelhantes (SCHAETZL e ANDERSON, 2005).

4.2. ESTUDOS DE LITOSSEQUÊNCIAS

Poucos trabalhos são relatados na literatura acerca do estudo de Litossequências. Tiê-Bi-Youan et al.(1983), observaram grandes variações na textura, solos areno-argilosos, reflexo da influência gnássica-migmatítica, enquanto que, solos argilo-siltosos, mostraram a influência das áreas adjacentes ocupadas por xistos e filitos. Volkoff et al. (1989) relatam a ocorrência de Cambissolos, originados de sedimentos argilosos, bem como, a ocorrência de Latossolos distróficos, com influência de arenitos.

Os estudos de sequência de solos têm sido visto como uma ótima ferramenta no entendimento da influência dos fatores de formação nas características e desenvolvimento de

solos, no qual, apenas um dos fatores variaria, enquanto os demais permanecem constantes (SCATOLINI e MONIZ, 1992; ALVES e RIBEIRO, 1995). Quando algum dos fatores de formação domina sobre os demais, os solos tendem a refletir as características do fator dominante (CARVALHO et al., 1983). Demattê et al. (1977) constataram uma grande variedade de solos no município de Piracicaba em decorrência da variedade de materiais de origem (folhelho e calcário) e oscilações climáticas do período Quaternário.

De acordo com Marques Júnior et al. (1992); Hoyum e Hajek (1979), a textura do solo assim como outros atributos, mostrou-se fortemente dependente do material de origem e do grau de intemperização dos solos. Yassoglou et al. (1969), estudando uma litossequência sob floresta no norte da Grécia, constataram diferenças significativas nas propriedades morfológicas, físicas e químicas dos solos decorrentes das variações no material de origem e vegetação. Para Tiê-Bi-Youan et al. (1983), ao estudar solos da Formação Pariquera-Açú (SP), observaram que uma vez, os fatores de formação clima, relevo, tempo e vegetação idênticos, as diferenças verificadas nos solos, são unicamente em função da diversidade do material de origem. Volkoff e César (1977), ao estudarem o desenvolvimento de Latossolos na Bahia, provenientes de rochas cristalinas (gnaisse, granitos, migmatitos), rochas silicosas (quartzito, arenitos, areias) e da Formação Barreiras, associaram a ocorrência dos mesmos, as áreas de relevo suavemente ondulado a plano e materiais de recobrimento, oriundos de rochas das adjacências, portanto, do substrato geológico local.

Demattê e Holowaychuk (1977), ao estudarem a fração argila dos solos derivados de sedimentos do grupo geológico Estrada Nova na região de São Pedro (SP) verificaram a predominância e estabilidade de Caulinita, quando comparada com outros minerais, sobretudo, com a Gibbsita.

O Estudo de litossequência em última análise, configura-se como importante processo merecedor de mais estudos na Ciência do Solo.

4.3. PROCESSO DE MONOSSIALITIZAÇÃO E FERRALITIZAÇÃO

A monossilitização é um processo típico de solos sob clima tropical úmido, que caracteriza-se pelo intenso intemperismo sobre minerais primários, incluindo filossilicatos. Algumas bases liberadas dos minerais primários são biocicladadas, formando uma concentração residual, este material residual remanescente, via de regra, é rico em sesquióxidos de Fe e Al, e óxidos Ti e Mn, bem como elementos pesados tais como Ni, Zr e Cr (SCHATZL e ANDERSON, 2005). Caso o fluxo de água no pedoambiente é moderado, a lixiviação é mais

acentuada, a dessilicação será moderada, dessa forma, a monossilatização será favorecida, permitindo a formação de argilominerais do tipo 1:1 – caulinita (KAMPF et al., 2009).

Ferralitização é um processo associado com forte intemperismo que leva a formação dos Oxisols (USA) ou Ferralsols. Comumente, todos os minerais alteráveis são removidos das frações areia e silte. Na fração argila, observa-se dominância de caulinita, gibbsita e minerais de Fe, resultando em baixos valores de CTC (VAN BREEMEN e BUURMAN, 2002).

A importância dos argilominerais nos solos se deve à sua peculiar e significativa contribuição às propriedades físicas e químicas, decorrente, sobretudo, ao pequeno tamanho de partícula e elevada área superficial (MELO e WYPUCH 2009). Para Kampf et al. (2012), a presença de argilominerais dá-se na forma de diversas espécies minerais, cuja presença é condicionada pela natureza do material de origem, pelo grau de intemperismo e pela pedogênese, incluindo etapas de estabilidade, transformações e neoformações minerais.

A caulinita é o argilomineral do tipo 1:1 mais abundante e comum nos solos tropicais (DIXON, 1989; KAMPF e CURI 2003; KAMPF et al., 2012). A alta frequência e estabilidade de caulinita nos solos se devem, via de regra, à possibilidade de sua formação a partir de muitos minerais (feldspatos, micas), desde que haja remoção parcial da sílica associada a perdas de cátions básicos (KAMPF et. al. 2012). O principal processo de formação da caulinita ocorre por dissolução de minerais primários e reprecipitação de Si e Al a partir da solução do solo (neogênese). Em ambientes pobres em bases, a presença do mineral interferirá em vários processos físico-químicos dos solos, tais como formação de agregados, retenção de água, reações de troca iônica. Em geral, a CTC da caulinita varia de 3 a 15 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, esta depende grandemente das cargas dependentes de pH que surgem nas hidroxilas ao longo das bordas do mineral (MELO e WYPUCH, 2009).

Solos com predomínio de Caulinita são quimicamente caracterizados por conterem baixa reserva de nutrientes (CURI e FRANZMEIER, 1984). É uma consequência da composição ideal da caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), cuja composição e arranjo estrutural não admite a presença de cátions, como K, Ca e Mg. Contudo, caulinitas podem apresentar alguns resquícios do mineral que a originou (mica) em proporção difícil de detecção por Difractometria de raios X (DRX) (KAMPF et. al., 2012).

Para Lucas et al. (1993), a maior proporção de caulinita na camada superficial dos solos da floresta amazônica brasileira, ocorre graças a intensa ciclagem de elementos, sobretudo, o Si de tal sorte, a manter o equilíbrio dinâmico e promover a estabilidade da caulinita em solos sob floresta. Diversos autores relatam o predomínio de caulinita na fração argila em solos e sedimentos amazônicos (SOMBROEK, 1966; KITAGAWA e MÖLLER, 1979, KITAGAWA

e MÖLLER, 1980; MÖLLER, 1986; GUALBERTO et al., 1987; ANDRADE et al., 1997, SCHAEFER et al., 2000).

Os minerais de óxidos de Fe são componentes importantes em solos tropicais e subtropicais e caracterizam-se como um importante indicador pedoambiental (SCHWERTMANN e TAYLOR, 1989), apresentando alta estabilidade termodinâmica em pedoambientes aeróbios (SILVA NETO et al., 2008).

Entre os óxidos de Fe mais abundantes em solos, destacam-se a Goethita (α -FeOOH) e a Hematita (α -Fe₂O₃) (SCHWERTMANN et al., 2000). A goethita tende a ser o óxido de Fe mais presente em solos de região fria e úmida (SCHWERTMANN e TAYLOR, 1989), em que a formação da hematita é suprimida devido ao acúmulo de compostos orgânicos que impedem a formação de ferrihidrita (precursor da hematita) (INDA JUNIOR, 2002). Por outro lado, a hematita é favorecida em ambientes mais quentes, bem drenados ou com baixa atividade de água, em que sua ocorrência está diretamente associada ao elevado grau de intemperismo (SCHWERTMANN e TAYLOR, 1989). Em solos da região amazônica, tem-se constatado maior ocorrência de goethita, provavelmente devido a elevada umidade reinante na região (KITAGAWA e MÖLLER, 1979; KITAGAWA e MÖLLER, 1980; KITAGAWA, 1983).

Para In da Junior (2002), a partir dos teores de Fe extraídos por oxalato ácido de amônio (OAA) e ditionito citrato bicarbonato (DCB), é possível inferir por meio da razão Fe_o/Fe_{DCB} a ocorrência das formas de Fe de maior ou menor cristalinidade. Entre outros fatores, tais como: condições redox, teores elevados de matéria orgânica no solo, podem contribuir para a menor cristalização de óxidos de ferro (BLUME e SCHWERTMANN, 1969), que pode ser aferido pela elevada relação $Fe_o/Fe_d (> 0,05)$

4.4. FÓSFORO E MICRONUTRIENTES EM LATOSSOLOS

Embora o teor total de fósforo no solo varie entre 200 e 3000 mg kg⁻¹, menos de 0,1 % desse total normalmente está disponível às plantas (ROLIM NETO et al., 2004). De uma forma geral, a maioria dos solos apresentam baixos teores disponíveis de fósforo (KERN e KAMPF 1989; PERETYAZHKO e SPOSITO, 2005), o que pode comprometer crescimento adequado de plantas cultivadas. O fósforo pode ser considerado com um dos elementos mais limitante ao crescimento das culturas, sendo deficiente na maioria dos solos da região amazônica (SILVA et al., 2006). Alguns fatores tais como: teor de argila, matéria orgânica,

“óxidos” Fe e, ou Al, e CTC atuam diretamente na sorção de fósforo, e conseqüentemente na sua disponibilidade (LOGANATHAN e FERNANDO, 1980; SINGH et al., 1983).

Os teores de fósforo no solo podem ser avaliados pelos dados de fósforo remanescente (P-rem), onde constitui-se de ferramenta útil, sobretudo, correlacionando-se com os teores e a mineralogia da fração argila, bem como, infere-se sobre a maior ou menor capacidade do solo de atuar como fonte ou dreno (ROLIM NETO et al., 2004). De forma geral, há decréscimo dos valores de P-rem com o incremento dos teores de argila (LIMA et al., 2006).

Na medida em que se acentua o intemperismo, os solos tornam-se mais eletropositivos, conseqüência de uma mineralogia oxidica, e com maior capacidade de reter ânions, sobretudo, íons fosfato (NOVAIS et al., 2007). Este cenário é comum, sobretudo, na classe dos Latossolos com elevados teores de argila (CURI e FRANZMEIER, 1984; GUALBERTO et al., 1987; NOVAIS e SMITH, 1999; ROLIM NETO et al., 2004, SCHAEFER et al., 2004, SCHAEFER et al., 2008).

A exemplo de outras regiões do Brasil, grande parte dos solos da região amazônica apresentam baixos teores disponíveis de fósforo (GUALBERTO et al., 1987; LIMA et al., 2006; MELO et al., 2010). A exceção tem sido observada nos solos denominados Terra Preta do Índio, devido a ocorrência de horizonte A antrópico com presença expressiva de artefatos cerâmicos, dejetos humanos e restos de alimentos, alcançando, em alguns casos, teor de fósforo disponível acima de 3.000 mg kg^{-1} (KERN e KAMPF, 1989; SCHAEFER et al., 2000; ROLIM NETO et al., 2004; KERN et al., 2009; KAMPF et al., 2009; TEIXEIRA et al., 2009).

Os teores de micronutrientes em solos normalmente estão relacionados a natureza do material de origem e grau de evolução dos solos (NASCIMENTO et al., 2006). De acordo com a composição média desses elementos, maiores teores de micronutrientes, a exemplo de Fe, Cu, Zn e Mn, são observados em solos desenvolvidos de rochas básicas em detrimento daqueles desenvolvidos de rochas ácidas (FERREIRA e CRUZ, 1991; NOVAIS et al., 2007). Quanto à disponibilidade para as plantas, as propriedades dos solos que normalmente mais interferem são: textura, mineralogia da fração argila, teores de matéria orgânica, pH e potencial redox (NASCIMENTO et al., 2006).

Os poucos trabalhos realizados na região amazônica Lima et al. (2006) atribuem maiores teores de Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Ni e Cr nas frações mais finas em detrimento das frações mais grosseiras. Ademais, Schaefer et al. (2000), relatam que os solos da Amazônia, são menos deficientes em macro e micronutrientes (Ca, Mg, Zn e Cu) mas, apresentam alta deficiência

de fósforo (96%) em relação aos solos do Cerrado (92%). Tal cenário para o fósforo, pode ser atribuído a intensidade do processo de ferralitização presente na região amazônica.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. SELEÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Área do estudo é a região oeste do Estado do Pará, ao longo da Rodovia Cuiabá-Santarém (BR 163), abrangendo o trecho entre o município de Santarém e o município de Trairão (Figura 1), cuja geologia é composta pelas litologias descritas na tabela 1.

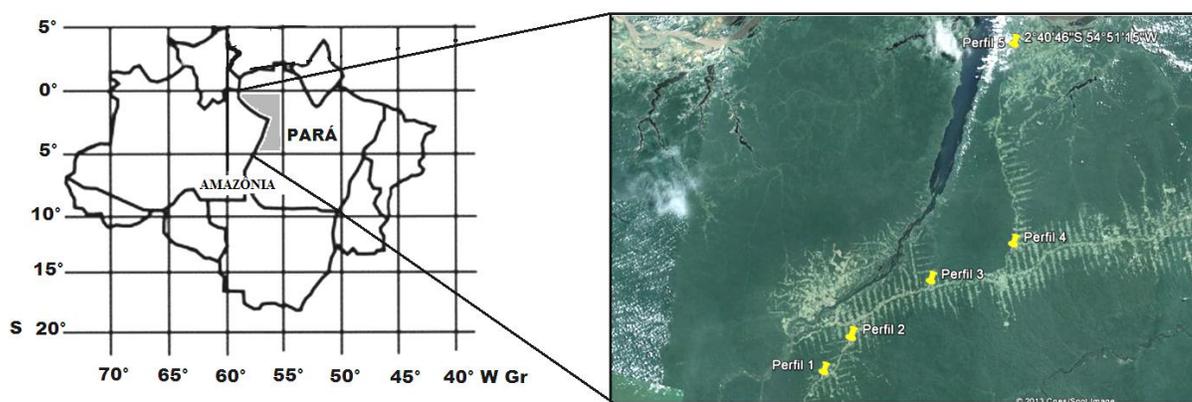


Figura 1. Localização da área de estudo no oeste do Pará. Fontes: imagem de satélite (IBGE, 2013); mapa com a localização da área de estudo: Melo et al. (2010) com adaptações.

Tabela 1. Litossequência estudada na região oeste do Pará

Perfil	SiBCS	Localização	Material de Origem	Vegetação e Uso da Terra
1	Argissolo Amarelo	04° 44' 44'' S 56° 03' 53'' W	Granito	Floresta Subperenifólia
2	Latossolo Amarelo	04° 31' 55'' S 55° 53' 27'' W	Andesito	Floresta Subperenifólia
3	Latossolo Amarelo	04° 10' 17'' S 55° 22' 50'' W	Folhelho	Floresta Subperenifólia
4	Nitossolo Vermelho	03° 56' 19'' S 54° 51' 28'' W	Diabásio	Floresta Subperenifólia
5	Latossolo Amarelo	02° 40' 46'' S 54° 51' 15'' W	Formação Alter-do-Chão	Floresta Subperenifólia

O material de origem do perfil 1 pertence à Suíte Intrusiva Maloquinha, caracterizada por presença de sienogranitos e monzogranitos, ortoclásio granitos, isotrópicos, leucocráticos, com cores variando de cinza a vermelho (VENTURIERI, 2007), bem como, estoques, batólitos circulares e elipsoidais amplamente distribuídos no Domínio Tapajós. Segundo Brasil (1976), os granitos contêm granulação grosseira, leucocráticas de coloração avermelhada, presença de quartzo atingindo de 2 a 4 mm de dimensões com bordos retilíneos perfazendo até 80%, observado sob microscópio, bem como, presença de plagioclásio, não ultrapassando 10% e biotita alcançando no máximo 5%. Esta Formação está localizada no período Orosiriano da Era Paleoproterozóica. Abrange os seguintes municípios paraenses: Trairão, Altamira, Novo Progresso, Jacareacanga, Rurópolis, Uruará, Placas e Vitória do Xingú (CPRM 2008).

O material de origem do perfil 2 relaciona-se à Formação Aruri, composta de rochas vulcanoclásticas e epiclásticas, tufos félsicos com coloração rósea a amarronzada e avermelhada, granulação muito fina, brechas vulcânicas, ignimbritos, arenitos e conglomerados vulcânicos, servindo de encaixe para estoques da Suíte intrusiva Maloquinha (VENTURIERI, 2007). Refere-se ao período Orosiriano da Era Paleoproterozóica, envolvendo os municípios paraenses de Trairão, Altamira, Itaituba, Novo Progresso, Rurópolis e Placas (CPRM, 2008).

O material de origem do perfil 3 pertence à Formação Maecuru, membro Lontra constituída por arenitos finos a conglomeráticos e pelitos bioturbados, de coloração variando de branca a cinza claro. Esta Formação, segundo Brasil (1976), é composta por grandes bancos de arenitos com variação de granulação de média a grosseira, em geral, com estratificação cruzada, intercalada com camadas de folhelhos e arenitos finos podendo ou não ser bioturbados. De acordo com Falesi (1972), esta Formação é constituída de siltitos intercalados com folhelhos cinza a negros. É referida à Era Paleozóica do período Devoniano, abrangendo os municípios de Altamira, Alenquer, Itaituba, Medicilândia, Óbidos, Oriximiná e Faro (CPRM, 2008).

O material de origem do perfil 4 é constituído pelo diabásio penatecaua, caracterizado de diques e soleiras de diabásio e derrames de basalto, que cortam as formações sedimentares paleozóicas da bacia do Amazonas, na borda sul da bacia do rio Amazonas. Lepsch et al. (1977) ao avaliarem a assembléia mineralógica da Formação Bauru no Estado São Paulo, verificaram, em solos derivados de diabásio, a predominância de Caulinita, destacando os altos teores de sílica em solução, oriundos das frações mais finas, evidenciando uma dessilicação mais lenta, não favorecendo a formação de gibbsita. Para Demattê et al. (1992), o

diabásio é uma intrusão de rochas básicas hipoabissais. Rocha e Cerri (1994) caracteriza o Diabásio, como um corpo rochoso introduzido nos sedimentos da Bacia do Rio Amazonas.

De acordo com Brasil (1976), os diabásios são intrusões básicas que ocorrem de forma geral na sinéclise do Amazonas e vizinhanças na forma de dique. Atribui-se a sua ocorrência as bases toleíticas no rio Tapajós, entre as cidades de Aveiro e Itaituba e representam a existência do vulcanismo fissural ocorrido no Jurássico/Cretáceo. Apresentam-se como corpos alongados sob a forma de diques, referidos ao período Jurássico da Era Mesozóica. Abrangem os municípios de Altamira, Alenquer, Brasil Novo, Medicilândia, Rurópolis, Vitória do Xingu (CPRM, 2008).

O material de origem do perfil 5 é constituído por sedimentos da Formação Alter-do-Chão, referida aos períodos geológicos Cretáceo-Terciário e Quaternário. O período Cretáceo/Terciário está representado pela Formação Alter-do-Chão e/ou Barreiras, e abrange uma grande porção de municípios paraenses como Almeirim, Alenquer, Prainha, Portel, Placas, Porto de Moz, Melgaço. É caracterizada por arenitos finos a médios, siltitos e argilitos caulínicos, com variações de cores vermelhas, amarelas e brancas, mal consolidados, camadas de conglomerados e arenitos grosseiros com estratificação cruzada (RODRIGUES et al., 2001; BRASIL, 1976; CPRM, 2008, PIETROBON, 2006; CAPUTO, 2011).

O clima da região está classificado, de acordo com a classificação de Köppen, como tipo Am, quente e úmido com temperaturas médias, entre 25 e 26° C. As precipitações pluviométricas são sempre superiores a 2.000 mm, com distribuição irregular e maior concentração no período de Dezembro a Junho (RODRIGUES et al., 2001).

Sob o aspecto do relevo e geomorfologia, verifica-se existência de algumas formas de relevo com os devidos graus de dissecação e variações de solos. Em áreas de influência de rochas cristalinas (perfil 1), predominam geoformas colinosas e baixos platôs.

5.2. COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS DE SOLO

Os perfis foram abertos em uma litossequência selecionados com base nos mapas geológicos da região e no percurso, com a realização de sondagens e exames de cortes para identificação dos solos e materiais de origem.

Os perfis selecionados foram descritos morfologicamente segundo Santos et al. (2005). Amostras deformadas e indeformadas para análises químicas e físicas foram coletadas em todos os horizontes. As amostragens para estudos mineralógicos foram realizadas em

horizontes escolhidos para melhor representar os processos pedogenéticos envolvidos na gênese dos solos.

As amostras coletadas no campo foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e transportadas para o galpão da área de solos do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Após secas ao ar, as amostras foram destorroadas, passadas em peneiras de malha de 2 mm para obtenção da Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). Posteriormente as amostras foram conduzidas para o Laboratório, onde foram submetidas às análises físicas, químicas, mineralógicas e fertilidade do solo.

As frações maiores que 2 mm (cascalhos, 2-20mm), foram acondicionadas em recipiente com água, sendo adicionado aproximadamente 100 mL de NaOH 1mol L⁻¹, permanecendo por uma noite nesta solução. Posteriormente as amostras foram lavadas abundantemente com água corrente, visando a remoção completa das frações menores que 2 mm, secas em estufa a 65 ° C, e pesadas para o cálculo visando o teor percentual em relação ao peso total da amostra.

Os solos foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) e, quando necessário foram realizadas sugestões para o seu aprimoramento.

5.3. ANÁLISES FÍSICAS

As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Física do Solo da UFRPE. Os métodos empregados estão de acordo com Embrapa (1997), com adaptações. Foram determinados; Análise granulométrica, com uso do dispersante Hidróxido de Sódio (NaOH 0,1 mol L⁻¹), argila dispersa em água pelo método do densímetro; densidade do solo pelo método do anel volumétrico e método do torrão impermeabilizado; densidade de partículas pelo método do balão volumétrico.

Com base nas determinações, calculou-se a relação silte/argila obtido entre a razão dos teores de silte e argila total; porosidade total, calculada por meio dos dados de densidade do solo e de partículas; grau de flocculação obtido por meio dos dados de argila natural e dispersa.

5.4. ANÁLISES QUÍMICAS

5.4.1. Análises de Rotina

As análises químicas foram em sua maioria realizadas de acordo com a Embrapa (2009) nos Laboratórios de Fertilidade e Mineralogia do solo da UFRPE. Determinou-se o pH em água e KCl 1 mol L⁻¹, na relação 1; 2,5 (solo; solução). O teor de carbono orgânico foi determinado por meio da oxidação da matéria orgânica com dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) em meio ácido (sulfúrico) com aquecimento em chapa e solução com sulfato ferroso amoniacal 0,1 mol L⁻¹. O potássio e sódio trocáveis foram determinados por fotometria de chama, após extração com solução Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹). Os teores de Cálcio, Magnésio e Alumínio trocável foram extraídos por solução de KCl 1 mol L⁻¹ e determinados por espectrofotometria de absorção atômica (EAA). A acidez potencial (H + Al⁺³) foi avaliada por extração com solução de Acetato de Cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0, na presença do indicador fenolfetaleína.

Com base nas determinações, calculou-se a soma de bases (S); a capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC a pH 7,0); a atividade de argila (At. Argila); a saturação por alumínio (m %) e a saturação por bases (V %).

5.4.2. Extração de Fe por Ditionito-Citrato-Bicarbonato de Sódio (DCB) e Oxalato de Amônio Ácido (OAA)

Os óxidos de Fe pedogênicos foram extraídos de acordo com Mehra e Jackson (1960), com uso do Ditionito-Citrato-Bicarbonato (DCB) de Sódio à 80°C e do oxalato de amônio ácido (OAA) a pH 3,0 (MCKEAGUE e DAY, 1966).

5.4.3. Extração de Ferro, Silício, Titânio e Alumínio por digestão sulfúrica

Os elementos Si, Al, Ti e Fe foram extraídos por digestão sulfúrica em amostras de 0,5 g de TFSA. Estas foram acondicionadas em tubo de digestão de 75 mL, juntamente com 20 mL de H₂SO₄ 9 mol L⁻¹, conduzidas para chapa aquecedora a 70° C por uma hora. Foram adicionadas 20 mL de água destilada as suspensões, após frias foram filtradas em papel-filtro

lento para balões de 250 mL (extrato A). Posteriormente os resíduos retidos no papel-filtro foram transferidos para erlenmeyer de 250 mL e expostos a uma reação básica com 2 mL de NaOH 30%, colocados após fervura da suspensão e fervura por 2 minutos. Estes foram transferidos para balões de 200 mL, já contendo 10 mL de HCl 6 mol L⁻¹, obtendo-se o extrato B (EMBRAPA, 2009).

No extrato A foram determinados o Al por titulação com ZnSO₄ 0,5 mol L⁻¹, Fe e Ti foram determinado por espectrofotometria de absorção atômica (EEA) enquanto, no extrato B, o Si foi determinado por gravimetria.

5.5. ANÁLISES MINERALÓGICAS

A TFSA foi separada foi separada por peneiramento úmido (areia) e por decantação (silte e argila) visando à identificação da composição mineralógica por meio da difratometria de raios-X (DRX), com tratamentos específicos inerentes a cada fração conforme descrito por Jackson (1975) e Whittig e Allardice (1986). Os difratogramas foram obtidos no Laboratório de Mineralogia, empregando-se difratômetro Shimadzu, operando a uma tensão de 40Kv, com corrente de 30mA, radiação de CuK α , com monocromador de grafite. A amplitude de varredura foi de 3 a 70° 2 θ para a fração argila, contudo, os dados foram expostos nos difratogramas até 40° 2 θ de varredura, em razão da maior área de ocorrência de filossilicatos e óxihidróxidos. Velocidade de registro 1,0 ° θ min⁻¹ para as frações argila e silte, amplitude de varredura de 5 a 70° 2 θ para a fração areia fina, com configuração semelhante de voltagem, corrente e velocidade de varredura das frações anteriores.

As amostras desorientadas (em pó), das frações argila, silte e areia não receberam tratamentos prévios, visando à eliminação de agentes cimentantes. Trituraram-se as amostras em almofariz de ágata, em seguida montou-se em suporte de metal, após pressão suave sobre a amostra com papel rugoso, visando a minimização da orientação preferencial das partículas. Após a leitura do pó da fração argila, não foi aplicada a eliminação dos óxidos de ferro, matéria orgânica e carbonatos, em razão dos baixos teores.

Os critérios empregados na interpretação dos difratogramas das frações argila, silte e areia, estão de acordo com Jackson (1975); Whittig e Allardice (1986) e Moore e Reynolds (1989).

5.6. EXTRAÇÃO DE FÓSFORO

O Fósforo disponível foi determinado por colorimetria, após extração por solução de Mehlich-1 (Embrapa, 2009). O teor de Fósforo remanescente (P-rem) foi determinado de acordo o método preconizado por (ALVAREZ et al., 1999). O teor de Fósforo total (P total) foi extraído por meio de digestão sulfúrica, de forma similar a extração de Si, Fe e Al, e a determinação foi realizada por meio de colorimetria. Para tais análises, utilizou-se somente amostras provenientes de horizontes superficiais, horizonte A e o horizonte subsequente, de cada perfil ao longo da litossequência estudada.

5.7. EXTRAÇÃO DE MICRONUTRIENTES

Realizou-se a extração dos micronutrientes disponíveis (Fe, Cu, Zn, Mn e Ni), por meio do extrator Mehlich-1 na relação solo: solução 1: 5, com agitação por 5 minutos, seguida de filtragem de sobrenadante e determinação em espectrofotometria de absorção atômica (EEA), (EMBRAPA, 2009). Para tais análises, utilizaram-se somente amostras provenientes de horizontes superficiais, horizonte A e o horizonte subsequente, de cada perfil ao longo da litossequência estudada.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 MORFOLOGIA DOS SOLOS

Os atributos morfológicos dos solos da litossequência estudada estão apresentados na Tabela 2, enquanto a caracterização completa dos perfis consta no Anexo 1. O solo do perfil 1 (Argissolo Amarelo) - (Figura 2) desenvolvido a partir de granito, apresenta sequência de horizontes Ap-BA-Bt1-Bt2-Bt3, profundidade, acima de 160 cm, pequenas diferenciações de horizontes e boas condições de drenagem, relação textural B/A = 1,6 e presença de cerosidade nos horizontes BA, Bt1 e Bt2.

O perfil não apresenta calhaus e matacões na superfície e ao longo de todo o perfil. O horizonte A possui espessura de apenas 10 cm, contudo, com estrutura forte pequena média e granular, coloração amarelada e textura argilo-arenosa. O horizonte Bt possui cores amareladas, estrutura fraca moderada muito pequena e pequena em blocos subangulares, textura muito argilosa e consistência muito dura, friável plástica e pegajosa.

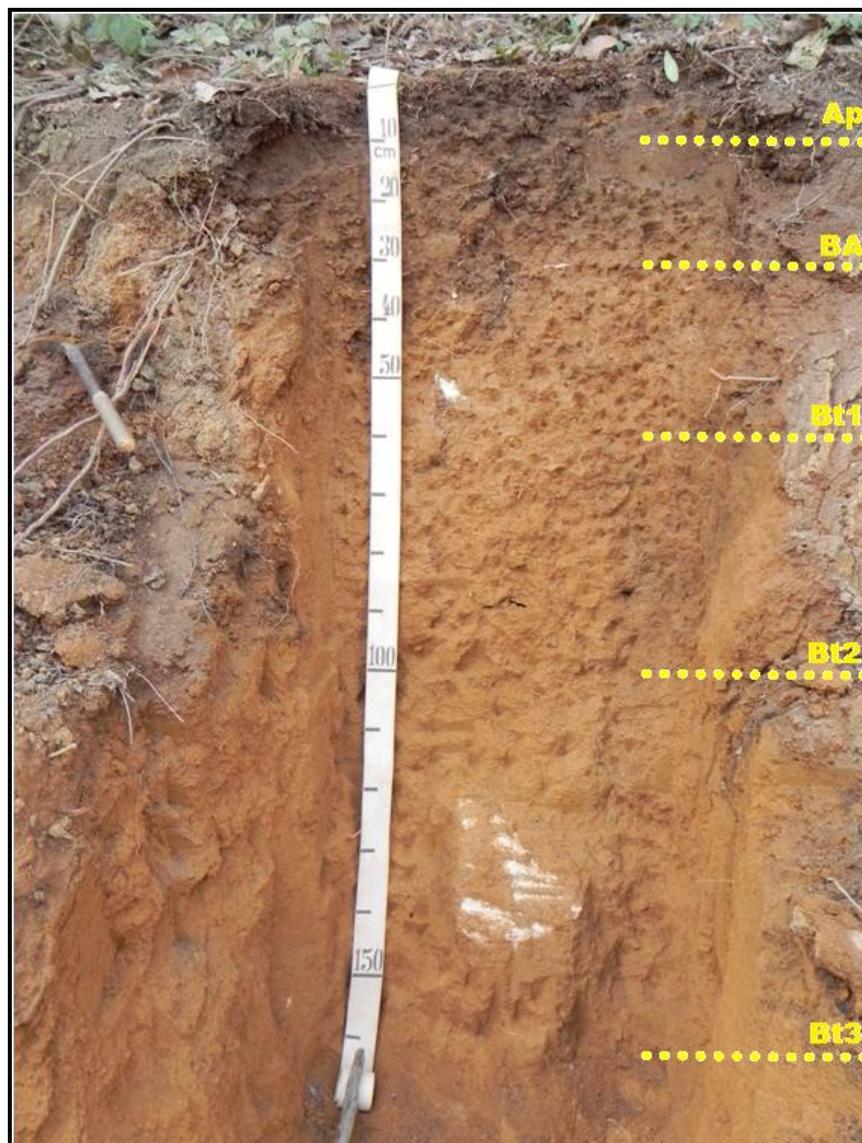


Figura 2. Perfil 1 - Argissolo Amarelo desenvolvido de granito, no oeste do Pará.

Tabela 2. Atributos Morfológicos da litossequência estudada no oeste do Pará

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor (úmido)	Cerosidade	Estrutura	Seca	Consistência		Transição
						Úmida	Molhada	
Perfil 1 - Argissolo Amarelo								
Ap	0-10	10YR 3/2		5 P M Gr	LD	Fr	LgPl LgPe	cp
BA	10-30	10YR 4/3		4 MP M Bls	MD	Fi	Pl Pe	gp
Bt1	30-60	7,5YR 5/6	Fr Cm	4 MP M Bls	MD	Fr	Pl Pe	gp
Bt2	60-100	7,5YR 5/8	Fr Cm	3-4 MP M Bls	MD	Fr	Pl Pe	dp
Bt3	100-160+	10YR 5/8	Fr Cm	3-4 MP P Bls	MD	MFr	Pl Pe	-
Perfil 2 - Latossolo Amarelo								
A	0-20	10YR 4/3		5 MP P Gr	LD	Fr	Pl Pe	gp
AB	20-45	10YR 4/4		4 MP P Gr Bls	D	Fr	Pl Pe	gp
BA	45-73	10YR 4/5		4 MP P Bls	D	Fr	Pl Pe	dp
Bw1	73-130	10YR 4/5		4 MP P Bls	D	Fr	Pl Pe	dp
Bw2	130-180+	10YR 4/5		4 MP P Bls	D	Fr	Pl Pe	dp
Perfil 3 – Latossolo Amarelo								
A	0-5	10YR 4/3		4 MP P Gr Bls		Fi	Pl Pe	gp
AB	5-20	10YR 5/6		4 P Bls		Fr	Pl Pe	gp
BA	20-55	10YR 5/6		4 MP P Bls		Fr	Pl Pe	dp
Bw1	55-105	10YR 5/6		4 MP P Bls		Fr	Pl Pe	dp
Bw2	105-150			-				-

Tabela 2. Atributos Morfológicos da litossequência estudada no oeste do Pará (cont.)

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor (úmido)	Cerosidade	Estrutura	Consistência			Transição
					Seca	Úmida	Molhada	
Perfil 4 - Nitossolo Vermelho								
A	0-15	2,5YR 3/4		5 P M Gr	MD	Fr	MPI MPe	gp
BA	15-45	2,5YR 3/4	Md Ab	5 MP M Bls	MD	Fr	MPI MPe	dp
Bt1	45-50	2,5YR 3/4	Ft Ab	5 MP P Bls	MD	Fr	MPI MPe	dp
Bt2	50-140	2,5YR 4/6	Ft Ab	5 MP P Bls	MD	Fr	MPI MPe	dp
Bt3	140-180	2,5YR 4/6		5 MP P Bls	MD	Fr	MPI MPe	dp
Perfil 5 - Latossolo Amarelo								
A	0-15	10YR 4/4		4 P Gr Bls	MD	Fi	MPI Pe	gp
AB	15-30	10YR 4/4		4 P M Bls	MD	Fi	MPI Pe	gp
BA	30-50	10YR 4/5		2 Co	MD	Fi	MPI Pe	gp
Bw1	50-90	10YR 4/5		2 Co	MD	Fr	MPI Pe	dp
Bw2	90-170+	10YR 4/5		2 Co	MD	Fr	MPI Pe	-

Cerosidade: Fr; fraca: Cm; comum: Md; moderada: Ft; forte: Ab; abundante. Estrutura: 1; granular simples: 2; maciço: 3; Fraca: 4; moderada: 5; forte: M; moderada: Co; coesa: P; pequena: MP; muito pequena: Bls; blocos angulares: Bls; blocos subangulares. Consistência: LD; ligeiramente dura: D; dura: MD; muito dura: Fi; firme: Fr; friável: MFr; muito friável: Lg; ligeiramente: Pl; plástica: MPI; muito plástica: Pe; pegajosa: MPe; muito pegajosa: NPe; não pegajosa. Transição: c; clara: p; plana: g; gradual: d; difusa.

O perfil 2 (Latossolo Amarelo) (Figura 3) desenvolvido a partir de andesito possui seqüência de horizontes A-AB-BA-Bw1-Bw2, baixo gradiente textural, predomínio de transições graduais/difusas e planas, evidenciando a maturidade dos Latossolos, cores amareladas, horizontes bem drenados, não pedregosa na superfície do perfil.

O horizonte A com 20 cm, bem desenvolvido, com estrutura forte muito pequena e pequena granular e textura muito argilosa. O horizonte Bw1 (73-130cm) apresenta estrutura moderada muito pequena e pequena em blocos subangulares e textura muito argilosa, assim como o horizonte subsequente Bw2 (130-180cm) possui estrutura moderada muito pequena e pequena em blocos subangulares e textura muito argilosa.

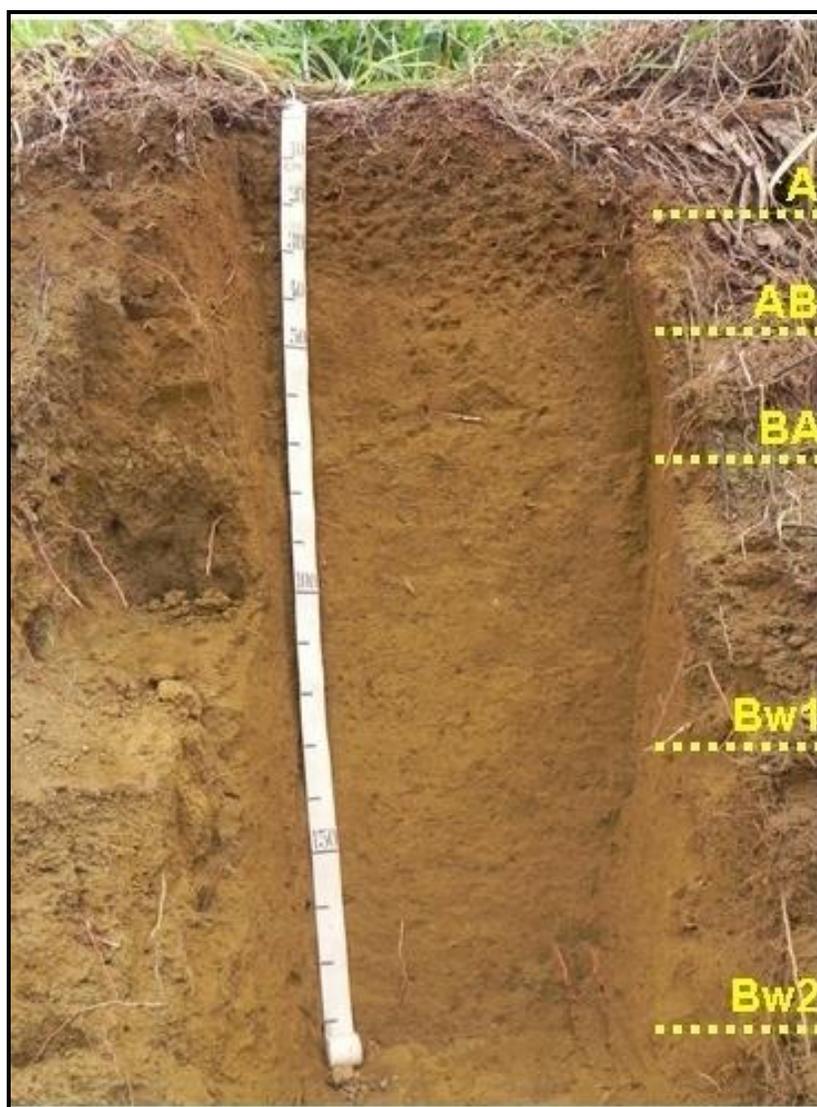


Figura 3. Perfil 2 - Latossolo Amarelo desenvolvido de andesito, no oeste do Pará.

O perfil 3 (Latosolo Amarelo), desenvolvido a partir da alteração de sedimentos folhelho (Figura 4) possui sequência de horizontes A-AB-BA-Bw1-Bw2, de forma geral, não pedregosa, dominância de cores amareladas, baixo gradiente textural, predomínio de transições graduais, difusas e planas ao longo de todo o perfil, estrutura moderada muito pequena pequena blocos subangulares, grande quantidade de raízes no horizonte superficial, friável, plástica e pegajosa, predomínio de textura argilosa. O horizonte superficial (A + AB) possui espessura de 20 cm, estrutura medianamente desenvolvida, sendo moderada muito pequena e pequena em blocos subangulares e textura muito argilosa. O horizonte Bw foi subdividido em Bw1 (55-105 cm) e Bw2 (105-150 cm) são morfologicamente muito semelhantes, horizontes profundos, transições difusas e, ou planas, predomínio de cores amareladas e textura muito argilosa.



Figura 4. Perfil 3 - Latossolo Amarelo desenvolvido de folhelho, no oeste do Pará.

O perfil 4 (Nitossolo Vermelho) desenvolvido a partir da alteração de diábsio (Figura 5) possui a sequência de horizontes A-BA-Bt1-Bt2-Bt3. O perfil caracteriza-se por elevada profundidade, horizontes espessos, dominância de transições difusas e planas, não pedregosa, dominância de cores vermelhas (2,5 YR) em todo o perfil (Tabela 2). O solo apresenta cerosidade abundante nos horizontes BA, Bt1 e Bt2. Horizonte A com estrutura fortemente desenvolvida, com estrutura forte muito pequena e pequena granular, muito dura, friável, muito plástica e muito pegajosa, textura muito argilosa. O horizonte B, subdividido em Bt1 (45-50cm), Bt2 (50-140cm) e Bt3 (140-180cm) estrutura fortemente desenvolvida, textura

muito argilosa. Os Nitossolos não constituem classe de solo de grande expressão em ambiente amazônico (MELO et al., 2010). Sua ocorrência está relacionada à ocorrência pontual de rochas básicas.

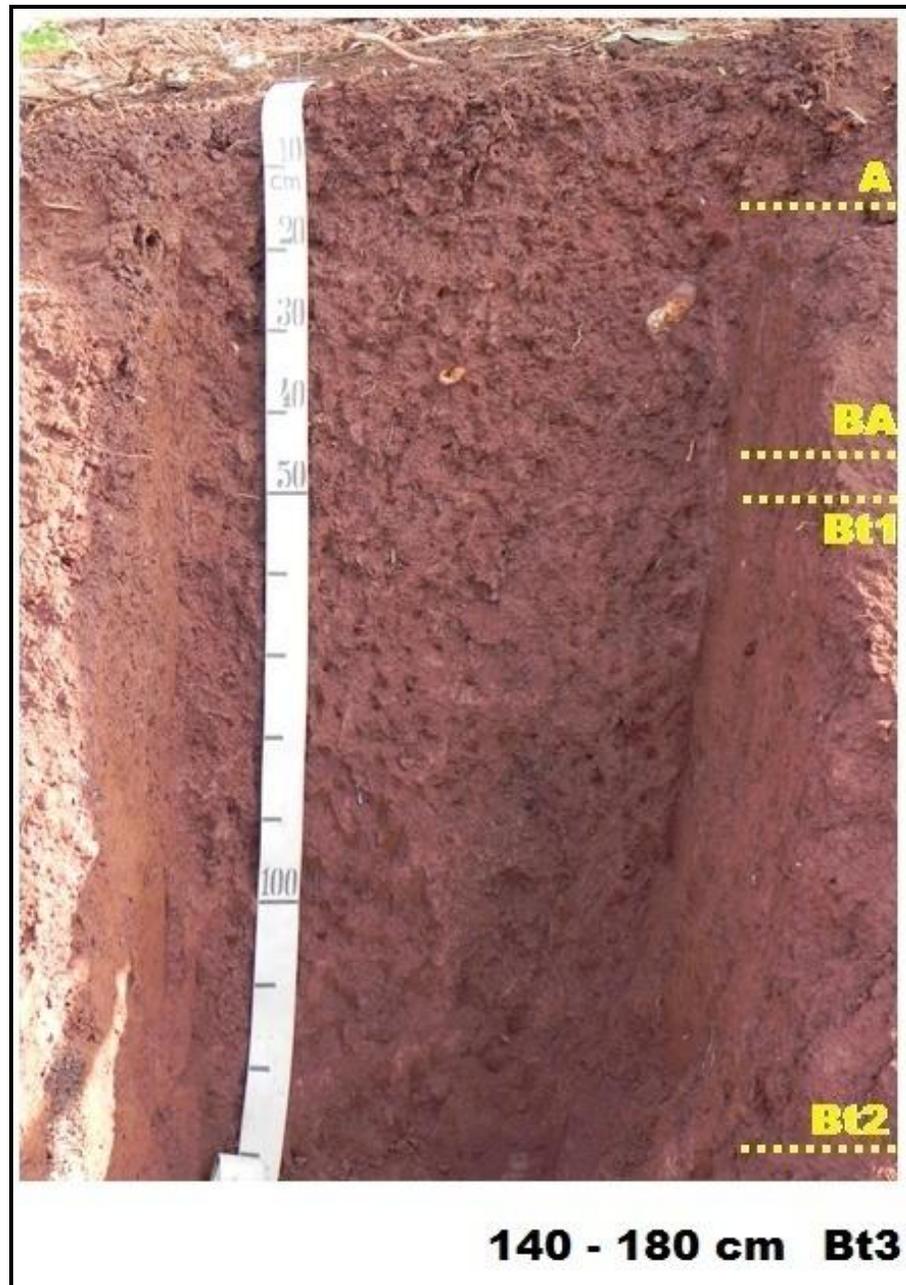


Figura 5. Perfil 4 - Nitossolo Vermelho desenvolvido de diabásio, no oeste do Pará.

O perfil 5 (Latossolo Amarelo) (Figura 6) derivado de sedimentos argilosos da Formação Alter-do-Chão, possui sequência de horizontes A-AB-BA-Bw1-Bw2. Este perfil é

caracterizado pela dominância de cores amareladas e elevados teores de argila. O horizonte A é moderadamente desenvolvido, estrutura moderada, pequena granular em blocos subangulares; muito dura, firme, muito plástica e pegajosa, grande presença de raízes em superfície, textura argilosa. O horizonte B foi subdividido em Bw1 (50-80cm), Bw2 (80-170cm), ambos com estrutura moderadamente desenvolvida, pequena média em blocos subangulares; com transições graduais e planas. A textura é muito argilosa e caracterizada pela ocorrência de horizonte coeso, sobretudo no horizonte transicional BA (30-50cm). Possui matiz 10 YR valores e cromas 4 e 5 respectivamente nos horizontes coesos.

Dada sua importância, o atributo diagnóstico “caráter coeso” foi incorporado ao Sistema Brasileiro de Classificação - SiBCS Embrapa (2006). Lima et al. (2004) definem o caráter coeso no Brasil, da ocorrência em horizontes minerais de aumento expressivo da coesão, tornando-se dura, muito dura ou até extremamente dura quando seco e friável quando úmido (GIAROLA et al., 2003). Vários autores já verificaram a ocorrência nos mais diversos pedoambientes (FRANZMEIER et al., 1996; CORRÊA et al., 2008; GIAROLA et al., 2003; MOREAU et al., 2006; LIMA et al., 2004; LIMA et al., 2005).

Em geral, não há uma relação direta de horizontes coesos com a textura argilosa, pois há grande extensão de solos de textura média com horizontes coesos no Estado do Ceará (LIMA et al., 2004).



Figura 6. Perfil 5 - Latossolo Amarelo desenvolvido de sedimentos da Formação Alter-do-Chão, no oeste do Pará.

6.2. ATRIBUTOS FÍSICOS

As principais informações sobre os atributos físicos da litossequência estudada estão presentes na Tabela 3. Observou-se grande amplitude nos teores de argila. Os teores variaram de 362 g kg^{-1} no horizonte Ap do Perfil 1 (Argissolo Amarelo) a 846 g kg^{-1} no horizonte A do Perfil 5 (Latossolo Amarelo) com tendência de incremento para o horizonte AB em todos os perfis. Para os horizontes subsuperficiais, os teores de

Tabela 3. Propriedades Físicas dos perfis estudados no oeste do Pará

Horizonte	Profun. cm	Areia		Areia total g kg ⁻¹	Silte	Argila	ADA	GF %	Silte/Argila	Ds kg dm ⁻³	Dp kg dm ⁻³	Porosidade %
		Grossa	Fina									
Perfil 1 - Argissolo Amarelo												
Ap	0-10	505	56	560	79	362	245	32	0,22	1,38	2,63	48
BA	10-30	367	75	441	4	555	244	56	0,01	1,35	2,89	53
Bt1	30-60	300	52	350	43	607	246	59	0,07	-	2,75	-
Bt2	60-100	288	52	339	9	653	245	63	0,01	-	2,61	-
Bt3	100-160+	240	37	277	70	653	245	63	0,11	-	2,62	-
Perfil 2 - Latossolo Amarelo												
A	0-20	127	132	259	93	649	208	68	0,14	1,21	2,82	57
AB	20-45	107	162	270	31	700	208	70	0,04	1,00	3,14	68
BA	45-73	111	159	270	31	700	208	70	0,04	1,17	2,99	61
Bw1	73-130	98	164	262	41	697	208	70	0,05	1,03	3,02	66
Bw2	130-180+	100	167	265	30	727	209	70	0,04	1,17	2,98	61
Perfil 3 - Latossolo Amarelo												
A	0-5	107	40	147	99	756	630	17	0,13	1,28	2,52	49
AB	5-20	90	34	124	97	780	434	44	0,12	-	2,60	-
BA	20-55	69	29	98	46	856	141	83	0,05	0,98	2,53	61
Bw1	55-105	63	28	89	2	911	142	84	0,01	1,13	2,64	57
Bw2	105-150	56	26	82	18	902	141	84	0,01	1,24	2,45	49
Perfil 4 - Nitossolo Vermelho												
A	0-15	101	94	195	184	622	140	78	0,30	1,32	2,67	51
BA	15-45	75	82	156	173	672	140	79	0,26	1,07	2,62	59
Bt1	45-50	65	73	137	145	718	140	81	0,20	1,02	2,63	61

Tabela 3. Propriedades Físicas dos perfis estudados no oeste do Pará (cont.)

Horizonte	Profun. cm	Areia		Areia total	Silte	Argila	ADA	GF	Silte/Argila	Ds	Dp	Porosidade
		Grossa	Fina									
		g kg ⁻¹			%			kg dm ⁻³		%		
Bt2	50-140	61	64	125	106	770	140	82	0,14	1,25	2,92	57
Bt3	140-180	63	71	134	49	818	140	83	0,06	1,19	2,79	57
Cr1		65	86	151	237	612	176	71	-	-	-	-
Cr2		39	104	144	441	416	176	58	-	-	-	-
Perfil 5 - Latossolo Amarelo												
A	0-15	27	8	35	119	846	552	35	0,14	nd	2,54	60
AB	15-30	14	6	20	91	890	141	84	0,10	nd	2,42	50
BA	30-50	12	5	17	46	937	141	85	0,04	nd	2,54	54
Bw1	50-90	11	12	23	83	895	142	84	0,09	nd	2,36	47
Bw2	90-170+	9	32	40	70	890	141	84	0,08	nd	2,57	53

ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de floculação; Ds: Densidade do solo; Dp: Densidade de partículas ; nd: não determinado.

argila variaram de 607 g kg^{-1} no horizonte BA do Perfil 1 a 937 g kg^{-1} no horizonte BA do Perfil 5 com tendência de incremento com a profundidade. Em todos os perfis, houve predomínio dos teores de argila com a profundidade. Observou-se os maiores teores de argila no Perfil 5 seja nos horizontes superficiais quanto subsuperficiais.

O conteúdo de argila variou consideravelmente, seguindo a sequência para horizontes superficiais como subsuperficiais; Sedimentos da Formação Alter-do-Chão > Sedimentos folhelho > diabásio > andesito > granito, em decorrência da constituição dos materiais de origem estudados. Os dados estão de acordo com Heckman e Hasmussen (2011), que verificaram baixas variações dos teores de argila com a profundidade entre os perfis. Segundo Duarte et al. (1996), solos muito argilosos, são decorrentes de sedimentos pré-intemperizados, indicativos de elevado desenvolvimento pedogenético, via de regra, apresentam características herdadas do material de origem.

Ademais, elevados teores de argila podem ser decorrentes da planície sedimentar da região amazônica formada na Era Cenozóica, sob influência dos sedimentos dos escudos cristalinos e da região Andina em que, durante o período Terciário e Quaternário houve grande deposição no vale amazônico (BARTHEM e FABRÉ, 2003). Os dados dos atributos físicos estão de acordo com Lucas et al. (1984), que verificaram, numa transição de solos sob a Formação Barreiras, a ocorrência de solos muito argilosos, decorrentes de uma transformação, por dessilicação e neoformação da caulinita do material sedimentar subjacente. Os Latossolos Amarelos estão presentes em extensas áreas do Brasil, com marcante expressividade nos platôs litorâneos e amazônicos, oriundos de sedimentos do Grupo Barreiras (Plio-Pleistoceno) e da Formação Alter-do-Chão (Cretáceo), com teores elevados de argila oscilando entre 15 a 95 % (KER, 1997).

Os elevados teores de argila ($770\text{-}818 \text{ g kg}^{-1}$) observados nos horizontes subsuperficiais do Perfil 4 (Nitossolo Vermelho), estão em concordância com o elevado grau de intemperismo dos solos e a natureza do material de origem, que é de rochas básicas.

Observou-se grande variação para os dados da relação silte/argila. Para os horizontes superficiais, os dados variaram de 0,13 no horizonte A do Perfil 3 (Latossolo Amarelo) a 0,3 no horizonte A do Perfil 4, tais valores refletem a natureza do material de origem. Para os horizontes subsuperficiais os menores valores 0,01 foram observados horizonte Bw1 do Perfil 3, os maiores valores 0,20 foram observados no horizonte Bt1 do Perfil 4. Tais valores podem estar relacionados com a natureza do material de origem do Perfil 4 (diabásio).

Os valores da relação silte/argila em todos os horizontes Bw dos Latossolos são inferiores ao limite máximo de 0,7 para B latossólico proposto pela Embrapa (2006). Os valores desta relação, são tomados a fim de diferenciar solos altamente intemperizados de solos mais jovens (0,7), contudo esta relação deve ser avaliada com cautela, pois em certos casos, a fração silte é constituída virtualmente de caulinita, o que não significa estágio pouco avançado de intemperismo (ANDRADE et al., 1997).

Os valores de densidade do solo na litossequência variaram de $1,0 \text{ kg dm}^{-3}$ no horizonte AB do Perfil 2 a $1,38 \text{ kg dm}^{-3}$ no horizonte Ap do Perfil 1 (Argissolo Amarelo). Enquanto que, nos horizontes subsuperficiais, os valores variaram de $0,98 \text{ kg dm}^{-3}$ no horizonte BA do Perfil 3 a $1,25 \text{ kg dm}^{-3}$ no horizonte Bt2 do Perfil 4. Os menores valores observados no Perfil 3, estão em consonância ao relatado por Giarola et al. (2002), que atribuem grandes variações dos valores de densidade do solo à textura, sobretudo, o teor de argila como o maior determinante.

Os valores da densidade de partículas nos horizontes superficiais variaram de $2,52 \text{ kg dm}^{-3}$ no horizonte A do Perfil 3 a $2,64 \text{ kg dm}^{-3}$ no horizonte A do Perfil 4. Tais valores mais elevados no Perfil 4 podem estar relacionados com a natureza do material de origem (diabásio). Enquanto que, para os horizontes subsuperficiais os valores variaram de $2,45 \text{ kg dm}^{-3}$ no horizonte Bw2 do Perfil 3 a $2,92 \text{ kg dm}^{-3}$ nos horizontes Bw2 dos Perfis 2 (Latosolo Amarelo) e 4 (Nitossolo Vermelho), tais valores mais elevados podem estar relacionados com o material de origem destes perfis, andesito e diabásio, respectivamente. Ademais, elevados valores de densidade de partículas, estão condizentes aos dados relatados por Giarola et al. (2002), em razão da influência dos óxidos de ferro no recobrimento dos minerais da fração argila, sobretudo, em solos tropicais e subtropicais.

Os dados da litossequência estudada estão em parte, semelhantes aos verificados por Almeida et al. (1999) no extremo Sul do Brasil, que há predomínio de solos ácidos, com textura argilosa ou muito argilosa. Vale destacar, que mesmo ocorrendo teores tão expressivos da fração argila nos solos da litossequência estudada, estes não refletiram melhorias nos atributos químicos, sobretudo, a CTC, pois eventualmente as argilas poderiam estar parcialmente recobertas pelos óxidos de Fe (SCHAEFER et al., 2008; ALLEONI et al., 2009). De modo geral, todos os perfis apresentaram teores de argila elevados, pequenas variações de cores e profundos, tal fato pode ser atribuído, sobretudo, a influência da precipitação como

elemento do fator clima, atuando ativamente na formação de solos profundos na região amazônica.

6.3. ATRIBUTOS QUÍMICOS

6.3.1. Complexo sortivo e carbono orgânico

Observou-se grande variação nos valores de pH da litossequência. Os valores de pH em água nos horizontes superficiais variaram de 4,1 no horizonte A do Perfil 5 (Latossolo Amarelo) a 5,9 no horizonte Ap do Perfil 1 (Argissolo Amarelo) e no horizonte A do Perfil 4 (Nitossolo Vermelho). Dessa forma, o Perfil 5 apresenta classe extremamente ácido (< 4,3). Por outro lado, os perfis 1 e 4 apresentam classe moderadamente ácido de acordo Embrapa (2006). Enquanto que, os valores de pH em KCl variaram de 3,7 no horizonte A do Perfil 5 (Latossolo Amarelo) a 5,6 no horizonte A do Perfil 4. Dessa forma, os valores de pH em KCl do Perfil 5 estão enquadrados na classe extremamente ácido, contudo, os valores do Perfil 4 estão descritos como moderadamente ácido Embrapa (2006). Os maiores valores de pH para o Perfil 4, seja em água quanto em KCl, podem estar condizentes com a natureza do material de origem deste perfil (diabásio), configurando menor acidez.

Enquanto que, nos horizontes subsuperficiais os valores de pH em água variaram 4,7 no horizonte Bw2 do Perfil 2 (Latossolo Amarelo) a 6,5 no horizonte Bt2 do Perfil 4. Para os valores de pH em KCl os valores variaram na faixa de 4,1 nos horizontes Bw2 dos Perfis 3 e 5 a 6,1 no horizonte Bt2 do Perfil 1. Dessa forma, os perfis 3 e 5 estão descritos como extremamente ácido, por outro lado, o Perfil 1 está descrito como moderadamente ácido Embrapa (2006). Constatou-se aumento dos valores de pH em água e KCl com aumento da profundidade nos quatro materiais de origem estudados, excetuando-se o Perfil 4 (Nitossolo Vermelho), ao alcançar o horizonte Cr, que observou-se um cenário inverso. Kitagawa e Möller (1979) estudando a composição mineralógica de Nitossolos na região amazônica destacam os limites dos principais

Tabela 4. Propriedades Químicas dos perfis estudados no oeste do Pará

Horizonte	Profun. (cm)	pH		Ca ⁺²	Mg ⁺²	K	Na	S	Al ⁺³	H+ Al ⁺³	CTC _{pH 7,0}	At. de Argila	V	m	C.O.
		H ₂ O	KCl												
----- cmol _c kg ⁻¹ de solo -----												%	g kg ⁻¹		
Perfil 1 - Argissolo Amarelo															
Ap	0-10	5,9	5,1	2,1	0,3	0,17	0,04	2,7	0,6	4,6	7,3	25	37	18	23,6
BA	10-30	5,9	5,3	1,5	0,2	0,06	0,03	1,9	0,6	2,6	4,5	9	42	24	13,1
Bt1	30-60	6,3	6,0	1,1	0,2	0,04	0,03	1,3	0,6	1,5	2,8	6	48	30	8,2
Bt2	60-100	6,4	6,1	0,9	0,2	0,04	0,03	1,2	0,6	0,8	2,1	4	59	33	2,8
Bt3	100-160+	6,0	6,0	0,9	0,2	0,05	0,02	1,1	0,6	1,1	2,3	5	50	35	2,4
Perfil 2 - Latossolo Amarelo															
A	0-20	4,3	4,1	0,3	0,3	0,07	0,07	0,8	1,4	10,2	11,0	18	7	64	23,6
AB	20-45	4,8	4,4	0,2	0,2	0,01	0,02	0,5	1,0	6,3	6,8	10	7	68	13,1
BA	45-73	4,8	4,4	0,2	0,2	0,01	0,02	0,4	0,7	5,6	6,1	9	7	62	9,6
Bw1	73-130	4,7	4,5	0,2	0,2	0,01	0,02	0,5	0,5	5,0	5,5	8	8	55	5,8
Bw2	130-180+	4,7	4,5	0,2	0,2	0,01	0,03	0,5	0,6	4,5	5,0	7	9	55	5,0
Perfil 3 - Latossolo Amarelo															
A	0-5	4,3	3,9	0,7	0,3	0,13	0,04	1,2	1,0	8,9	10,2	15	12	46	27,7
AB	5-20	4,3	3,9	0,4	0,4	0,05	0,03	0,9	1,2	6,7	7,6	11	12	58	18,6
BA	20-55	4,3	4,0	0,2	0,2	0,01	0,03	0,5	1,2	4,7	5,2	6	10	70	12,8
Bw1	55-105	4,4	4,0	0,2	0,2	0,01	0,02	0,5	1,2	3,1	3,6	4	13	71	8,7
Bw2	105-150+	4,9	4,1	0,2	0,2	0,01	0,01	0,4	1,1	3,3	3,8	4	11	72	8,3

Tabela 4. Propriedades Químicas dos solos estudados no oeste do Pará (cont.)

Horizonte	Profun. (cm)	pH		Ca ⁺²	Mg ⁺²	K	Na	S	Al ⁺³	H+Al ⁺³	CTC _{pH 7,0}	At.de Argila	V	m	C.O.
		H ₂ O	KCl												
----- cmol _c kg ⁻¹ de solo -----												%	g kg ⁻¹		
Perfil 4 - Nitossolo Vermelho															
A	0-15	5,9	5,6	1,7	0,8	0,06	0,01	2,7	0,7	2,4	5,1	8	53	20	14,2
BA	15-45	6,3	5,8	1,3	0,4	0,01	0,01	1,7	0,8	1,5	3,3	5	53	32	8,6
Bt1	45-50	6,6	6,0	1,0	0,4	0,01	0,01	1,4	0,8	1,1	2,5	3	55	38	6,1
Bt2	50-140	6,5	5,5	0,7	0,5	0,01	0,01	1,3	0,4	1,7	2,9	4	44	23	4,3
Bt3	140-180	6,6	5,6	0,6	0,3	0,01	0,02	0,9	0,4	1,0	1,9	2	49	30	0,9
Cr1		5,4	4,4	0,4	0,3	0,01	0,01	0,7	0,5	2,3	3,0	5	24	40	0,9
Cr2		5,1	3,8	0,3	0,2	0,01	0,01	0,4	5,9	6,2	6,6	15	7	93	4,7
Perfil 5 - Latossolo Amarelo															
A	0-15	4,1	3,7	0,7	0,2	0,12	0,02	1,2	1,1	9,6	10,8	12	11	49	31,0
AB	15-30	4,0	3,8	0,3	0,2	0,03	0,01	0,5	1,2	6,4	6,9	8	8	69	18,1
BA	30-50	4,4	3,9	0,3	0,2	0,01	0,01	0,4	1,2	4,4	4,8	5	9	73	9,2
Bw1	50-90	4,7	4,0	0,2	0,1	0,01	0,01	0,3	1,2	3,8	4,2	5	8	77	7,2
Bw2	90-170+	5,3	4,1	0,3	0,1	0,01	0,01	0,3	1,2	3,1	3,5	4	10	78	4,8

At. de Argila: Atividade de Argila; C.O.: Carbono orgânico.

atributos físicos e químicos: CTC, de 2,17 a 39,8 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; 30 a 99% de V ; teores de argila, 30-69%; pH, 5,0 a 7,3; conteúdo de Fe_2O_3 , de 15 a 30%.

Tal cenário, está condizente com solos tropicais, sobretudo, na região amazônica em que se observam baixos valores de pH (ANDRADE et. al., 1997). Vale destacar, que a faixa dos valores de pH seja em água quanto em KCl no horizonte superficial do Perfil 4, é considerada ideal para a maioria das culturas no Brasil (SOUZA et al., 2007). O ΔpH é negativo em grande parte da litossequência, excetuando-se o horizonte Bt3 em subsuperfície do Perfil 1.

Os teores de Ca^{+2} nos horizontes superficiais variaram de 0,3 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo no horizonte A do Perfil 2 a 2,1 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo no horizonte Ap do Perfil 1. Os maiores teores de Ca^{+2} podem ser explicados pela natureza do material de origem do Perfil 1 (granito), constituídos de feldspatos e plagioclásios (BRASIL, 1976). Enquanto que, nos horizontes subsuperficiais, os teores variaram de 0,2 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo nos horizontes Bw2 dos Perfis 2 e 3 a 0,9 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo no horizonte Bt2 do Perfil 1, configurando a influência do material de origem.

Observou-se pequena variação nos teores de Mg^{+2} nos horizontes superficiais. Os teores variaram de 0,2 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo no horizonte A do Perfil 5 a 0,8 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo no horizonte A do Perfil 4. Enquanto que, nos horizontes subsuperficiais, os teores variaram de 0,1 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo no horizonte Bw2 do Perfil 5 a 0,5 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo no horizonte Bt2 do Perfil 4. De forma similar como ocorreu com o elemento Ca^{+2} , os maiores teores verificados no Perfil 4, podem estar em concordância com o material de origem deste perfil (diabásio).

Os teores de K^+ nos horizontes superficiais da litossequência variaram de 0,06 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo no horizonte A do Perfil 4 a 0,17 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo no horizonte Ap do Perfil 1. Por outro lado, nos horizontes subsuperficiais, os teores variaram de 0,01 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo nos Perfis 2, 3, 4 e 5 a 0,04 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo no horizonte Bt2 do Perfil 1. Os maiores teores de K^+ seja nos horizontes superficiais quanto em profundidade, podem estar relacionados com a rocha formadora do perfil 1 (granito) constituída de feldspatos potássicos (BRASIL, 1976; MIDDELBURG et al., 1988).

Os teores de Na^+ da litossequência nos horizontes superficiais variaram 0,01 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo no horizonte A do Perfil 4 a 0,07 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo no horizonte A do Perfil 2.

Enquanto que, nos horizontes subsuperficiais, os teores variaram de $0,01 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo nos Perfis 3, 4 e 5 a $0,03 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo nos horizontes Bt2 do Perfil 1.

Observou-se grande variação nos valores de soma de bases. Nos horizontes superficiais os valores variaram de $0,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo no horizonte A do Perfil 2 a $2,7 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo no horizonte Ap do Perfil 1 e horizonte A do Perfil 4. Por outro lado, nos horizontes subsuperficiais os valores variaram $0,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo a $1,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo no horizonte Bt2 do Perfil 4.

Os maiores teores de cátions básicos quando presentes, estão mais concentrados nos horizontes superficiais. Tal fato, segundo Carmo et al. (1984), ocorre em decorrência da maior e frequente reciclagem vegetal, próximo a superfície. Os Perfis 1 e 4 destacam-se por apresentarem os maiores valores de soma de bases, seja em superfície quanto em subsuperfície, o que pode ser considerado reflexo da natureza do material de origem destes perfis (granito e diabásio) respectivamente.

Observou-se que a acidez trocável representada pelos teores de Al^{+3} nos horizontes superficiais variaram de $0,6 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo no horizonte Ap do Perfil 1 a $1,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo no horizonte A do Perfil 2. Enquanto que, nos horizontes subsuperficiais, os teores variaram de $0,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo no horizonte Bw2 do Perfil 4 a $1,2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo no horizonte Bw2 do Perfil 5. Os maiores teores de Al^{+3} em subsuperfície, estão condizentes com os menores valores de pH em água dos Perfis 3 e 5. Os dados estão condizentes com Alleoni et al. (2009), onde enfatizam que a medida que os solos tornam-se intemperizados, os cátions monovalentes são substituídos do complexo de troca por elementos polivalentes, em especial o Al^{3+} configurando o caráter ácido no complexo de troca.

Observou-se grande variação nos valores de CTC pH 7,0 nos horizontes superficiais da litossequência. Os valores variaram de $5,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo no horizonte A do Perfil 2 a $11,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo no horizonte A do Perfil 2. Porém, nos horizontes subsuperficiais, os valores variaram de $2,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo no horizonte Bt2 do Perfil 1 a $5,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo no horizonte Bw2 do Perfil 2.

A baixa CTC é característica de solos com mineralogia caulinítica, com predomínio de argilominerais 1:1 e ΔpH sempre negativo (ANDRADE et al., 1997). Com o aumento da profundidade, os horizontes subsuperficiais dos perfis 1 e 2 tornam-se com balanço de cargas próximo a zero, que indicaria uma mineralogia predominantemente gibbsítica/oxídica (ROLIM NETO et al., 2009), dados confirmados para P2 (ver figura 8).

Tais resultados realçam o efeito da matéria orgânica, na elevação de cargas elétricas negativas, conseqüentemente, da CTC em horizontes superficiais (ANDRADE et al., 1997; ALLEONI et al., 2009). Vários autores Gualberto et al. 1987; Andrade et. al. 1997; Cunha et al. 2007; Melo et al. 2010, relatam na literatura a baixa CTC e fertilidade dos solos da região amazônica, em decorrência do acentuado intemperismo, gerando intensa dessilicação e lixiviação de bases, associado ao manejo inadequado dos solos baseados na agricultura itinerante, fundamentada na queima da vegetação natural com intuito de melhorar a fertilidade, já naturalmente reduzida, dessa forma, agravando a baixa fertilidade dos solos.

Os baixos valores de CTC $< 13 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo associados à baixa atividade de argila ($< 27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de argila) estão condizentes com a classe dos Latossolos (Perfis 2, 3 e 5) – (SCHAEFER et al., 2004). Contudo, a ocorrência de áreas com solos mais férteis podem ser observadas onde há maior influência atual ou pretérita de sedimentos andinos e, ou ocorrência de rochas básicas (basaltos, diabásios) ou sedimentares ricos em nutrientes para as plantas (calcários), a exemplo do ocorrente nos estados de Roraima, Pará e Amapá. (SCHAEFER et al., 2000; LIMA et al., 2006).

A saturação por bases é um parâmetro de suma importância, pois é um importante indicador direto da fertilidade dos solos. Observou-se grande amplitude nos dados de saturação por bases (V%) nos horizontes superficiais. Observou-se que os dados variaram 7 % no horizonte A do Perfil 2 a 53 % no horizonte A do Perfil 4. Enquanto que, nos horizontes subsuperficiais, os valores variaram de 9 % no horizonte Bw2 do Perfil 2 a 59 % no horizonte Bt2 do Perfil 1. Os valores da saturação por bases (V%) indicam solos distróficos ao longo da litossequência estudada, condizente com o elevado grau de intemperismo.

Observou-se grande amplitude nos valores de saturação por alumínio. Nos horizontes superficiais, os dados variaram de 18 % no horizonte Ap do Perfil 1 a 64 % no horizonte A do Perfil 2. Enquanto que, nos horizontes subsuperficiais os dados variaram de 23 % no horizonte Bt2 do Perfil 4 a 78 % no horizonte Bw2 do Perfil 5. Vale destacar, a ocorrência do caráter álico ($m > 50 \%$) nos horizontes subsuperficiais dos perfis 2, 3 e 5 representados pela classe dos Latossolos, no entanto, o teor de Al^{+3} nos respectivos perfis, foi menor que $4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo, não satisfazendo o critério alumínico ou alítico do atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS Embrapa (2006).

Observou-se grande amplitude nos teores de carbono orgânico. Nos horizontes superficiais os teores variaram de $14,2 \text{ g kg}^{-1}$ no horizonte A do Perfil 4 a 31 g kg^{-1} no

horizonte A do Perfil 5. Enquanto que, nos horizontes subsuperficiais, os teores variaram de $2,8 \text{ g kg}^{-1}$ no horizonte Bt2 do Perfil 1 a $8,3 \text{ g kg}^{-1}$ no horizonte Bw2 do Perfil 3.

Tais valores no horizonte superficial do Perfil 5, contrariam Giarola e Silva (2002), que relatam que solos com horizonte coeso sob mata raramente contém teores acima de 15 g kg^{-1} de solo.

6.3.2. Ferro, Alumínio, Titânio e Silício extraído pela Digestão sulfúrica, DCB e Oxalato

Os dados referentes à Ferro, Alumínio, Titânio e Silício extraído pela digestão sulfúrica, Ditionito-Citrato-Bicarbonato (DCB) e Oxalato Ácido de Amônio (OAA) da litossequência estudada, estão presentes na Tabela 5.

Tabela 5. Teores de Si, Al, Ti e Fe obtidos por diferentes extratores e principais relações derivadas

Horizonte	Profun. cm	Si _{DS}	Al _{DS}	Fe _{DS}	Ti _{DS}	Fe _{DCB}	Fe _o	Fe _o /Fe _{DCB}	Ki	Kr
		g kg ⁻¹								
Perfil 1 - Argissolo Amarelo										
Ap	0-10	170,50	130,19	54,64	13,36	42,03	4,81	0,11	2,06	0,67
Bt1	30-60	252,00	229,19	80,97	14,43	60,00	0,94	0,02	1,84	0,71
Bt3	100-160	288,00	259,03	93,18	13,48	76,46	0,62	0,01	1,90	0,76
Perfil 2 - Latossolo Amarelo										
A	0-20	125,50	177,66	234,11	48,56	170,20	2,66	0,02	1,23	0,13
BA	45-73	122,00	185,97	241,37	44,52	150,92	1,77	0,01	1,12	0,12
Bw2	130-180+	118,00	191,97	229,69	45,80	164,93	0,83	0,01	1,04	0,12
Perfil 3 - Latossolo Amarelo										
A	0-5	312,50	269,96	55,21	8,17	48,92	4,66	0,10	1,97	0,85
BA	20-55	360,00	281,96	55,18	8,65	52,24	1,79	0,03	2,04	0,94
Bw2	105-150+	340,50	314,28	52,55	9,08	48,32	0,41	0,01	1,81	0,88
Perfil 4 - Nitossolo Vermelho										
A	0-15	227,00	181,75	184,75	23,66	148,18	2,65	0,02	2,07	0,28
Bt1	45-50	239,50	207,00	194,91	20,40	171,44	2,59	0,02	1,97	0,32
Cr2	Ao lado do perfil	325,00	224,67	232,57	19,66	181,97	1,78	0,01	2,41	0,32
Perfil 5 - Latossolo Amarelo										
A	0-15	332,50	260,01	68,11	15,97	60,23	1,81	0,03	2,20	0,82
BA	30-50	344,50	281,47	75,18	17,28	63,77	0,81	0,01	2,09	0,77
Bw2	90-170+	352,50	319,33	73,93	17,92	62,34	0,31	0,01	1,87	0,76

Si_{ds} (Extraído por Digestão Sulfúrica), Al_{ds} (Extraído por Digestão Sulfúrica), Fe_{ds} (Extraído por Digestão Sulfúrica), Ti_{ds} (Extraído por Digestão Sulfúrica), Fe_D (Extraído por Ditionito-Citrato-Bicarbonato), Fe_o (Extraído pelo oxalato); Ki (% SiO₂ x 1,70/ % Al₂O₃) e Kr (% SiO₂/0,6)/[(%Al₂O₃/1,02) + (% Fe₂O₃/1,60)].

Observou-se variação dos dados de Si extraídos pela digestão sulfúrica (DS) nos horizontes superficiais, na faixa de 125,50 g kg⁻¹ no horizonte A do Perfil 2 a 332,50 no horizonte A do Perfil 5. Enquanto que, nos horizontes subsuperficiais, os teores de Si variaram de 122,0 g kg⁻¹ no horizonte BA do Perfil 2 a 360 g kg⁻¹ no horizonte BA do Perfil 3.

Os teores dos horizontes superficiais dos Perfis 3 e 5 (valores de Si >300 g kg⁻¹) estão acima dos observados por Andrade et al. (1997) em solos na região amazônica. Vale destacar, que embora os perfis 3 e 5 sejam pertencentes a classe de Latossolos, caracterizados por intensa dessilicação, para Möller (1986), a possibilidade da presença de teores relativamente elevados de sílica nos solos da Amazônia é elevada, em razão da inexistência de argilas puramente gibbsíticas. O que estaria de acordo com os perfis 3 e 5, que são basicamente caulíníticos.

Os teores de Fe extraídos pela digestão sulfúrica nos horizontes superficiais variaram de 54,64 g kg⁻¹ no horizonte Ap do Perfil 1 a 234,11 g kg⁻¹ no horizonte A do Perfil 2. Por outro lado, nos horizontes subsuperficiais, os teores de Fe variaram de 55,18 g kg⁻¹ no horizonte BA do Perfil 3 a 241,37 g kg⁻¹ no horizonte BA do Perfil 2. Nos Perfis 2 e 4, seja nos horizontes superficiais quanto subsuperficiais, verificou-se que em razão dos teores de Fe extraído pela digestão sulfúrica (> 180 g kg⁻¹), estes perfis foram qualificados como Férricos, (EMBRAPA, 2006).

Nos horizontes Bw2 dos perfis 2 e 5, observou-se que os teores de Fe_{DS} estiveram dentro dos limites (70-440 g kg⁻¹) estabelecidos para a classe dos Latossolos (GIAROLA e SILVA, 2002; SCHAEFER et al., 2008). Os dados deste perfil, estão similares aos verificados por Carmo et al. (1984) em que, constataram os mais elevados teores de óxidos de ferro por meio da digestão sulfúrica no solo derivado de material vulcânico.

Observou-se grande amplitude dos teores de Ti extraído pela digestão sulfúrica (Ti_{DS}) na litossequência. Os teores nos horizontes superficiais variaram de 8,17 g kg⁻¹ no horizonte A do Perfil 3 a 48,56 g kg⁻¹ no horizonte A do Perfil 2. Enquanto que, nos horizontes subsuperficiais, os dados variaram de 8,65 g kg⁻¹ no horizonte BA do Perfil 3 a 44,52 g kg⁻¹ no horizonte BA do Perfil 2. A pequena variação de Ti ao longo dos perfis evidencia a uniformidade dos materiais de origem estudados, eliminando a possibilidade de descontinuidade litológica (MAFRA et al., 2001).

Observou-se uma grande variação nos dados de Fe_{DCB} na litossequência. Nos horizontes superficiais, os dados variaram de $42,03 \text{ g kg}^{-1}$ no horizonte Ap do Perfil 1 a $170,20 \text{ g kg}^{-1}$ no horizonte A do Perfil 2. Enquanto que, nos horizontes subsuperficiais os dados variaram $52,24 \text{ g kg}^{-1}$ no horizonte BA do Perfil 3 a $171,44 \text{ g kg}^{-1}$ no horizonte Bt1 do Perfil 4.

Os teores do Perfil 4 são considerados elevados quando comparados ($7 - 40 \text{ g kg}^{-1}$) ao atribuíveis por Lima et al. (2006). Os maiores teores da litossequência estudada, foram atribuídos, sobretudo, à riqueza de ferro do material de origem e ao elevado grau de intemperismo. Por outro lado Melo et al. (2010) estudando solos de Roraima, observaram valores de Fe_{DCB} para a classe de Nitossolos, abaixo do constatado no presente estudo. De acordo com Schaetzl e Anderson, talvez a alta cristalinidade dos compostos de Fe, esteja relacionada com o longo período de intemperismo a que estes solos estão submetidos.

Observou-se grande variação nos dados da relação Fe_o/Fe_{DCB} . Nos horizontes superficiais, os dados variaram de 0,02 nos horizontes A dos Perfis 2 e 4 a 0,11 no horizonte Ap do Perfil 1. Por outro lado, nos horizontes subsuperficiais os menores dados da relação 0,01 foram observados nos horizontes BA dos Perfis 3 e 5, e os maiores dados 0,03 foram observados no Perfil 3. De acordo com Lima et al. (2006), os maiores valores da razão Fe_o/Fe_{DCB} em superfície, refletem a influência da matéria orgânica, atuando no retardamento da cristalização destes compostos ferruginosos.

Para Andrade et al. (1997), o decréscimo dos dados da relação Fe_o/Fe_{DCB} sugerem que tal situação, é explicada pela maior proporção de óxidos “livres” em estágio mais cristalinos em subsuperfície. Os dados da predominância da razão Fe_o/Fe_{DCB} ($< 0,05$) estão em consonância com Inda Junior e Kampf (2003), indicando que estes óxidos são predominantemente cristalinos, coerente com a natureza latossólica dos Perfis 2, 3 e 5.

Observou-se grande amplitude nos dados do índice Ki na litossequência. Nos horizontes superficiais, os dados variaram de 1,23 no horizonte A do Perfil 2 a 2,20 no horizonte A do Perfil 5. Enquanto que, nos horizontes subsuperficiais, os dados variaram de 1,12 no horizonte BA do Perfil 2 a 2,09 no horizonte BA do Perfil 5. Para os dados do índice Kr, os dados nos horizontes superficiais, variaram de 0,13 no horizonte A do Perfil 2 a 0,85 no horizonte A do Perfil 3. Enquanto que, nos horizontes subsuperficiais, os dados variaram de 0,12 no horizonte BA do Perfil 2 a 0,94 no horizonte BA do Perfil 3. Observa-se por meio dos dados, a presença de composição mineralógica caulinitica e gibbsítica em todos os perfis

da litossequência corroborado pelos dados dos índices Ki (1,13 e 2,15 médios) e Kr (~0,13 e ~0,32 respectivamente).

Esses índices “per si”, segundo (ROLIM NETO et al., 2009), requerem para sua melhor identificação, tomar outras características e atributos, pois em certos casos, o material de origem já é pobre em sílica ou pode eventualmente haver dissolução seletiva de quartzo em ambientes com predominância de Fe.

6.4. ATRIBUTOS MINERALÓGICOS

Na composição mineralógica da fração areia fina prevaleceu o mineral quartzo em todos os horizontes da litossequência estudada (Tabela 6). Este foi confirmado por meio dos picos de difração no espaçamento basal 0,42 e 0,33 nm. Enquanto que, a caulinita foi confirmada por meio da presença dos picos no espaçamento basal 0,72 nm e 0,35 nm somente no Perfil 5, nos horizontes BA e Bw2. Na fração silte, observou-se a presença de forma similar de caulinita e de quartzo. Ademais, observou-se no Perfil 2 a presença de gibbsita confirmada por meio da presença do pico no espaçamento basal de 0,48 nm. A presença de caulinita mesmo nas frações mais grosseiras (areia e silte) pode ser atribuída à pronunciada ocorrência de compostos de microagregados estáveis de caulinita, configurado sua permanência (ANDRADE et al., 1997).

Observou-se na fração argila do Perfil 1 (Figura 7), a presença de caulinita, confirmada por meio da presença dos picos 0,72 e 0,35 nm, bem como verificou-se a presença de gibbsita, goethita e quartzo confirmada por meio do pico 0,48, 0,41 e 0,33 nm, respectivamente, ao longo do perfil. No Perfil 2 (Figura 8), observou-se a presença de caulinita, gibbsita, goethita e quartzo confirmada por meio dos valores semelhantes aos picos do Perfil 1 e a presença de hematita, confirmada por meio dos picos 0,27 e 0,25 nm, respectivamente.

No Perfil 3 (Figura 9) observou-se uma composição mineralógica muito similar ao Perfil 1, composta essencialmente de caulinita, gibbsita e goethita, a exceção da presença de quartzo. No Perfil 4 (Figura 10), observou-se na fração argila, a composição mineralógica similar ao Perfil 2. No Perfil 5 (Figura 11), observou-se composição mineralógica similar aos Perfil 1 e 3.

Tabela 6. Composição Mineralógica em distintas frações da litossequência estudada no oeste do Pará

PERFIL	HORIZONTE	SILTE	AREIA FINA
1-Argissolo Amarelo (Granito)	A	Ct; Qtz	Qtz
	Bt1	Qtz	Qtz
	Bt3	Ct; Qtz	Qtz
2- Latossolo Amarelo (Andesito)	A	Gb; Qtz	Qtz
	BA	Gb; Qtz	Qtz
	Bw2	Gb; Qtz	Qtz
3-Latosolo Amarelo (Folhelho)	A	Ct; Qtz	Qtz
	BA	Ct; Qtz	Qtz
	Bw2	Ct; Qtz	Qtz
4- Nitossolo Vermelho (Diabásio)	A	Ct; Qtz	Qtz
	Bt1	Ct; Qtz	Qtz
	Cr2	Ct; Qtz	Qtz
5-Latossolo Amarelo (Sedimentos da Formação Alter-do- Chão)	A	Ct; Qtz	Qtz
	BA	Ct; Qtz	Ct; Gt
	Bw2	Ct; Qtz	Ct; Qtz; Gt

Ct: Caulinita; Qtz: Quartzo; Gb: Gibbsita; Gt: Goethita.

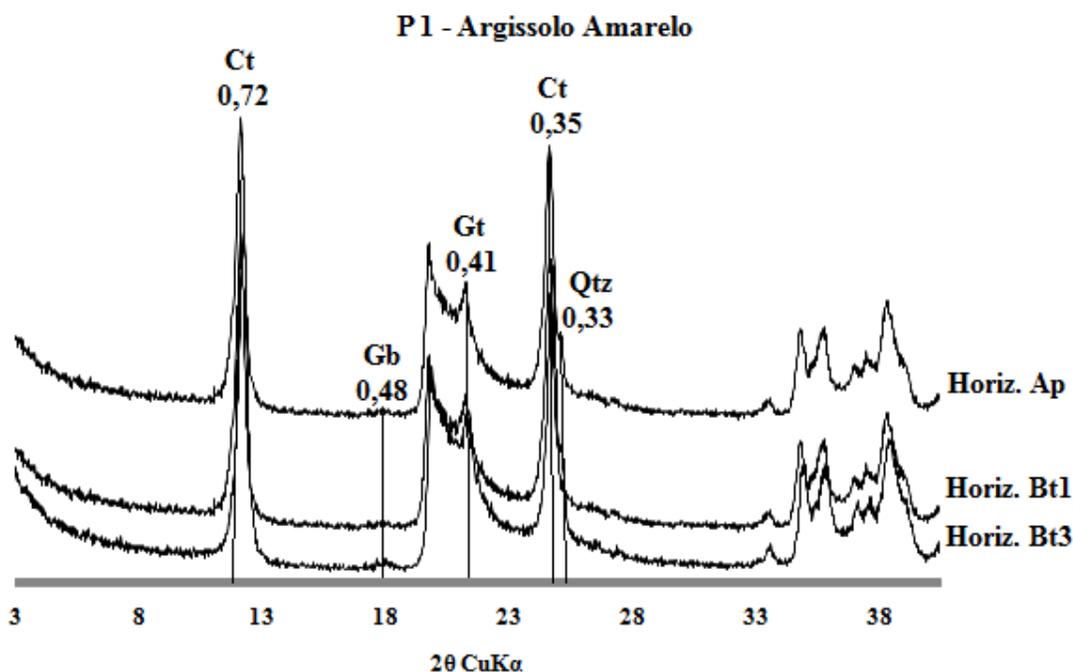


Figura 7. Difratoograma da fração argila, sem tratamento, de um Argissolo Amarelo em uma litossequência no oeste do Pará. Ct: Caulinita; Gt: Goethita; Gb: Gibbsita; Qtz: Quartzo. Valores das reflexões em nanômetros.

Observou-se a composição mineralógica do Perfil 1, muito similar aos demais perfis 3 e 5. Esta composição, similar a classe dos Latossolos estão de acordo com Möller (1986), que relata a grande semelhança na composição mineralógica entre a classe dos Argissolos e Latossolos na região amazônica. Embora sejam formados de material de origem distintos, a composições mineralógicas assemelham-se. Esta composição pode ser um reflexo dos principais processos (monossilatização e ferralitização), atuantes no ambiente amazônico, caracterizado por elevadas temperaturas e precipitações UFV (1979). Configurando a presença e abundância de caulinita, em concordância a composição mineralógica de solos tropicais, de várias partes do mundo (DIXON, 1989)

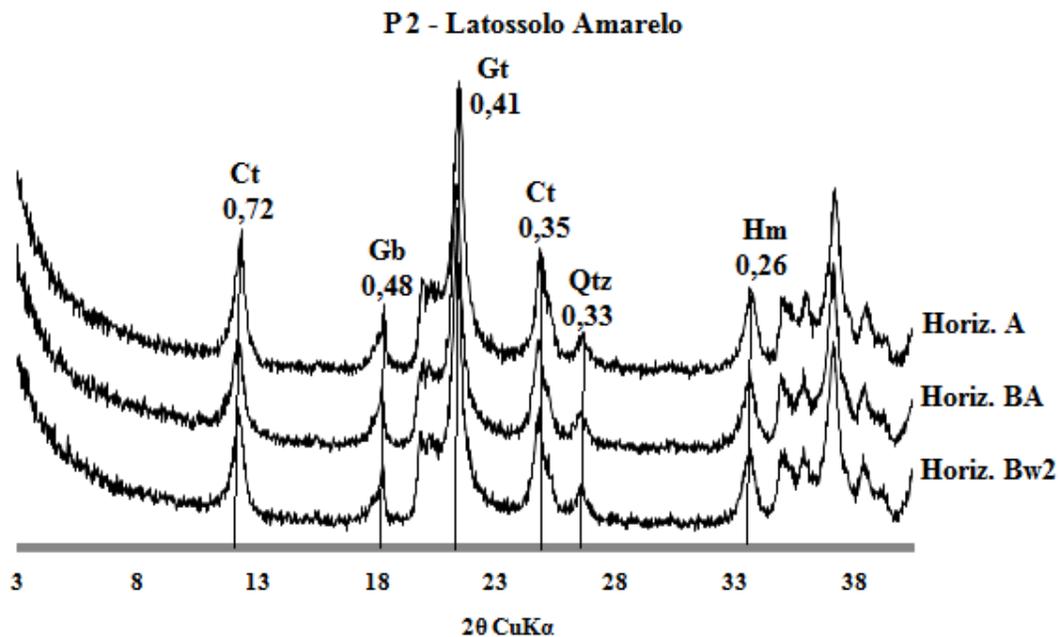


Figura 8. Difratoograma da fração argila, sem tratamento, de um Latossolo Amarelo em uma litossequência no oeste do Pará. Ct: Caulinita; Gt: Goethita; Gb: Gibbsita; Hm: Hematita; Qtz: Quartzo. Valores das reflexões em nanômetros.

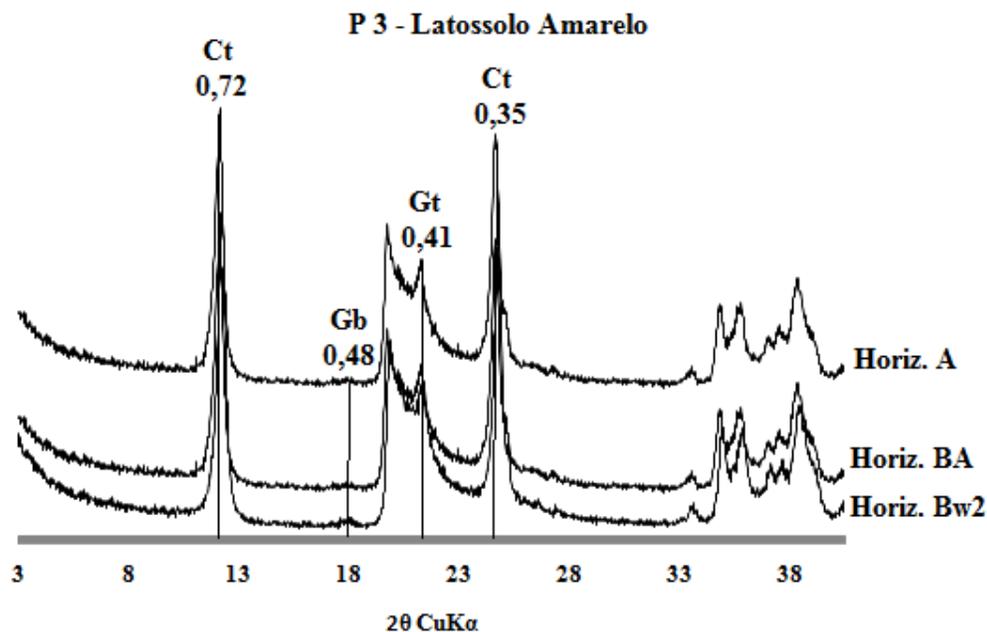


Figura 9. Difratoograma da fração argila, sem tratamento, de um Latossolo Amarelo em uma litossequência no oeste do Pará. Ct: Caulinita; Gt: Goethita; Gb: Gibbsita. Valores das reflexões em nanômetros.

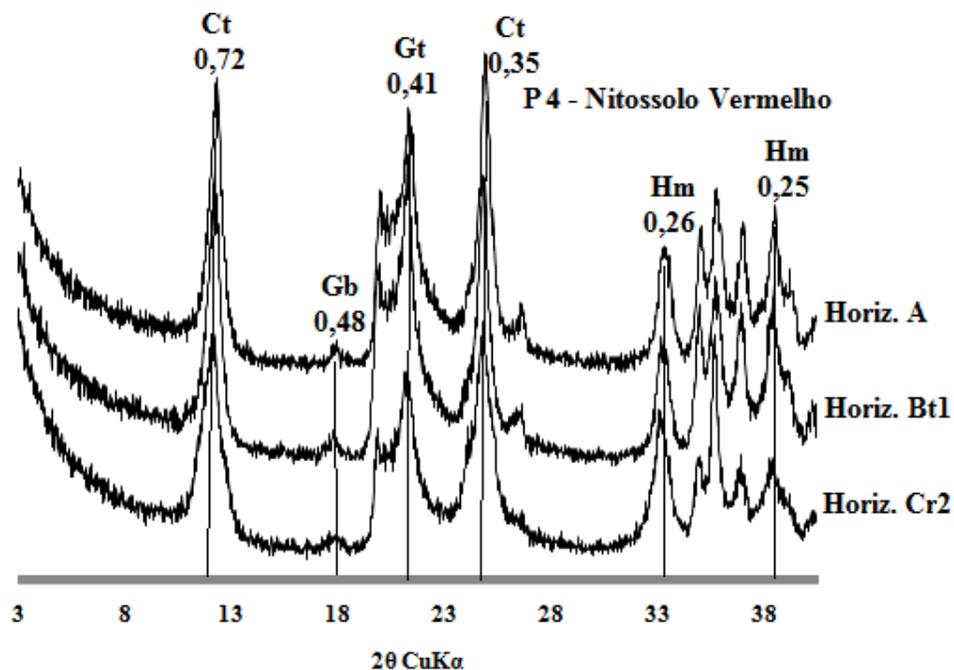


Figura 10. Difratograma da fração argila, sem tratamento, de um Nitossolo Vermelho em uma litossequência no oeste do Pará. Ct: Caulinita; Gt: Goethita; Gb: Gibbsita; Hm: Hematita; Qtz: Quartzo. Valores das reflexões em nanômetros.

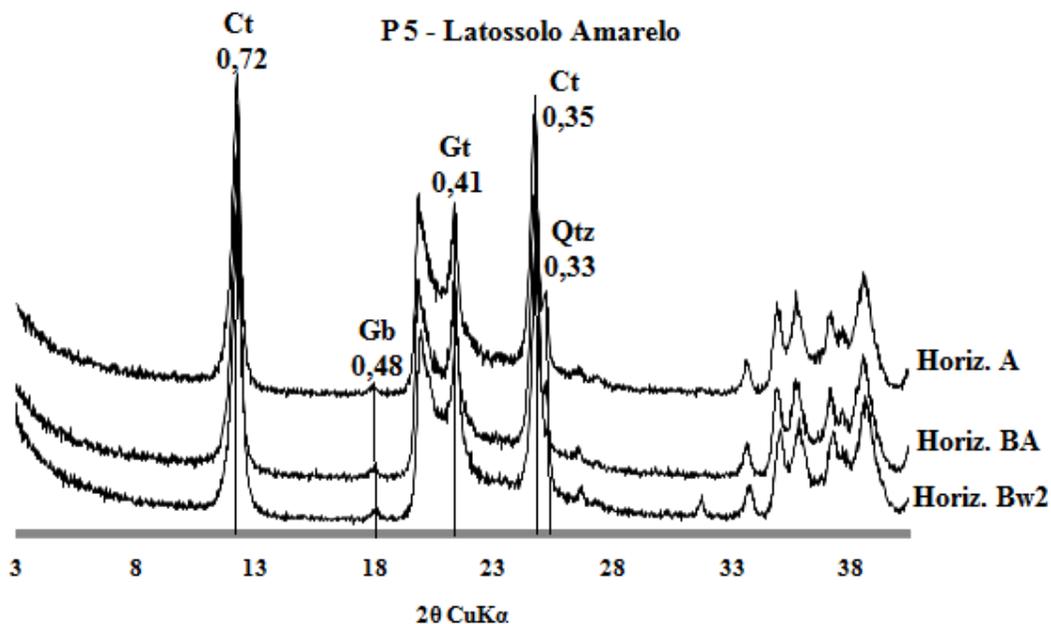


Figura 11. Difratograma da fração argila, sem tratamento, de um Latossolo Amarelo em uma litossequência no oeste do Pará. Ct: Caulinita; Gt: Goethita; Gb: Gibbsita; Qtz: Quartzo. Valores das reflexões em nanômetros.

Observou-se a presença de gibbsita em todos os perfis da litossequência. Tal ocorrência, é dita de solos com avançado estágio de intemperismo (KER, 1997). Ainda, de acordo Campos et al. (2011), a presença de óxidos de Fe (goethita e hematita) e de hidróxidos de Al (gibbsita) é comum em solos de ambientes tropicais, em razão das condições de intensa lixiviação. Esta presença é condizente com dados de Ki e Kr, que refletem a composição mineralógica caulinitica, oxidica e gibbsitica (EMBRAPA, 2006). Outra possível explicação da presença da gibbsita, seria o mecanismo de dissolução de caulinita, em função do longo processo de intemperismo (SCHAEFER et al., 2008). Curi e Franzmeier, (1984), estudando solos do Cerrado, verificaram o incremento de gibbsita em solos vermelhos (Matiz 2,5YR).

Os dados do perfil 5 estão em concordância a exemplo dos dados observados por Melo et al. (2002) avaliando a composição mineralógica de sedimentos da grupo Barreiras no Nordeste brasileiro. A composição mineralógica do presente estudo, derivados de sedimentos mais antigos e de rochas cristalinas, difere notadamente daquela observada em solos de terra firme da região ocidental da Amazônia, caracterizada pela complexidade química e riqueza mineralógica (GAMA e KIEHL 1999; MÖLLER, 1986; LIMA, 2001; LIMA et al., 2006).

Vale salientar, a presença de hematita ao longo do perfil 2 (Figura 8), indicada pela ocorrência do pico de difração a 0,27 e 0,25 nm. Anda et al. (2008), estudando solos originados de distintos materiais de origem na Malásia, relataram que a matiz do solo (7,5 YR) indica a ausência de hematita, embora observaram a presença de hematita, confirmada pelo pico 0,26 e 0,25 nm, de acordo com os autores, tal situação reflete o baixo conteúdo de hematita e o efeito da matéria orgânica mascarando a cor da hematita. Para In da Junior (2002), a hematita é favorecida em ambientes mais quentes, bem drenados, com baixos valores de umidade e temperaturas elevadas (CURI e FRANZMEIER, 1984). Em regiões com grande ocorrência de solos amarelos, em que aplica-se a técnica de uso da queima da vegetação, há eventualmente a presença local de hematita, em função da elevação da temperatura (200-300°C), favorecendo a transformação de goethita em hematita. Tal cenário, de queima da vegetação configura-se muito frequente na região amazônica, em decorrência dos baixos custos (RESENDE et al., 2003).

De acordo Curi e Franzmeier (1984), condições favoráveis para presença de hematita são: elevadas temperaturas e baixo conteúdo de umidade. Contudo, na região amazônica o conteúdo de umidade é bastante elevado, conforme estudo realizado no Centro-oeste do Estado do Pará, a umidade relativa do ar é superior a 75%, impossibilitando a estabilidade de

hematita (UFV, 1979). Enquanto que, acima de 1000 mm, a goethita seria o óxido de ferro mais favorável de ocorrência em detrimento da presença de hematita (KÄMPF e SCHWERTMANN, 1983), bem como a goethita seria o óxido de ferro mais estável em Latossolos (SCHAEFER et al., 2008). A presença de hematita no perfil 4 seria muito mais efetiva, decorrente da natureza da rocha que o originou (Diabásio), situação oposta da verificada no perfil 2.

Destaca-se a presença de quartzo, nos Perfis 1, 2, 4 e 5 na fração argila. Em estádios de intemperização mais avançado, tal presença pode ser explicada pela corrosão de partículas de quartzo na forma de cavidades de dissolução (KÄMPF et al., 2009). De acordo com Anda et al. (2008), estudando solos na Malásia, observaram a presença de quartzo na fração argila, após remoção com DCB. A mineralogia da fração argila da litossequência estudada é composta essencialmente por minerais de argila 1:1, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. Os solos bem drenados e bem desenvolvidos na Amazônia possuem em sua composição, minerais que indicam os reflexos das condições pedoambientais a que estes estão ou outrora estiveram expostos (MÖLLER, 1986).

6.5. CLASSIFICAÇÃO DOS PERFIS

O perfil 1 foi classificado de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação - SiBCS como **ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico – descrição completa vide Anexos**. O Perfil 1 (Argissolo Amarelo), desenvolvido a partir de granito, apresenta sequência de horizontes Ap-BA-Bt1-Bt2-Bt3, profundidade acima de 160 cm, pequenas diferenciações de horizontes e boas condições de drenagem, relação textural B/A = 1,6 e presença de cerosidade nos horizontes BA, Bt1 e Bt2.

O perfil não apresenta calhaus e matacões na superfície e ao longo de todo o perfil. O horizonte A possui espessura de apenas 10 cm, contudo, com estrutura forte pequena média e granular, coloração amarelada e textura argilo-arenosa.

O horizonte Bt possui cores amareladas (matizes 7,5 YR ou 10 YR ao longo do perfil), estrutura fraca moderada muito pequena e pequena em blocos subangulares, textura muito argilosa e consistência muito dura, friável plástica e pegajosa. Por meio das análises químicas, observou-se o termo distrófico no 3º nível categórico, em razão da predominância de valores de saturação por bases (< 50 %). Observou-se a ocorrência do sub-grupo típico no 4º nível categórico por não enquadrar-se nos requisitos anteriores desta classe. Observou-se por meio

das análises mineralógicas na fração argila, a predominância de caulinita, quartzo e de óxihidróxidos de Fe e Al (goethita e gibbsita), respectivamente. Esta composição mineralógica está de acordo com Möller (1986), estudando a composição mineralógica de Argissolos na Amazônia.

O perfil 2 foi classificado de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de solos - SiBCS como **LATOSSOLO AMARELO Distroférico típico**. O perfil 2 (Latossolo Amarelo), desenvolvido a partir de andesito (Figura 3), possui sequência de horizontes A-AB-BA-Bw1-Bw2, baixo gradiente textural, predomínio de transições graduais/difusas e planas, evidenciando a maturidade dos Latossolos, cores amareladas, horizontes bem drenados, não pedregosa na superfície do perfil.

O horizonte A com 20 cm, bem desenvolvido, com estrutura forte muito pequena e pequena granular e textura muito argilosa. O horizonte Bw1 (73-130 cm) apresenta estrutura moderada muito pequena e pequena em blocos subangulares e textura muito argilosa, assim como o horizonte subsequente Bw2 (130-180cm), possui estrutura moderada muito pequena e pequena em blocos subangulares e textura muito argilosa. Observou-se a ocorrência do termo Distroférico no 3º nível categórico, corroborado pelos dados de Fe extraído pela digestão sulfúrica ($> 180 \text{ g kg}^{-1}$ e $< 360 \text{ g kg}^{-1}$) de acordo com Embrapa (2006). Observou-se a ocorrência do sub-grupo típico no 4º nível categórico por não enquadrar-se nos requisitos anteriores desta classe.

Observou-se por meio das análises mineralógicas na fração argila, a predominância de caulinita, quartzo e a presença de óxihidróxidos de Fe e Al (goethita, hematita e gibbsita), respectivamente.

O perfil 3 foi classificado de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de solos - SiBCS como **LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico**. O perfil 3 (Latossolo Amarelo), desenvolvido a partir da alteração de sedimentos folhelho (Figura 4) possui sequência de horizontes A-AB-BA-Bw1-Bw2, de forma geral, não pedregosa, dominância de cores amareladas (matizes 10 YR ao longo do perfil), baixo gradiente textural, predomínio de transições graduais, difusas e planas ao longo de todo o perfil, estrutura moderada muito pequena em blocos subangulares, grande quantidade de raízes no horizonte superficial, friável, plástico e pegajosa, predomínio de textura argilosa.

O horizonte superficial (A + AB) possui espessura de 20 cm, estrutura medianamente desenvolvida, sendo moderada muito pequena e pequena em blocos subangulares e textura

muito argilosa. O horizonte Bw foi subdividido em Bw1 (55-105 cm) e Bw2 (105-150 cm) são morfologicamente muito semelhantes, horizontes profundos, transições difusas e, ou planas, predomínio de cores amareladas e textura muito argilosa.

Por meio das análises químicas, observou-se o termo distrófico no 3º nível categórico, em razão da predominância de valores de saturação por bases ($< 50\%$). Observou-se a ocorrência do sub-grupo típico no 4º nível categórico por não enquadrar-se nos requisitos anteriores desta classe. Observou-se por meio das análises mineralógicas na fração argila, a predominância de caulinita, quartzo e de óxihidróxidos de Fe e Al (goethita e gibbsita), respectivamente. Esta composição mineralógica está de acordo com Möller (1986), relata que a composição mineralógica dos Latossolo é muito similar a composição mineralógica de Argissolos.

O perfil 4 foi classificado de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de solos - SiBCS como **NITOSSOLO VERMELHO Distroférico típico**. O perfil 4 (Nitossolo Vermelho) desenvolvido a partir da alteração de diabásio (Figura 5) possui a sequência de horizontes A-BA-Bt1-Bt2-Bt3. O perfil caracteriza-se por elevada profundidade, horizontes espessos, dominância de transições difusas e planas, não pedregosa, dominância de cores vermelhas (2,5 YR) em todo o perfil (Tabela 2). O solo apresenta cerosidade abundante nos horizontes BA, Bt1 e Bt2. Horizonte A com estrutura fortemente desenvolvida, com estrutura forte muito pequena e pequena granular, muito dura, friável, muito plástica e muito pegajosa, textura muito argilosa.

O horizonte B, subdividido em Bt1 (45-50cm), Bt2 (50-140cm) e Bt3 (140-180cm) estrutura fortemente desenvolvida, textura muito argilosa. Por meio das análises químicas, observou-se o termo distrófico no 3º nível categórico, em razão da predominância de valores de saturação por bases ($< 50\%$) embora com valores mais elevados que os demais perfis da litossequência. Observou-se a ocorrência do sub-grupo típico no 4º nível categórico por não enquadrar-se nos requisitos anteriores desta classe. Observou-se por meio das análises mineralógicas na fração argila, a predominância de caulinita, quartzo e de óxihidróxidos de Fe e Al (goethita, hematita e gibbsita), respectivamente.

O perfil 5 foi classificado de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de solos - (SiBCS) como **LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico**. O perfil 5 (Latosolo Amarelo), desenvolvido a partir de sedimentos argilosos da Formação Alter-do-Chão (Figura 6), possui sequência de horizontes A-AB-BA-Bw1-Bw2. Este perfil é caracterizado pela

dominância de cores amareladas e elevados teores de argila. O horizonte A é moderadamente desenvolvido, estrutura moderada, pequena granular em blocos subangulares; muito dura, firme, muito plástica e pegajosa, grande presença de raízes em superfície, textura argilosa.

O horizonte B foi subdividido em Bw1 (50-80cm), Bw2 (80-170cm), ambos com estrutura moderadamente desenvolvida, pequena média em blocos subangulares; com transições graduais e planas. A textura é muito argilosa e caracterizada pela ocorrência de horizonte coeso, sobretudo no horizonte transicional BA (30-50cm). Possui Matiz 10 YR valores e cromas 4 e 5 respectivamente nos horizontes coesos.

Observou-se no 3º nível categórico o caráter distrófico, confirmado pela predominância de valores de saturação por bases ($< 50\%$), associado ao atributo diagnóstico “caráter coeso” que foi incorporado ao Sistema Brasileiro de Classificação (Embrapa, 2006). Lima et al. (2004) definem o caráter coeso no Brasil, da ocorrência em horizontes minerais de aumento expressivo da coesão, tornando-se duro, muito dura ou até extremamente dura quando seco e friável quando úmido (GIAROLA et al., 2003). Observou-se a ocorrência do sub-grupo típico no 4º nível categórico por não enquadrar-se nos requisitos anteriores desta classe. Observou-se por meio das análises mineralógicas na fração argila, a predominância de caulinita, quartzo e de óxihidróxidos de Fe e Al (goethita e gibbsita), respectivamente.

Observou-se que os valores da relação silte/argila em todos os horizontes Bw dos Latossolos são inferiores ao limite máximo de 0,7 para B latossólico proposto pela Embrapa (2006). Dessa forma, exclui-se a possibilidade da ocorrência da classe Cambissolo, em razão da baixa proporção de minerais primários (silte) em relação à predominância de argilominerais. Tal cenário reflete as condições pedoambientais amazônicas, caracterizadas pelo intenso intemperismo sobre os materiais de origem da litossequência.

6.6. FORMAS DE FÓSFORO

As principais informações sobre os teores de Fósforo total (Ptotal); Fósforo disponível, extraído por Mehlich-1 (P Meh) e Fósforo remanescente (P-rem) da litossequência estudada estão presentes na Tabela 7. Os teores de Ptotal nos horizontes superficiais variaram de 60 mg kg⁻¹ no horizonte A do Perfil 3 a 1950 mg kg⁻¹ no horizonte A do Perfil 2. Enquanto que, nos horizonte subjacente ao horizonte A, os dados de Ptotal variaram de 50 mg kg⁻¹ no

horizonte AB do Perfil 3 a 2380 mg kg⁻¹ no horizonte AB do Perfil 2. Os teores obtidos foram considerados baixos, a exemplo dos dados observados por UFV (1979) em Levantamento realizado no Centro-oeste do Estado do Pará, em que mais de 70 % dos solos analisados têm menos de 400 mg kg⁻¹ de Ptotal.

Os dados obtidos do Perfil 2 estão próximo do limite superior de Ptotal (200 e 3000 mg kg⁻¹) em solos (ROLIM NETO et al., 2004). De acordo com Anda et al. (2008), os maiores teores de Ptotal obtidos no Perfil 2 podem estar relacionados com a composição mineral de andesito, constituída de apatita. Ademais, os teores mais pronunciados deste perfil, podem estar relacionados a solos formados de material de origem com predominância de material básico, bem como, podem estar correlacionando-se com maiores teores de óxidos de Fe (UFV, 1979).

Tabela 7. Formas de Fósforo, obtidos por diversos extratores

Horizonte (cm)	Profun. (cm)	P total	P Meh	P-rem
-----mg kg ⁻¹ -----				
Perfil 1 - Argissolo Amarelo				
Ap	0-10	160,0	0,8	7,1
BA	10-30	110,0	0,2	6,0
Perfil 2 - Latossolo Amarelo				
A	0-20	1950,0	4,6	3,4
AB	20-45	2380,0	4,8	2,9
Perfil 3 - Latossolo Amarelo				
A	0-5	60,0	1,2	4,8
AB	5-20	50,0	1,0	4,4
Perfil 4 - Nitossolo Vermelho				
A	0-15	90,0	1,2	5,8
BA	15-45	90,0	1,0	5,2
Perfil 5 - Latossolo Amarelo				
A	0-15	170,0	1,2	5,4
AB	15-30	70,0	0,6	4,8

Ptotal= P extraído pela Digestão Sulfúrica; P Meh= P disponível extraído pelo Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹) e P-rem= P determinado em função da aplicação da solução de equilíbrio CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ contendo 60 mg L⁻¹ de P.

Tal hipótese está evidenciada ao verificar na litossequência, os maiores valores de Fe obtidos pela digestão sulfúrica, em especial no perfil 2. Enquanto que, no Perfil 3 observa-se

comportamento contrário, sendo os menores teores de P_{total} , exatamente onde houve os menores de Fe.

Observou-se grande amplitude nos dados de P-rem da litossequência estudada. Nos horizontes superficiais, os dados variaram de $3,4 \text{ mg kg}^{-1}$ no horizonte A do Perfil 2 a $7,1 \text{ mg kg}^{-1}$ no horizonte Ap do Perfil 1. Enquanto que, nos horizontes imediatamente abaixo dos horizontes A, os dados variaram de $2,9 \text{ mg kg}^{-1}$ no horizonte AB do Perfil 2 a $6,0 \text{ mg kg}^{-1}$ no horizonte BA do Perfil 1.

De modo geral, houve tendência de menores valores de P-rem com aumento dos teores de argila. Tal cenário, está em acordo ao verificado por Lima et al. (2006), em especial para os perfis 4 e 5 enfatizando a grande adsorção de P em profundidade.

Constata-se que não há uma correspondência entre os maiores teores de K_i , com os maiores teores de P-rem. Tal situação pode ser corroborada no perfil 5, em que observa-se grande adsorção de P, em razão da teores incipientes de fósforo no material de origem (ROLIM NETO et al., 2004). Os teores de P-rem estão abaixo dos apontados por Oliveira e Nascimento (2006), estudando solos do Nordeste brasileiro. Os dados sugerem que as condições pedoambientais amazônicas são mais marcantes, com elevadas precipitações e elevados valores de umidade, o que denota maior adsorção de P. Os menores valores de P-rem podem estar associados, sobretudo, com os maiores teores de argila em profundidade (LIMA et al., 2006).

Os dados de Fósforo disponível (P-Meh) variaram grandemente entre os perfis analisados na litossequência estudada. Nos horizontes superficiais, os dados variaram de $0,8 \text{ mg kg}^{-1}$ no horizonte Ap do Perfil 1 a $4,6 \text{ mg kg}^{-1}$ no horizonte A do Perfil 2. Enquanto que, nos horizontes imediatamente abaixo dos horizontes A, os dados variaram de $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ no horizonte BA do Perfil 1 a $4,8 \text{ mg kg}^{-1}$ no horizonte AB do Perfil 2.

Vale destacar, os baixos teores de P-disponível em quase todos os perfis, com tendência oposta no perfil 2, embora com teores considerados baixos de P-disponível Cravo et al. (2007), estes foram mais elevados em relação aos demais perfis. Tal situação pode ser destacada também para os dados de P_{total} . Constata-se por meio dos dados de P disponível extraído por Mehlich- 1, que estes teores não atendem a demanda das culturas, configurando um fator limitante para o sucesso dos sistemas agrícolas. Bem como, o papel dos solos como drenos de Fósforo, sobretudo, em Latossolos, reflexo da composição mineralógica oxidica e gibbsítica e elevados teores de argila.

Confirma-se de forma geral na literatura, os baixos teores de P-disponível nos solos da Amazônia (GUALBERTO et al., 1987; LIMA et al., 2006; MELO et al., 2010) e do Cerrado (CURI e FRANZMEIER, 1984). À exceção dos elevados teores de P-disponível, seriam os solos denominados Terra Preta do Índio, com ocorrência de horizonte A antrópico, dada a presença expressiva de artefatos cerâmicos, dejetos humanos e restos de alimentos, conferindo elevados teores de P disponível, alcançando em alguns casos 3000 mg kg^{-1} (SCHAEFER et al., 2000; ROLIM NETO et al., 2004; KERN et al., 2009; KAMPF et al., 2009; TEIXEIRA et al., 2009).

6.7 MICRONUTRIENTES

As principais informações sobre os micronutrientes Mn, Cu, Zn, Ni e Fe extraídos por Mehlich-1, da litossequência estudada, estão presentes na Tabela 8. Para o elemento Mn, nos horizontes superficiais, os dados variaram de $7,09 \text{ mg kg}^{-1}$ no horizonte A do Perfil 3 a $213,10 \text{ mg kg}^{-1}$ no horizonte Ap do Perfil 1. Enquanto que, nos horizontes imediatamente abaixo dos horizontes A, observou-se que os dados variaram de $2,45 \text{ mg kg}^{-1}$ AB do Perfil 3 a $120,73 \text{ mg kg}^{-1}$ no horizonte BA do Perfil 4.

Os maiores valores de Mn nos horizontes superficiais podem estar associados aos maiores valores de óxidos de baixa cristalinidade, reiterados pelos dados de Fe_o , indicativo do grau de cristalinidade (OLIVEIRA e NASCIMENTO, 2006). Por outro lado, maiores teores de Mn são observados em solos originados de rochas básicas. Abreu et al. (1994), comparando métodos para avaliar a disponibilidade de Mn em solos, apontam que em solos de textura mais argilosa, como os observados no presente estudo, teores mais elevados de Mn, são necessários em relação aos solos mais arenosos, visando obter a mesma concentração do elemento na parte aérea de soja.

Os menores teores de Mn foram constatados exatamente em perfis mais argilosos (Perfis 2, 3 e 5), com valores médios (70 - 80 % de argila). Os valores de pH nos horizontes superficiais dos três perfis são razoavelmente similares (4,0). De acordo com Shuman (1977), para solos com valores de pH similares, com teores mais elevados de argila, bem como, maiores teores de matéria orgânica, tendem a proporcionalmente adsorver mais Mn em relação aos solos menos argilosos.

Tabela 8. Teores de Micronutrientes disponíveis dos perfis estudados

Horizonte	Profun. cm	Elementos				
		Mn	Cu	Zn	Ni	Fe
		mg kg ⁻¹				
Perfil 1 - Argissolo Amarelo						
Ap	0-10	213,10	0,82	0,13	0,68	27,16
BA	10-30	79,17	1,06	0,11	0,60	6,06
Perfil 2 - Latossolo Amarelo						
A	0-20	7,62	2,15	0,09	0,25	27,97
AB	20-45	5,03	1,90	0,04	0,17	14,98
Perfil 3 - Latossolo Amarelo						
A	0-5	7,09	0,46	0,15	0,33	165,82
AB	5-20	2,45	0,30	0,06	0,23	121,68
Perfil 4 - Nitossolo Vermelho						
A	0-15	189,11	6,12	0,59	2,43	13,61
BA	15-45	120,73	5,06	0,08	0,32	24,22
Perfil 5 - Latossolo Amarelo						
A	0-15	15,97	0,61	0,21	0,34	83,99
AB	15-30	2,70	0,51	0,05	0,13	51,39

Extrator: Mehlich-1(HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹).

Os valores de Mn nos solos variam de 50 a 1000 mg kg⁻¹. Esta variação é observada, sobretudo, em função da natureza do material de origem, pH, matéria orgânica e textura (VALADARES e CAMARGO, 1983). Para Oliveira e Nascimento (2006), avaliando o fracionamento do Mn, grande parte do elemento disponível, responsável pelo fornecimento as plantas está ligada ao Mn trocável e ligado à matéria orgânica, sobretudo, em razão da baixa estabilidade dos complexos orgânicos com o elemento, o que, via de regra, aumentam a possibilidade de o elemento ser prontamente e/ou potencialmente disponível para as plantas. Os valores de Mn, no presente estudo, são considerados médios (CRAVO et al., 2007).

Observou-se grande amplitude nos dados de Cu na litossequência. Nos horizontes superficiais, na faixa de 0,46 mg kg⁻¹ no horizonte A do Perfil 3 a 2,15 mg kg⁻¹ no horizonte A do Perfil 2. Enquanto que, nos horizontes imediatamente abaixo do horizonte A, os dados variaram de 0,30 mg kg⁻¹ no horizonte AB do Perfil 3 a 5,06 mg kg⁻¹ no horizonte BA do Perfil 4.

Tais resultados podem estar consonância com a natureza do material de origem. Os dados estão dentro do limite ($0,1 - 10 \text{ mg kg}^{-1}$) de Cu disponível em solos (FERREIRA e CRUZ, 1991). Os maiores valores de Cu também estão associados aos maiores valores de carbono orgânico, que corrobora com as inferências postas por (Alleoni et al., 2009), que relatam grande concentração de Cu ligado a matéria orgânica. Por outro lado, a elevação do pH, a adsorção específica de cobre com argilas silicatadas, óxidos de Fe e de Al, configuram-se fator determinante na redução da disponibilidade (FERREIRA e CRUZ, 1991).

Observou-se a variação dos teores de Zn na litossequência, nos horizontes superficiais, os dados variaram de $0,09 \text{ mg kg}^{-1}$ no horizonte A do Perfil 2 a $0,59 \text{ mg kg}^{-1}$ no horizonte A do Perfil 4. Por outro lado, os teores de Zn nos horizontes imediatamente abaixo do horizonte A, variaram de $0,04 \text{ mg kg}^{-1}$ no horizonte AB do Perfil 2 a $0,11 \text{ mg kg}^{-1}$ no horizonte BA do Perfil 1.

Os maiores teores de Zn podem estar relacionados com os cátions básicos, implicando em menores sítios de adsorção, aumentando potencialmente a disponibilidade do elemento, associado também a natureza do material de origem do perfil (MACHADO e PAVAN, 1987). Em solos ácidos, grande parte deste elemento pode estar indisponível ao estar fortemente complexado com compostos orgânicos (NASCIMENTO et al., 2006; ALLEONI et al., 2009).

Os dados estão abaixo dos observados apontados por Katyal e Sharma (1991), estudando os teores de Zn por meio do extrator DTPA. Os elementos Zn e Cu, podem estar nos solos em distintas formas; complexados com a matéria orgânica, oclusos em óxidos amorfos e hidróxidos de Fe, Al e Mn ou mesmo aprisionado na estrutura dos minerais primários e secundários, tornando-se indisponíveis (FERREIRA e CRUZ, 1991; NASCIMENTO et al., 2006).

Observou-se grande variação nos teores de Ni, nos perfis da litossequência. Nos horizontes superficiais, os dados variaram de $0,25 \text{ mg kg}^{-1}$ no horizonte A do Perfil 2 a $2,43 \text{ mg kg}^{-1}$ no horizonte A do Perfil 4. Enquanto que, nos horizontes imediatamente abaixo do horizonte A, os dados de Ni variaram de $0,13 \text{ mg kg}^{-1}$ no horizonte AB do Perfil 5 a $0,60 \text{ mg kg}^{-1}$ no horizonte BA do Perfil 1.

Os dados obtidos, estão abaixo dos relatados para valores médios de níquel em solos - 40 mg kg^{-1} de solo (ROVERS et al., 1983). A disponibilidade de níquel para as plantas é regulada, em grande parte, pelas reações de adsorção que ocorrem entre o elemento e as superfícies sólidas do solo, essas são influenciada, sobretudo, pela Capacidade de troca de

cátions, pH, teor de argila, matéria orgânica, superfície específica, teor de óxidos entre outras (CAMARGO et al., 1989; IGLESIAS et al., 2007). Os principais efeitos da ausência de Ni para as plantas, são percebidos no retardamento de crescimento, na senescência, no metabolismo de N e na absorção de Ferro (BROWN et al., 1987). Os teores de Ni no solo, são decorrentes, sobretudo, da natureza do material de origem (ROVERS et al., 1983; IGLESIAS et al., 2007) com presença no solo a partir de rochas ígneas ultrabásicas (UREN, 1992). Diante da escassez de trabalhos de níveis de Ni nos solos, não há limites tomados como referência no manual de Recomendação e Calagem do Estado do Pará descritos por Cravo et al. (2007).

Observou-se grande variação nos teores de Fe extraídos por Mehlich-1 na litossequência. Nos horizontes superficiais, os dados variaram de 13,61 mg kg⁻¹ no horizonte A do Perfil 3 a 165,82 mg kg⁻¹ no horizonte A do Perfil 3. Por outro lado, os teores de Fe nos horizontes imediatamente abaixo do horizonte A, variaram de 6,06 mg kg⁻¹ no horizonte BA do Perfil 1 a 121,68 mg kg⁻¹ no horizonte AB do Perfil 3.

Os maiores valores de Fe disponível, podem estar diretamente ligados a matéria orgânica, corroborados, bem como pelos dados dos perfis 3 e 5 onde foi observado os maiores teores de matéria orgânica. Tal fato é relatado por Sharma et al. (2000) e Oliveira e Nascimento (2006). Os teores de Fe são considerados elevados de acordo com Cravo et al. (2007). De modo geral, observou-se uma consonância dos valores de Fe e Mn em relação aos teores de matéria orgânica. Segundo João (2006), solos com teores elevados de argila e matéria orgânica, em geral, apresentam maior CTC, e possuem potencialmente maior capacidade de retenção de metais catiônicos em detrimento dos mais arenosos.

Os parcos trabalhados realizados na região amazônica (LIMA et al., 2006) atribuem maiores teores de micronutrientes nas frações mais finas dos solos analisados. Schaefer et al. (2000) relatam que os solos da Amazônia são menos deficientes em macro e micronutrientes, mas apresentam alta deficiência de P em relação aos solos do cerrado.

Com a intensificação dos sistemas agrícolas, de modo geral, há diminuição dos todos os nutrientes, incluindo os micronutrientes (KATYAL e SHARMA, 1991). É de suma importância o conhecimento dos teores de micronutrientes nos solos, visando melhorar a fertilidade dos solos da Amazônia, já naturalmente reduzida, dada a grande pressão sobre a região, diante do avanço da fronteira agrícola com implantação de sistemas agrícolas cada vez

mais tecnificados. Portanto, configura-se fundamental a manutenção dos teores disponíveis, visando elevadas produtividades (NASCIMENTO et al., 2006).

7. CONCLUSÕES

Os solos estudados, independentemente da diversidade do material de origem, apresentaram elevado grau de desenvolvimento pedogenético, em função das condições do clima quente e úmido que prevalece na região amazônica.

Todos os solos estudados apresentaram elevados teores de argila, sobretudo nos perfis 4 e 5.

Em todos os solos estudados, a composição mineralógica é relativamente simples, composta predominantemente por caulinita e menores teores de goethita e gibbsita na fração argila. A presença de hematita foi constatada apenas nos solos desenvolvidos a partir de diabásio e andesito.

A diversidade do material de origem foi um fator condicionante sobre os teores de micronutrientes e teores totais de fósforo nos solos estudados.

O Perfil 2 destacou-se com os maiores teores de fósforo total, no entanto, neste perfil, observou-se os menores teores de fósforo remanescente da litossequência.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. A.; NOVAIS, R. F.; RAIJ, B. van.; RIBEIRO, A. C. Comparação de métodos para avaliar a disponibilidade do manganês em solos. **R. Bras. Ci. Solo.** 18: 81-90. 1994.

ALMEIDA, J. A.; ERNANI, P. R.; MAÇANEIRO, K. C. Recomendação Alternativa de Calcário para solos altamente tamponados do sul do Brasil. *Ciência Rural*. 29. 4. 651-656. 1999.

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CATARUTI, R.B. e LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. e ALVAREZ V., V.H., eds. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação.* Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 359p. 1999.

ALVES. D. S. O processo de desmatamento na Amazônia. **Parcerias estratégicas.** 6; 12 2001.

ALVES, A. J. O.; RIBEIRO, M. R. Caracterização e gênese dos solos de uma topossequência na microrregião da mata seca de Pernambuco. **R. Bras. Ci. Solo.** 19: 297-305, 1995.

ALLEONI, L. R. F.; CAMARGO, O. A.; CASAGRANDE J.C.; SOARES, M. R. **Química de solos altamente intemperizados.** In: *Química e Mineralogia do Solo. Parte II- Aplicações.* SBCS. 2009.

ALLEONI, L. R. F.; MELLO, J. W. V.; ROCHA, W. S. D.; **Eletroquímica, Adsorção e troca iônica no solo.** In: *Química e Mineralogia do solo. Parte II- Aplicações.* SBCS. 2009.

ANDA, M.; SHAMSHUDDIN, J.; FAUZIAH, C. I.; SYED OMAR, S. R.; Mineralogy and factors controlling charge development of three oxisols developed from different parent materials. **Geoderma.** 143. 153-167.

ANDRADE, H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; DEMATTÊ, J. L. I.; ANDRADE, F. V. Pedogeomorfologia e Micropedologia de uma sequência Latossolo-Areia quartzosa hidromórfica sobre rochas cristalinas do Estado do Amazonas. **Geonomos.** 5: 55-66. 1997.

BARTHEM, R. B.; FABRÉ, N. N. Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros na Amazônia. In: *A Pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira.* Ruffino, M. L. (Coord). Manaus IBAMA/Provárzea. 2003.

BIGHAM, J. M.; GOLDEN, D. C.; BUOL, S. W. WEED, S. B. BOWEN, L. H. Iron oxide mineralogy of well-drained Ultisols and Oxisols: influence on color, surface area, and phosphate retention. **Soil Soc. Am. J.**, 42: 825-830. 1978.

BLUME, H. P.; SCHWERTMANN, U. Genetic Evaluation of Profile Distribution of Aluminum, Iron, and Manganese Oxides. **Soil Sic. Soc. Amer. Proc.**, 33. 1969.

BRASIL. Folha SA. 21-Santarém. **geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, DNPM. p.201-303. 1976.

BROWN, P. H.; WELCH, R. M.; CARY, E. E. Nickel: a micronutrient essential for higher Plants. **Plant Physiol.** 85: 801-803. 1987.

CAMARGO, O. A.; ROVERS, H.; VALADARES, J. M. A. S. Adsorção de Níquel em Latossolos paulistas. **R. Bras. Ci. Solo.** 13: 125-129. 1989.

CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; RIBEIRO FILHO, M. R.; SOUZA, R. V. C. C. Relação solo-paisagem em uma topossequência sobre substrato granítico em Santo Antonio do Matupí, Manicoré (AM). **R. Bras. Ci. Solo**, 35: 13-23, 2011.

CAPUTO, M. V. **Discussão sobre a Formação Alter do Chão e o Alto de Monte Alegre**. XII Simpósio de Geologia na Amazônia. Boa Vista. 2011.

CARMO, D. N.; CURI, N.; RESENDE, M. Caracterização e gênese de Latossolos da região do Alto Paranaíba. **R. Bras. Ci. Solo.** 8: 235-240. 1984.

CARVALHO, W. A.; PIEDADE, G. C. R.; ANDRADE, F. C. Interação Solo-Relevo-Material erodido em pequenas bacias de drenagem no município de Botucatu (SP). **R. Bras. Ci. Solo.** 7: 83-87, 1983.

CENTRO DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará**: Sistema de Informações Geográficas. texto explicativo dos mapas Geológico e Tectônico e de Recursos Minerais do Estado do Pará. Escala 1:1.000.000. Belém. 2008.

CORRÊA, M. M.; KER, J. C.; BARRON, V.; TORRENT, J.; CURI, N.; TORRES, T. C. P. Caracterização física, química, mineralógica e micromorfológica de horizontes coesos e fragipãs de solos vermelhos e amarelos do ambiente tabuleiros costeiros. **R. Bras. Ci. Solo.** 32: 297-313. 2008.

CRAVO, M. S.; BRASIL, E. C.; VIEGAS, I. J.; **Recomendações de Adubação e Calagem do Estado do Pará**. Embrapa. 262 p. 2007.

CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; BENITES, V. M.; CANELLAS, L. P.; NOVOTNY, E. H.; MOUTTA, R. O.; TROMPOWSKY, P. M.; SANTOS, G. A. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte A antrópico da Amazônia. **Acta Amazonica.** 37: 91-98. 2007.

CURI, N. Lithosequence and toposequence of Oxisols from Goiás and Minas Gerais State, Brazil. West Lafayette, Purdue University. **(Tese de Doutorado)**. 158 p. 1983.

CURI, N.; FRANZMEIER, D. P. Toposequence of oxisols from the Central Plateau of Brazil. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 48: 341-346. 1984.

- DEMATTÊ, J. L. I.; HOLOWAYCHUK, N. Solos da região de São Pedro, Estado de São Paulo. Propriedades granulométricas e químicas. **R. Bras. Ci. Solo.** 1:92-98. 1977.
- DEMATTÊ, J. L. I.; WILDING, L. P.; HOLOWAYCHUK, N. Solos da região de São Pedro, Estado de São Paulo. Micromorfologia. **R. Bras. Ci. Solo.** 1:104-107. 1977.
- DEMATTÊ, J. L. I.; VIDAL-TORRADO, P.; SPAROVEK, G.; Influência da drenagem na morfogênese de solos desenvolvidos de rochas básicas no município de Piracicaba (SP). **R. Bras. Ci. Solo.** 16: 241-247, 1992.
- DEMATTÊ, J. A. M.; ALOISI, R. R.; DEMATTÊ, J. L. I. Sequência Latossolo Amarelo-Podzólico Amarelo-Areias Quartzosas sob material da Formação Barreiras na região de Tucuruí, Estado do Pará. **Sci. Agri.** 345-356. 1994.
- DIXON, J. B. **Kaolin and serpentine group minerals.** In: DIXON, J. B. e WEED, S. B., eds. Minerals in Soil environments. Madison, Soil Society of America. 467-519 p. 1989.
- DUARTE, M. N.; RAMOS, D. P.; LIMA, P. C. Caracterização e gênese de solos desenvolvidos de cobertura quaternária sobre embasamento cristalino, na baixada litorânea do Estado do Rio de Janeiro. **R. Bras. Ci. Solo.** 20: 291-304, 1996.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. Rio de Janeiro. **Manual de métodos de análises de solos.** 212 p. 1997.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2 ed. Rio de Janeiro. 306p. 2006.
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. 627p. 2009.
- FALESI, I. **Os solos da Rodovia Transamazônica.** Bol. Téc. IPEAN. Belém. 55: 1-96. 1972.
- FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Cobre. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Micronutrientes na Agricultura. POTAFOS. 1991..
- FRANZMEIER, D. P.; CHARTRES, C. J.; WOOD, J. T. Hardsetting soils in southeast Australia: landscape and profile processes. **Soil. Sci. Soc. Am. J.** 60. 1178- 1187. 1996.
- GALRÃO, E. Z.; SUHET, A. R.; SOUZA, D. M. G. Efeito de micronutrientes no rendimento e composição química do arroz (*Oryza sativa* L.) em solo do cerrado. **R. Bras. Ci. Solo.** 2:129-132. 1978.
- GAMA, J. R. N. F.; KIEHL, J. C. Influência do alumínio de um Podzólico vermelho-amarelo do Acre sobre o crescimento das plantas. **R. Bras. Ci. Solo.** 23: 475-482, 1999.
- GIAROLA, N. F. B.; SILVA, A. P.; IMHOFF, S. Relações entre propriedades físicas e características de solos da região sul do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo.** 26: 885-893. 2002.

- GIAROLA, N. F. B.; SILVA, A. P. Conceitos sobre solos coesos e hardsetting. **Scientia Agricola**. 59: 613-620. 2002.
- GIAROLA, N. F. B.; SILVA, A. P.; SILVA, I.; DEXTER, A. R. Contribution of natural soil compaction on hardsetting behavior. **Geoderma**. 113: 95-108. 2003.
- GUALBERTO, V.; RESENDE, M. CURI, N. Química e Mineralogia de Latossolos com altos teores de ferro, da Amazônia e do Planalto Central. **R. Bras. Ci. Solo**. 11: 245-252. 1987.
- GUTBERLET, J. Zoneamento da Amazônia: uma visão crítica. **Estudos Avançados**. EDUSP. 16. 2002.
- HECKMAN, K.; RASMUSSEN, C. Lithologic controls on regolith weathering and mass flux in forested ecosystems of the southwestern USA. **Geoderma**. 164: 99-111. 2011.
- HOYUM, R. A.; HAJEK, B. F. A Lithosequence in coastal clay sediments in Alabama. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 43. 1979.
- IGLESIAS, C. S. M.; CASAGRANDE, J. C.; ALLEONI, L. R. F.; Efeito da natureza do eletrólito e da força iônica na energia livre na reação de adsorção de níquel em solos. **R. Bras. Ci. Solo**. 31: 897-903. 2007.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Geociências. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/download/geociencias.stm>. Arquivos_google_Earth. 2013.
- INDA JÚNIOR, A. V. **Caracterização de goethita e hematita em solos poligenéticos**. (Tese de Doutorado). Porto Alegre. UFRGS. 110 p. 2002.
- INDA JÚNIOR, A. V.; KAMPF, N. Avaliação de procedimentos de extração dos óxidos de ferro pedogênicos com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio. **R. Bras. Ci. Solo**. 27: 1139-1147. 2003.
- JACSKON, M. L. **Soil chemical analysis**: advance Course. 29. ed. Madison. 895p. 1975.
- JENNY, H. **Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology**. Dover Press, New York. 1941.
- JOÃO, A. C. G. S. Eficiência agronômica de fontes de manganês, disponibilidade para a soja e distribuição nas frações do solo. **Dissertação**. UNESP. 40 p. 2006.
- KAMPF, N.; RESENDE, M. CURI, N. **Iron Oxides in Brazilian Oxisols**. Proceedings of the 8th International Soil Classification Workshop, Rio de Janeiro. Brazil. 71-77 p. 1988.
- KAMPF, N.; SCWERTMANN, U. Goethite and Hematite in a climosequence in southern Brazil and their application in classification of kaolinitic soils. **Geoderma**. 29: 27-39. 1983.

- KAMPF, N.; CURI, N. **Argilominerais em solos brasileiros**. Tópicos em ciência do solo. SBCS. V. III.2003.
- KAMPF, N.; WOODS, W. I.; KERN, D. C.; CUNHA, T. J.; **Classificação das Terras Pretas de Índio e outros solos antrópicos antigos**. In: As terras Pretas de Índio na Amazônia. TEIXEIRA, W. G. 420 p. 2009.
- KAMPF, N.; CURI, N.; MARQUES, J. J.; Intemperismo e Ocorrência de minerais no ambiente do solo. In: MELO, V. F. e ALLEONI, L. R. F., eds. **Química e Mineralogia do Solo**: Conceitos básicos. Viçosa, MG. SBCS. Parte I. p.333-379. 2009.
- KAMPF, N.; MARQUES, J. J.; CURI, N. Mineralogia de solos brasileiros. In: KER, J. C.; CURI, N.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIDAL-TORRADO, P. **Pedologia: Fundamentos**. SBCS. 343p. 2012.
- KATYAL, J. C.; SHARMA, B.D. DTPA-extractable and total Zn, Cu, Mn, and Fe in Indian Soils and their association with some soil properties. **Geoderma**. 49: 165-179. 1991.
- KER, J.C. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**. 5: 17-40. 1997.
- KERN, D. C.; KAMPF, N. Antigos Assentamentos indígenas na formação de solos com terra preta arqueológica na região de Oriximiná, Pará. **R. Bras. Ci. Solo**. 3: 219-225. 1989.
- KERN, D. C.; KAMPF, N.; WOODS, W. I.; DENEVAN, W. M.; COSTA, M. L.; FRAZÃO, F. J. L.; SOMBROEK, *W in memoriam*. As terras Pretas de Índio na Amazônia: evolução do conhecimento em Terra Preta do Índio. In: **As terras Pretas de Índio na Amazônia**. TEIXEIRA, W. G. 420 p. 2009.
- KITAGAWA, Y.; MÖLLER, M. R. F. Comparative clay mineralogy of the “Terra Roxa Estruturada” Soil in the Amazon region. **Soil Sci. Plant Nutr.**, 25: 385-395. 1979.
- KITAGAWA, Y. e MÖLLER, M. R. F. Kaolin minerals in the Amazon Soils. **Soil Sci. Plant Nutr.**.26: 255-269, 1980.
- KITAGAWA, Y. Goethite and Hematite in some soils from the Amazon region. **Soil Sci. Plant Nutr.** 29: 209-217. 1983.
- LEPSCH, I.; MONIZ, A. C.; ROTTA, C. L. Evolução Mineralógica de solos derivados da Formação Bauru em Echaporã, São Paulo. **R. Bras. Ci. Solo**. 1:38-43. 1977.
- LIMA, H. N. Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. **Tese de Doutorado**. 176 p. 2001.
- LIMA, H. V.; SILVA, A. P.; JACOMINE, P. T. K.; ROMERO, R. E.; LIBARDI, P. L. Identificação e Caracterização de solos coesos no Estado do Ceará. **R. Bras. Ci. Solo**. 28: 467-476. 2004.

LIMA, H. V.; SILVA, A. P.; ROMERO, R. E.; JACOMINE, P. T. K. Comportamento físico de um Argissolo Acinzentado coeso no Estado do Ceará. **R. Bras. Ci. Solo.** 29: 33-40. 2005.

LIMA, H. N.; MELLO, J. W. V.; SCHAEFER, C. E. G. R.; KER, J. C.; LIMA, M. N. Mineralogia e química de três solos de uma toposequência da bacia sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. **R. Bras. Ci. Solo.** 30: 59-68, 2006.

LOGANATHAN, P. e FERNANDO, W. T. Phosphorus sorption by some coconut-growing acid soils of Sri Lanka and its relations to selected soil properties. **J. Sci. Food Agric.** 31: 709-717. 1980.

LUCAS, Y.; CHAUVEL, A.; BOULET, R.; RANZANI, G.; SCATOLINI, F. Transição Latossolo-podzóis sobre a Formação Barreiras na região de Manaus, Amazônia. **R. Bras. Ci. Solo.** 8: 325-335. 1984.

LUCAS, Y.; LUIZÃO, F. J.; CHAUVEL, A.; ROUILLER, J.; NAHON, D. The relation between biological activity of the rain forest and mineral composition of soils. **Science.** 260. 1993.

MACHADO, P. L. O. A.; PAVAN, M. A. Adsorção de Zinco por alguns solos do Paraná. **R. Bras. Ci. Solo.** 11: 253-256. 1987.

MARQUES JÚNIOR, J.; CURI, N.; LIMA, J. M.; Evolução diferenciada de Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Escuro em função da litologia gnáissica na região de Lavras (MG). **R. Bras. Ci. Solo.** 16: 235-240, 1992.

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.** 46:13-22. 1966.

MEHRA, O.P.; JACKSON, M.L. Iron oxide removal from soils and clays by dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clay and clay Minerals.* Clarkson. 7: 317-327. 1960.

MELO, V. F.; NOVAIS, R. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FONTES, M. P. F.; SINGH, B. Mineralogia das frações areia, silte e argila de sedimentos do grupo barreiras no município de Aracruz, Estado do Espírito Santo. **R. Bras. Ci. Solo.** 26: 29-41, 2002.

MELO, V. F. e WYPYCH, F. Caulinita e Halosita. In: MELO, V. F. e ALLEONI, L. R. F., eds. **Química e Mineralogia do Solo**: Conceitos básicos. Viçosa, MG. SBCS. Parte I. p.427-504. 2009.

MELO, V. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; UCHÔA, S. C. Indian land use in the Raposa-Serra do Sol Reserve, Roraima, Amazonia, Brazil: Physical and chemical attributes of soil catena developed from mafic rocks under shifting cultivation. **Catena.** 80: 95-105. 2010.

MIDDELBURG, J. J.; VAN DER WEIJDEN, C. H.; WOITTEZ, J. R. W.; Chemical processes affecting the mobility of major, minor and trace elements during weathering of granitic rocks. **Chemical Geology.** 68. 253-273. 1988.

MOORE, D. M.; REYNOLDS, R.C. **X-ray diffraction and identification and analysis of clay minerals**. Oxford: Oxford University Press. 332 p.1989.

MÖLLER, M. R. F. **Mineralogia de argilas de solos da região amazônica brasileira**. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO. 1. Belém, 1984. Anais. Belém. Embrapa.-CPATU, 1986. p. 214-223.

MOREAU, A. M. S. S.; COSTA, L. M.; KER, J. C.; GOMES, F. H. Gênese de horizonte coeso, fragipã e duripã em solos do tabuleiro costeiro do sul da Bahia. **R. Bras. Ci. Solo**. 30: 1021-1030: 2006.

NASCIMENTO, C. W. A.; OLIVEIRA, A. B.; RIBEIRO, M. R.; MELO, E. E. C. Distribution and Availability of zinc and copper in benchmark soils of Pernambuco State, Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. 37: 109-125. 2006.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV. 399 p.1999.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, J. T.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. **Fertilidade do Solo**. SBCS. 2007.

OLIVEIRA, A. B.; NASCIMENTO, C. W. A. Formas de Manganês e Ferro em Solos de Referência de Pernambuco. **R. Bras. Ci. Solo**. 30: 99-110. 2006.

OLIVEIRA, J. B. **Pedologia Aplicada**. 4 ed. FEALQ. 592 p. 2011.

PERETYAZHKO, T. SPOSITO, G. Iron (III) reduction and phosphorus solubilization in humid tropical forest soils. **Geochimica et Cosmochimica Acta**. 14. 3643-3652. 2005.

PIETROBON, M. O. Modelo Estrutural da Sub-Bacia do Juruá (Bacia do Solimões/AM) Baseado em Interpretação de dados sísmicos e influência da tectônica da Pré-Andina na geração de Trapas.UNESP. (**Monografia**). 2006.

RESENDE, M.; CURTI, N.; KER, J. C.; REZENDE, S. B. **Mineralogia de solos brasileiros. Interpretação e Aplicações**. 201p. UFLA. 2003.

ROCHA. G. C.; CERRI, C. C. Características e organização de uma Topossequência de solos sobre rocha básica na Amazônia brasileira. **R. Bras. Ci. Solo**. 18:117-123. 1994.

ROCHA, G. de M.; LOPES, L. O do C. Estrutura espacial e formação territorial dos municípios. **Zoneamento Ecológico-Econômico da área de Influência da Rodovia BR 163**. (Cuiabá-Santarém) v.1. Diagnóstico do Meio Socioeconômico, Jurídico e Arqueologia. p. 29-43. Belém. Embrapa. 2007.

RODRIGUES, T. E. SANTOS, P. L. OLIVEIRA JÚNIOR, R. C. de ; VALENTE, M. A.; SILVA, J. M. L da; CARDOSO JÚNIOR, E. Q. **Caracterização de Solos da Área do**

Planalto de Belterra, município de Santarém, Estado do Pará. Embrapa Amazônia Oriental. Belém. 2001.

ROLIM NETO, F. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; COSTA, L. M.; CORRÊA, M. M.; FERNANDES FILHO, E. I.; IBRAIMO, M. M. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do alto Paranaíba. **R. Bras. Ci. Solo**. 28: 953-964. 2004.

ROLIM NETO, F. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; CORRÊA, M. M.; COSTA, L. M.; PARAHYBA, R. B.; GUERRA, S. M.; HECK, R. Topolitossequências de solos do Alto Paranaíba: Atributos físicos, químicos e mineralógicos. **R. Bras. Ci. Solo**. 33: 1795-1809. 2009.

ROVERS, H.; CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S. Níquel total e solúvel em DTPA em solos do Estado de São Paulo. **R. Bras. Ci. Solo**. 7: 217-220. 1983.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5ª. Ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 100p. 2005.

SCATOLINI, F. M.; MONIZ, A. C.; Influência do material de origem do lençol freático surgente e da topografia nos solos de uma encosta em Mococa (SP). **R. Bras. Ci. Solo**. 16: 379-388. 1992.

SCHAETZL, R.; ANDERSON, S. **Soils: Genesis and Geomorphology**. Cambridge. Press. New York. 791 p. 2005.

SCHWERTMANN, U.; TAYLOR, R. M. Iron oxides. In: DIXON, J. B. e WEED, S. B., eds. **Minerals in Soil environments**. Madison, Soil Society of America. 379-438. 1989.

SCHWERTMANN, U.; FRIEDL, J.; STANJEK, H.; DARREL, S. The effect of Al on Fe Oxides. XIX. Formation of Al-Substituted hematite from ferrihydrite at 25° C and pH 4 to 7. **Clay and Clay Minerals**. 48: 159-172. 2000.

SCHAEFER, C. E. G. R.; LIMA, H. N.; VALE JÚNIOR, J. F.; MELLO, J. W. V. **Uso dos solos e alterações da paisagem na Amazônia: cenários e reflexões**. B. Museu Para. Emílio Goeldi. Sér. Ci. Terra. 12: 63-104. 2000.

SCHAEFER, C. E. G. R.; GILKES, R. J.; FERNANDES, R. B. A. EDS/SEM study on microaggregates of Brazilian Latosols, in relation to P adsorption and clay fractions attributes. **Geoderma**. 69-81. 2004.

SCHAEFER, C. E. G. R.; FABRIS, J. D. KER, J. C. Minerals in the clay fraction of Brazilian Latosols (Oxisols): a review. **Clay Minerals**. 43. 137-154. 2008.

SHARMA, B. D.; MUKHOPADHYAY, S. S.; SIDHU, P. S.; KATYAL, J. C. Pedospheric attributes in distribution of total and DTPA-extractable, Zn, Cu, Mn and Fe in Indo-Gangetic plains. **Geoderma**. 96: 131-151. 2000.

SHUMAN, L. M. Effect of soil properties on manganese interaction isotherms for four soils. **Soil Sci.**, Baltimore, 124 (2): 77-81. 1977.

SILVA, G. R.; SILVA Jr., M. L.; MELO, V. S. Efeito de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um Latossolo Amarelo do Estado do Pará. **Acta Amazonica**. 36. 151-158. 2006.

SILVA NETO, L. F.; INDA, A. V.; BAYER, C.; DICK, D. P.; TONIN, A. T. Óxidos de ferro em Latossolos tropicais e subtropicais brasileiros em plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**. 32: 1873-1881. 2008.

SINGH, R.; MÖLLER, M. R. F.; FERREIRA, W. A. Características da sorção do fósforo relacionadas com propriedades selecionadas de solos dos trópicos úmidos da Amazônia. **R. Bras. Ci. Solo**. 7: 233-241. 1983.

SOMBROEK, W. G. **Amazon Soils: a reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region**. Wageningen, Center for agriculture publications and documentation. 292 p. 1966.

SOUBRAND-COLIN, M.; NEEL, C.; BRIL, H.; GROSOBOIS, C.; CANER, L. Geochemical behavior of Ni, Cr, Cu, Zn and Pb in an Andosol-Cambisol climosequense on basaltic rocks in the French Massif Central. **Geoderma**. 137: 340-351. 2007.

SOUZA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. **Fertilidade do Solo**. SBCS. 2007.

SOUZA, R. J.; LINDO, P. V. F. Integração Econômica da Amazônica no contexto de um Brasil dual: do ciclo da borracha à implantação da Rodovia BR 163. **Revista Formação**. 16: 70-83. 2009.

TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. 624 p. 2003.

TEIXEIRA, W. G.; MARTINS, G. C.; MACEDO, R. S.; NEVES JUNIOR, A. F.; MOREIRA, A.; BENITES, V. M.; STEINER, C. As propriedades Físicas e Hídricas dos horizontes antrópicos das Terras Pretas de Índio na Amazônia Central. In: **As terras Pretas de Índio na Amazônia**. TEIXEIRA, W. G. 420 p. 2009.

TIÊ-BI-YOUAN, M.; SAKAI, E.; LEPSCH, I.; CHAUVEL, A. Caracterização e Classificação de solos da Formação Pariquera-Açú. **R. Bras. Ci. Solo**. 7:183-190. 1983.

TORRENT, J.; SCWERTMANN, U.; SCHULZE, D. G.; Iron oxide mineralogy of some soils of two river terrace sequences in Spain. **Geoderma**. 23: 191-208. 1980.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Levantamento Exploratório com intensidade, de solos do Centro-Oeste do Estado do Pará**. Viçosa. Convênio INCRA-UFV. 266 p. 1979.

UREN, N. C. Forms, reactions, and availability of nickel in soils. *Adv. Agron.*, 48: 141-203. 1992.

VAN BREEMEN N.; BUURMAN, P. **Soil Formation**. 2 ed. Dordrecht. Kluwer Academic Publishers. 2002.

VALADARES, J. M. A. S.; CAMARGO, O. A. Manganês em solos do Estado de São Paulo. **R. Bras. Ci. Solo**. 7: 123-130. 1983.

VENTURIERI, A. Org. **Zoneamento Ecológico-Econômico da área de Influência da Rodovia BR 163**. Estrutura espacial e formação territorial dos municípios. (Cuiabá-Santarém). Diagnóstico do Meio Socioeconômico, Jurídico e Arqueologia. Belém. Embrapa. 2007.

VIEIRA, I. C. G.; SILVA, J. M. C. da.; TOLEDO, P. M. de. Estratégias para evitar a perda de biodiversidade na Amazônia. **Estudos Avançados**. 19: 2005.

VOLKOFF, B.; CESAR, V. R. Ferro nos Latossolos do Estado da Bahia. **R. Bras. Ci. Solo**. 1: 85-92. 1977.

VOLKOFF, B.; MELFI, A. J.; CERRI, C. C. Solos Podzólicos e Cambissolos eutróficos do alto Rio Purus (Estado do Acre). **R. Bras. Ci. Solo**. 13:363-372. 1989.

WHITTIG, L.D. e ALLARDICE, W.R. **X-ray diffraction techniques**. In: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis. Part 1: Physical and mineralogical methods*. Madison, American Society of Agronomy. 331-362. 1986.

YASSOGLOU, N. J.; NOBELI, C.; VRAHAMIS, C. S. A study of some biosequences and lithosequences in the zone of brown forest soils in northern Greece: Morphological, physical, and chemical properties. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.** 33. 1969.

9. ANEXOS
DADOS MORFOLÓGICOS E ANALÍTICOS DOS PERFIS ESTUDADOS.

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL - 1

Data - 13.09. 2011

CLASSIFICAÇÃO SiBCS - ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico, A moderado textura argilosa/muito argilosa, fase floresta subperenifolia, relevo forte ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – BR 163, 375 km de Santarém, 25 km após município de Trairão, margem direita em direção ao município de Novo Progresso- Pará, 04° 44' 43,44'' S e 56° 03' 53,6'' W Gr.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL - Descrito e coletado em barranco de corte de estrada, em terço médio/inferior da encosta com 30% de declive, sob capoeira.

ALTITUDE – 161 metros.

LITOLOGIA - Suíte Granítica do Pré-Cambriano.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto da alteração da rocha supracitada, com influência coluvial.

PEDREGOSIDADE - Não pedregosa.

ROCHOSIDADE - Não rochosa.

RELEVO LOCAL - Forte ondulado.

EROSÃO - Laminar moderada.

DRENAGEM - Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta Subperenifólia.

USO ATUAL - Capoeira.

CLIMA - Am (Köppen).

DESCRITO E COLETADO POR – Mateus Rosas Ribeiro, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Gerson Moreira Barros.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

PERFIL- 1

Ap 0-10 cm, bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmida) e bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, seca); argilo-arenosa; forte pequena e média granular; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.

- BA 10-30 cm, bruno (10YR 4/3, úmida) e bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, seca); argilosa; moderada muito pequena e média blocos subangulares; muito dura, firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.
- Bt1 30-60 cm, bruno-forte (7,5 YR 5/6, úmida); argilosa; cerosidade fraca e comum; moderada muito pequena e média blocos subangulares; muito dura, friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.
- Bt2 60-100 cm, bruno-forte (7,5 YR 5/8, úmida); argilosa; cerosidade fraca e comum; fraca moderada muito pequena e média blocos subangulares; muito dura, friável, plástica e pegajosa; transição difusa e plana.
- Bt3 100-160 cm+, bruno-amarelado (10YR 5/8); argilosa; cerosidade fraca e comum; fraca moderada muito pequena e pequena blocos subangulares; muito dura, muito friável, plástica e pegajosa.

RAÍZES – Muitas no horizonte Ap; comuns no horizonte AB; poucas no horizonte BA e no horizonte Bt1; raras no horizonte Bt2.

OBSERVAÇÕES - Lençol freático não foi constatado até 160 cm.

- Presença de fragmento rochoso com cerca de 20 cm de diâmetro no horizonte Bt3.

Perfil 1 – Argissolo Amarelo

Quadro 1. Propriedades físicas do Perfil 1 (Argissolo Amarelo Distrófico típico) de uma litossequência no oeste do Pará

Horizontes	Prof. (cm)	Frações da Amostra total (%)		Composição granulométrica da terra fina (g kg ⁻¹)				ADA (g kg ⁻¹)	GF (%)	Silte/Argila	Densidade (kg dm ⁻³)		Porosidade (%)
		Cascalho 20-2mm	TFSA < 2 mm	Areia grossa 2-0,2 mm	Areia fina 0,2-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila < 0,002 mm				Solo	Partícula	
Ap	0-10	0	100	505	56	79	362	245	32	0,22	1,38	2,63	48
BA	10-30	0	100	367	75	4	555	244	56	0,01	1,35	2,89	53
Bt1	30-60	0	100	300	52	43	607	246	59	0,07	-	2,75	-
Bt2	60-100	0	100	288	52	9	653	245	63	0,01	-	2,61	-
Bt3	100-160+	0	100	240	37	70	653	245	63	0,11	-	2,62	-

Quadro 2. Propriedades químicas do Perfil 1 (Argissolo Amarelo Distrófico típico) de uma litossequência no oeste do Pará

Horiz.	pH (1;2,5)		Complexo Sortivo								V	m	P disponível
	H ₂ O	KCl	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Valor S	Al ⁺³	H + Al ⁺³	CTC pH 7,0			
			cmol _c kg ⁻¹ de solo								%		mg kg ⁻¹
Ap	5,9	5,1	2,1	0,3	0,17	0,04	2,7	0,6	4,6	7,3	37	18	0,8
BA	5,9	5,3	1,5	0,2	0,06	0,03	1,9	0,6	2,6	4,5	42	24	0,2
Bt1	6,3	6,0	1,1	0,2	0,04	0,03	1,3	0,6	1,5	2,8	48	30	0,3
Bt2	6,4	6,1	0,9	0,2	0,04	0,03	1,2	0,6	0,8	2,1	59	33	1,4
Bt3	6,0	6,0	0,9	0,2	0,05	0,02	1,1	0,6	1,1	2,3	50	35	1,4
Horiz.	C org(g kg ⁻¹)	Digestão Sulfúrica (g kg ⁻¹)											
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ki	Kr							
Ap	23,6	170,50	130,19	54,64	2,06	0,67							
Bt1	8,2	252,00	229,19	80,97	1,84	0,71							
Bt3	2,4	288,00	259,03	93,18	1,90	0,76							

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL - 2

Data- 13.09.2011

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – LATOSSOLO AMARELO Distroférico típico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta subperenifolia, relevo suave ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – BR 163, 6 km antes do município de Trairão, margem esquerda em direção a este município, 344 km de Santarém-Pará, 04° 31' 55,4'' S / 55° 53' 27,1'' W Gr.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em barranco de corte de estrada, em Terço médio da encosta, com 20% de declividade, sob Pastagem Braquiária.

ALTITUDE – 55 metros.

LITOLOGIA – Rochas efusivas: Andesito.

MATERIAL ORIGINÁRIO -

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não Rochosa.

RELEVO LOCAL – Ondulado.

EROSÃO – Laminar moderada.

DRENAGEM – Acentuadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta Subperenifolia.

USO ATUAL – Pastagem Braquiária

CLIMA- Am (Köppen).

DESCRITO E COLETADO POR – Mateus Rosas Ribeiro, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Gerson Moreira Barros.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

PERFIL- 2

- A 0-20 cm, bruno (10YR 4/3, úmido) e bruno-amarelado (10YR 5/4, seca); muito argilosa; forte muito pequena e pequena granular; ligeiramente dura, friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.
- AB 20-45 cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido) e bruno-amarelado (10YR 5/4, seca); muito argilosa; moderada muito pequena e pequena granular blocos subangulares; dura, friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.
- BA 45-73 cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/5, úmido); muito argilosa; moderada muito pequena e pequena blocos subangulares; dura, friável, plástica e pegajosa; transição difusa e plana.
- Bw1 73-130 cm, bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/5 úmido); muito argilosa; moderada muito pequena e pequena blocos subangulares; dura, friável, plástica e pegajosa; transição difusa e plana.
- Bw2 130-180 cm+, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/5, úmido); muito argilosa; moderada muito pequena e pequena blocos subangulares; dura, friável, plástica e pegajosa; transição difusa e plana.

RAÍZES – Muitas nos horizontes A e AB; comuns no horizonte BA, Bw1 e Bw2.

OBSERVAÇÕES – Lençol freático não foi constatado no local.

Perfil 2 – Latossolo Amarelo

Quadro 3. Propriedades físicas do Perfil 2 (Latossolo Amarelo Distroférico típico) de uma litossequência no oeste do Pará

Horizontes	Prof. (cm)	Frações da Amostra total (%)		Composição granulométrica da terra fina (g kg ⁻¹)				ADA (g kg ⁻¹)	GF (%)	Silte/Argila	Densidade (kg dm ⁻³)		Porosidade (%)
		Cascalho 20-2mm	TFSA < 2 mm	Areia grossa 2-0,2 mm	Areia fina 0,2-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila < 0,002 mm				Solo	Partícula	
A	0-20	4	100	127	132	93	649	208	68	0,14	1,21	2,82	57
AB	20-45	3	100	107	162	31	700	208	70	0,04	1,00	3,14	68
BA	45-73	5	100	111	159	31	700	208	70	0,04	1,17	2,99	61
Bw1	73-130	5	100	98	164	41	697	208	70	0,05	1,03	3,02	66
Bw2	130-180+	5	100	100	167	30	727	209	70	0,04	1,17	2,98	61

Quadro 4. Propriedades químicas do Perfil 2 (Latossolo Amarelo Distroférico típico) de uma litossequência no oeste do Pará

Horiz.	pH (1;2,5)		Complexo Sortivo								V	m	P disponível mg kg ⁻¹
	H ₂ O	KCl	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Valor S	Al ⁺³	H + Al ⁺³	CTC pH 7,0			
	cmol _c kg ⁻¹ de solo										%		
A	4,3	4,1	0,3	0,3	0,07	0,07	0,8	1,4	10,2	11,0	7	64	4,6
AB	4,8	4,4	0,2	0,2	0,01	0,02	0,5	1,0	6,3	6,8	7	68	4,2
BA	4,8	4,4	0,2	0,2	0,01	0,02	0,4	0,7	5,6	6,1	7	62	6,0
Bw1	4,7	4,5	0,2	0,2	0,01	0,02	0,5	0,5	5,0	5,5	8	55	8,2
Bw2	4,7	4,5	0,2	0,2	0,01	0,03	0,5	0,6	4,5	5,0	9	55	10,9
Horiz.	C org(g kg⁻¹)	Digestão Sulfúrica (g kg⁻¹)											
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ki	Kr							
A	23,6	125,50	177,66	234,11	1,23	0,13							
BA	9,6	122,00	185,97	241,37	1,12	0,12							
Bw2	5,0	118,00	191,97	229,69	1,04	0,12							

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL- 3

Data- 14.09.2011

CLASSIFICAÇÃO SiBCS - LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, A fraco, textura muito argilosa, fase floresta subperenifolia, relevo suave ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - BR 163, 268 km de Santarém, 56 km após município de Rurópolis, margem esquerda da Rodovia em direção ao município de Trairão-Pará, 04° 10' 17,7'' S / 55° 22' 50,0'' W Gr.

SITUAÇÃO DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em barranco de corte de estrada, em topo plano, com 10% de declividade, sob Pastagem.

ALTITUDE – 111 metros.

LITOLOGIA – Folhelho da Formação Maecuru.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Produto da alteração do Folhelho.

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não Rochosa.

RELEVO LOCAL – Suave ondulado.

EROSÃO – Laminar ligeira.

DRENAGEM – Excessivamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta subperenifólia.

USO ATUAL – Pastagem.

CLIMA - Am (Köppen).

DESCRITO E COLETADO POR – Mateus Rosas Ribeiro, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Gerson Moreira Barros.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

PERFIL- 3

A 0-5 cm, bruno (10YR 4/3, úmido); muito argilosa; moderada muito pequena e pequena granular blocos subangulares; firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

- AB 5-20 cm, bruno-amarelado (10 YR 5/6, úmido); muito argilosa; moderada e pequena blocos subangulares; friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.
- BA 20 -55 cm, bruno-amarelado (10 YR 5/6, úmido e 10 YR 5/6, seca); muito argilosa; moderada muito pequena e pequena blocos subangulares; friável, plástica e pegajosa; transição difusa e plana.
- Bw1 55-105 cm, bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido) e bruno-amarelado (10YR 5/8, seca); muito argilosa; moderada muito pequena e pequena blocos subangulares; friável, plástica e pegajosa; transição difusa e plana.
- Bw2 105-150 cm+, bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido) e bruno-amarelado (10YR 5/8, seca); muito argilosa; plástica e pegajosa.

RAÍZES – Muitas no horizonte A; comuns nos horizontes AB e BA; poucas nos horizontes Bw1 e Bw2.

OBSERVAÇÕES – Perfil Coletado úmido.

– Lençol freático não foi constatado no local.

Perfil 3 – Latossolo Amarelo

Quadro 5. Propriedades físicas do Perfil 3 (Latossolo Amarelo Distrófico típico) de uma litossequência no oeste do Pará

Horizontes	Prof. (cm)	Frações da Amostra total (%)		Composição granulométrica da terra fina (g kg ⁻¹)				ADA (g kg ⁻¹)	GF (%)	Silte/Argila	Densidade (kg dm ⁻³)		Porosidade (%)
		Cascalho 20-2mm	TFSA < 2 mm	Areia grossa 2-0,2 mm	Areia fina 0,2-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila < 0,002 mm				Solo	Partícula	
A	0-5	0	100	107	40	99	756	630	17	0,13	1,28	2,52	49
AB	5-20	0	100	90	34	97	780	434	44	0,12	-	2,60	-
BA	20-55	0	100	69	29	46	856	141	83	0,05	0,98	2,53	61
Bw1	55-105	0	100	63	28	0	911	142	84	0,01	1,13	2,64	57
Bw2	105-150+	0	100	56	26	18	902	141	84	0,01	1,24	2,45	49

Quadro 6. Propriedades químicas do Perfil 3 (Latossolo Amarelo Distrófico típico) de uma litossequência no oeste do Pará

Horiz.	pH (1;2,5)		Complexo Sortivo								V	m	P disponível mg kg ⁻¹
	H ₂ O	KCl	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Valor S	Al ⁺³	H + Al ⁺³	CTC pH 7,0			
			cmol _c kg ⁻¹ de solo								%		
A	4,3	3,9	0,7	0,3	0,13	0,04	1,2	1,0	8,9	10,2	12	46	1,2
AB	4,3	3,9	0,4	0,4	0,05	0,03	0,9	1,2	6,7	7,6	12	58	1,0
BA	4,3	4,0	0,2	0,2	0,01	0,03	0,5	1,2	4,7	5,2	10	70	4,6
Bw1	4,4	4,0	0,2	0,2	0,01	0,02	0,5	1,2	3,1	3,6	13	71	3,8
Bw2	4,9	4,1	0,2	0,2	0,01	0,01	0,4	1,1	3,3	3,8	11	72	4,1
Horiz.	C org(g kg ⁻¹)	Digestão Sulfúrica (g kg ⁻¹)											
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ki	Kr							
A	27,7	312,50	269,96	55,21	1,97	0,85							
BA	12,8	360,00	281,96	55,18	2,04	0,94							
Bw2	8,3	340,50	314,28	52,55	1,81	0,88							

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL- 4

Data- 14.09.2011

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – NITOSSOLO VERMELHO Distroférico típico, A moderado textura muito argilosa, fase floresta subperenifolia, relevo forte ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - BR 163, 190 km de Santarém, 22 Km do trevo dos municípios Rurópolis-Santarém, margem direita da Rodovia em direção ao município de Rurópolis-Pará, 03° 56' 19,5'' S / 54° 51' 28,8 '' W Gr.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em barranco de corte de estrada, em terço médio da encosta, com 20% de declividade.

ALTITUDE – 189 metros.

LITOLOGIA – Diabásio.

MATERIAL ORIGINÁRIO

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Forte ondulado.

EROSÃO – Laminar ligeira.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta subperenifolia.

USO ATUAL – Mata secundária com babaçu nativo.

CLIMA - Am (Köppen).

DESCRITO E COLETADO POR – Mateus Rosas Ribeiro, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Gerson Moreira Barros.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

PERFIL- 4

- A 0-15 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido) e bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, seca); muito argilosa; forte pequena e média granular; muito dura, friável, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.
- BA 15-45 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4, úmido) e bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4, seca); muito argilosa; cerosidade moderada e abundante; forte muito pequena e média blocos angulares subangulares; muito dura, friável; muito plástica e muito pegajosa; transição difusa e plana.
- Bt1 45-50 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4, úmido) e bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4, seca); muito argilosa; cerosidade forte e abundante; forte muito pequena e pequena blocos angulares subangulares; muito dura, friável, muito plástica e muito pegajosa; transição difusa e plana.
- Bt2 50-140 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4, úmido) e vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, seca); muito argilosa; cerosidade forte e abundante; forte muito pequena e pequena blocos angulares subangulares; muito dura, friável, muito plástica e muito pegajosa; transição difusa e plana.
- Bt3 140-180 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4, úmido) e vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, seca); muito argilosa; forte muito pequena e pequena blocos angulares subangulares; muito dura, friável, muito plástica e muito pegajosa.

RAÍZES – Muitas nos horizontes A e BA; comuns nos horizontes Bt1, Bt2 e Bt3.

OBSERVAÇÕES – Linha de pedra ondulada de seixo; presença de raízes queimadas ao longo do perfil; área de corte da estrada próximo a mata secundária; perfil coletado úmido.

- O horizonte Bt3 foi coletado ao lado do perfil.

- Lençol freático não foi constatado no local.

Perfil 4 – Nitossolo Vermelho

Quadro 7. Propriedades físicas do Perfil 4 (Nitossolo Vermelho Distroférico típico) de uma litossequência no oeste do Pará

Horizontes	Prof. (cm)	Frações da Amostra total (%)		Composição granulométrica da terra fina (g kg ⁻¹)				ADA (g kg ⁻¹)	GF (%)	Silte/Argila	Densidade (kg dm ⁻³)		Porosidade (%)
		Cascalho 20-2mm	TFSA < 2 mm	Areia grossa 2-0,2 mm	Areia fina 0,2-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila < 0,002 mm				Solo	Partícula	
A	0-15	0	100	101	94	184	622	140	78	0,30	1,32	2,67	51
BA	15-45	0	100	75	82	173	672	140	79	0,26	1,07	2,62	59
Bt1	45-50	0	100	65	73	145	718	140	81	0,20	1,02	2,63	61
Bt2	50-140	0	100	61	64	106	770	140	82	0,14	1,25	2,92	57
Bt3	140-180	0	100	63	71	49	818	140	83	0,06	1,19	2,79	57
Cr1		0	100	65	86	237	612	176	71				
Cr2		0	100	39	104	441	416	176	58				

Quadro 8. Propriedades químicas do Perfil 4 (Nitossolo Vermelho Distroférico típico) de uma litossequência no oeste do Pará

Horiz.	pH (1;2,5)		Complexo Sortivo								V	m	P disponível	
	H ₂ O	KCl	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Valor S	Al ⁺³	H + Al ⁺³	CTC pH 7,0				
			cmol _c kg ⁻¹ de solo								%		mg kg ⁻¹	
A	5,9	5,6	1,7	0,8	0,06	0,01	2,7	0,7	2,4	5,1	53	20	1,2	
BA	6,3	5,8	1,3	0,4	0,01	0,01	1,7	0,8	1,5	3,3	53	32	0,6	
Bt1	6,6	6,0	1,0	0,4	0,01	0,01	1,4	0,8	1,1	2,5	55	38	0,3	
Bt2	6,5	5,5	0,7	0,5	0,01	0,01	1,3	0,4	1,7	2,9	44	23	0,6	
Bt3	6,6	5,6	0,6	0,3	0,01	0,02	0,9	0,4	1,0	1,9	49	30	0,5	
Cr1	5,4	4,4	0,4	0,3	0,01	0,01	0,7	0,5	2,3	3,0	24	40	0,7	
Cr2	5,1	3,8	0,3	0,2	0,01	0,01	0,4	5,9	6,2	6,6	7	93	0,6	
Horiz.	C org(g kg ⁻¹)	Digestão Sulfúrica (g kg ⁻¹)												
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ki	Kr								
A	14,2	227,00	181,75	184,75	2,07	0,28								
Bt1	6,1	239,50	207,00	194,91	1,97	0,32								
Cr2	4,7	325,00	224,67	232,57	2,41	0,32								

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL- 5

Data- 15.09.2011

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta subperenifolia, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – BR 163, 38 km de Santarém, margem direita da Rodovia, perfil em sítio (Dona Cleusa) município de Belterra-Pará, 02° 40' 46,8 '' S / 54° 51' 15,7 '' W Gr.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Descrito e coletado em barranco de corte de estrada, em topo Plano, com 3% de declividade.

ALTITUDE – 158 metros.

LITOLOGIA – Sedimentos argilosos Alter- do-Chão.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Alter-do-Chão.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos inconsolidados da Formação Alter- do-Chão.

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Plano.

EROSÃO – Laminar ligeira.

DRENAGEM – Moderadamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta subperenifolia.

USO ATUAL – Mata secundária.

CLIMA - Am (Köppen).

DESCRITO E COLETADO POR – Mateus Rosas Ribeiro, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Gerson Moreira Barros.

B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

PERFIL- 5

A 0-15 cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido) e bruno-amarelado (10YR 5/4, seca); muito argilosa; moderada pequena granular e blocos subangulares; muito dura, firme, muito plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

- AB 15-30 cm, bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/4 úmido) e bruno-amarelado (10YR 5/6, seca); muito argilosa; moderada pequena e média blocos subangulares; muito dura, firme, muito plástica e pegajosa; transição gradual e plana.
- BA 30-50 cm, bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/5 úmido) e bruno-amarelado (10YR 5/6, seca); muito argilosa; maciça coesa; muito dura, firme, muito plástica e pegajosa; transição gradual e plana.
- Bw1 50-90 cm, bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/5 úmido) e bruno-amarelado (10YR 5/8, seca); muito argilosa; maciça coesa; muito dura, firme, muito plástica e pegajosa.
- Bw2 90-170 cm+, bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/5 úmido); muito argilosa; maciça coesa; muito dura, friável, muito plástica e pegajosa.

RAÍZES – Muitas nos horizontes A e AB; poucas nos horizontes BA e Bw1; raras no horizonte Bw2.

OBSERVAÇÕES – Lençol freático não foi constatado no local.

Perfil 5 – Latossolo Amarelo

Quadro 9. Propriedades físicas do Perfil 5 (Latossolo Amarelo Distrocoeso típico) de uma litosequência no oeste do Pará

Horizontes	Prof. (cm)	Frações da Amostra total (%)		Composição granulométrica da terra fina (g kg ⁻¹)				ADA (g kg ⁻¹)	GF (%)	Silte/Argila	Densidade (kg dm ⁻³)		Porosidade (%)
		Cascalho 20-2mm	TFSA < 2 mm	Areia grossa 2-0,2 mm	Areia fina 0,2-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila < 0,002 mm				Solo	Partícula	
A	0-15	0	100	27	8	119	846	552	35	0,14	-	2,54	60
AB	15-30	0	100	14	6	91	890	141	84	0,10	-	2,42	50
BA	30-50	0	100	12	5	46	937	141	85	0,04	-	2,54	54
Bw1	50-90	0	100	11	12	83	895	142	84	0,09	-	2,36	47
Bw2	90-170+	0	100	9	32	70	890	141	84	0,08	-	2,57	53

Perfil 5 – Latossolo Amarelo

Quadro 10. Propriedades químicas do Perfil 5 (Latossolo Amarelo Distrocoeso típico) de uma litossequência no oeste do Pará

Horiz.	pH (1;2,5)		Complexo Sortivo								V	m	P disponível
	H ₂ O	KCl	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Valor S	Al ⁺³	H + Al ⁺³	CTC pH 7,0			
			cmol _c kg ⁻¹ de solo								%		mg kg ⁻¹
A	4,1	3,7	0,7	0,2	0,12	0,02	1,2	1,1	9,6	10,8	11	49	1,8
AB	4,0	3,8	0,3	0,2	0,03	0,01	0,5	1,2	6,4	6,9	8	69	0,7
BA	4,4	3,9	0,3	0,2	0,01	0,01	0,4	1,2	4,4	4,8	9	73	0,4
Bw1	4,7	4,0	0,2	0,1	0,01	0,01	0,3	1,2	3,8	4,2	8	77	0,4
Bw2	5,3	4,1	0,3	0,1	0,01	0,01	0,3	1,2	3,1	3,5	10	78	0,6
Horiz.	C org(g kg ⁻¹)	Digestão Sulfúrica (g kg ⁻¹)											
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ki	Kr							
A	31,0	332,50	260,01	68,11	2,20	0,82							
BA	9,2	344,50	281,47	75,18	2,09	0,77							
Bw2	4,8	352,50	319,33	73,93	1,87	0,76							