

**EDIVAN UCHÔA CAVALCANTI DA COSTA**

**CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DE ARGISSOLOS E  
NITOSSOLOS NA BACIA CABO, PERNAMBUCO**

**Orientador: Valdomiro Severino de Souza Júnior, Dr.**

**Co-orientadores: Mateus Rosas Ribeiro, PhD.**

**Marcelo Metri Corrêa, Dr.**

**Recife – PE  
2012**

**EDIVAN UCHÔA CAVALCANTI DA COSTA**

**CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DE ARGISSOLOS E  
NITOSSOLOS NA BACIA CABO, PERNAMBUCO**

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

**Orientador: Valdomiro Severino de Souza Júnior, Dr.**

**Co-orientadores: Mateus Rosas Ribeiro, PhD.**

**Marcelo Metri Corrêa, Dr.**

**Recife – PE  
2012**

## Ficha Catalográfica

C837c Costa, Edivan Uchôa Cavalcanti da  
Caracterização e gênese de Argissolos e Nitossolos na  
Bacia Cabo, Pernambuco / Edivan Uchôa Cavalcanti da  
Costa. — Recife, 2012.  
XI, 117 f.: il.

Orientador (a): Valdomiro Severino de Souza Júnior.  
Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) –  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento  
de Agronomia, Recife, 2012.  
Inclui referências e apêndice.

1. Solo 2. Pedogênese 3. Alumínio 4. Alítico  
5. Descontinuidade litológica 6. Formação Cabo  
7. Formação Ipojuca 8. Basalto 9. Conglomerado I. Souza  
Júnior, Valdomiro Severino de, orientador II. Título

CDD 631.4

EDIVAN UCHÔA CAVALCANTI DA COSTA

Dissertação intitulada CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DE ARGISSOLOS E NITOSSOLOS NA BACIA CABO, PERNAMBUCO, apresentada ao programa de Pós-graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre, e aprovada em 07 de agosto de 2012.

---

Prof. Dr. Valdomiro Severino de Souza Júnior (UFRPE)

Presidente da banca examinadora

(Orientador)

---

Dr. José Coelho de Araújo Filho (Embrapa Solos)

(Examinador)

---

Prof. Dr. Marcelo Metri Corrêa (UFRPE - UAG)

(Examinador)

---

Prof. Dr. Mateus Ribeiro Filho (UFRPE)

(Examinador)

## DEDICATÓRIA

*Ao meu Pai, Ivan Pereira da Costa (in memória).*

## **AGRADECIMENTOS**

Acima de tudo agradeço a DEUS, que faz possível todas as coisas, embora não do nosso jeito e no nosso tempo. Obrigado por tudo que tenho vivido e ainda viverei;

A minha mãe, a pessoa mais importante da minha vida;

A Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade e acolhida no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, contribuindo para a minha formação profissional;

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos;

Em especial ao meu orientador, Prof. Valdomiro Severino de Souza Jr., pelos ensinamentos, ajuda, atenção, confiança e exemplo de profissional dedicado à Ciência do Solo;

Aos meus co-orientadores professor Mateus Rosas Ribeiro e professor Marcelo Metri Corrêa pela grande contribuição na realização dos trabalhos e ensinamentos;

Ao professor Mateus Rosas Ribeiro Filho por abrir as portas para a minha iniciação em ciência do solo, além do apoio, ensinamentos e valiosas sugestões;

Ao Prof. José Coelho de Araújo Filho pelas valiosas sugestões;

Ao José Fernando Wanderley Fernandes Lima (Zeca), pelo apoio e contribuição na execução dos trabalhos;

A todos os professores do programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, especialmente a Ângelo, Betânia, Brivaldo, Caroline Biondi, Clístenes e Mário Lira pelos ensinamentos;

Ao agrônomo Fábio Marques da Usina Bom Jesus, que cedeu a área de estudo e apoiou nas atividades no campo;

Aos funcionários Camilo Sidrak, Josué Camilo de Melo e Maria do Socorro de Santana (Socorro-Graça), pelos tantos serviços prestados e amizade;

Aos meus grandes amigos Marcos da Costa Mendes e Maria Conceição de Almeida pela amizade, ajuda, apoio e companheirismo;

A turma mais que demais na qual me deu aquela força para a realização das análises de laboratório, além da grande amizade: Cassius, Cláudio Henrique, Elis, Fernando, Juliet, Kelly, Laércio, Raíza e Stephany;

A Regilene pelos ensinamentos, apoio e amizade;

Ao Cícero pela amizade;

A turma do laboratório de Química do solo e de Fertilidade do solo pelo apoio;

Aos meus amigos e colegas de turma Adelazil, Danubia, Emmanuella, Givanildo, Marcos, Marilúcia, Monaliza e Rosângela;

Ao meu tio Eduardo pelo apoio, pelas conversas e transporte;

A todos que não estão aqui citados, e nem por isso deixam de serem tão importantes.

## SUMÁRIO

<b>Lista de figuras</b> .....	<b>x</b>
<b>Lista de tabelas</b> .....	<b>xi</b>
<b>Resumo geral</b> .....	<b>1</b>
<b>Overview</b> .....	<b>2</b>
<b>Introdução geral</b> .....	<b>3</b>
<b>Referências bibliográficas</b> .....	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO I: CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DE ARGISSOLOS DERIVADOS DE CONGLOMERADOS DA FORMAÇÃO CABO, PERNAMBUCO</b> .....	<b>7</b>
<b>Resumo</b> .....	<b>8</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>9</b>
1.1 Introdução .....	10
1.2 Material e Métodos .....	12
1.2.1 Localização e caracterização da região de estudo .....	12
1.2.2 Seleção dos perfis, coleta e preparo das amostras de solos .....	13
1.2.3 Análises físicas .....	14
1.2.4 Análises químicas .....	15
1.2.5 Digestão sulfúrica .....	15
1.2.6 Ferro e Alumínio extraídos por DCB e Oxalato ácido de amônio .....	16
1.2.7 Análises mineralógicas .....	16
1.3 Resultados e discussão .....	18
1.3.1 Atributos morfológicos .....	18
1.3.2 Atributos físicos .....	24
1.3.3 Atributos químicos .....	27
1.3.3.1 Digestão sulfúrica .....	30
1.3.3.2 Teores e formas de óxidos de Fe e Al .....	32
1.3.4 Atributos mineralógicos .....	34
1.3.4.1 Fração areia grossa e areia fina .....	35
1.3.4.2 Fração silte .....	37
1.3.4.3 Fração argila .....	38
1.3.5 Classificação dos solos .....	45



1.4 Conclusões .....	46
1.5 Referências.....	46
<b>CAPÍTULO II: CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DE NITOSSOLOS DERIVADOS DA FORMAÇÃO IPOJUCA, PERNAMBUCO.....</b>	<b>53</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>54</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>55</b>
2.1 Introdução.....	56
2.2 Material e Métodos .....	58
2.2.1 Localização e caracterização da região de estudo.....	58
2.2.2 Seleção dos perfis, coleta e preparo das amostras de solos .....	59
2.2.3 Análises físicas .....	60
2.2.4 Análises químicas .....	61
2.2.5 Digestão sulfúrica .....	61
2.2.6 Ferro e Alumínio extraídos por DCB e Oxalato ácido de amônio.....	62
2.2.7 Análises mineralógicas .....	62
2.3 Resultados e discussão .....	64
2.3.1 Atributos morfológicos.....	64
2.3.2 Atributos físicos.....	69
2.3.3 Atributos químicos .....	73
2.3.3.1 Digestão sulfúrica .....	76
2.3.3.2 Teores e formas de óxidos de Fe e Al .....	78
2.3.4 Atributos mineralógicos.....	80
2.3.5 Classificação dos solos.....	89
2.4 Conclusões .....	90
2.5 Referências.....	91
<b>APÊNDICE 1 - Descrição morfológica, análises físicas e químicas dos solos da Topossequência na Formação Cabo, Bacia Cabo, PE.....</b>	<b>98</b>
<b>APÊNDICE 2 - Descrição morfológica, análises físicas e químicas dos solos da Topossequência na Formação Ipojuca, Bacia Cabo, PE.....</b>	<b>108</b>

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

<b>Figura 1.1</b> - Mapas com a localização da área de estudo.....	<b>12</b>
<b>Figura 1.2</b> - Situação dos perfis na topossequência .....	<b>13</b>
<b>Figura 1.3</b> - Distribuição e classificação dos horizontes do ARGISSOLO AMARELO (P1).....	<b>19</b>
<b>Figura 1.4</b> - Distribuição e classificação dos horizontes do ARGISSOLO ACINZENTADO (P2) .....	<b>20</b>
<b>Figura 1.5</b> - Distribuição e classificação dos horizontes do ARGISSOLO ACINZENTADO (P3) .....	<b>20</b>
<b>Figura 1.6</b> - DRX das frações areia grossa e areia fina .....	<b>36</b>
<b>Figura 1.7</b> - DRX da fração silte .....	<b>37</b>
<b>Figura 1.8</b> - DRX da fração argila natural.....	<b>40</b>
<b>Figura 1.9</b> - DRX da fração argila tratada do Perfil 1 .....	<b>41</b>
<b>Figura 1.10</b> - DRX da fração argila tratada do Perfil 2 .....	<b>42</b>
<b>Figura 1.11</b> - DRX da fração argila tratada do Perfil 3 .....	<b>43</b>
<b>Figura 1.12</b> - DRX referente ao Teste de Greene Kelly .....	<b>44</b>

### CAPÍTULO II

<b>Figura 2.1</b> - Mapas com a localização da área de estudo.....	<b>58</b>
<b>Figura 2.2</b> - Situação dos perfis na topossequência .....	<b>59</b>
<b>Figura 2.3</b> - Distribuição e classificação dos horizontes do NITOSSOLO HÁPLICO (P4) .....	<b>65</b>
<b>Figura 2.4</b> - Distribuição e classificação dos horizontes do NITOSSOLO HÁPLICO (P5) .....	<b>66</b>
<b>Figura 2.5</b> - Distribuição e classificação dos horizontes do NITOSSOLO HÁPLICO (P6) .....	<b>66</b>
<b>Figura 2.6</b> - DRX das frações areia grossa e areia fina .....	<b>82</b>
<b>Figura 2.7</b> - DRX da fração silte .....	<b>83</b>
<b>Figura 2.8</b> - DRX da fração argila natural.....	<b>84</b>
<b>Figura 2.9</b> - DRX da fração argila tratada do perfil 4.....	<b>85</b>
<b>Figura 2.10</b> - DRX da fração argila tratada do Perfil 5 .....	<b>86</b>
<b>Figura 2.11</b> - DRX da fração argila tratada do Perfil 6 .....	<b>87</b>
<b>Figura 2.12</b> - DRX referente ao Teste de Greene Kelly do perfil 4.....	<b>88</b>

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

<b>Tabela 1.1</b> - Coordenadas e altitude dos perfis estudados .....	<b>13</b>
<b>Tabela 1.2</b> - Atributos morfológicos dos perfis de uma topossequência na Formação Cabo .....	<b>21</b>
<b>Tabela 1.3</b> - Atributos físicos dos perfis de uma topossequência na Formação Cabo .....	<b>25</b>
<b>Tabela 1.4</b> - Atributos químicos dos perfis de uma topossequência na Formação Cabo .....	<b>28</b>
<b>Tabela 1.5</b> - Teores de silício, alumínio e ferro obtidos por digestão sulfúrica, e valores de Ki e Kr.....	<b>31</b>
<b>Tabela 1.6</b> - Teores de Fe e Al extraídos por DCB e Oxalato de Amônio .....	<b>33</b>

### CAPÍTULO II

<b>Tabela 2.1</b> - Coordenadas e altitude dos perfis estudados .....	<b>59</b>
<b>Tabela 2.2</b> - Atributos morfológicos dos perfis de uma topossequência na Formação Ipojuca .....	<b>67</b>
<b>Tabela 2.3</b> - Atributos físicos dos perfis de uma topossequência na Formação Ipojuca .....	<b>71</b>
<b>Tabela 2.4</b> - Atributos químicos dos perfis de uma topossequência na Formação Ipojuca .....	<b>74</b>
<b>Tabela 2.5</b> - Teores de silício, alumínio e ferro obtidos por digestão sulfúrica, e valores de Ki e Kr.....	<b>77</b>
<b>Tabela 2.6</b> - Teores de Fe e Al extraídos por DCB e Oxalato de Amônio .....	<b>79</b>

# CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DE ARGISSOLOS E NITOSSOLOS NA BACIA CABO, PERNAMBUCO.

## RESUMO GERAL

A Bacia Cabo, uma bacia ígnea-sedimentar costeira localizada no extremo nordeste do Brasil, possui rochas sedimentares em associação com rochas vulcânicas. A principal unidade litoestratigráfica sedimentar desta bacia é a Formação Cabo, que é composta predominantemente de conglomerados, além de arcóseos, siltitos, argilitos e folhelhos. Enquanto a Formação Ipojuca é a principal unidade litoestratigráfica magmática, na qual é composta principalmente por basaltos, traquitos, riolitos, ignimbritos e uma intrusão granítica (o Granito do Cabo). A região da Bacia Cabo vem passando por forte pressão antrópica pela implantação de grandes indústrias, além do intenso e continuado cultivo da cana-de-açúcar e do turismo. Nesse contexto, um estudo da caracterização pedológica se faz necessário para fornecer subsídios para o meio científico e principalmente para o setor produtivo a respeito da gênese, das potencialidades e limitações agrícolas e ambientais, como também para o desenvolvimento de práticas de uso e manejo sustentável desses solos. Para tanto foram estudadas duas topossequências, uma constituída de Argissolos nos domínios dos conglomerados da Formação Cabo e outra composta de Nitossolos desenvolvidos a partir dos basaltos da Formação Ipojuca. Foram realizadas a caracterização morfológica, análises físicas, químicas e a mineralogia das frações areia, silte e argila usando DRX. O material de origem, o relevo e as condições de drenagem são os fatores que mais contribuem para as características dos solos estudados. Os dados físicos não foram suficientes para afirmar uma descontinuidade litológica, porém os dados químicos e mineralógicos foram. O caráter endoáquico dá impressão de que os solos são formados por dois materiais de origem. Os elevados teores de alumínio encontrados podem estar associados a formas de baixa cristalinidade e ao alumínio estrutural de minerais esmectíticos. Em termos taxonômicos os solos se enquadraram no SiBCS, mas o terceiro nível categórico não contempla o caráter alítico para ambos os solos, assim como o alto teor de óxido de ferro para os Nitossolos.

**Palavras-chave:** Pedogênese, alumínio, caráter alítico, descontinuidade litológica, Formação Cabo, Formação Ipojuca, basalto, conglomerado.

## **CHARACTERISTICS AND GENESIS OF ALISOLS AND NITISOLS IN BASIN CABO, PERNAMBUCO STATE.**

### **ABSTRACT**

The Basin Cabo, an igneous-sedimentary basin located in the extreme northeast coast of Brazil, has sedimentary rocks in association with volcanic rocks. The main lithostratigraphic unit sedimentary basin is the Cabo Formation, which is predominantly composed of conglomerates, beyond the arkoses, siltstones, mudstones and shales. The Ipojuca Formation is the main magmatic lithostratigraphic unit, which is mainly composed of basalts, trachytes, rhyolites, ignimbrites and a granitic intrusion (the Cabo Granite). The region of Basin Cabo there is experienced strong anthropogenic pressure by deploying large industries, beyond the intense and continued cultivation of sugar cane and tourism. In this context, a study of pedological characterization is necessary to provide support for the scientific and especially for the productive area about the genesis, of the potentialities and limitations agricultural and environmental, as well as for the development of land use and management practices sustainable these soils. Therefore, was studied two toposequences, one composed of Alisols in the areas of Cabo Formation conglomerates and another composed of Nitisols developed from basalts Ipojuca Formation. Were performed to characterize the morphological, physical, chemical and mineralogy of sand, silt and clay using XRD. The origin material, topography and drainage conditions are the factors that most contribute to the characteristics of the soils. The chemical and mineralogical data were sufficient to confirm a lithological discontinuity, but the physical data were not. The character endoáquico gives impression that the soils are formed by two parent materials. The high levels of aluminum can be found associated with forms of low crystallinity and structural aluminum in mineral esmectíticos. This information in terms taxonomic soils is consistent with SiBCS, but the third categorical level does not include the alitic character for both soils, like as the high content of iron oxide for Nitisols.

**Keywords:** Pedogenesis, aluminum, alitic character, lithological discontinuity, Cabo Formation, Ipojuca Formation, basalt, conglomerate.

## **INTRODUÇÃO GERAL**

Situado no extremo Nordeste do Brasil, a Bacia Cabo, também denominada de Bacia Pernambuco, compreende uma estreita faixa de rochas sedimentares, metamórficas e vulcânicas, ocupando toda a faixa costeira sul do Estado de Pernambuco, com a porção emersa limitada a norte pelo Lineamento Pernambuco (sul de Recife), a sul pelo Alto de Maragogi (Barreiras - AL), a oeste pelos terrenos cristalinos (Maciço Pernambuco-Alagoas) e a leste pelo oceano atlântico, com extensão aproximada de 100 km e largura máxima de 12 km (Nóbrega & Lima Filho, 2003; Nascimento et al., 2004).

Esta bacia surgiu do processo de ruptura do Supercontinente Gondwana que separou os continentes sul-americano e africano gerando o Oceano Atlântico Sul (Nascimento et al., 2009). Esse evento tectônico aconteceu no período Cretáceo Inferior, quando também ocorreu a deposição dos sedimentos flúvio-deltaicos, nos quais iniciaram o preenchimento da bacia. No Cretáceo Superior sobreveio uma intensa atividade vulcânica que foi responsável pela diversidade de rochas ácidas e alcalinas encontradas na bacia (Lima Filho et al., 1996). Ainda no Cretáceo Superior foram depositados carbonatos na parte sul da bacia, e sedimentos pós-vulcânicos na parte norte (Lima Filho et al., 1996).

Os primeiros materiais a serem sedimentados na Bacia Cabo constituem a Formação Cabo. Esta formação é constituída por conglomerados de rochas diversificadas (granitos, gnaisses, migmatitos, micaxistos) com diferentes diâmetros e graus de organização. Inclui também arcóseos conglomeráticos ou não, apresentando cimentação carbonática que é mascarada em superfície pelo intemperismo químico; além de siltitos, argilitos e folhelhos (Mabesoone & Alheiros, 1988; Alheiros & Ferreira, 1989).

A Formação Ipojuca, também conhecida como Província Magmática do Cabo (PMC) (Nascimento et al., 2004), foi originada da intensa atividade vulcânica, responsável pela geração dos basaltos, traquitos, riolitos e uma intrusão granítica (o Granito do Cabo), além de fluxo piroclástico (ignimbritos) os quais ocorrem distribuídos em praticamente toda a bacia sob a forma de diques, derrames, soleiras, plugs, lacólitos ou corpos semicirculares (Nascimento et al., 2009).

Quando a parte sul da bacia estava imersa pela água do mar, deu-se a deposição dos calcários, folhelhos e arcósios conglomeráticos ou não, da Formação Estiva (Miranda, 1999).

A segunda sedimentação, iniciada após o vulcanismo, deu origem a Formação Algoduais, na qual envolve arcósio médio a grosseiro contendo seixos dispersos de rochas vulcânicas (riolitos e traquitos), quartzo e feldspato, ou intercalado com camadas de argila, e um conglomerado sem matriz apresentando seixos e calhaus de traquito (Lima Filho et al., 1996).

Por fim, sucedendo todas as litologias precedentes, ocorrem a Formação Barreiras e os depósitos Quaternários (Lima Filho et al., 1996).

Os aspectos geomorfológicos da bacia são os ambientes formados por morros e colinas, chamados de domínio dos mares-de-morros. Esses ambientes são caracterizados pela dissecação fluvial homogênea, exibindo feição suave ondulada com encostas convexas e altitudes não excedendo os 80 m, possuindo uma drenagem predominantemente dendrítica com fundos de vales em U e V (Assis, 1999; Andrade, 1999). Na porção leste da bacia, próximo ao litoral, o relevo é semiplano, predominando as áreas baixas, englobando a planície flúvio-costeira, os tabuleiros e os terraços (Pflitzgraff, 1998).

Esta bacia está englobada na unidade fisiográfica Litoral/Mata onde predomina o clima quente e úmido, tipo As' (Köppen). A temperatura média anual é de 25° C e a umidade relativa do ar média é de 73%. A precipitação pluviométrica média anual é da ordem de 2.160mm e as chuvas ocorrem no período de fevereiro a agosto, em que os meses mais chuvosos são junho e julho (Assis, 1999).

A vegetação nativa é predominantemente do tipo floresta subperenifólia, distribuída nos ecossistemas de Mata Atlântica e Restingas, cujas áreas estão praticamente desmatadas para uso agrícola (cana-de-açúcar) ou para a implantação do complexo industrial. Nas áreas próximas ao oceano, áreas estuarinas, encontram-se os manguezais (Andrade-Lima, 1960).

A região da Bacia Cabo tem grande importância para o desenvolvimento socioeconômico do Estado de Pernambuco. Tendo como destaque o Complexo Industrial e Portuário de Suape, localizado próximo à foz dos Rios Ipojuca e Massangana, entre os municípios de Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca. Esse complexo é o grande polo de negócios industriais e portuários da região

Nordeste, localizado estrategicamente em relação às principais rotas marítimas de navegação do mundo, oferecendo uma completa infraestrutura com o objetivo de atender às necessidades dos mais diversos empreendimentos, atraindo um número crescente de empresas interessadas no mercado nacional ou internacional.

Além desse importante complexo, destaca-se o cultivo da cana-de-açúcar para a indústria sucroalcooleira, no qual ocupa grande área e tem grande importância no setor agrícola. Existe ainda a intensa movimentação turística, devido à extensa área de praias (principalmente Porto de Galinhas/Ipojuca), da presença de patrimônios histórico e arquitetônico, além do potencial para o geoturismo no qual se utilizará da geodiversidade como atrativo, podendo assegurar a conservação e o desenvolvimento sustentável do local visitado (Nascimento, 2005).

Nesse contexto de diversidade geológica, que certamente interferirá nos solos sobrejacentes, o presente estudo objetivou a caracterização morfológica, física, química e mineralógica de Argissolos e Nitossolos na Bacia Cabo visando entender sua gênese e fornecer subsídios para o meio científico e principalmente para o setor produtivo a respeito das potencialidades e limitações agrícolas e ambientais desses solos, como também para o desenvolvimento de práticas de uso e manejo sustentável das terras.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALHEIROS, M. M.; FERREIRA, M. G. V. X. Considerações Sedimentológicas e Estratigráficas sobre a Formação Cabo, Pernambuco. *Revista Brasileira de Geociências*, 19(1): 17-24, 1989.
- ANDRADE-LIMA, D. Estudos fisiogeográficos de Pernambuco. *Arquivos do IPA*, v.05, p.305-341, 1960.
- ANDRADE, M. C. O. Atlas Escolar de Pernambuco. Ed. Grafset, 1999. 112p.
- ASSIS, H. M. B. Cartografia geomorfológica do Município do Cabo de Santo Agostinho/PE. (Série Cartas Temáticas). Recife:CPRM/FIDEM, v.04. 1999. 32p.
- LIMA FILHO M. F.; PEDROSA, F. J. A.; MEDEIROS, A. B.; BRITO, M. F. I.; NÓBREGA, V. A.; ARAÚJO, R. D.; MOTA, J. A. Geologia da Bacia Cabo – PE. *Geoci.*, 15(1): 223-242, 1996.



- MABESOONE, J. M.; ALHEIROS, M. M. Origem da Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba. 18(4): 476-482, dezembro de 1988.
- MIRANDA, J. L. F. Estudo do meio físico do Município de Ipojuca/PE – Hidrogeologia (Série Recursos Hídricos). Recife: CPRM/FIDEM. v.02, 1999. 34p.
- NASCIMENTO, M. A. L.; SOUZA, Z. S.; LIMA FILHO, M. F.; SÁ, E. F. J.; CRUZ, L. R.; FRUTUOSO JÚNIOR, L. J.; ALMEIDA, C. B.; ANTUNES, A. L.; SILVA, F. C. A.; GUEDES, I. M. G. Relações Estratigráficas da Província Magmática do Cabo, Bacia de Pernambuco, Nordeste do Brasil. Estudos Geológicos, 14:3-19, 2004.
- NASCIMENTO, M. A. L.; Potencialidades geoturísticas na região do granito do Cabo de Santo Agostinho (NE do Brasil): Meio de promover a preservação do patrimônio geológico. Estudos Geológicos, 15: 3-14, 2005.
- NASCIMENTO, M. A. L.; SOUZA, Z. S.; ARNOSIO, J. M.; VASCONCELOS, P. M. Ignimbrito do Engenho Saco, Ipojuca, PE. Registro de vulcanismo explosivo cretácico na Província Magmática do Cabo. In: Winge, M. et al. Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil. 1 ed. Brasília: CPRM, 2009. v. 2. p.1 -13.
- NÓBREGA, V. A.; LIMA FILHO, M. Estudo diagenético da sucessão de rochas siliciclásticas do poço 2CP-IPE: Uma contribuição aos reservatórios da Formação Cabo. Estudos Geológicos, 13: 71-88, 2003.
- PFALTZGRAFF, P. A. S. Carta geotécnica e de susceptibilidade a processos geológicos do Município de Ipojuca/Pernambuco. Recife: CPRM/FIDEM. 1998. 18 p.

**CAPÍTULO I**  
**CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DE ARGISSOLOS DERIVADOS**  
**DE CONGLOMERADOS DA FORMAÇÃO CABO,**  
**PERNAMBUCO.**

## RESUMO

A região da bacia Cabo vem passando por forte pressão antrópica pela implantação de grandes indústrias, principalmente no campo da petroquímica, além do intenso e continuado cultivo da cana-de-açúcar, e do turismo com destaque para a praia de Porto de Galinhas. Assim, considerando a importância econômica e social da região, esse trabalho teve como objetivo caracterizar morfológica, física, química e mineralogicamente os solos desenvolvidos sobre a Formação Cabo, buscando entender sua gênese, fornecer subsídios para futuros estudos de potencialidades e limitações agrícolas e ambientais, além do desenvolvimento de práticas de seu uso e manejo sustentável. Para tanto, foi escolhida uma área de encosta, representando parte das áreas que possuem o produto da alteração dos conglomerados da Formação Cabo, onde se definiu uma topossequência de solos com três perfis alocados no topo, meia encosta e sopé da encosta, respectivamente. Os solos foram caracterizados em termos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos. Ainda foram realizados as extrações seletivas de Fe e Al com uso de DCB, e Oxalato ácido de amônio. Os resultados permitem concluir que o material de origem e a atual condição de drenagem são os fatores condicionantes para ocorrência de Argissolos Amarelos e Acinzentados esmectíticos em ambiente de mata atlântica; Os altos valores de alumínio extraído por KCl podem estar associado a formas de baixa cristalinidade e às estruturas dos minerais esmectíticos; Com base apenas na relação areia fina com areia total, e Valor de Uniformidade, apenas o perfil P2 apresenta descontinuidade litológica; O caráter endoáquico dá a impressão de que os solos possuem descontinuidade litológica, devido às alterações químicas que esse caráter proporciona; Os solos ao longo da topossequência estudada se enquadraram no SiBCS no 1º e 2º nível categórico, no entanto sugere-se a inclusão do caráter alítico para os Argissolos Acinzentados.

**Palavras-chave:** Bacia Cabo, Alumínio, caráter alítico, mata atlântica, esmectitas, pedogênese.

## Chapter 1

# CHARACTERISTICS AND GENESIS OF ALISOLS DERIVATIVES OF CONGLOMERATES CABO FORMATION, PERNAMBUCO-STATE-BRAZIL.

### ABSTRACT

The Basin Cabo region has experienced strong anthropogenic pressure by development large industries, mainly of petrochemicals, in addition to intense and continuous cultivation of sugar cane, tourism and especially the beach of Porto de Galinhas-PE-Brazil. Thus, considering the social and economic importance of the region, this study aimed to characterize morphological, physical, chemical and mineralogical soil developed on Cabo Formation, looking for to understand the genesis, promote future studies of potential limitations agricultural environmental and the development of practical use and sustainable management. Therefore, was chosen an area, that represent part of the areas product of alteration of conglomerates Cabo Formation, which defined a toposequence of soils with three profiles allocated at the top, middle slope and the base of the slope, respectively. The soils were characterized in terms of morphological, physical, chemical and mineralogical. Although selective extractions were performed Fe and Al using the DCB, and acid ammonium oxalate. The results indicate that the source material and the current condition of drainage are the determining factors for the occurrence of esmectite Ultisols in rainforest; The high values of aluminum extracted by KCl can be associated with poorly crystalline forms and structures of esmectite minerals; Based on just the relationship sandy / total sand, and Value of Uniformity, only the profile P2 has lithological discontinuity; The character endoáquico gives the impression that the soils have lithological discontinuity due to chemical changes that nature provides; The soils along the toposequence studied are consistent with the SiBCS the 1st and 2nd category level, however it is suggested the inclusion of the character alitic for Ultisols gray.

**Keywords:** Basin Cabo, Aluminium, alitic character, rainforest, smectite, pedogenesis.

## 1.1 INTRODUÇÃO

A Formação Cabo, datada do período Cretáceo Inferior, está inserida na Bacia Cabo, essa bacialocaliza-se na faixa costeira de Pernambuco, a sul da cidade de Recife. A Formação é constituída por conglomerados (granitos, gnaisses, migmatitos e micaxistos) em matiz de composição arcósiana, arcósios e argilitos micáceos (Mabesoone & Alheiros, 1988; Alheiros & Ferreira, 1989; Lima Filho et al., 1996). Esta formação teve sua deposição regida pelo rifteamento, o qual deu origem a separação do continente africano com o sul-americano (Mabesoone & Alheiros, 1988; Lima Filho et al., 1996).

A região onde está inserida a Formação Cabo apresenta um clima quente e úmido, com vegetação nativa do tipo floresta subperenifólia (mata atlântica), atualmente substituída quase totalmente pelo cultivo da cana-de-açúcar e implantação do parque industrial de Suape (Miranda, 1999).

O relevo local é representado pelas colinas resultantes do tectonismo que causaram o seu soerguimento e que resistem aos processos erosivos e de aplainamento, fazendo parte dos domínios dos mares-de-morros, caracterizado pela dissecação fluvial homogênea, exibindo feição suave ondulada com encostas convexas, possuindo uma drenagem predominantemente dendrítica com fundos de vales em U e V (Assis, 1999; Andrade, 1999; Dantas et al., 2008).

As características ambientais da região onde ocorre a Formação Cabo propiciam a formação de solos espessos, sob intenso intemperismo, apresentando algumas áreas que sofrem erosão e outras deposições de sedimentos (Dantas et al., 2008; Lepch, 2011). Com isso, é possível a ocorrência de solos com misturas de distintos materiais de origem, resultando em descontinuidade litológica, o que caracterizaria solos com distinta granulometria, propriedades químicas e mineralógicas dentro do perfil.

Estudos detalhados de caracterização e gênese dos solos dessa unidade litoestratigráfica são escassos, exceto a descrição de um perfil no Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado de Pernambuco (Brasil, 1972), onde o solo foi classificado como PODZÓLICO VERMELHO AMARELO com argila de atividade alta, abráptico, textura argilosa, fase floresta subperenifólia e relevo ondulado. De acordo com os resultados analíticos o horizonte B diagnóstico deste solo apresenta teor de alumínio acima de 4 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> de solo, saturação por alumínio acima de 80% e argila de atividade alta, com

textura argilosa e muito argilosa. Solos com propriedades semelhantes no Nordeste foram encontrados no Estado da Bahia, região cacauzeira e Recôncavo Baiano (Brasil, 1977) ; no município de Pinheiro, no Estado do Maranhão (Anjos et al., 2007), e no Estado de Alagoas (Embrapa, 1975).

De acordo com Embrapa (2006), Argissolos possuem horizonte B textural imediatamente abaixo de um horizonte A ou E, com o horizonte B textural devendo possuir argila de atividade baixa, ou argila de atividade alta com saturação por alumínio também alta. Os Argissolos Acinzentados têm cores acinzentadas na maior parte dos primeiros 100 cm do B (inclusive BA), com matiz 7,5YR ou mais amarelo, valor maior ou igual a 5 e cromas menores que 4, enquanto os Argissolos Amarelos apresentam matiz igual ou maior do que 7,5YR e croma maior do que quatro na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). A cor nos Argissolos Acinzentados é devido as condições de má drenagem, e/ou conforme a natureza do material de origem, onde são encontrados esses solos.

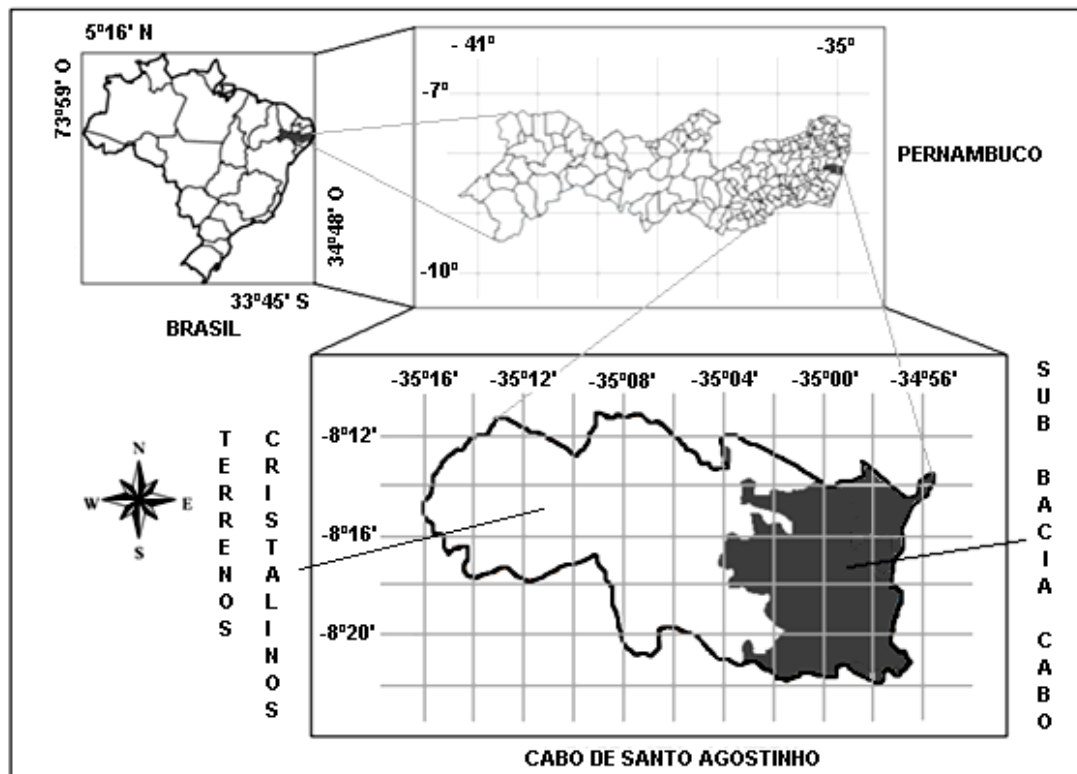
De uma forma geral, a grande maioria dos Argissolos Amarelos e os Acinzentados descritos possuem textura média a argilosa, podendo ocorrer horizontes superficiais arenosos. A mineralogia da fração areia é predominantemente composta por quartzo, já a fração argila é dominada pela caulinita, com valores de Ki ao redor de 2,0, além de goethita, que é a responsável pela cor amarelada desses solos (Demattê et al., 1996; Melo et al., 2002; Giarola et al., 2009). São solos comumente encontrados na região amazônica e nos tabuleiros costeiros (Corrêa et al., 2008 a; Araújo, 2004).

A região da bacia Cabo vem passando por forte pressão antrópica pela implantação de grandes indústrias, principalmente no campo da petroquímica, além do intenso e continuado cultivo da cana-de-açúcar, e do turismo, com destaque para a praia de Porto de Galinhas. Assim, considerando a importância econômica e social da região, esse trabalho teve como objetivo caracterizar morfológica, física, química e mineralogicamente os solos desenvolvidos sobre a Formação Cabo, buscando entender sua gênese, fornecer subsídios para futuros estudos de potencialidades e limitações agrícolas e ambientais, além do desenvolvimento de práticas de seu uso e manejo sustentável.

## 1.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 1.2.1 Localização e caracterização da região de estudo

A área de estudo está localizada na Bacia Cabo, faixa costeira sul do Estado de Pernambuco, precisamente na porção leste do Município do Cabo de Santo Agostinho (Figura 2.1).



**Figura 1.1** – Mapas com a localização da área de estudo, adaptado de CPRM (2005).

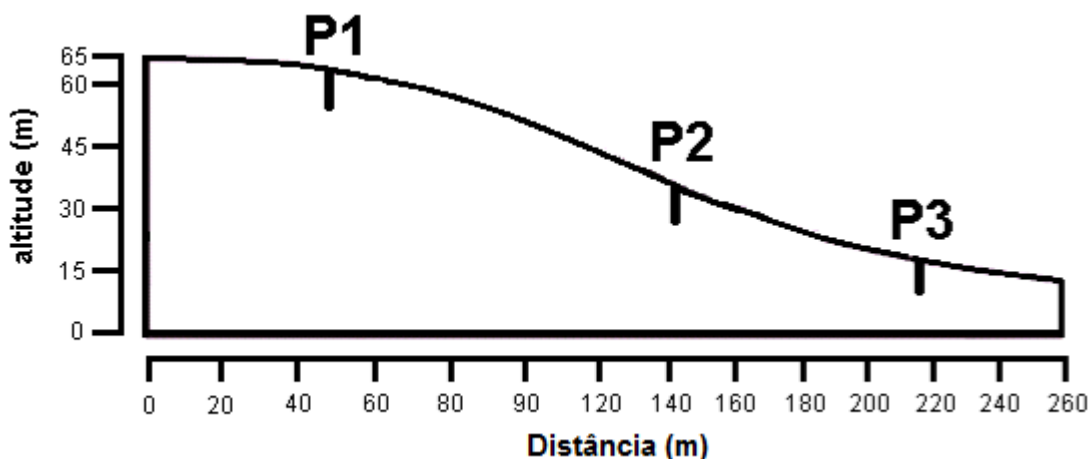
O material de origem é o saprólito derivado da decomposição dos conglomerados da Formação Cabo. O relevo é formado pelas colinas da zona da mata, Domínio dos Mares-de-Morros, com áreas que têm sofrido retrabalhamento intenso, apresentando-se bastante dissecado e com vales profundos com incisão da drenagem fluvial homogênea, exibindo feição suave ondulada com encostas convexas e altitudes não excedendo os 80 m, possuindo uma drenagem predominantemente dendrítica, com vales profundos e em formas de U e V (Assis, 1999; Andrade, 1999; CPRM, 2005; Dantas et al., 2008).

O clima da região é quente e úmido, tipo As' (segundo a classificação de Köppen), com precipitação pluvial média anual de 2.160 mm, cujo período chuvoso ocorre de fevereiro a agosto, e apresentando temperatura média de 25 °C (Assis, 1999).

A vegetação nativa é predominantemente do tipo floresta subperenifólia, distribuída nos ecossistemas de Mata Atlântica e Restingas, cujas áreas estão praticamente desmatadas para uso agrícola (principalmente cana-de-açúcar) ou para a implantação do complexo industrial de Suape (Andrade-Lima, 1960).

### 1.2.2 Seleção dos perfis, coleta e preparo das amostras de solos.

Os perfis foram alocados em área de vegetação nativa no Engenho Guerra, localizado no município de Cabo de Santo Agostinho. Foi escolhida uma área de encosta, representando parte das áreas cobertas pelo produto da alteração dos conglomerados da Formação Cabo, onde se definiu uma topossequência de solos com três perfis (P1, P2 e P3) alocados no topo, meia encosta e sopé da encosta, respectivamente (Figura 2.2). A localização dos perfis consta na tabela 1.1.



**Figura 1.2** - Situação dos perfis na topossequência, onde P1 = Perfil 1 (topo), P2 = Perfil 2 (meia encosta) e P3 = Perfil 3 (sopé).

**Tabela 1.1-** Coordenadas e altitude dos perfis estudados.

Perfil	Coordenada	Altitude (m)
P1 (Topo)	8° 15' 32" S 35° 1' 16" W	63,5
P2 (Meia encosta)	8° 15' 34" S 35° 1' 24" W	41,5
P3 (Sopé)	8° 15' 36" S 35° 1' 22" W	16,9

A caracterização morfológica e a coleta das amostras deformadas de cada horizonte do solo foram feitas conforme as recomendações do Manual de



Descrição e Coleta de Solos no Campo de Santos et al. (2005). Os solos foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (Embrapa, 2006).

As análises químicas e físicas foram efetuadas em material seco ao ar, que foi pesado, destorroado e passado em tãmis com malha de 2 mm de abertura, obtendo-se assim a terra fina seca ao ar (TFSA), como descrito no Manual de Métodos de Análise de Solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa (1997).

As frações maiores que 2 mm (cascalhos, 2-20 mm) foram colocadas em recipientes e adicionado água e NaOH 1 mol L<sup>-1</sup> na proporção 1:1 até cobrir toda a amostra, agitando-se várias vezes durante o dia com o auxílio de um bastão e permanecendo por uma noite nesta solução. Em seguida foram lavadas abundantemente com água corrente visando a remoção completa das frações menores que 2 mm, em seguida foram secas em estufa e pesadas para o cálculo das suas percentagens em relação ao peso total da respectiva amostra (Embrapa, 1997).

### **1.2.3 Análises físicas**

Foram realizadas as análises físicas seguindo os métodos recomendados pela Embrapa (1997), em que se determinou a granulometria, argila dispersa em água, densidade do solo e densidade das partículas.

A análise granulométrica foi realizada pelo método do densímetro, utilizando NaOH como dispersante químico. A agitação física do solo utilizada foi lenta, empregando o agitador rotatório tipo Wagner a 50 rpm por 16 h (Mauri et al., 2011). A leitura do densímetro foi realizada 16 h após a agitação da proveta com um bastão. A argila dispersa em água foi determinada semelhante à granulometria, diferindo apenas por usar água como dispersante.

A densidade do solo (Ds) foi obtida pelo método do anel volumétrico e a densidade das partículas (Dp) pelo método do balão volumétrico, utilizando-se o álcool etílico como líquido penetrante.

A partir desses resultados foram calculados: porosidade total, grau de floculação, relação silte/argila e a possível ocorrência de descontinuidade litológica no perfil, a qual foi calculada pela relação areia fina/areia total e o Valor de Uniformidade conforme Bortoluzzi et al. (2008).

O cálculo do Valor de Uniformidade (VU) foi realizado pela razão entre a granulometria de um horizonte superior (numerador) e a do horizonte subjacente (denominador), onde valores que não estão entre 0,61 e - 0,61 indicam descontinuidade litológica. Os valores quanto mais próximos de zero, mais provável é a similaridade do material de origem dos dois horizontes em questão.

$$VU = \left\{ \left[ \frac{(S + AF)}{(A - AF)} \right]_{\text{horizonte superficial}} / \left[ \frac{(S + AF)}{(A - AF)} \right]_{\text{horizonte subjacente}} \right\} - 1,0.$$

S = fração silte; A = fração areia e AF = fração areia fina, com valores em percentagem.

#### 1.2.4 Análises químicas

As análises químicas de rotina para fins de classificação de solos foram realizadas conforme Embrapa (2009): pH em água e KCl 1 mol L<sup>-1</sup> (relação 1:2,5); Acidez potencial pelo método do acetato de cálcio 1mol L<sup>-1</sup>; Na e K trocáveis extraídos pelo extrator Mehlich-1 e determinados por fotômetro de chama; Ca, Mg e Al trocáveis extraídos por solução de KCl 1mol L<sup>-1</sup> e determinados por espectroscopia de absorção atômica; Carbono orgânico determinado pelo método do Walkey-Black; Fósforo disponível extraído por Mehlich-1 e determinado por colorimetria.

Com os resultados analíticos obtidos foram calculados: Variação de pH ( $\Delta$ pH), Soma de Bases Trocáveis (Valor S), Capacidade de Troca de Cátions (CTC), Percentagem de Saturação por Bases (Valor V), Percentagem de Saturação por Alumínio (m) e Atividade da Argila (T arg).

#### 1.2.5 Digestão sulfúrica

Os elementos Si, Al e Fe foram extraídas por digestão sulfúrica seguida pela digestão alcalina, utilizando metodologia proposta por Vettori (1969). A extração foi realizada nas amostras de TFSA. Para tanto utilizou 1,0 g por amostra, as quais foram maceradas em cadinho de ágata e passadas em peneira de 0,5 mm. Estas amostras foram colocadas em tubos de digestão de 75 mL, juntamente com 20 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (relação 1:1 com H<sub>2</sub>O destilada), levadas à placa digestora para aquecer a uma temperatura de cerca 180 °C e deixadas fervendo por meia hora.

Ao esfriarem, foram adicionadas 50 mL de água destilada, e em seguida filtradas em papel-filtro faixa azul para balões de 250 mL.

O resíduo do papel de filtro foi usado para a digestão alcalina, no qual foi determinado o teor de  $\text{SiO}_2$  por gravimetria. Já o extrato da digestão sulfúrica foi utilizado para determinação do  $\text{Al}_2\text{O}_3$  por titulação e do  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  por espectrofotometria de absorção atômica.

### **1.2.6 Ferro e Alumínio extraídos por DCB e Oxalato ácido de amônio**

Amostras da TFSA dos horizontes A, Bt (Bt2 para o Perfil 2) e Cr de todos os perfis foram maceradas em almofariz de ágata e passadas em peneiras com malha de 80 mesh para realização das extrações químicas.

Para a extração de Fe e Al relativo aos óxidos de ferro pedogênicos ( $\text{Fe}_d$ ) e óxidos de alumínio ( $\text{Al}_d$ ) utilizou-se o método do Ditionito-Citrato-Bicarbonato de sódio (DCB) a  $80^\circ\text{C}$ . Foram realizadas três extrações sucessivas, empregando o método descrito por Mehra & Jackson (1960) com as modificações realizadas por Inda Junior & Kämpf (2003).

Para extração de Fe e Al relativo aos óxidos de ferro de baixa cristalinidade ( $\text{Fe}_o$ ) e óxidos de Alumínio ( $\text{Al}_o$ ), a extração foi realizada com solução de oxalato ácido de amônio ( $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )  $0,2\text{mol L}^{-1}$  a pH 3, no escuro em uma única extração (Schwertmann, 1964).

A partir dos resultados obtidos, foram calculadas as relações  $\text{Fe}_o/\text{Fe}_d$  e  $\text{Al}_o/\text{Al}_d$ .

### **1.2.7 Análises mineralógicas**

As análises mineralógicas foram realizadas nas frações: areia grossa, areia fina, silte e argila, dos horizontes superiores, medianos e inferiores de cada perfil.

Primeiramente foi feita a eliminação da matéria orgânica na TFSA, utilizando peróxido de hidrogênio (Jackson, 1975), depois a dispersão (química com NaOH e mecânica com agitador tipo “Wagner” por 16 h) das frações granulométricas, que possibilitou a separação da areia por peneiramento úmido.

A separação da fração argila da fração silte foi realizada por sifonação. Após cada coleta, o volume de cada proveta era completado com o dispersante

NaOH, mantendo o pH entre 8,0 e 8,5. Esse procedimento repetiu-se por várias vezes até a total retirada da fração argila e limpeza da fração silte.

Os difratogramas foram obtidos empregando-se um Difratorômetro de Raios X modelo Shimadzu XRD 6000, operando a uma tensão de 40 kV, com corrente de 20 mA e radiação de  $K\alpha$  do Cu, com monocromador de cristal de grafite acoplado.

As amostras de areia grossa, areia fina e silte foram analisadas apenas na forma de pó não orientado depois de macerada em almofariz de ágata e passadas em peneira de 48 mesh, enquanto a fração argila também foi analisada como argila natural (pó não orientado) e como agregados orientados sobre lâminas de vidro após serem submetidas aos pré-tratamentos de eliminação de carbonatos e óxidos de ferro, de acordo com os métodos preconizados por Jackson (1975).

A amplitude de varredura nas amostras em pó foi de 5 a  $70^\circ 2\theta$ , e nas amostras na forma de agregados orientados sobre lâmina de vidro foi de 3 a  $33^\circ 2\theta$ , todas à velocidade de registro de  $1^\circ 2\theta \text{ min}^{-1}$ .

Com o objetivo de caracterizar os filossilicatos nas amostras estudadas, a fração argila submetida aos pré-tratamentos supracitados foram saturadas com KCl e analisadas sob temperatura ambiente e aquecidas a  $110^\circ$ ,  $300^\circ$  e  $550^\circ\text{C}$ , identificadas como K25; K110; K300 e K550, respectivamente. As amostras também foram saturadas por  $\text{MgCl}_2$  e analisadas sob temperatura ambiente, identificadas por Mg e posteriormente solvatadas com glicerol (Mg-Gli). A disposição das argilas sobre a lâmina de vidro foi realizada sob a forma de esfregão, obtendo-se assim a amostra orientada.

As amostras em que foram identificadas minerais esmectíticos foram submetidas ao teste de Li (Greene Kelly, 1953), com o objetivo de verificar o efeito Hofmann e Klemen. O tratamento consta da saturação da amostra com  $\text{LiCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$ , seguido de aquecimento a  $270^\circ \text{C}$  durante 9 horas. Ao final, os DRXs foram realizados com os agregados orientados após o aquecimento (Li270) e solvatadas em glicerol (Li270Gli) (Lim & Jackson, 1986).

Os critérios empregados para interpretação dos difratogramas e na identificação dos minerais constituintes das frações silte e argila foram: espaçamento interplanar (d), forma, largura e intensidade dos picos e comportamento frente aos tratamentos, conforme apresentado por Brown & Brindley (1980) e Moore & Reynolds (1989).

## 1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1.3.1 Atributos morfológicos

As propriedades morfológicas estão descritas na tabela 1.2, e as imagens dos perfis estão apresentadas nas figuras 1.3, 1.4 e 1.5.

No topo da topossequência, onde está localizado o perfil P1, o relevo foi caracterizado como plano a suave ondulado. Em P2 que está localizado na meia encosta, o relevo é ondulado a forte ondulado e no P3 é ondulado (Ver figura 1.2 e apêndice 1). Apesar do Perfil P1 encontrar-se em posição de topo plano, o mesmo apresentou menor profundidade do *solum* (75 cm) em relação ao P2 (148 cm) e P3 (115 cm). A menor profundidade pode estar associada ao processo erosivo, por este perfil ter sido coletado próximo ao ombro do relevo.

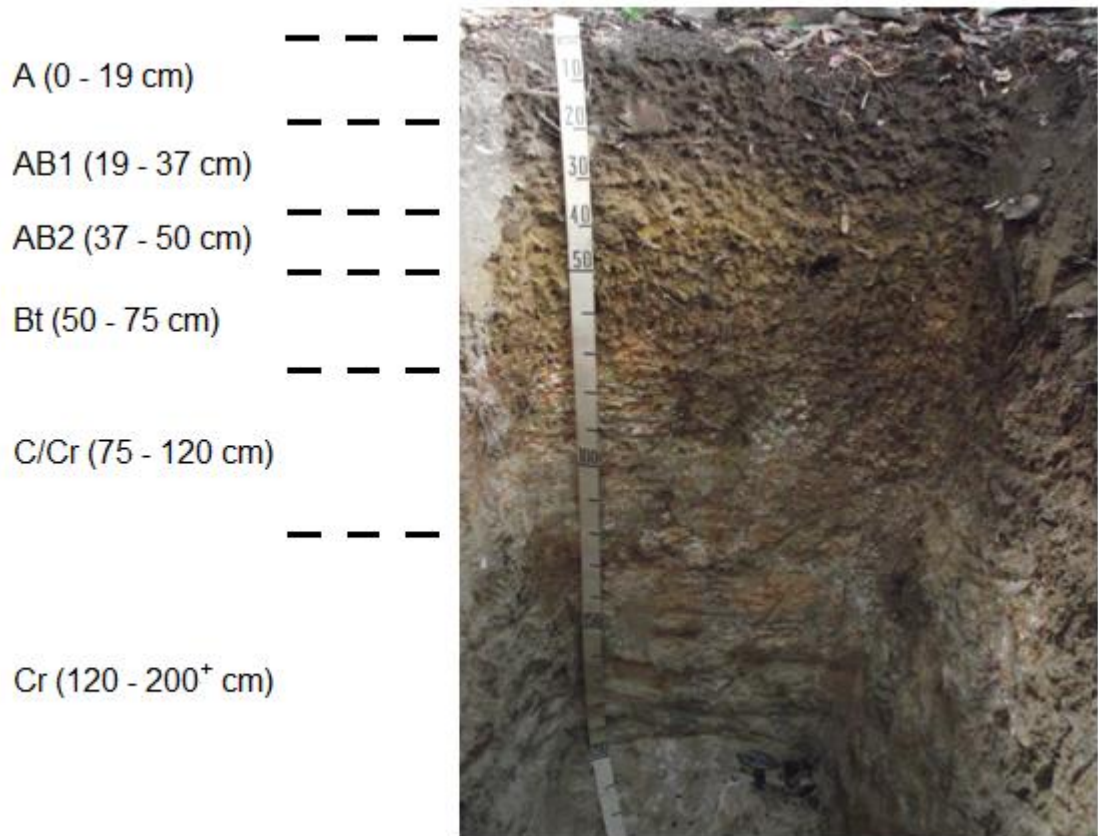
A drenagem nos perfis P1 e P2 apresenta-se moderada, enquanto no perfil P3 vai de moderada a imperfeitamente drenada (Ver apêndice 1). A variação da drenagem da topossequência é efeito principalmente da posição no relevo, onde o P3 encontra-se na posição mais baixa da paisagem. Outro fator pode estar associado aos horizontes subsuperficiais adensados, maior densidade dos solos (Ver tabela 1.3), o que confere predomínio de microporos, interferindo na dinâmica de água no solo.

Os perfis apresentam sequência de horizontes A, AB, Bt, BC e Cr. Porém, o perfil P3 possui o horizonte transicional BA, enquanto o perfil P1 possui o horizonte C/Cr no lugar do BC. As transições entre horizontes foram claras ou graduais, planas ou onduladas, mas no perfil P1 entre os horizontes Bt e C/Cr é abrupta e descontínua.

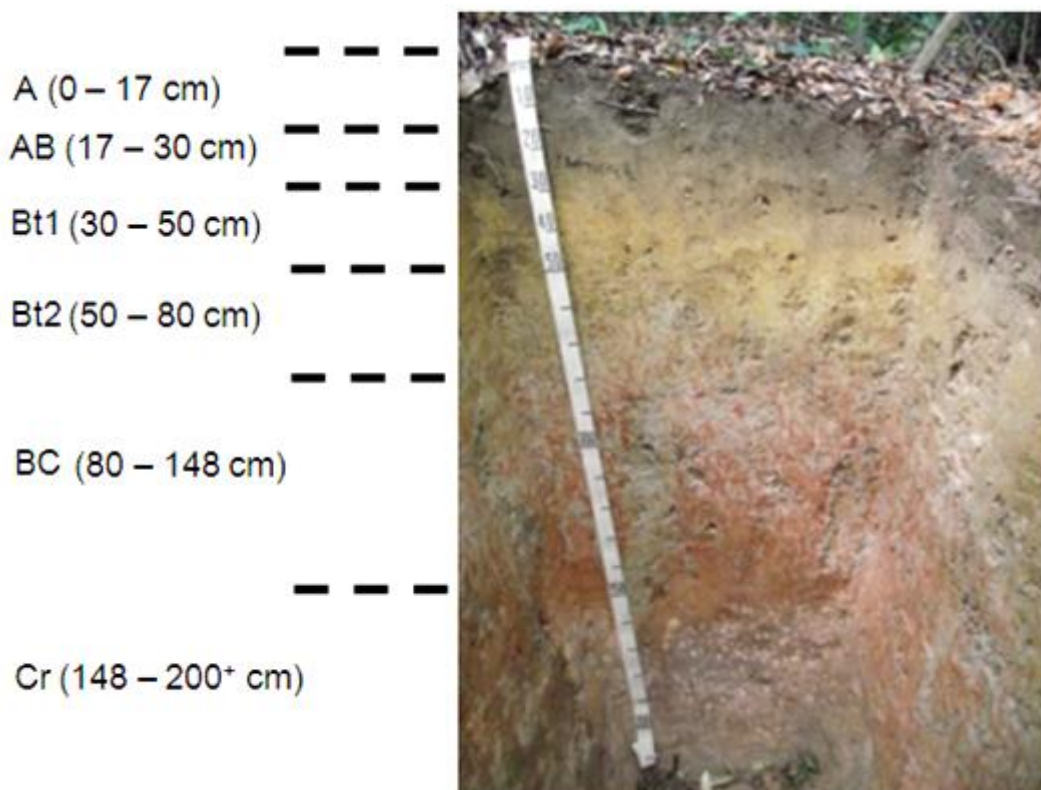
De forma geral, os solos apresentam os horizontes superficiais escurecidos e o horizonte B diagnóstico amarelado seguido de horizonte/camada mais claro, com todos os perfis apresentando matiz igual a 10YR, exceto os horizontes Bt e BC de P3, que apresentaram matiz de 2,5Y. Essa variação de cores também é encontrada em outros Argissolos Acinzentados (Lima et al., 2004; Lima Neto et al., 2009).

Os horizontes superiores possuem cores brunadas devido à influência da matéria orgânica proveniente da serrapilheira da mata. A cor amarela pode estar associada aos óxidos de ferro do tipo goethita, no qual a sua formação é propiciada pelos baixos teores de ferro no material de origem, e pela umidade relativamente alta. Enquanto a cor acinzentada é devido à redução e remoção

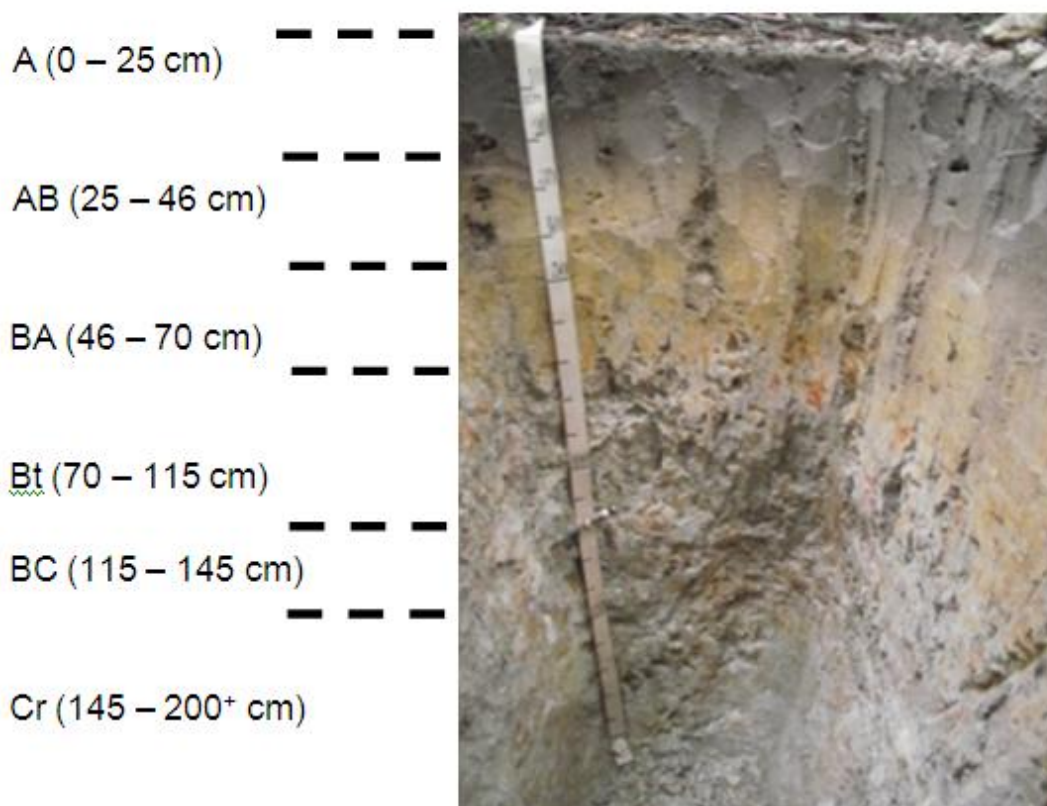
do ferro causada pelo encharcamento (Sousa, 2006; Coringa et al., 2012) (Ver figuras 1.3 a 1.5).



**Figura 1.3**– Distribuição e classificação dos horizontes do ARGISSOLO AMARELO (P1).



**Figura 1.4** – Distribuição e classificação dos horizontes do ARGISSOLO ACINZENTADO (P2).



**Figura 1.5** – Distribuição e classificação dos horizontes do ARGISSOLO ACINZENTADO (P3).

**Tabela 1.2 - Atributos morfológicos dos perfis de uma topossequência na Formação Cabo.**

Horiz.	Prof.	Cor Munsell (úmido)		Textura	Estrutura			Consistência			Transição
		Matriz	Mosqueado <sup>(1)</sup>		Grau	Tamanho	Forma	Seca	Úmida	Molhada	
<b>P1 - ARGISSOLO AMARELO -Topo</b>											
A	0-19	10YR 4/2	—	Franco-argilo-arenosa	Moderada	Pequena e média	Granular	Dura e Muito dura	Friável	Plástica e pegajosa	Gradual e ondulada
AB1	19-37	10YR 5/3	—	Franco-argilo-arenosa	Fraca	Pequena	Blocos subangulares	Muito dura	Friável	Plástica e pegajosa	Gradual e ondulada
AB2	37-50	10YR 5/6	—	Franco-argilo-arenosa	Moderada	Pequena e média	Blocos Subangulares e angulares	Muito dura	Muito firme	Muito plástica e muito pegajosa	Clara e ondulada
Bt	50-75	10YR 6/4	2,5YR 4/6 Ab, Pro	Argila	Moderada	Pequena/Peq. e média	Prismática/Blocos angulares	Extremamente dura	Muito firme	Muito plástica e muito pegajosa	Abrupta e descontínua
C/Cr	75-120	—	—	Franco-argilo-arenosa	Maciça	—	—	Extremamente dura	Muito firme	Ligeiramente plástica e lig. pegajosa	Clara e ondulada
Cr	120-200 <sup>+</sup>	—	—	Franco-arenosa	Maciça	—	—	Muito dura	Friável	Ligeiramente plástica e lig. pegajosa	—
<b>P2- ARGISSOLO ACINZENTADO-Meia encosta</b>											
A	0-17	10YR 4/3	—	Franco-arenosa	Moderada	Pequena e Média	Granular	Dura	Friável	Ligeiramente plástica e lig. pegajosa	Clara e plana
AB	17-30	10YR 5/4	—	Franco-arenosa	Fraca	Pequena e Média	Blocos subangulares	Muito dura	Friável	Ligeiramente plástica e lig. pegajosa	Gradual e ondulada
Bt1	30-50	10YR 5/6	—	Argila-arenosa	Fraca	Pequena e Média	Blocos subangulares	Extremamente dura	Firme	Muito plástica e muito pegajosa	Gradual e plana
Bt2	50-80	10YR 5/4	2,5YR 5/6 Co, Pro	Franco-argilosa	Moderada	Pequena e Média	Blocos angulares	Extremamente dura	Muito firme	Muito plástica e muito pegajosa	Gradual e plana
BC	80-148	10YR 6/2	10R 4/6 Ab, Pro	Franco-argilosa	Fraca	Pequena e Média	Blocos angulares	Extremamente dura	Muito firme	Muito plástica e muito pegajosa	Clara e plana
Cr	148-200 <sup>+</sup>	—	—	Franco-argilo-arenosa	—	—	—	Dura	Friável	—	—

<sup>(1)</sup>Co: comum; Ab: abundante; Pro: proeminente.

**(Continua na próxima página)**



... Continuação

Horiz.	Prof.	Cor Munsell (úmido)		Textura	Estrutura			Consistência			Transição
		Matriz	Mosqueado <sup>(1)</sup>		Grau	Tamanho	Forma	Seca	Úmida	Molhada	
<b>P3- ARGISSOLO ACINZENTADO– Sopé</b>											
A	0-25	10YR 4/2	—	Franco-arenosa	Fraca	Pequena e Média	Granular e Blocos subangulares	Dura	Friável	Ligeiramente plástica e lig. pegajosa	Gradual e plana
AB	25-46	10YR 5/3	7,5YR 5/6 Co, Dis	Franco-arenosa	Maciça moderadamente coesa	—	—	Muito dura	Friável	Ligeiramente plástica e lig. pegajosa	Gradual e plana
BA	46-70	10YR 7/3	7,5YR 5/8 Ab, Dis	Franco-argilo-arenosa	Maciça moderadamente coesa	—	—	Muito dura	Firme	Plástica e pegajosa	Clara e plana
Bt	70-115	2,5Y 7/2	2,5YR 4/6 Po, Pro	Franco-argilo-arenosa	Fraca	Média	Prismática e Blocos angulares	Extremamente dura	Muito firme	Muito plástica e muito pegajosa	Gradual e plana
BC	115-145	2,5Y 7/2	10R 4/8 Ab, Pro	Franco-argilo arenosa	Maciça Coesa	Pequena e Média	Blocos angulares	Extremamente dura	Muito firme	Plástica e pegajosa	Clara e ondulada
Cr	145-200*	—	—	Franco-argilo arenosa	—	—	—	Extremamente dura	—	—	—

<sup>(1)</sup>Po: pouco; Co: comum; Ab: abundante; Dis: distinto; Pro: proeminente.

Em todos os perfis observou-se a presença de mosqueados, sendo em P1 e P2 a partir de 50 cm, enquanto em P3 esta feição foi observada a partir de 25 cm. Os mosqueados indicam a ocorrência de ciclos alternados de umedecimento e secagem, esses ciclos interferem significativamente nas condições geoquímicas as quais os solos estão submetidos (Souza et al., 2006).

Os mosqueados ocorrem em quantidade comum a abundante (ocorrendo em pouca quantidade apenas no horizonte Bt do P3), de cor vermelha, distintos ou proeminentes, porém não ocorrendo à presença de plintita. Mosqueados são características de Plintossolos, mas também é comum em Argissolos encontrados em ambientes com ciclo de redução e oxidação (Anjos et al., 2007; Corrêa et al., 2008 a; Lima neto et al., 2009)

A textura dos perfis estudados é média/argilosa em P1 e P2, e média em P3. A estrutura dos três perfis é de tamanho pequeno e médio. Os horizontes superficiais, devido à presença de matéria orgânica, apresentam a forma granular, com grau de desenvolvimento variando de fraco a moderado. Nos horizontes subsuperficiais predomina a estrutura do tipo blocos subangulares e angulares. No horizonte Bt dos perfis P1 e P3 ocorrem a estrutura prismática, a qual está comumente associada aos argilominerais 2:1 expansíveis e a má drenagem (Brady et al., 2007).

Os horizontes AB e BA do perfil P3 a estrutura é maciça moderadamente coesa e coesa em BC. Esta propriedade está associada à consistência dura a extremamente dura quando secos e friáveis a firmes quando úmidos, o que define caráter coeso, sendo frequentemente encontrado em Argissolos de Tabuleiros Costeiros (Embrapa, 2006; Lima Neto et al., 2009). Em solo alagado o ar é substituído pela água nos espaços porosos e o ar que sobra é comprimido pela água, resultando na destruição dos agregados (Souza et al., 2006), classificando-se assim como maciça.

A alta dureza, plasticidade e pegajosidade observadas nos horizontes subsuperficiais estão relacionadas aos teores de argila acima de 20%, a forte ocorrência de argilominerais do tipo 2:1, virtual ausência de óxidos de ferro e alumínio, e aos baixos teores de matéria orgânica (Reichert et al., 2010).

A quantidade de raízes sofre forte influência das condições de impedimento a drenagem e a alta densidade do solo, causando impedimento ao desenvolvimento das raízes. No perfil P3 ocorre menor volume de raízes ao

longo do perfil, associado ao solo que apresenta o caráter coeso (Ver apêndice 1).

Observou-se que é comum a presença de superfícies de compressão no P1 (AB2 e Bt) e no P2 (Bt2) (Ver apêndice 1). Esta feição possivelmente está associada à mineralogia da fração argila, onde ocorre minerais esmectíticos e aos ciclos de umedecimento e de secagem que ocorrem nestes solos.

### **1.3.2 Atributos físicos**

Observando a tabela 1.3, percebe-se a pequena participação das frações > 2 mm, cujos valores não ultrapassam 2%. Este fato pode estar associado à origem sedimentar desses solos, associado ao clima úmido e quente, promovendo o intemperismo dos fragmentos maiores dos conglomerados, os quais deram origem a estes solos.

De acordo com a análise granulométrica os solos apresentam predomínio da fração areia sobre as demais frações em todos os horizontes (exceto no Bt do perfil P1, onde predomina a fração argila), sendo os teores da areia grossa superiores aos teores de areia fina. Esse predomínio da areia é devido a resistência ao intemperismo dos minerais que formam o material de origem, fragmentos de granito, constituintes do Conglomerado, que é composto principalmente por quartzo, seguido de feldspato.

Os teores de silte aumentam com a profundidade, resultado esse também visto por Souza et al. (2010), que avaliaram a influência dos diversos fatores pedogenéticos na formação e evolução de Argissolo e Cambissolos em brejos de altitude no Sertão Pernambucano, e afirmou que esse aumento é devido a menor ação do intemperismo à medida que se distancia da superfície.

Os horizontes A e AB dos perfis ao longo de toda a topossequência possuem os mais altos valores de relação silte/argila ( $\geq 0,8$ ), os maiores teores de argila dispersa em água e conseqüentemente os mais baixos valores de grau de floculação em relação aos horizontes subsuperficiais (B e C). Fato esse semelhante ao ocorrido nos Argissolos estudados por Santos et al. (2010), que também estudou solos numa topossequência em ambiente de mar de morros. Eles afirmam que o baixo grau de floculação nos horizontes superficiais favorece a remoção seletiva e também a translocação das argilas, resultando na elevação do gradiente textural dos Argissolos.

**Tabela 1.3-** Atributos físicos dos perfis de uma topossequência na Formação Cabo.

Horizontes		Frações da amostra total		Granulometria da TFSA					Argila dispersa em H <sub>2</sub> O	Grau de flocculação	Silte		Areia Fina		Densidade		Porosidade Total
Símbolo	Prof.	Cascalho	TFSA	Areia			Silte	Argila			Argila	Areia Total	VU	solo	partícula		
	Cm	20-2mm	<2mm	Grossa	Fina	Total	g kg <sup>-1</sup>			%		g cm <sup>-3</sup>		%			
<b>P1 - ARGISSOLO AMARELO - Topo</b>																	
A	0-19	0	100	342	236	578	187	235	182	23	0,80	0,41	- 0,1	1,40	2,52	44	
AB1	19-37	1	99	335	254	589	205	206	76	63	0,99	0,43	0,3	1,49	2,56	42	
AB2	37-50	2	98	372	206	578	196	226	178	21	0,87	0,36	- 0,4	1,38	2,63	48	
Bt	50-75	0	100	208	166	374	195	431	33	92	0,45	0,44	0,5	1,56	2,67	42	
C/Cr	75-120	1	99	323	157	480	222	298	27	91	0,75	0,33	0,0	1,61	2,70	41	
Cr	120-200 <sup>+</sup>	1	99	374	202	576	236	188	10	94	1,26	0,35	-	-	2,63	-	
<b>P2 - ARGISSOLO ACINZENTADO - Meia encosta</b>																	
A	0-17	0	100	424	298	722	124	154	134	13	0,80	0,41	0,0	1,31	2,55	49	
AB	17-30	2	98	429	259	688	169	142	136	5	1,19	0,38	- 0,3	1,50	2,61	43	
Bt1	30-50	1	99	272	180	452	184	364	43	89	0,37	0,40	0,0	1,53	2,60	41	
Bt2	50-80	1	99	267	152	419	201	380	28	93	0,53	0,36	- 0,2	1,51	2,65	43	
BC	80-148	1	99	234	177	411	234	355	6	98	0,66	0,43	0,8	1,62	2,65	39	
Cr	148-200 <sup>+</sup>	1	99	368	123	491	246	263	11	96	0,93	0,25	-	-	2,67	-	
<b>P3 - ARGISSOLO ACINZENTADO - Sopé</b>																	
A	0-25	0	100	500	277	777	132	91	91	0	1,45	0,36	- 0,1	1,46	2,65	45	
AB	25-46	1	99	455	270	725	155	121	111	8	1,27	0,37	0,5	1,63	2,63	38	
BA	46-70	2	98	462	180	642	111	247	21	92	0,45	0,28	- 0,1	1,68	2,65	37	
Bt	70-115	1	99	388	172	560	109	331	28	91	0,33	0,31	- 0,4	1,77	2,67	34	
BC	115-145	1	99	312	162	474	208	319	17	95	0,65	0,34	- 0,3	1,53	2,67	43	
Cr	145-200 <sup>+</sup>	2	98	271	186	457	254	290	11	96	0,88	0,41	-	-	2,61	-	

VU: Valor de Uniformidade

O valor de uniformidade (VU) dos solos está entre 0,61 e - 0,61, que segundo Schaetzl (1998) pressupõe uniformidade litológica, logo se tratam de solos autóctones. No entanto, entre os horizontes BC e o Cr do P2, o VU foi igual a 0,8, valor esse fora da faixa citada anteriormente, denotando desuniformidade no material de origem entre esses horizontes, logo, possivelmente este perfil seria alóctone.

Quanto à razão entre a areia fina e a areia total, a maior variação entre os horizontes do perfil P1 é 0,11 (entre Bt e C/Cr) e do P3 é 0,09 (entre AB e BA). No perfil P2 a maior amplitude é 0,18 (entre BC e Cr), confirmando o contraste entre os horizontes BC e o Cr visto pelo VU, porém, essa amplitude foi menor do que encontrado nos Argissolos estudados por Bortoluzzi (2008), que encontrou amplitude igual a 0,19 e mesmo assim não considerou descontinuidade litológica. Contudo, é necessária a determinação de outras propriedades para confirmar a presença de descontinuidade litológica (Schaetzl, 1998).

A densidade do solo (Ds) apresenta valores variando de 1,38 a 1,77 g cm<sup>-3</sup>. Em profundidade, o aumento da densidade dos solos pode estar associado à diminuição dos teores de matéria orgânica, ao aumento dos percentuais de areia e silte, ao tipo de estrutura e ao adensamento causado pela iluviação de argila (Ferreira, 2010; Santos et al., 2010).

Os maiores valores da Ds estão nos horizontes cuja estrutura é maciça (moderadamente coesa, e coesa) e consistência extremamente dura quando seca, conforme também visto no estudo de Lima Neto et al., (2009), que estudou a gênese do caráter coeso em Latossolos e Argissolos de tabuleiros costeiros. Eles afirmam que os maiores valores de densidade do solo em horizontes coesos sugerem que este atributo é um importante indicador para avaliar a presença de coesão.

A densidade das partículas dos horizontes superficiais, principalmente dos perfis P1 e P2, possui os menores valores, pois sofre influência da matéria orgânica (Brady & Weil, 2007). Em toda a topossequência os valores variaram de 2,52 a 2,70 g cm<sup>-3</sup>, com médias 2,62 (perfis P1 e P2) e 2,65 (perfil P3), o que indica a presença dominante de minerais félsicos, principalmente quartzo e feldspatos, confirmada pela análise mineralógica das frações areia e silte (Figuras 2.6 e 2.7).

Quanto a porosidade total, os valores variaram de 34 a 49 %, ocorrendo os maiores valores nos horizontes superficiais, que coincide com as menores densidades do solo em relação aos horizontes subsuperficiais, como verificado no trabalho de Oliveira et al. (2009), onde explica que a porosidade nos horizontes superficiais é maior devido ao tamanho das unidades estruturais que é menor nesses horizontes, permitindo a formação de mais poros do que pode ser encontrado nos horizontes subsuperficiais que apresentam maiores unidades estruturais.

No perfil P3 ocorre os menores valores de porosidade, talvez devido à estrutura maciça coesa, em que a iluviação da argila causa o preenchimento dos poros, como sugerido por Corrêa et al. (2008 a) em horizontes coesos em ambientes de tabuleiros costeiros.

### **1.3.3 Atributos químicos**

Os resultados dos atributos químicos encontram-se organizados na tabela 1.4. O pH em água dos solos estudados, ao longo da topossequência, aumenta com a profundidade e também no sentido decrescente da topossequência, com o menor valor no horizonte superficial do topo (perfil P1, pH 3,7) e o maior valor no Cr do sopé (perfil P3, pH 5,3). Nos horizontes A, AB do P1 e A do P2 o pH é extremamente ácido, e nos demais horizontes é fortemente ácido, de acordo com a referência citada em Embrapa (2006).

Os valores do pH em KCl foram sempre mais baixos do que o pH em H<sub>2</sub>O, resultando num  $\Delta\text{pH}$  negativo, o que indica dominância de cargas negativas na superfície dos colóides. O  $\Delta\text{pH}$  possui valores mais altos (valores menos negativos) nos horizontes A e AB em relação aos demais horizontes. Este comportamento pode estar relacionado ao maior teor de matéria orgânica nos horizontes superficiais e o predomínio de argilominerais, principalmente do grupo dos filossilicatos 2:1 nos horizontes subsuperficiais (Ver tabela 1.4 e figuras 1.9 a 1.11).

Os teores de potássio variam de 0,02 a 0,26  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de solo, com os menores teores encontrados no sopé (P3), em cada perfil não existem grandes variações, mas os maiores teores estão nos horizontes superficiais (com exceção para o Cr do perfil P3) pela influência da matéria orgânica. Já os teores de sódio variam de 0,06 a 0,30  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de solo, com um aumento gradativo no sentido do material de origem.

**Tabela 1.4 - Atributos químicos dos perfis de uma topossequência na Formação Cabo.**

Hor.	Prof. cm	pH (1:2,5)		$\Delta$ pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	Valor S	CTC	T arg	V	m	P	COT
		Água	KCl														
----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ----- % ----- mg kg <sup>-1</sup> g kg <sup>-1</sup>																	
<b>P1 - ARGISSOLO AMARELO - Topo</b>																	
A	0 - 19	3,7	3,0	-0,7	0,8	0,2	0,23	0,12	4,9	19,6	1,4	21,0	89	7	78	43,2	21,2
AB1	19 – 37	3,8	3,3	-0,5	0,5	0,3	0,10	0,07	4,8	11,7	1,0	12,7	62	8	83	11,1	16,1
AB2	37 – 50	4,0	3,5	-0,5	0,6	0,1	0,10	0,07	5,2	10,4	0,8	11,2	50	7	87	9,8	7,5
Bt	50 – 75	4,4	3,3	-1,1	0,6	2,1	0,10	0,16	16,0	22,1	3,0	25,1	58	12	84	9,5	4,7
C/Cr	75 – 120	4,4	3,5	-0,9	0,6	2,0	0,07	0,17	11,8	16,6	2,8	19,4	65	15	81	8,9	2,5
Cr	120 – 200 <sup>+</sup>	4,8	3,5	-1,3	0,6	1,7	0,11	0,30	10,0	13,1	2,7	15,8	84	17	79	9,0	1,3
<b>P2 - ARGISSOLO ACINZENTADO - Meia encosta</b>																	
A	0-17	4,1	3,5	-0,6	0,8	0,4	0,26	0,14	2,6	10,0	1,6	11,6	75	14	62	11,9	17,5
AB	17-30	4,7	3,8	-0,9	0,7	0,1	0,13	0,08	3,1	5,2	1,0	6,2	44	16	75	8,7	7,5
Bt1	30-50	4,7	3,5	-1,2	0,7	1,1	0,20	0,12	8,1	12,6	2,1	14,7	36	14	79	9,0	5,0
Bt2	50-80	4,9	3,6	-1,3	0,8	2,3	0,20	0,16	9,2	13,0	3,5	16,5	43	21	73	8,9	3,5
BC	80-148	4,9	3,6	-1,3	0,8	2,1	0,26	0,16	9,3	12,5	3,2	15,7	44	20	74	8,9	3,2
Cr	148-200 <sup>+</sup>	4,8	3,4	-1,4	1,0	2,2	0,21	0,17	15,4	18,5	3,6	22,1	84	16	81	8,9	1,8
<b>P3 - ARGISSOLO ACINZENTADO - Sopé</b>																	
A	0-25	4,9	3,9	-1,0	0,2	0,7	0,05	0,07	1,3	4,9	1,0	5,9	65	17	56	10,2	7,3
AB	25-46	5,1	3,8	-1,3	0,2	0,3	0,02	0,06	2,2	4,0	0,6	4,6	38	13	79	8,5	2,7
BA	46-70	5,1	3,7	-1,4	0,2	1,7	0,02	0,08	5,5	6,5	2,0	8,5	34	24	73	8,7	2,0
Bt	70-115	5,1	3,5	-1,6	0,5	1,3	0,05	0,14	10,3	12,6	2,0	14,6	44	14	84	9,1	1,8
BC	115-145	5,2	3,4	-1,8	0,5	1,2	0,05	0,19	12,0	16,9	1,9	18,8	59	10	86	8,7	1,6
Cr	145-200 <sup>+</sup>	5,3	3,4	-1,9	0,6	1,0	0,09	0,27	13,0	19,9	2,0	21,9	76	9	87	9,3	1,1

T arg: atividade da fração argila; COT: carbono orgânico total.

Os teores de cálcio variam de 0,2 a 1,0  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de solo, com o sopé possuindo os menores teores da topossequência. Enquanto os valores de magnésio não ultrapassam os 0,7  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de solo nos horizontes A, mas nos horizontes B e C variaram de 1,0 a 2,3  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de solo, com o sopé apresentando os menores teores de toda a topossequência. Nesses horizontes os teores de magnésio ultrapassam os de cálcio, como também foi observado em Argissolos estudados por Demattê et al. (1996), Melo et al. (2006) e Moreau et al. (2006).

Os elevados teores de Mg nos horizontes B e C possivelmente resultam da liberação do Mg de minerais como biotita e esmectita presentes nesses horizontes em maiores quantidades em relação aos horizontes A (Figuras 1.9 a 1.11) semelhante ao ocorrido com os solos estudados por Coringa et al. (2012). Os altos valores de Mg em relação ao Ca também foram observados em Plintossolos estudados por Anjos et al. (1995 e 2007) no Estado do Maranhão, que supôs sendo resultado da influência marinha no material de origem, além da solubilidade do Mg, que é maior do que a do Ca.

Em toda a topossequência a soma de bases nos horizontes A não chega aos 2  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de solo e a maior parte é ocupada pelo cálcio. Já nos horizontes B e C varia de 1,9 a 3,6  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de solo, e é ocupada principalmente pelo magnésio.

O maior teor de alumínio trocável entre os horizontes A dos perfis ao longo da topossequência é 5,2  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de solo, enquanto nos horizontes B e C os valores variam entre 5,5 e 16  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de solo. Ocorre uma mudança brusca entre os horizontes A e B dos três perfis, passando de 5,2 para 16  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de solo no P1, de 3,1 a 8,1 no P2, e de 5,5 para 10,3  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de solo no P3.

Os elevados teores de alumínio trocável associado à alta atividade de argila não é comum em descrições de solos no Brasil. No entanto, este comportamento encontra-se descrito em solos na região do recôncavo baiano e da zona cacauera baiana (Brasil, 1977). Esta característica também foi identificada em solos da Formação Solimões no estado do Acre (Gama & Kiehl, 1999), e em solos no Estado de Alagoas (Embrapa, 1975)

A atividade da argila desses solos é alta. Os valores foram superiores a 27  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de argila em todos os horizontes, indicando que os solos possuem elevada quantidade de argilominerais 2:1.



A saturação por bases não ultrapassa os 25% e a saturação por alumínio é superior a 50% em todos os horizontes. Esses resultados associados aos valores de alumínio trocável  $\geq 4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de solo e a alta atividade da argila, indicam o caráter alítico desses solos (Embrapa, 2006).

O caráter alítico é previsto nas Ordens dos Cambissolos, Gleissolos, Nitossolos, Planossolos e Plintossolos. Nos Argissolos pode constar no 3º nível categórico, excetuando os Argissolos Acinzentados (Embrapa, 2006). No presente estudo foi identificada esta propriedade em Argissolos Acinzentados (perfil P3), tornando-o como referência para sugestão de modificação na chave dos Argissolos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

Ao longo dos horizontes B e C observa-se feições de flutuações do lençol freático, identificada pela presença de mosqueados (Ver tabela 1.2). A variação no lençol freático causa variações no estado redox do solo, o que promoveria sob condições hidromórficas a liberação de íon ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) substituindo cátions básicos no complexo de troca, e quando o solo volta ao estado de oxidação, o  $\text{Fe}^{2+}$  passando para íon férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ), precipita na forma de óxidos (formando os mosqueados) e liberando  $\text{H}^+$ , esse  $\text{H}^+$  causa hidrólise de minerais primários (como a biotita, piroxênios e anfibólios) e argilominerais, resultando na liberação de Al e Mg de sua estrutura (Breemen, 1988; Lepsch, 2011). O que justificaria parte dos elevados teores de Al e também de Mg nos horizontes subsuperficiais, os quais estariam mais sujeitos a variação das condições redox.

Os valores de fósforo são maiores nos horizontes superficiais, provavelmente devido à influência da matéria orgânica (Zaia et al., 2008). Em profundidade não ocorre significativa variação, mantendo os valores ao redor de  $9,0 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo. O carbono orgânico total diminui progressivamente com a profundidade, em reflexo da menor atividade biológica e deposição de matéria orgânica.

### **1.3.3.1 Digestão Sulfúrica**

Através da extração por digestão sulfúrica foram obtidos os teores de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e calculado as relações  $K_i$  e  $K_r$  (Tabela 1.5). Os valores de  $\text{SiO}_2$  variaram de 28 a  $291 \text{ g kg}^{-1}$  de solo;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , de 18 a  $195 \text{ g kg}^{-1}$  de solo; e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , de 17 a  $93 \text{ g kg}^{-1}$  de solo.

Em geral, os teores de ferro foram baixos ( $< 80 \text{ g kg}^{-1}$  de solo), sendo classificados como hipoférricos (Embrapa, 2006). Mesmo assim esses teores de ferro ainda são maiores do que os encontrados em outros Argissolos Amarelos e Argissolos Acinzentados, como nos estudos de Demattê et al. (1994), Moreau et al. (2006) e Lima Neto et al. (2009) que encontraram valores máximos de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  de 60; 46,2;  $19 \text{ g kg}^{-1}$  de solo, respectivamente. Os valores relativamente baixos de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  encontrado nos trabalhos citados devem estar associados à natureza do material de origem, relativo aos sedimentos da Formação Barreiras. No presente estudo os solos são originados a partir da alteração de Conglomerados, onde parte destes é composto por rochas graníticas com presença de biotita.

As relações Ki nos horizontes estudados foram superiores a 2,2 (exceto o horizonte A de P3). A relação superior a 2,2 é indicativa da presença de minerais 2:1 (Embrapa, 2006), o que é confirmado pelos resultados da difração de raios X (Ver figuras 1.9 a 1.11). Como apresenta valor de Kr superior a 0,75 (de 1,3 a 3,1), então há predomínio de minerais 2:1 e 1:1 na mineralogia desses solos.

**Tabela 1.5** - Teores de silício, alumínio e ferro obtidos por digestão sulfúrica, e valores de Ki, Kr nos horizontes diagnóstico superficial, subsuperficial e Cr, em perfis de uma topossequência na Formação Cabo.

Horizontes	Digestão Sulfúrica			Relações moleculares	
	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	Ki	Kr
	$\text{g kg}^{-1}$				
<b>P1 - ARGISSOLO AMARELO - Topo</b>					
A	100	56	24	3,0	2,4
Bt	291	195	78	2,5	2,0
Cr	179	104	48	2,9	2,3
<b>P2 - ARGISSOLO ACINZENTADO- Meia encosta</b>					
A	55	18	18	5,1	3,1
Bt2	202	150	57	2,3	1,8
Cr	264	160	93	2,8	2,0
<b>P3 - ARGISSOLO ACINZENTADO- Sopé</b>					
A	28	25	17	1,9	1,3
Bt	191	129	39	2,5	2,1
Cr	200	150	52	2,3	1,9

### 1.3.3.2 Teores e formas de óxidos de Fe e Al

Os resultados dos teores de Fe e Al extraídos por DCB e Oxalato ácido de amônio, além de suas relações são apresentadas na tabela 1.6.

Os valores de ferro livres ( $Fe_d$ ) no horizonte A variaram de 7,31 a 10,08 g  $kg^{-1}$  de solo, no horizonte Bt de 3,61 a 24,02 g  $kg^{-1}$  de solo e no horizonte Cr de 7,68 a 17,80 g  $kg^{-1}$  de solo. Os maiores valores de ferro associado a óxidos cristalinos foram identificados no Bt, exceto no perfil P3 onde há maior restrição a drenagem.

Em geral os valores encontrados no presente estudo encontram-se superiores aos determinados por Corrêa et al. (2008 b) em diversos Argissolos Amarelos no Brasil, e para Argissolos Amarelos e Acinzentados da zona da mata do estado de Alagoas (Lima Neto et al., 2010). Os maiores valores de ferro extraído por DCB encontrados no presente estudo estaria associado ao material de origem (Conglomerados), diferentes dos estudados por Corrêa et al. (2008 b) e Lima Neto et al. (2010), cujos solos são formados principalmente por sedimentos da Formação Barreiras.

Os teores de alumínio livre ( $Al_d$ ) também seguiram o mesmo padrão observado para os óxidos de ferro, com aumento nos horizontes Bt, com exceção do perfil P3. O horizonte A apresentou teores de óxidos de alumínio de 3,35 a 4,52 g  $kg^{-1}$ ; no horizonte Bt de 4,12 a 6,95 g  $kg^{-1}$ ; e no horizonte Cr de 3,97 a 6,25 g  $kg^{-1}$ .

Os teores de ferro relativo aos óxidos de ferro de baixa cristalinidade ( $Fe_o$ ) variaram de 0,95 a 3,11 g  $kg^{-1}$  de solo no horizonte A, de 0,48 a 2,0 g  $kg^{-1}$  de solo no horizonte Bt, e no horizonte Cr de 0,58 a 0,71 g  $kg^{-1}$  de solo. A maior concentração ocorre em todos os horizontes A, que coincide com o maior teor de matéria orgânica (Tabela 1.4). De acordo com Schwertmann & Kämpf (1983) os grupos funcionais da matéria orgânica inibem a cristalização de óxidos de ferro devido à alta afinidade que possuem com sítios superficiais do elemento ferro.

Utilizando a razão  $Fe_o/Fe_d$  na estimativa do predomínio de óxidos de ferro cristalinos em solos, percebe-se que os resultados obtidos para a topossequência foram maiores nos horizontes superficiais, que variaram de 0,12 a 0,31. Em geral os valores indicam a influência da matéria orgânica impedindo a formação de óxidos de ferro cristalinos. Nos demais horizontes

**Tabela 1.6** – Teores de Fe e Al extraídos por DCB e Oxalato de Amônio e suas respectivas relações nos horizontes diagnóstico superficial, subsuperficial e Cr em perfis de uma topossequência na Formação Cabo.

Horizontes	DCB		Oxalato		Fe <sub>o</sub> /Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>d</sub> /Fe <sub>t</sub>	Al <sub>o</sub> /Al <sub>d</sub>	Al <sub>d</sub> /Al <sub>t</sub>
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				
g kg <sup>-1</sup>								
<b>P1 (Topo) - ARGISSOLO AMARELO Alítico abrupto</b>								
A	7,31	4,52	2,20	1,15	0,30	0,30	0,25	0,08
Bt	24,02	5,95	2,00	2,92	0,08	0,31	0,49	0,03
Cr	7,68	3,97	0,58	1,96	0,08	0,16	0,49	0,04
<b>P2 (Meia encosta) - ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico típico</b>								
A	10,08	3,84	3,11	1,42	0,31	0,56	0,36	0,21
Bt2	22,34	6,95	0,79	2,10	0,04	0,39	0,30	0,05
Cr	17,80	5,78	0,71	2,47	0,04	0,19	0,42	0,04
<b>P3 (Sopé) - ARGISSOLO ACIZENTADO Distrófico típico</b>								
A	8,12	3,35	0,95	0,38	0,12	0,48	0,11	0,13
Bt	3,61	4,12	0,48	1,85	0,13	0,09	0,44	0,03
Cr	15,66	6,25	0,69	2,29	0,04	0,30	0,36	0,04

esses valores variaram de 0,04 a 0,13, indicando maiores quantidades de formas cristalinas de óxidos de ferro, mesmo sob condições redutoras, nas quais favorecem a dissolução de óxidos de ferro cristalino que reprecipitam em formas menos estáveis.

Ao contrário do observado para o  $Fe_o$ , os teores de óxidos de alumínio de baixa cristalinidade ( $Al_o$ ) aumentaram nos horizontes subsuperficiais. O horizonte A apresentou teores de 0,38 a 1,42  $g\ kg^{-1}$ ; o horizonte Bt de 1,85 a 2,92  $g\ kg^{-1}$ ; e o horizonte Cr de 1,96 a 2,47  $g\ kg^{-1}$ .

Os valores da relação  $Al_o/Al_d$  aumentam em profundidade, variando de 0,25 a 0,49, semelhante ao encontrado em Latossolos caracterizados por Bispo et al. (2011) na chapada do Alto Jequitinhonha no Estado de Minas Gerais. Esse aumento com a profundidade indica uma diminuição no grau de cristalinidade dos óxidos de alumínio em profundidade. Esses resultados, concordam com os valores obtidos para o Al trocável que aumentam em profundidade e com os baixos valores de pH do solo (Tabela 1.4). Possivelmente, os maiores teores de alumínio extraído por oxalato ácido de amônio esteja relacionado a minerais de baixa cristalinidade ou alumínio estrutural de minerais esmectíticos (Almeida et al., 2010), os quais estão presentes na assembléia mineralógica de todos os solos estudados (Figuras 1.9 a 1.11).

As relações do  $Fe_d$  com o ferro extraído por digestão sulfúrica ( $Fe_t$ ) e do  $Al_d$  com o  $Al_t$ , foram menores do que 0,5 (com exceção do horizonte A do P2 = 0,56  $g\ kg^{-1}$ ), indicando que a maior parte do Fe e do Al estão na forma de óxidos pedogênicos. O meio da encosta (P2) é a porção da topossequência que possui mais óxidos. Os valores da relação  $Fe_d/Fe_t$  foram maiores do que a relação  $Al_d/Al_t$  indicando o predomínio de óxidos de ferro livre sobre os de alumínio livre.

#### **1.3.4 Atributos mineralógicos**

De acordo com os resultados obtidos por meio das análises de DRX (Figuras 1.6 a 1.12), a constituição mineralógica dos solos ao longo da topossequência apresenta-se bastante semelhante. Apesar do clima regional que é quente e úmido, os minerais presentes indicam desenvolvimento pedogenético não muito avançado dos solos, pela presença de feldspatos (potássicos e plagioclásios) e minerais 2:1, principalmente esmectita.

A assembléia mineralógica dos solos estudados é formada principalmente por feldspatos, quartzo, biotita, caulinita, esmectita, além de goethita.

O quartzo foi identificado pelos picos de difração em 0,426 e 0,334nm. Os feldspatos foram identificados pelos reflexos nos intervalos de distância interplanar entre 0,417 e 0,394nm; 0,323 e 0,326nm; 0,329 e 0,331nm. A variação na ocorrência dos picos de difração relativos aos feldspatos indica a presença de plagioclásios e ortoclásios. A biotita foi identificada pelos reflexos 1,0; e 0,33nm. O pico de difração em 0,5nm quando ocorre é menor que a metade do pico em 1,00nm. A goethita foi identificada pelos reflexos a 0,419 a 0,416; 0,337nm e 0,258nm.

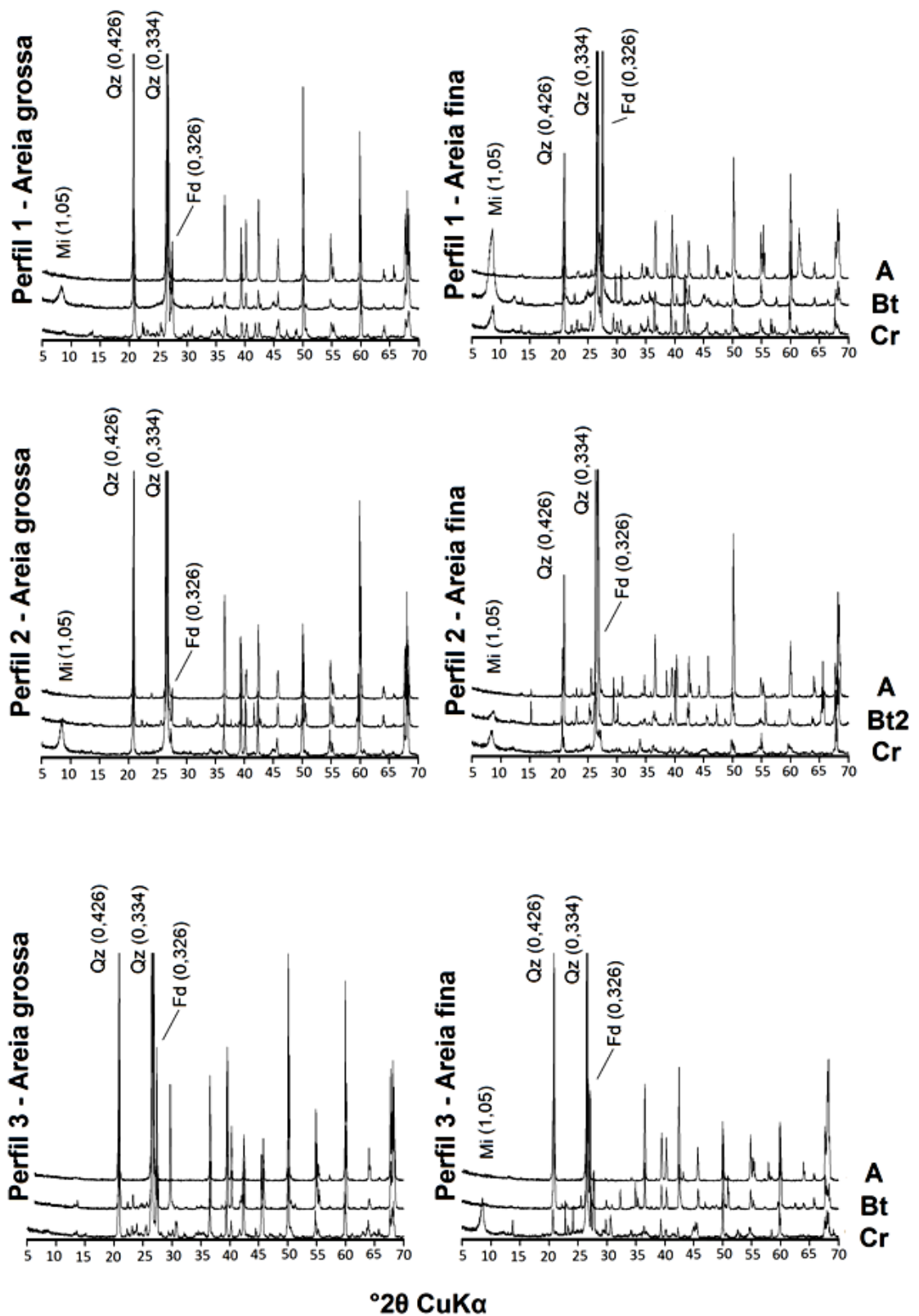
A caulinita foi identificada pelos reflexos 0,71 a 0,75nm; 0,358nm a 0,362nm e 0,234nm, que desapareceram quando a amostra foi aquecida a 550 °C. A esmectita foi identificada pelo reflexo 1,4 -1,5nm o qual expandiu a 1,7nm após solvatação com glicerol.

#### **1.3.4.1 Fração areia grossa e areia fina**

A fração areia (grossa e fina), ao longo dos horizontes de todos os perfis, é constituída essencialmente por quartzo e pequena quantidade de feldspato (Ver figura 1.6).

A mica está presente em quase todos os horizontes subsuperficiais e ausente em todos os horizontes A dos três perfis estudados. A ausência do pico de difração em 0,5nm simultaneamente com a presença do pico em 1,0nm é indicativo da presença de biotita (Moore & Reynolds, 1989). Por se tratar de um mineral facilmente alterável, justifica-se sua ausência nos horizontes superficiais devido a sua transformação para minerais secundários tais como caulinita, esmectita e goethita (Thompson & Ukrainczyk, 2002).

A preservação desses minerais em profundidade esta relacionada principalmente ao ambiente sob condição de drenagem impedida, por não promover a forte perda de bases trocáveis e sílica, além da menor atuação do intemperismo.



**Figura 1.6** - DRX das frações areia grossa e areia fina dos horizontes diagnósticos e dos horizontes Cr. Qz = Quartzo; Mi = Mica (Biotita); Fd = Feldspato.

### 1.3.4.2 Fração silte

De acordo com os dados dos difratogramas de raios X da fração silte dos solos estudados (Figura 1.7), esta fração é constituída de quartzo, feldspato e mica, com predominância do quartzo.

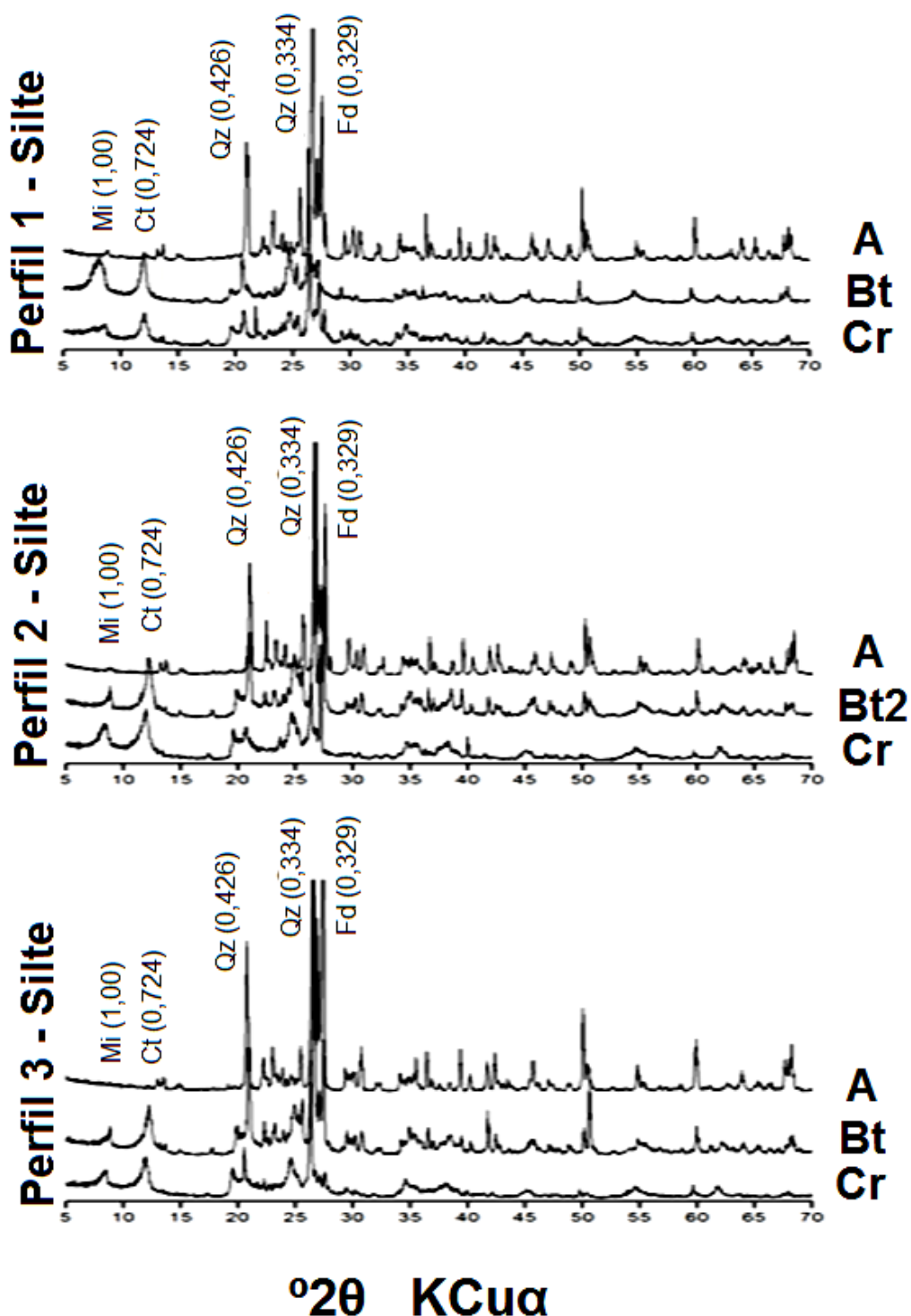


Figura 1.7 - DRX da fração silte dos horizontes diagnósticos e dos horizontes Cr. Qz = Quartzo; Mi = Mica(Biotita); Fd = Feldspato; Ct = Caulinita.



Em frações maiores do que a argila, feldspatos e micas (especialmente biotita) tendem a serem intemperizados mais facilmente do que o quartzo (Oliveira et al., 2004). Dessa maneira se espera que a quantidade de feldspatos e micas sejam menores nos horizontes mais superficiais (Oliveira et al., 2004).

A caulinita também está presente na constituição do silte, ocorrendo nos horizontes A, Bt1 e Bt do perfil P1, P2 e P3, respectivamente. A caulinita no tamanho de silte ocorre devido a agregados de materiais do tamanho de argila, que segundo Soares et al. (2005) são formados pela dispersão ineficiente, resultando em flóculos de caulinita. Também pode se tratar de pseudoamorfa, como produto da alteração de biotita (Kretzschmar et al., 1997).

#### **1.3.4.3 Fração argila**

A fração argila dos solos ao longo da topossequência estudada é formada principalmente por caulinita e esmectita. Ainda ocorre biotita nos horizontes superficiais, seguido por goethita, além de quartzo e feldspato (Figuras 1.8 a 1.11).

A caulinita é um mineral comumente formado em ambientes com clima quente e úmido a partir de muitos minerais primários (micas e feldspatos) e minerais 2:1 secundários, desde que haja remoção parcial de cátions básicos e de Si, vegetação nativa variável e tempo mediano de intemperismo de diversos minerais (Kämpf et al., 2009).

As condições de drenagem dos solos na topossequência estudada não favorecerem forte perda de cátions básicos e sílica, principalmente nos horizontes subsuperficiais. No entanto, a partir dos resultados do presente estudo verifica-se que mesmo sob condição de drenagem impedida todos os horizontes apresentam caulinita.

Os picos de difração da caulinita são mais intensos nos horizontes superficiais, principalmente quando comparados aos picos relativos à esmectita. Este comportamento certamente é por conta da ação mais intensa do intemperismo na superfície do solo. A caulinita encontrada nesses solos deve estar relacionada a alteração de feldspatos e biotita (Dixon, 1989), minerais identificados nas frações grossas dos solos estudados (Figuras 1.6 e 1.7).

Outro aspecto importante que pode ser inferido sobre a forte presença da caulinita, ao longo dos perfis estudados, é que o material de origem desses solos, o conglomerado, é cimentado por materiais argilosos (Mabesoone & Alheiros, 1988; Alheiros & Ferreira, 1989; Lima Filho et al., 1996). Esses materiais podem conter também caulinita, sendo desta forma, parte deste mineral herdado do material de origem.

A presença destacada de minerais esmectíticos nos solos estudados não é comum para Argissolos Amarelos e Argissolos Acinzentados da região da mata atlântica com clima tropical úmido (Giarola et al., 2009; Lima Neto et al., 2010). Minerais esmectíticos nos solos do presente estudo, possivelmente estariam relacionados principalmente ao material de origem, o qual é formado por fragmentos de rochas ricas em mica sob condição de drenagem deficiente (Azevedo & Vida-Torrado, 2009).

A esmectita pode ser originada a partir da alteração da mica, ou formadas pela precipitação a partir da solução, com sua formação e preservação favorecida pelo pedoambiente com drenagem restrita, que suprime a lixiviação de sílica e cátions básicos (Azevedo & Vidal-Torrado, 2009; Kämpf et al., 2009), condições essas ocorrendo nestes solos estudados.

Contudo não poderia também deixar de considerar que os minerais esmectíticos encontrados também poderiam ser herdados do material de origem, ou seja, proveniente dos materiais argilosos que constituem parte do cimento dos conglomerados da Formação Cabo.

Ainda sobre a presença de minerais esmectíticos nos solos estudados foi identificado, por meio do teste de Greene Kelly (Ver figura 1.12), a mistura de minerais, ocorrendo principalmente beidelita/nontronita e montmorilonita. Nos horizontes superficiais observa-se que grande parte do pico que encontra-se a 1,0nm não volta a expandir após a solvatação com glicerol, indicando forte presença de montmorilonita (Borchardt, 1989).

O contrário ocorre com todos os horizontes subsuperficiais dos três perfis estudados, ou seja, indica que há maior presença de beidelita e, ou nontronita. A partir dos resultados de alumínio trocável (Tabela 1.4) e alumínio extraído por oxalato (Tabela 1.6), presume-se que o principal mineral esmectítico nesses horizontes seja a beidelita.

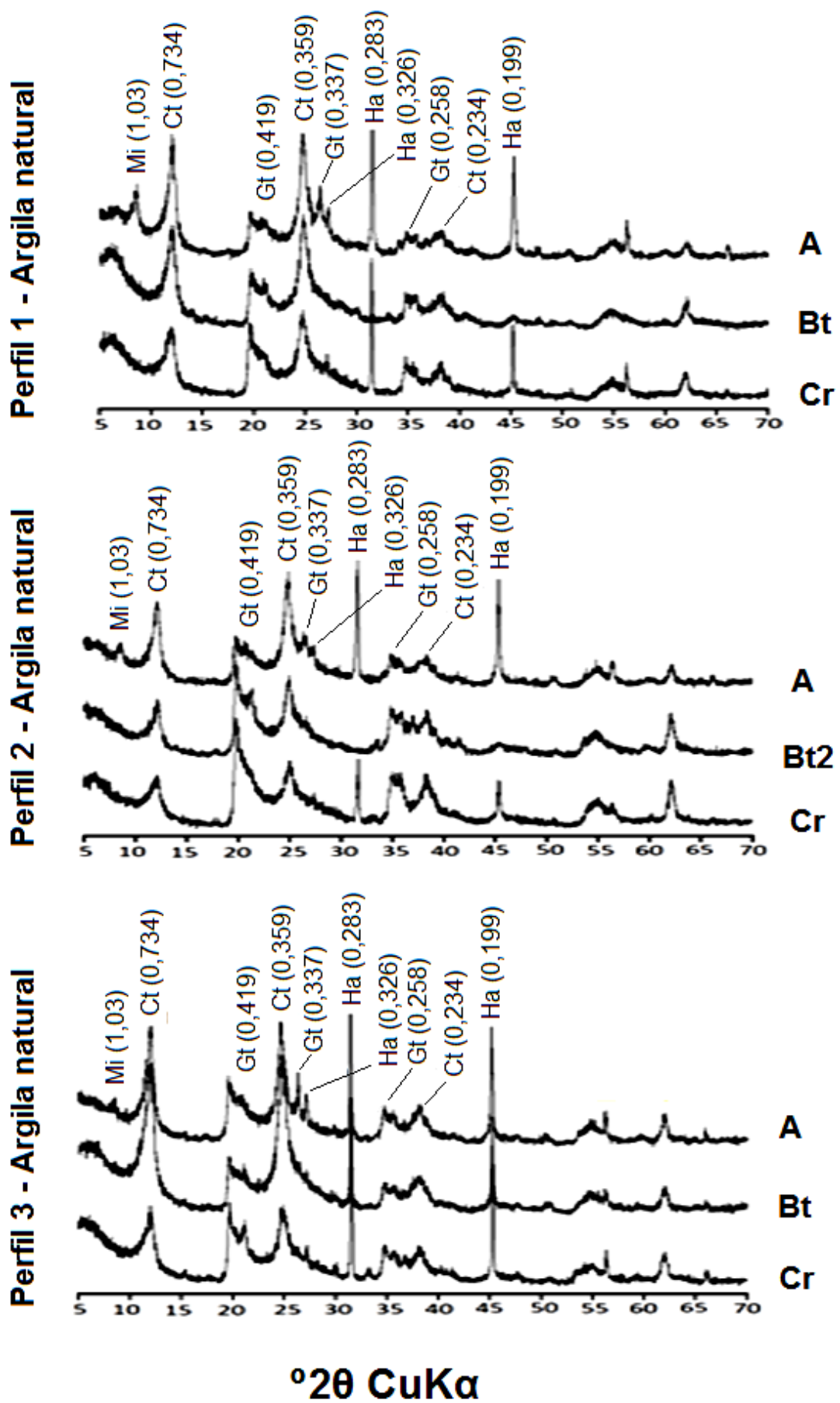


Figura 1.8 - DRX da fração argila natural dos horizontes diagnósticos e dos horizontes Cr. Mi = Mica (Biotita); E = Esmeclita; Ct = Caulinita; Gt = Goethita.

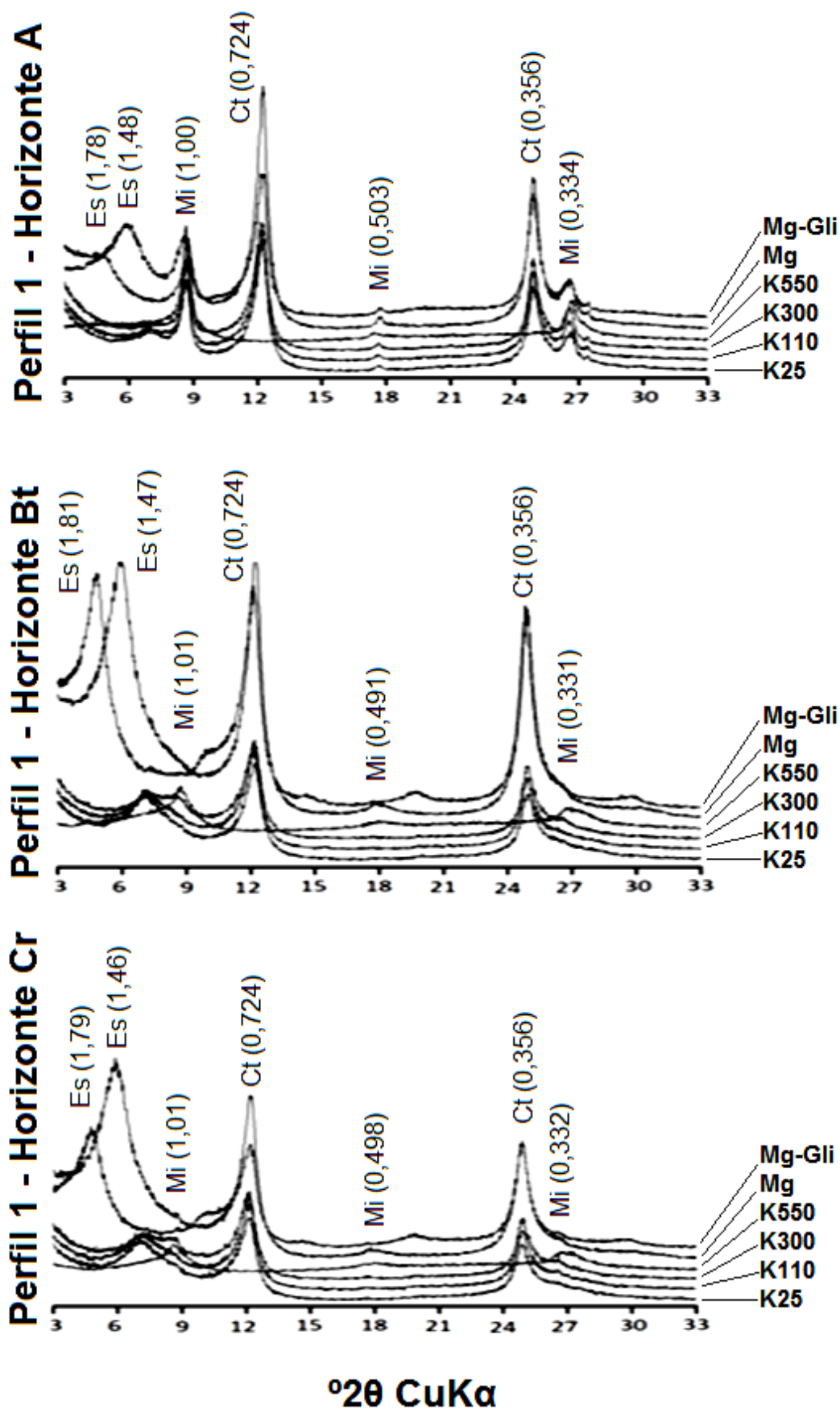


Figura 1.9 - DRX da fração argila tratada, dos horizontes diagnósticos e do horizonte Cr, Perfil 1. Es = Esmectita; Mi = Mica (Biotita); Ct = Caulinita.

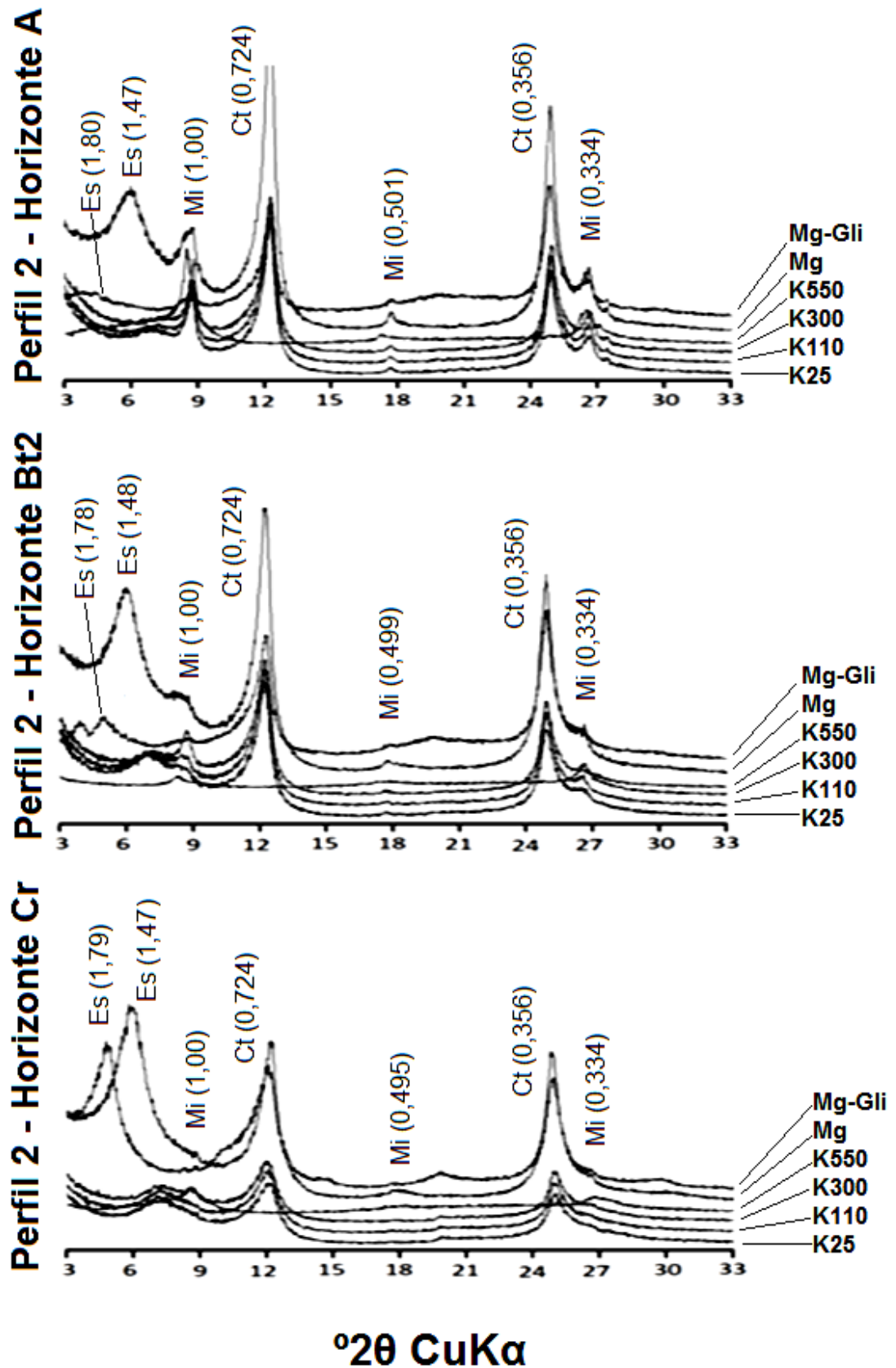


Figura 1.10 - DRX da fração argila tratadados horizontes diagnósticos e do horizonte Cr, Perfil 2. Es = Esmectita; Mi = Mica (Biotita); Ct = Caulinita.

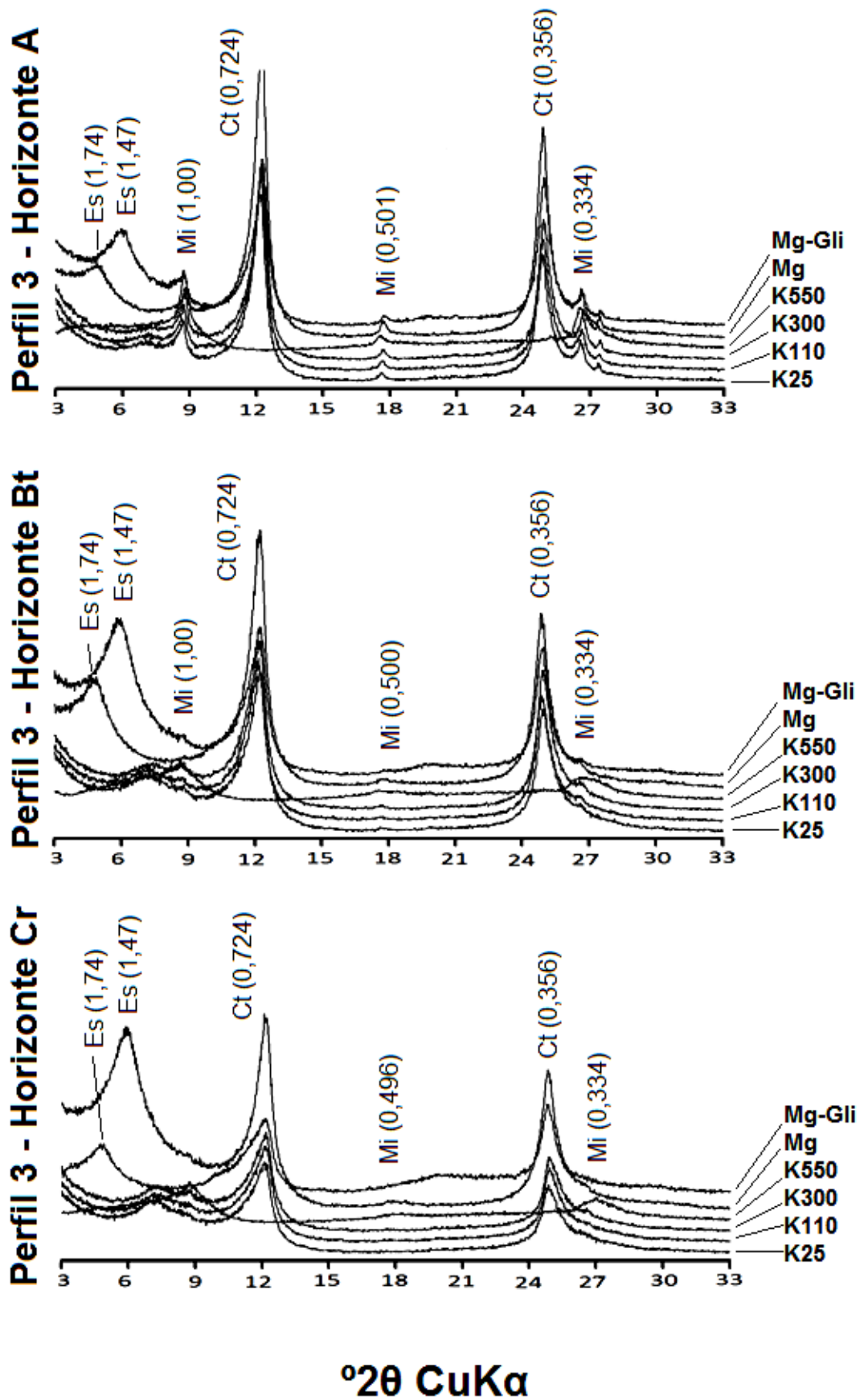
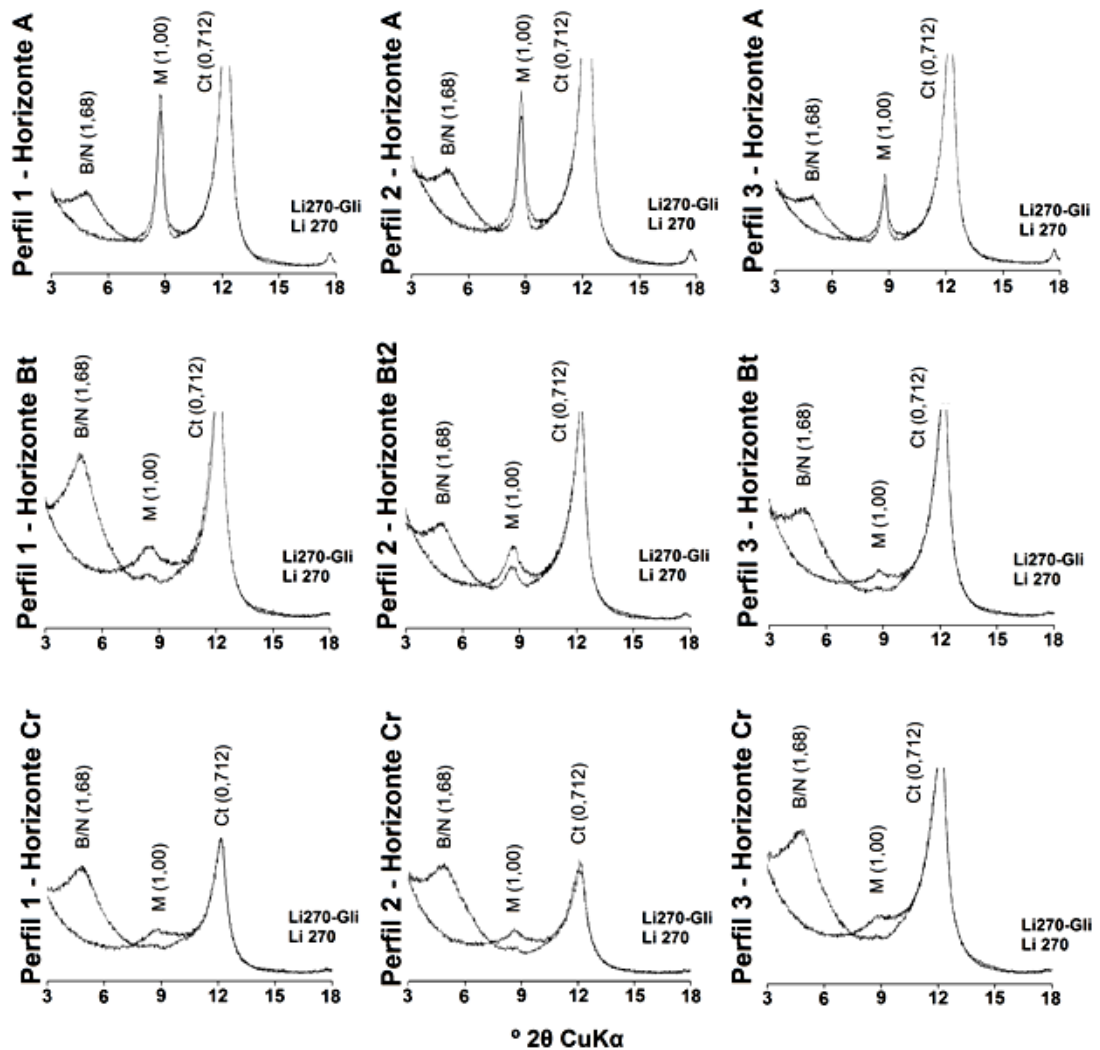


Figura 1.11 - DRX da fração argila tratada dos horizontes diagnósticos e do horizonte Cr, Perfil 3. Es = Esmeclita; Mt = Mica (Biotita); Ct = Caulinita.



**Figura 1.12** – DRX referente ao Teste de Greene Kelly da fração argila dos horizontes diagnósticos e dos horizontes Cr. B/N = Beidellita/Nontronita; Mt = montmorilonita.

A presença de biotita na fração argila foi identificada quase que exclusivamente nos horizontes A dos perfis estudados. Este comportamento pode ser devido a alteração deste mineral das frações mais grossas na superfície e sua preservação por conta das condições de drenagem impedida em subsuperfície.

A halita observada na argila natural, provavelmente é devido à contaminação proveniente do isolamento da argila.

Existe pequena presença de feldspatos e quartzo. A ocorrência de feldspatos e quartzo na fração argila é comum em solos, como identificados em outros estudos (Lima et al., 2008; Lima Neto et al., 2010), que de acordo com o Allen & Hajek (1989) esses minerais estão presentes essencialmente na fração argila grossa.

Observando os DRX da fração argila (Figura 1.8), percebe-se que os feldspatos identificados apenas ocorrem pela presença dos picos de difração entre 0,329 e 0,331nm, o que sugere a maior resistência destes feldspatos ao intemperismo, em que a ausência dos demais pico de difração pode estar relacionado com a alteração de parte dos minerais do grupo dos feldspatos na formação de minerais secundários, tais como a caulinita e esmectita, principalmente.

### **1.3.5 Classificação dos solos**

Todos os solos foram classificados no primeiro nível categórico (ordem) como Argissolos, por satisfazerem os seguintes critérios: são constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A, com argila de atividade alta mais caráter alítico na maior parte do horizonte B; não apresentando horizonte plíntico e nem horizonte glei (Embrapa, 2006).

Quanto ao segundo nível categórico (subordem), o perfil P1 por possuir matiz mais amarelo do que 7,5YR em todo o horizonte B, valor  $> 4$  e croma  $\geq 4$ , foi classificado como Argissolo Amarelo. Os perfis P2 e P3 por apresentarem cores acinzentadas nos horizontes B, com matiz mais amarelo do que 7,5YR, valor  $\geq 5$  e croma  $< 4$ , foram classificados como Argissolos Acinzentados.

No terceiro nível categórico (grande grupo), por apresentar caráter alítico em todo o horizonte B, o perfil P1 foi denominado alítico. Os perfis P2 e P3 também possui o caráter alítico, mas o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos não contempla esse caráter para os Argissolos Acinzentados. Então se sugere a inclusão do termo alítico no terceiro nível categórico em Argissolos Acinzentados.

No quarto nível categórico (subgrupo), os solos foram classificados como endoáquicos por apresentarem condição de saturação com água nos horizontes subsuperficiais, na qual permite que ocorram os processos de redução e segregação de ferro nos horizontes. Ainda neste nível, o perfil P1 foi classificado como abrupto endoáquico, devido à presença de mudança textural abrupta.

A seguir apresenta-se a classificação completa dos perfis estudados de acordo com os critérios estabelecidos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006), incluindo a sugestão do caráter alítico no 3º nível categórico para os Argissolos Acinzentados:



P1 (Topo) - ARGISSOLO AMARELO Alítico abrupto endoáquico, A moderado, textura média / argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo plano e suave ondulado.

P2 (Meio) - ARGISSOLO ACINZENTADO Alítico endoáquico, A moderado, textura média (leve) / argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo ondulado e forte ondulado.

P3 (Sopé) - ARGISSOLO ACINZENTADO Alítico endoáquico, A moderado, textura média (leve) / média, fase floresta subperenifólia, relevo ondulado.

#### **1.4 CONCLUSÕES**

O material de origem e a atual condição de drenagem são os fatores condicionantes para ocorrência de Argissolos Amarelos e Argissolos Acinzentados esmectíticos em ambiente de mata atlântica;

Os altos valores de alumínio extraído por KCl podem estar associados a formas de baixa cristalinidade e ao alumínio estrutural de minerais esmectíticos;

Com base apenas na relação areia fina com areia total, e Valor de Uniformidade, apenas o perfil P2 apresenta descontinuidade litológica;

O caráter endoáquico dá a impressão de que os solos possuem descontinuidade litológica, devido às alterações químicas que esse caráter proporciona;

Os solos ao longo da topossequência estudada se enquadraram no SiBCS no 1º e 2º nível categórico, no entanto sugere-se a inclusão no 3º nível categórico do caráter alítico para os Argissolos Acinzentados.

#### **1.5 REFERÊNCIAS**

- ALHEIROS, M. M.; FERREIRA, M. G. V. X. Considerações Sedimentológicas e Estratigráficas sobre a Formação Cabo, Pernambuco. R. Bras. Geoci., 19(1): 17-24, 1989.
- ALLEN, B.L.; HAJEK, B.F. Mineral occurrence in soil environments. In: DIXON, J.B.; WEED, S.B. Minerals in soil environments. 2ed. Soil Science Society of America [SSSA], Madison, WI, USA.1989. p.199-278.
- ALMEIDA, J. A.; CAMPOS, M. L.; FERREIRA, E. R. N.; GATIBONI, L. C. Formas de alumínio em solos do Acre. In: ANJOS, L. H. C.; SILVA, L. M.;

- WADT, P. G. S. IX RCC – IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos. Acre, 2010. p. 38-50.
- ANDRADE-LIMA, D. Estudos fisiogeográficos de Pernambuco. Arq. IPA, 5: 305-341, 1960.
- ANDRADE, M. C. O. Atlas Escolar de Pernambuco. Ed. Grafset, 1999. 112p.
- ANJOS, L. H. C.; FRANZMEIER, D. P.; SCHULZE, D. G. Formation of soils with plinthite on a toposequence in Maranhão State, Brazil. Geoderma 64:257-279, 1995.
- ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; PÉREZ, D. V.; RAMOS, D. P. Caracterização e classificação de Plintossolos no município de Pinheiro – MA. R. Bras. Ci. Solo, 31:1035-1044, 2007.
- ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; AMARAL, E. F.; GUERRA, A. Uso da terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo ditrófico na Amazônia Ocidental. R. Bras. Ci. Solo, 28:307-315, 2004.
- ASSIS, H. M. B. Cartografia geomorfológica do Município do Cabo de Santo Agostinho/PE. (Série Cartas Temáticas). Recife, CPRM/FIDEM, v.04. 1999. 32p.
- AZEVEDO, A. C.; VIDAL-TORRADO, P. Esmectita, vermiculita, minerais com hidróxido entre camadas e clorita, In: Melo, V. F.; Alleoni, L. R. F., eds. Química e mineralogia do solo, 1 ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 333-380.
- BISPO, F. H. A.; SILVA, A. C.; TORRADO, P. V. Highlands of the upper Jequitinhonha Valley, Brazil. I – Characterization and Classification. R. Bras. Ci. Solo, 35:1069-1080, 2011.
- BORCHARDT, G. Smectites. In: DIXON, J.B. & WEED, S.B. Minerals in soil environments. 2nd editon. SSAJ, Madison, 1989, p. 675-727.
- BORTOLUZZI, E. C.; PERNES, M.; TESSIER, D. Mineralogia de partículas envolvidas na formação de gradiente textural em um Argissolo tropical. R. Bras. Ci. Solo, 32:997-1007, 2008.
- BRADY, N. & WEIL, R. R. The Nature and Properties of Soils. 14 ed. Prentice Hall, 2007. 980p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco. Recife: Sudene (MA. DNPEA-DPP. Boletim Técnico, 26; SUDENE-DRN. Série Pedologia, 14), v. 02. 1972. 354p.

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Alagoas. Recife, Embrapa, Centro de Pesquisas Pedológicas. Boletim Técnico, 35. SUDENE, DRN. Divisão de Recursos Renováveis, 5. 1975. 532p.
- BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da Margem Direita do Rio São Francisco Estado da Bahia. Recife (Embrapa/SNLCS. Boletim Técnico, 52; SUDENE/DRN. Série Recursos de Solos, 10), v.01. 1977. 738p.
- BREEMEM, N. V. Long-term chemical, mineralogical, and morphological effects of iron-redox process in periodically flooded soils. In: STUCKI, J.W.; GOODMAN, B.A. & SCHWERTAMANN, U., eds. Iron in soils and clay minerals. Dordrecht, Holland, D. Reidel Publishing Company, v. 217, 1988. p.811-823.
- BROWN, G.; BRINDLEY, G.W. X-ray Diffraction Procedures for clay mineral Identification In: BRINDLEY, G.W; BROWN, G. London: Mineralogical Society, 1980 chapter 5, p. 305-360.
- COELHO, M. R.; VIDAL-TORRADO, P.; Caracterização e gênese de perfis plúnticos desenvolvidos de arenito do Grupo Bauru. I – Química. R. Bras. Ci. Solo, 27:483-494, 2003.
- CORINGA, E. A. O.; COUTO, E. G.; PEREZ, X. L. O.; TORRADO, P. V. Atributos de solos hidromórficos no Pantanal Norte Matogrossense. Acta Amazônica. 42(1): 19 – 28, 2012.
- CORRÊA, M. M.; KER, J. C.; BARRÓN, 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 a.
- CORRÊA, M. M.; KER, J. C.; BARRÓN, V.; FONTES, M. P. F., TORRENT, J.; CURI, N. Caracterização de óxidos de ferro de solos do ambiente tabuleiros costeiros. R. Bras. Ci. Solo, 32:1017-1031, 2008 b.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Cabo de Santo Agostinho, estado de Pernambuco. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 11p.

- DANTAS, M. E.; ARMESTO, R. C. G.; ADAMY, A. Origem das Paisagens. In: SILVA, C. R. Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. p.33-56.
- DEMATTE, J.A.M.; ALOISI, R.R.; DEMATTE, J.L.I. Seqüência Latossolo Amarelo-Podzólico Amarelo-Areias Quartzosas sob material da Formação Barreiras na região de Tucuruí, Estado do Pará. *Sci. Agric.*, 51(2): 345-356, 1994.
- DEMATTE, J.L.I.; MAZZA, J.A.; DEMATTE, J.A.M. Caracterização e Gênese de uma Topossequência Latossolo Amarelo-Podzol Originado de Material da Formação Barreiras - Estado de Alagoas. *Sci. agric.*, 53(1), 1996.
- DIXON, J. B. Kaolin and Serpentine Group Minerals. In: DIXON, J. B.; WEED, S. B. *Minerals in soil environments*. 2 ed. Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society of America, 1989. Nº 1.1244 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2.ed. Rio de Janeiro, EmbrapaSolos, 2006. 306p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. EmbrapaInformação Tecnológica. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. EmbrapaInformação Tecnológica. Brasília, DF. 2009. 627p.
- FERREIRA, M. M. Caracterização Física do Solo. In: LIER, Q. J. V., Ed. *Física do Solo*. 1 ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 1-27.
- GAMA, J.R.N.F.; KIEHL, J.C. Influência do alumínio de um Podzólico Vermelho Amarelo do Acre sobre o crescimento das plantas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, 1999.
- GIAROLA, N. F. B.; LIMA, H. V.; ROMERO, R. E.; SILVA, A. P. Mineralogia e Cristalografia de horizontes coesos do solos nos Tabuleiros Costeiros. *R. Bras. Ci. Solo*, 33:33-40, 2009.
- GREENE-KELLY, R. The identification of montmorillonitoids in clays. *European Journal of Soil Science* 4: 233-237, 1953.

- INDA JUNIOR, A. V. KÄMPF, N. Avaliação de procedimentos de extração dos óxidos de ferro pedogênicos com ditionitocitrato-bicarbonato de sódio. R. Bras. Ci. Solo, 27:1139-1147, 2003.
- JACSKON, M. L. Soil chemical analysis: advance Course. 29. ed. Madison, 1975. 895 p.
- KÄMPF, N.; CURTI, N.; MARQUES, J. J. Intemperismo e ocorrência de minerais no ambiente do solo, In: Melo, V. F.; Alleoni, L. R. F., eds. Química e mineralogia do solo, 1 ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 333-380.
- KRETZSCHMAR, R.; ROBARGE, W.P.; MOOZEGAR, A.; VEPRASKAS, M.J. Biotite alteration to halloysite and kaolinite in soil-saprolite profiles developed from mica schist and granite gneiss. Geoderma, Amsterdam, v. 75, p. 155-170, 1997.
- LEPSCH, I.F. 19 Lições de Pedologia. São Paulo, Oficina de Textos, 2011. 456p.
- LIM, C.H.; JACKSON, M.L. Expandable phyllosilicate reactions with lithium on heating. Clays and Clay Minerals, v. 34 (3), p. 346-352, 1986.
- LIMA, J. G. C.; BITTAR, S. M. B. S.; RIBEIRO, M. R.; BARRETO, S. B. Mineralogia de um Argissolo Vermelho-Amarelo da zona úmida costeira do Estado de Pernambuco. R. Bras. Ci. Solo, 32:881-892, 2008.
- LIMA FILHO M. F.; PEDROSA, F. J. A.; MEDEIROS, A. B.; BRITO, M. F. I.; NÓBREGA, V. A.; ARAÚJO, R. D.; MOTA, J. A. Geologia da Bacia Cabo – PE. Geoci., 15(1): 223-242, 1996.
- 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 NETO, J. A.; RIBEIRO, M. R.; CORRÊA, M. M.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; LIMA, J. F. W. F.; FERREIRA, R. F. A. L. Caracterização e Gênese do Caráter Coeso em Latossolos Amarelos e Argissolos dos Tabuleiros Costeiros do Estado de Alagoas. R. Bras. Ci. Solo, 33:1001-1011, 2009.
- LIMA NETO, J. A.; RIBEIRO, M. R.; CORRÊA, M. M.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; ARAÚJO FILHO, J. C.; LIMA, J. F. W. F. Atributos químicos, mineralógicos e micromorfológicos de horizontes coesos de Latossolos e Argissolos dos Tabuleiros Costeiros do Estado de Alagoas. R. Bras. Ci. Solo, 34:473-486, 2010.

- MABESOONE, J. M.; ALHEIROS, M. M. Origem da Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba. R. Bras. Geoci., 18(4): 476-482, 1988.
- MAURI, J.; RUIZ, H. A.; FERNANDES, R. B. A.; KER, J. C.; REZENDE, L. R. M. Dispersantes químicos na análise granulométrica de Latossolos. R. Bras. Ci. Solo, 35:1277-1284, 2011.
- MEHRA, O.P.; JACKSON, M. L. Iron oxide removal from soils clay by dithionite citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: SWINEFORD, A. Ed. Clay and clay minerals proceeding conference. Elmsdorf, NY: Pergamon Press. 1960. P317-342.
- 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.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FONTES, L. E. F.; CHAGAS, A. C.; LEMOS JÚNIOR, J. B.; ANDRADE, R. P. Caracterização física, química e mineralógica de solos da colônia agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia), sob diferentes usos e após queima. R. Bras. Ci. Solo, 30:1039-1050, 2006.
- MIRANDA, J. L. F. Estudo do meio físico do Município de Ipojuca/PE – Hidrogeologia (Série Recursos Hídricos). Recife, CPRM/FIDEM, v.02. 1999. 34p.
- MOORE, D. M.; REYNOLDS, R.C. X-ray diffraction and identification and analysis of clay minerals. Oxford: Oxford University Press, 1989. 332 p.
- 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.
- OLIVEIRA, L. B.; RIBEIRO, M. R.; FERRAZ, F. B.; FERREIRA, M. G. V. X.; MERMUT, A. R. Mineralogia, micromorfologia e gênese de solos planossólicos do Sertão do Araripe, Estado de Pernambuco. R. Bras. Ci. Solo, 28:665-678, 2004.
- OLIVEIRA, L. B.; FONTES, M. P. F.; RIBEIRO, M. R.; KER, J. C. Morfologia e classificação de Luvisolos e Planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no Semiárido do Nordeste brasileiro. R. Bras. Ci. Solo, 33:1333-1345, 2009.
- REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; SUZUKI, L. E. A. S.; HORN, R. Mecânica do solo. In: Lier, Q. J. V., Ed. Física do Solo. 1 ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. P. 29-102.

- 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. 5.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.
- SANTOS, A. C.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; BERNINI, T. A.; COOPER, M.; NUMMER, A. R.; FRANCELINO, M. R. Gênese e Classificação de Solos numa Topossequência no Ambiente de Mar de Morros do Médio Vale do do Paraíba do Sul, R.J. R. Bras. Ci. Solo, 34:1297-1314, 2010.
- SCHAETZL, R. Lithologic discontinuities in some soils on drumlins theory, detection, and application. Soil Sci. 163:570-590,1998.
- SCHWERTMANN, U. Differenzierung der eisenoxide des bodensdurch extraction mitammoniumoxalat-lösung.Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkd, 105:194-202, 1964.
- SCHWERTMANN, U.; KÄMPF, N. Óxidos de ferro jovens em ambientes pedogenéticosbrasileiros.RevistaBrasileiradeCiênciadoSolo,Campinas,SP,v .7,p.251-255,1983.
- SOARES, M. R.; ALLEONI, L. R. F.; VIDAL-TORRADO, P.; COOPER, MIGUEL. Mineralogy and ion exchange properties of the particle size fractions of some Brazilian soils in tropical humid areas. Geoderma 125: 355 – 367, 2005.
- SOUZA, R.; CAMARGO, F. A. O.; VAHL, L. C. Solos alagados (Reações de redox). In: MEURER, E. J. Fundamentos de química do solo. 3.ed. EVANGRAF. Porto Alegre - RS. 2006. p.185-211.
- SOUZA, R. V. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; CORRÊA, M. M.; ALMEIDA, M. C.; CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO FILHO, M. R.; SCHULZE, M. B. B. Caracterização de Solos em uma Topoclimossequência no Maciço de Triunfo – Sertão de Pernambuco. R. Bras. Ci. Solo, 34:1259-1270, 2010.
- THOMPSON, M. L. & UKRAINCZYK, L. Micas. In: Dixon, J. B. & Schulze, D.G. Soil Mineralogy with environmental applications. SSSA. Madison, 2002. p. 431-466.
- VETTORI, L. Métodos de análise de solo. (Boletim Técnico, 7). Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 24p.
- ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F. Formas de fósforo no solo sob leguminosas florestais, floresta secundária e pastagem no norte fluminense. R. bras. Ci. Solo, 32:1191-1197, 2008.

**CAPÍTULO II**  
**CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DE NITOSSOLOS DERIVADOS**  
**DE BASALTOS DA FORMAÇÃO IPOJUÇA, PERNAMBUCO.**



## RESUMO

Os Nitossolos estudados estão localizados em uma região de grande interesse socioeconômico para o desenvolvimento do Estado de Pernambuco devido ao crescente turismo e principalmente devido à presença do Complexo Industrial Portuário de Suape. Essa região atrai diversas empresas que se estabelecem nas proximidades ocupando áreas onde antes eram cobertas por vegetação natural ou pela cana-de-açúcar. Assim o presente estudo tem como objetivo avaliar as propriedades morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas de Nitossolos ao longo de uma topossequência, a fim de compreender melhor a interrelação de suas propriedades e a gênese. As informações geradas poderão ser utilizadas para o desenvolvimento de práticas de manejo adequadas à utilização racional desses solos, voltadas ao uso agrícola, preservação ambiental ou até construção civil. Para isso, foi escolhida uma encosta sob um pomar de mangueira e jaqueira abandonado, representando bem os solos vermelhos, nos quais são indicativos de serem desenvolvidos de rochas básicas da Formação Ipojuca. Ao longo dessa encosta foi realizada a abertura de três trincheiras, formando uma topossequência. Os solos foram caracterizados em termos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos. Ainda foram realizadas as extrações seletivas de Fe e Al com uso de DCB, e Oxalato ácido de amônio. Os solos se enquadraram no SiBCS, mas o terceiro nível categórico não contempla o caráter alítico e o alto teor de óxido de ferro encontrado, necessitando de ajustes no SiBCS. A variação nas características químicas e mineralógicas na topossequência tem relação direta com a variação do material de origem e do relevo. Os cálculos da relação areia fina com areia total, e valor de uniformidade (VU) não foram suficientes para comprovar a presença de descontinuidade litológica no terço inferior de encosta, porém, a mineralogia e os atributos químicos permitem inferir que o solo do terço inferior de encosta é formado a partir de dois materiais distintos, basaltos e rochas sedimentares, com o *solum* tendo a maior influência dos basaltos.

**Palavras-chave:** Alumínio trocável, alítico, esmectitas, óxidos de ferro, descontinuidade litológica.

## Chapter 2

### CHARACTERISTICS AND GENESIS OF DERIVATIVES NITOSOL BASALTS IPOJUCA FORMATION, PERNAMBUCO-STATE-BRAZIL.

#### ABSTRACT

The Nitisols studied are located in a region of great interest to the socioeconomic development of Pernambuco-State-Brazil due to growing tourism and mainly due to the presence of Industrial Port Complex of Suape. This region attracts many companies that are established nearby occupying areas formerly covered by natural vegetation or by sugar cane. The present study aims to evaluate the morphological, physical, chemical and mineralogical Nitisols along a toposequence in order to better understand the interrelationship of these properties and genesis. The information generated can be used to develop management practices appropriate to the efficient use of these soils, directed to agriculture, environmental preservation or even construction. For this study was selected a hillside in an orchard of mango and jackfruit abandoned representing the red soils in which they are developed are indicative of basic rocks Ipojuca Formation. Along this slope was opened of three trenches, forming a toposequence. The soils were characterized in terms of morphological, physical, chemical and mineralogical. Although selective extractions were performed Fe and Al using the DCB, and acid ammonium oxalate. The soils are according to the SiBCS, but the third category level does not include the alitic and high content of iron oxide, necessitating adjustments SiBCS. The variation in chemical and mineralogical characteristics in toposequence is directly related to the variation of the source material and relief. The calculations of the ratio fine sand with total sand, and uniformity value (UV) were not sufficient to prove the presence of lithological discontinuity in the lower third of the slope, however, the mineralogy and chemical attributes allow conclude that soil of the lower slope is formed from of two different materials, basalts and sedimentary rocks, with *solum* having the greatest influence of basalts.

**Keywords:** Aluminum exchangeable, alitic character, smectite, iron oxides, lithological discontinuity, Basin Cabo.

## 2.1 INTRODUÇÃO

A Formação Ipojuca é composta principalmente por traquitos e riolitos, contendo ainda basaltos, ignimbritos e granitos, os quais ocorrem distribuídos em praticamente toda a bacia (Nascimento et al., 2009).

Os basaltos são rochas vulcânicas básicas, com granulometria fina, e constituídos principalmente por piroxênios e plagioclásios (UNESP, 2012). Na Bacia Cabo, são raras exposições de afloramentos preservados, pois essas rochas estão sob um avançado estágio de alteração. As áreas de ocorrência dos basaltos são reconhecidas pela coloração marrom-escura dos solos sobrepostos (Lima Filho et al., 1996).

No Brasil, a grande maioria dos solos desenvolvidos sobre rochas básicas ocupam uma extensa área na região sul do país, precisamente na Bacia Paraná, em vários tipos de relevo e são bastante explorados em regime de agricultura intensiva (Rocha, 1994).

No Estado de Pernambuco a ocorrência de rochas básicas tem destaque na Bacia Cabo (Formação Ipojuca), a qual se localiza no litoral sul do estado. Há também ocorrência de rochas básicas na região da zona da mata norte de Pernambuco, onde existe uma suíte de ortogneisses: biotita gnaisse, anfibólio gnaisse, granodioritos (CPRM, 2005 b).

Os solos da ordem dos Nitossolos geralmente são formados a partir de rochas básicas, como o basalto, e ultrabásicas, mas também podem ser formados a partir de rochas com acidez intermediária, como o traquito (Embrapa, 2000). Na Bacia Cabo, os Nitossolos são resultado do intemperismo principalmente de traquitos, andesitos e basaltos da Formação Ipojuca (Lima Filho et al., 1996, Nascimento et al., 2004).

Os Nitossolos são solos tropicais vermelhos ou bruno - avermelhados, profundos, constituídos por material mineral, homogêneos, bem drenados, com horizonte B nítico. Este horizonte possui argila de atividade baixa ou caráter alítico, textura argilosa a muito argilosa, com relação textural inferior a 1,5; estrutura em blocos e/ou prismática, com grau de desenvolvimento moderado ou forte que, normalmente, apresentam superfícies brilhantes que podem estar relacionadas com cerosidade ou superfícies de compressão (Embrapa, 2006).

A composição mineralógica da argila é dominada pela caulinita, sendo comum a ocorrência de hematita, goethita e gibbsita como também encontrados nos trabalhos de Sans et al.(1979), Queiroz & Klamp (1985),

Moniz et al. (1994) e Demattê & Garcia (1999). A presença desses minerais e o predomínio da caulinita indicam que esses solos são bastante intemperizados.

Os teores de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) desses solos normalmente são elevados, alcançando valores superiores a 15% devido a natureza do material de origem (rochas básicas). Pode ocorrer também presença de minerais como maghemita e magnetita nos quais dão propriedades magnéticas a estes solos (Ferreira, 2003; Silva, 2009).

No Brasil, os estudos com Nitossolo foram realizados principalmente na região da Bacia Paraná, como os trabalhos de Santos Filho et al. (1978) e Sans et al. (1979) nos Estados do Paraná e de Minas Gerais, respectivamente. Com base nos dados apresentados dos estudos acima, os solos possuem CTC elevada em comparação aos Latossolos, teor de alumínio baixo, mineralogia predominada por caulinita, ocorrendo também vermiculita, goethita, esmectita, hematita e interstratificado vermiculita-clorita.

No Estado de Pernambuco foram realizados estudos com perfis de Nitossolos, cujos dados analíticos mostram que se trata de solos fortemente a moderadamente ácidos, distróficos, álicos e férricos (altos teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , variando de 180 a  $360\text{g kg}^{-1}$  de solo) e baixo teor de fósforo disponível. A assembléia de minerais na fração areia é composta por quartzo, ilmenita e magnetita. A fração silte possui quartzo, hematita e ilmenita, enquanto a fração argila é dominada por caulinita (Embrapa, 2000; Oliveira et al., 2004; Brasil, 1972).

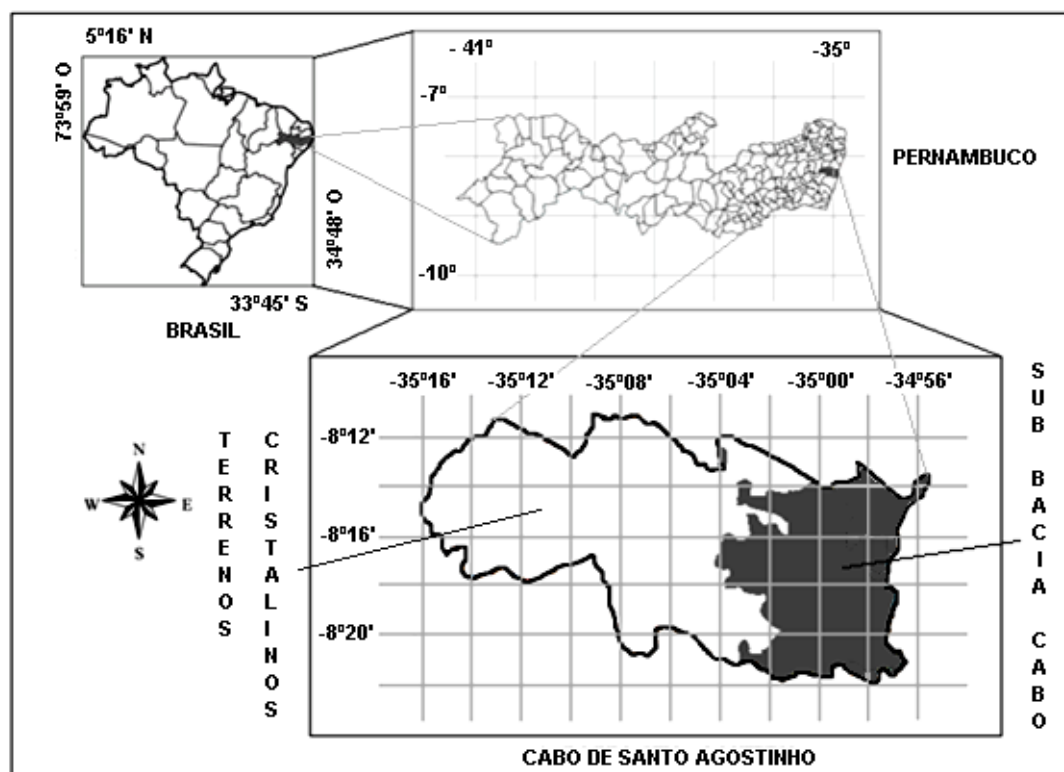
A região da Bacia Cabo onde ocorre Nitossolos é de grande interesse socioeconômico, pois está localizada nas proximidades do Complexo Industrial Portuário de Suape, no qual é uma alavanca para o desenvolvimento do Nordeste, que atrai diversas empresas nas quais se estabelecem nas proximidades ocupando áreas onde antes eram coberta por vegetação natural ou pela cana-de-açúcar.

Assim o presente estudo tem como objetivo avaliar as propriedades físicas, químicas e mineralógicas de Nitossolos ao longo de uma topossequência, a fim de compreender melhor a interrelação de suas propriedades e a gênese, obtendo informações que poderão ser utilizadas para o desenvolvimento de práticas de manejo adequadas à utilização racional desses solos, voltadas ao uso agrícola ou preservação ambiental.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.2.1 Localização e caracterização da região de estudo

A área de estudo está localizada no município do Cabo de Santo Agostinho, litoral sul do Estado de Pernambuco (Figura 2.1).



**Figura 2.1** – Mapas com a localização da área de estudo, adaptado de CPRM (2005a).

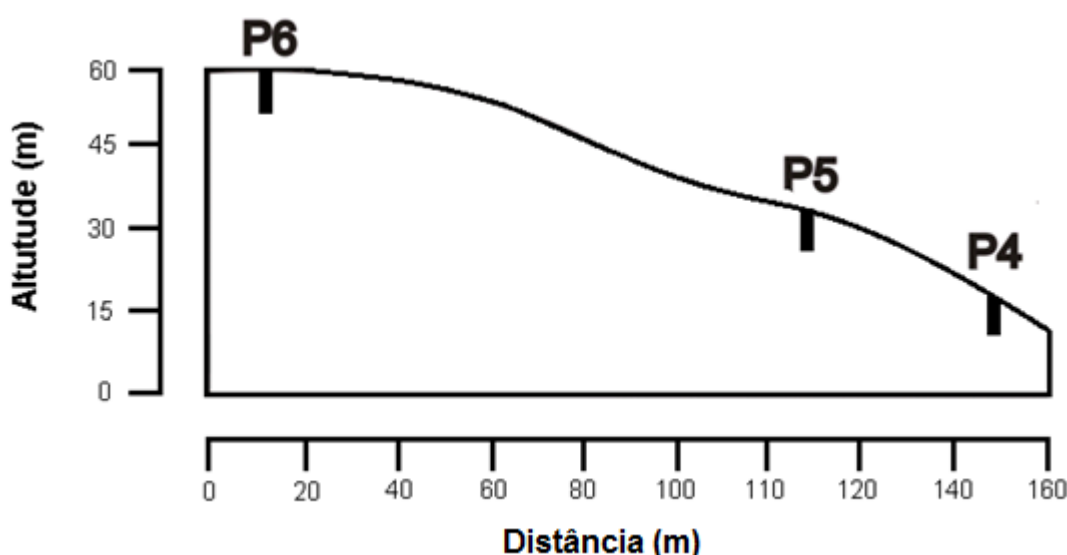
O material de origem é o basalto da Formação Ipojuca. Com o relevo formado pelas colinas da zona da mata, Domínio dos Mares-de-Morros, com áreas que têm sofrido retrabalhamento intenso, apresentando-se bastante dissecado e com vales profundos com incisão da drenagem fluvial homogênea, exibindo feição suave ondulada com encostas convexas e altitudes não excedendo os 80 m, possuindo uma drenagem predominantemente dendrítica, com vales profundos e em formas de U e V (Assis, 1999; Andrade, 1999; CPRM, 2005 a, Dantas et al., 2008).

O clima da região é quente e úmido, tipo As' (segundo a classificação de Köppen), com precipitação pluvial média anual de 2.160 mm, cujo período chuvoso ocorre de fevereiro a agosto e temperatura média de 25 °C (Assis, 1999).

A vegetação nativa é predominantemente do tipo floresta subperenifólia, distribuída nos ecossistemas de Mata Atlântica, cujas áreas estão praticamente desmatadas para uso agrícola (principalmente cana-de-açúcar) ou para a implantação do complexo industrial de Suape (Andrade-Lima, 1960).

### 2.2.2 Seleção dos perfis, coleta e preparo das amostras de solos.

Foi escolhida uma encosta representativa de solos vermelhos, indicando serem desenvolvidos de rochas básicas da Formação Ipojuca, ao longo dessa encosta foi realizada a abertura de três trincheiras, formando uma topossequência (Figura 2.2). Nesta encosta está um pomar de mangueira e jaqueira abandonado. A localização dos perfis consta na tabela 2.1.



**Figura 2.2** - Situação dos perfis na topossequência, onde P4 = Perfil 4 (terço inferior de encosta), P5 = Perfil 5 (meia encosta) e P6 = Perfil 6 (topo).

**Tabela 2.1**-Coordenadas e altitude dos perfis estudados.

Perfil	Coordenada	Altitude (m)
P4 (Terço inferior)	8° 18' 43" S 35° 1' 26" W	23,5
P5 (Meia encosta)	8° 18' 43" S 35° 1' 25" W	35,5
P6 (Topo)	8° 18' 46" S 35° 1' 22" W	58,4

A caracterização morfológica e a coleta das amostras deformadas de cada horizonte do solo foram feitas conforme as recomendações do Manual de Descrição e Coleta de Solos no Campo de Santos et al. (2005). Os solos foram

classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (Embrapa, 2006).

As análises químicas e físicas foram efetuadas em material seco ao ar, que foi pesado, destorroado e passado em tamis com malha de 2 mm de abertura, obtendo-se assim, terra fina seca ao ar (TFSA), como descrito no Manual de Métodos de Análise de Solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (1997).

As frações maiores que 2 mm (cascalhos, 2 - 20 mm) foram colocadas em recipientes, e adicionado água e NaOH 1 mol L<sup>-1</sup>, na proporção 1:1 até cobrir toda a amostra, agitando-se várias vezes durante o dia com o auxílio de um bastão e permanecendo por uma noite nesta solução. Em seguida foram lavadas abundantemente com água corrente visando a remoção completa das frações menores que 2 mm, secas em estufa, e pesadas para o cálculo das suas percentagens em relação ao peso total da respectiva amostra (Embrapa, 1997).

### **2.2.3 Análises físicas**

Foram realizadas as análises físicas seguindo os métodos recomendados pela Embrapa (1997), em que se determinou a granulometria, argila dispersa em água, densidade do solo e densidade das partículas.

A análise granulométrica foi realizada pelo método do densímetro, utilizando NaOH como dispersante químico. A agitação física do solo utilizada foi lenta, empregando o agitador rotatório tipo Wagner a 50 rpm por 16 h (Mauri et al., 2011). A leitura do densímetro foi realizada 16 h após a agitação da proveta com um bastão. A argila dispersa em água foi determinada semelhante à granulometria, diferindo apenas por usar água como dispersante.

A densidade do solo (Ds) foi determinada pelo método do anel volumétrico e a densidade das partículas (Dp) pelo método do balão volumétrico, utilizando-se o álcool etílico como líquido penetrante.

A partir desses resultados foram calculados: porosidade total, grau de floculação, relação silte/argila e a possível ocorrência de descontinuidade litológica no perfil, a qual foi calculada pela relação areia fina/areia total e o Valor de Uniformidade conforme Bortoluzzi et al. (2008).

O cálculo do Valor de Uniformidade (VU) foi realizado pela razão entre a granulometria de um horizonte superior (numerador) e a do horizonte

subjacente (denominador), onde valores que não estão entre 0,61 e - 0,61 indicam descontinuidade litológica. Quanto mais os valores se aproximam de zero, mais provável é a similaridade do material de origem dos dois horizontes em questão.

$$VU = \left\{ \left[ \frac{(S + AF)}{(A - AF)} \right]_{\text{horizonte superficial}} / \left[ \frac{(S + AF)}{(A - AF)} \right]_{\text{horizonte subjacente}} \right\} - 1,0.$$

S = fração silte; A = fração areia e AF = fração areia fina, com valores em percentagem.

#### 2.2.4 Análises químicas

As análises químicas de rotina para fins de classificação de solos foram realizadas conforme Embrapa (2009): pH em água e KCl 1 mol L<sup>-1</sup> (relação 1:2,5); Acidez potencial pelo método do acetato de cálcio 1mol L<sup>-1</sup>; Na e K trocáveis extraídos pelo extrator Mehlich-1 e determinados por fotômetro de chama; Ca, Mg e Al trocáveis extraídos por solução de KCl 1mol L<sup>-1</sup> e determinados por espectroscopia de absorção atômica; Carbono orgânico determinado pelo método do Walkey-Black; Fósforo disponível extraído por Mehlich-1 e determinado por colorimetria.

Com os resultados analíticos obtidos foram calculados: Variação de pH ( $\Delta$ pH), Soma de Bases Trocáveis (Valor S), Capacidade de Troca de Cátions (CTC), Percentagem de Saturação por Bases (Valor V), Percentagem de Saturação por Alumínio (m) e Atividade da Argila (T arg).

#### 2.2.5 Digestão Sulfúrica

Os elementos Si, Al e Fe foram extraídos por digestão sulfúrica seguida pela digestão alcalina, utilizando metodologia proposta por Vettori (1969). A extração foi realizada nas amostras de TFSA. Para tanto utilizou 1,0 g por amostra, as quais foram maceradas em cadinho de ágata e passadas em peneira de 0,5 mm. Estas amostras foram colocadas em tubos de digestão de 75 mL, juntamente com 20 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (relação 1:1 com H<sub>2</sub>O destilada), levadas à placa digestora para aquecer a uma temperatura de cerca 180 °C e deixadas fervendo por meia hora.

Ao esfriarem, foram adicionadas 50 mL de água destilada, e em seguida filtradas em papel-filtro faixa azul para balões de 250 mL.



O resíduo do papel de filtro foi usado para a digestão alcalina, no qual foi determinado o teor de  $\text{SiO}_2$  por gravimetria. Já o extrato da digestão sulfúrica foi utilizado para determinação do  $\text{Al}_2\text{O}_3$  por titulação e do  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  por espectrofotometria de absorção atômica.

### **2.2.6 Ferro e Alumínio extraídos por DCB e Oxalato ácido de amônio**

Amostras da TFSA do horizonte superficial, mediano e inferior de todos os perfis foram maceradas em almofariz de ágata e passadas em peneiras com malha de 80 mesh para realização das extrações químicas.

Para a extração de Fe e Al relativo aos óxidos ferro pedogênicos ( $\text{Fe}_d$ ) e óxidos de alumínio ( $\text{Al}_d$ ) - utilizou-se o método do Ditionito-Citrato-Bicarbonato de sódio (DCB) a 80 °C. Foram realizadas três extrações sucessivas, empregando o método descrito por Mehra & Jackson (1960) com as modificações realizadas por Inda Junior & Kämpf (2003).

Para extração de Fe e Al relativo aos óxidos de ferro de baixa cristalinidade ( $\text{Fe}_o$ ) e óxidos de Alumínio ( $\text{Al}_o$ ), a extração foi realizada com solução de oxalato ácido de amônio ( $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 0,2mol L<sup>-1</sup> a pH 3, no escuro em uma única extração (Schwertmann, 1964).

A partir dos resultados obtidos, foram calculadas as relações  $\text{Fe}_o/\text{Fe}_d$  e  $\text{Al}_o/\text{Al}_d$ .

### **2.2.7 Análises mineralógicas**

As análises mineralógicas foram realizadas nas frações: areia grossa, areia fina, silte e argila, dos horizontes superiores, medianos e inferiores de cada perfil.

Primeiramente foi feita a eliminação da matéria orgânica na TFSA, utilizando peróxido de hidrogênio (Jackson, 1975), depois a dispersão (química com NaOH e mecânica com agitador tipo “Wagner” por 16 h) das frações granulométricas, que possibilitou a separação da areia por peneiramento úmido.

A separação da fração argila da fração silte foi realizada por sifonação. Após cada coleta, o volume de cada proveta era completado com o dispersante NaOH, mantendo o pH entre 8,0 e 8,5. Esse procedimento repetiu-se por várias vezes até a total retirada da fração argila e limpeza da fração silte.

Os difratogramas foram obtidos empregando-se um Difrátômetro de Raios X modelo Shimadzu XRD 6000, operando a uma tensão de 40 kV, com corrente de 20 mA e radiação de  $\text{K}\alpha$  do Cu, com monocromador de cristal de grafite acoplado.

As amostras de areia grossa, areia fina e silte foram analisadas apenas na forma de pó não orientado depois de macerada em almofariz de ágata e passadas em peneira de 48 mesh, enquanto a fração argila também foi analisada como argila natural (pó não orientado) e como agregados orientados sobre lâminas de vidro após serem submetidas aos pré-tratamentos de eliminação de carbonatos e óxidos de ferro, de acordo com os métodos preconizados por Jackson (1975).

A amplitude de varredura nas amostras em pó foi de 5 a  $70^\circ 2\theta$ , e nas amostras na forma de agregados orientados sobre lâmina de vidro foi de 3 a  $33^\circ 2\theta$ , todas à velocidade de registro de  $1^\circ 2\theta \text{ min}^{-1}$ .

Com o objetivo de caracterizar os filossilicatos nas amostras estudadas, a fração argila submetida aos pré-tratamentos supracitados foram saturadas com KCl e analisadas sob temperatura ambiente e aquecidas a  $110^\circ$ ,  $300^\circ$  e  $550^\circ\text{C}$ , identificadas como K25; K110; K300 e K550, respectivamente. As amostras também foram saturadas por  $\text{MgCl}_2$  e analisadas sob temperatura ambiente, identificadas por Mg e posteriormente solvatadas com glicerol (ficando identificadas como Mg-Gli). A disposição das argilas sobre a lâmina de vidro foi realizada sob a forma de esfregaço, obtendo-se assim a amostra orientada.

As amostras em que foram identificadas minerais esmectíticos foram submetidas ao teste de Li (Greene Kelly, 1953), com o objetivo de verificar o efeito Hofmann e Klemen. O tratamento consta da saturação da amostra com  $\text{LiCl } 1\text{mol L}^{-1}$ , seguido de aquecimento a  $270^\circ \text{C}$  durante 9 horas. Ao final, os DRXs foram realizados com os agregados orientados após o aquecimento (Li270) e solvatadas em glicerol (Li270G) (Lim & Jackson, 1986).

Os critérios empregados para interpretação dos difratogramas e na identificação dos minerais constituintes das frações silte e argila foram: espaçamento interplanar (d), forma, largura e intensidade dos picos e comportamento frente aos tratamentos, conforme apresentado por Brown & Brindley (1980) e Moore & Reynolds (1989).

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.3.1 Atributos morfológicos

Estão reunidos na tabela 2.2 e ilustrados nas figuras 2.3, 2.4 e 2.5 os resultados relativos aos atributos morfológicos dos três perfis estudados em solos derivados de basaltos.

O perfil P6 está localizado no topo da encosta, em relevo suave ondulado, possuindo a maior infiltração de água da topossequência e uma boa drenagem (ver apêndice 2), o que resulta no perfil mais profundo devido ao maior avanço na ação do intemperismo químico e também pela pouca perda de materiais (argila) para as partes mais baixas do relevo por processo erosivo.

O perfil P5 está em relevo ondulado, situado no meio da encosta em um provável acúmulo de material coluvial no qual resulta numa forma convexa a essa porção da encosta (Ver figura 2.2). Assim como o perfil P6, ele possui uma boa infiltração de água e uma boa drenagem o que resulta também num solo profundo (Ver apêndice 2).

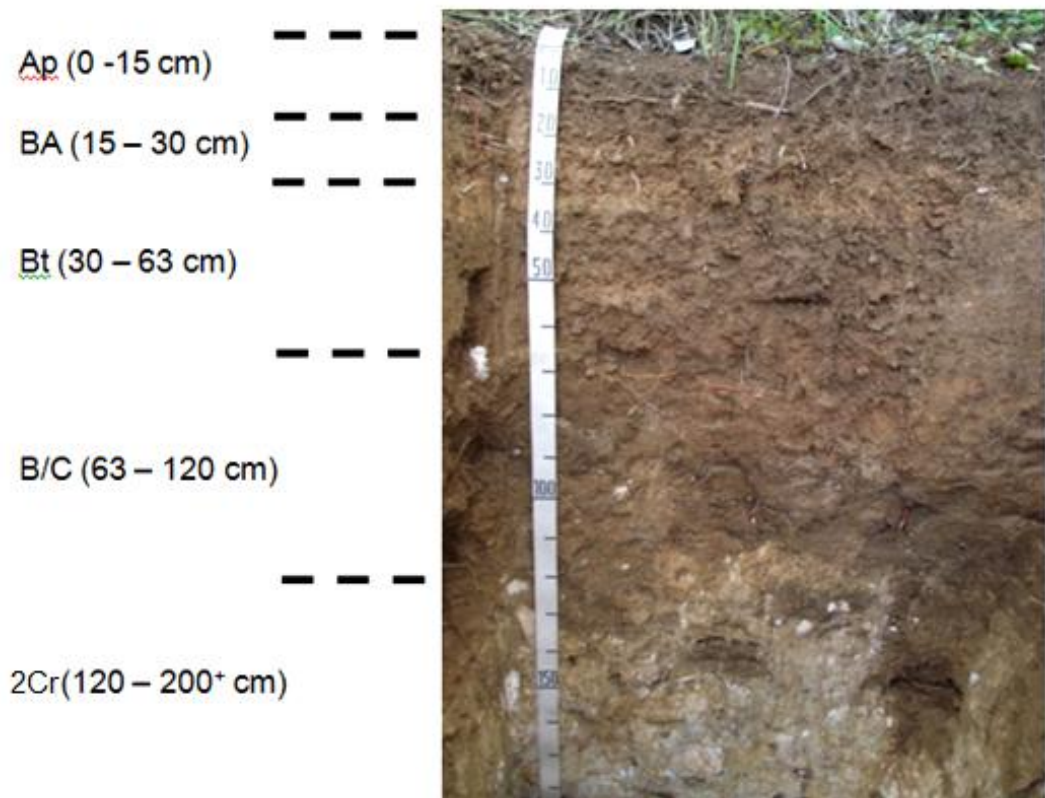
O perfil P4 encontra-se no terço inferior de encosta e recebe materiais das porções mais superiores da encosta, porém, devido ao seu relevo ondulado com declividade perto dos 20 %, ele aparenta perder mais materiais do que recebe, o que pode explicar sua menor profundidade entre os solos da topossequência. A posição inferior no relevo que o deixa próximo ao lençol freático resulta em drenagem moderada e em menores lixiviações (Ver apêndice 2).

Todos os solos são muito profundos, já que o contato lítico não foi observado aos 200 cm de profundidade, característica de solos bem evoluídos. O P4 possui o menor *solum* (120 cm), sendo um indício de que é menos evoluído do que os outros dois perfis nos quais possuem *solum* superior aos 200 cm. Os Nitossolos são profundos (Embrapa, 2006) podendo ser encontrados também Nitossolos muito profundos (Sans et al., 1979; Moniz et al., 1994)

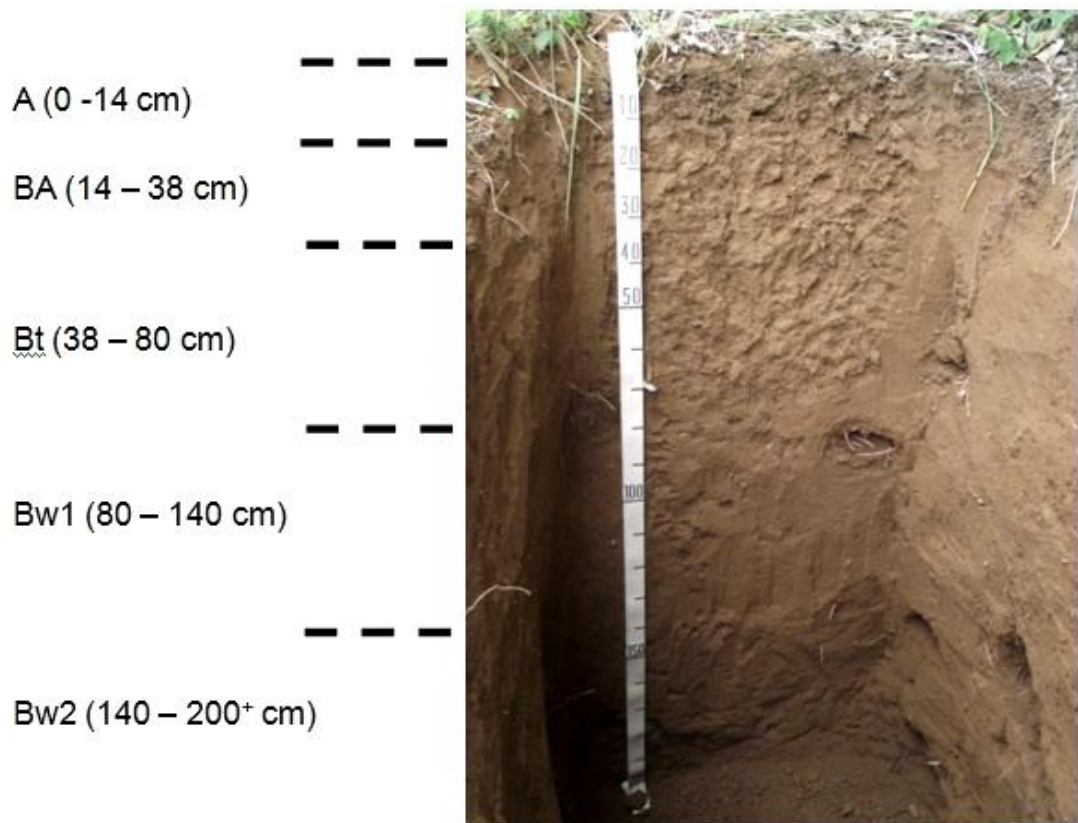
O P6 apresenta acentuada atração magnética pelo ímã de mão em todos os seus horizontes. No P5 a atração pelo ímã em todos os horizontes é fraca, enquanto no P4 a atração também é fraca, mas nos horizontes B/C e 2Cr é nula (ver apêndice 2). Solos tropicais são naturalmente ricos em óxidos, principalmente os de ferro, sendo a hematita, goethita, maghemita e magnetita

os óxidos de ferro mais comuns de se encontrar nos solos brasileiros (Ferreira et al., 2003).

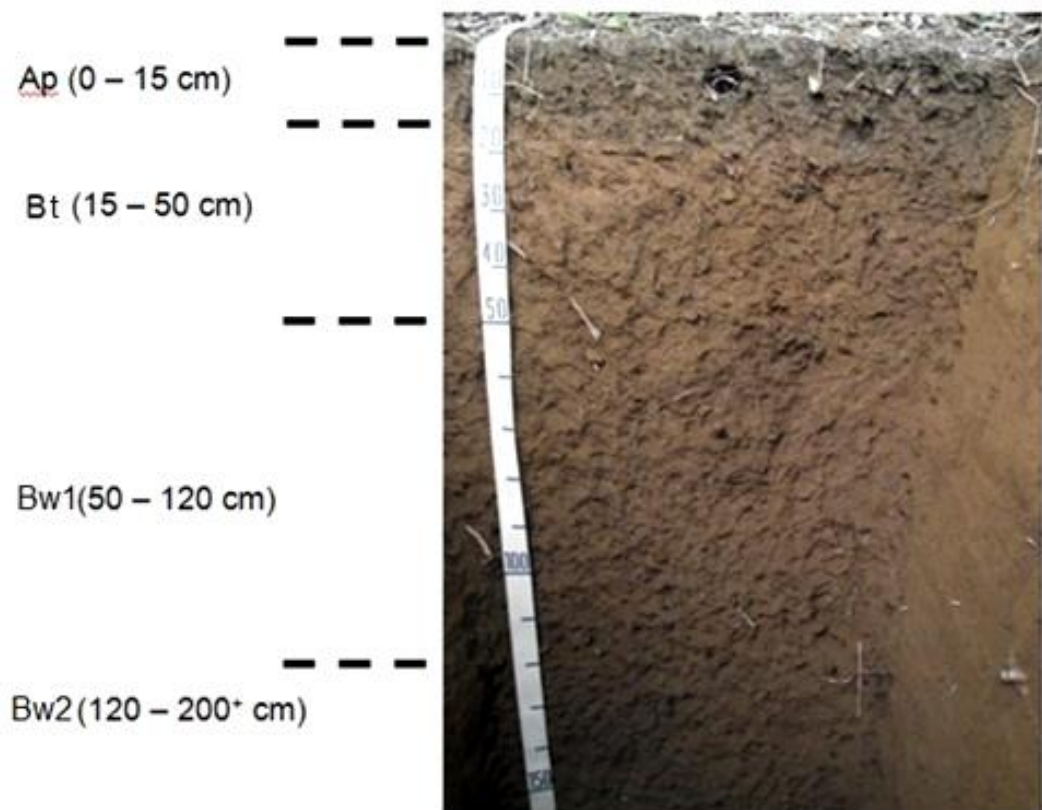
Desses, a magnetita e a maghemita são os minerais que possuem caráter magnético (Costa, et al., 2009). É comum os Nitossolos possuírem atração magnética (Queiroz & Klamt, 1985; Ferreira et al., 2003). A propriedade magnética dos solos do presente estudo está relacionada à magnetita encontrada na fração silte.



**Figura 2.3**– Distribuição e classificação dos horizontes do NITOSSOLO HÁPLICO (P4).



**Figura 2.4**– Distribuição e classificação dos horizontes do NITOSSOLO HÁPLICO (P5).



**Figura 2.5**– Distribuição e classificação dos horizontes do NITOSSOLO HÁPLICO (P6).

**Tabela 2.2** - Atributos morfológicos dos perfis de uma topossequência na Formação Ipojuca.

Horiz.	Prof. (cm)	Cor Munsell (úmido) Matriz	Cerosidade	Textura	Estrutura			Consistência			Transição
					Grau	Tamanho	Forma	Seca	Úmida	Molhada	
<b>P4 - NITOSSOLO HÁPLICO –Terço inferior de encosta</b>											
Ap	0-15	7,5YR 3/3	--	Argila	Moderada	Muito pequena e pequena	Blocos subangulares	Muito dura	Friável	Muito plástica e muito pegajosa	clara e plana
BA	15-30	7,5YR 4/4	Moderada Comum	Argila	Moderada	Pequena e média	Blocos subangulares e angulares	Muito dura	Firme	Muito plástica e muito pegajosa	clara e plana
Bt	30-63	7,5YR 4/6	Moderada Abundante	Muito argilosa	Moderada	Muito pequena e pequena	Blocos angulares	Muito dura	Firme	Muito plástica e muito pegajosa	clara e plana
B/C	63-120	7,5YR 5/6	--	Argila	Maciça e Fraca	Pequena	Blocos subangulares e angulares	Muito dura	Friável	Muito plástica e muito pegajosa	abrupta e irregular
2Cr	120-200+	--	--	Franco argila arenosa	--	--	--	Dura	Friável	--	--
<b>P5 - NITOSSOLO HÁPLICO - Meia encosta</b>											
A	0-14	7,5YR 3/4	--	Muito argilosa	Moderada	Muito pequena e pequena	Blocos subangulares	Muito dura	Firme	Muito plástica e muito pegajosa	gradual e plana
BA	14-38	7,5YR 4/4	Fraca Comum	Muito argilosa	Moderada	Pequena e média	Blocos angulares	Muito dura	Firme	Muito plástica e muito pegajosa	difusa e plana
Bt	38-80	7,5YR 4/4	Moderada Comum	Muito argilosa	Moderada	Muito pequena e pequena	Blocos angulares	Muito dura	Firme	Muito plástica e muito pegajosa	difusa e plana
Bw1	80-140	7,5YR 4/4	Fraca Comum	Muito argilosa	Fraca	Muito pequena e pequena	Blocos subangulares	Muito dura	Firme	Muito plástica e muito pegajosa	difusa e plana
Bw2	140-200+	7,5YR 4/4	Fraca Pouca	Muito argilosa	Fraca	Muito pequena e pequena	Blocos subangulares	Muito dura	Firme	Muito plástica e muito pegajosa	--
<b>P6 - NITOSSOLO HÁPLICO - Topo</b>											
Ap	0-15	5YR 3/4	--	Muito argilosa	Moderada	Muito pequena e média	Blocos subangulares	Muito dura	Firme	Muito plástica e muito pegajosa	clara e plana
Bt	15-50	5YR 4/4	Moderada Comum	Muito argilosa	Moderada	Muito pequena e pequena	Blocos subangulares	Muito dura	Firme	Muito plástica e muito pegajosa	difusa e plana
Bw1	50-120	5YR 4/4	Fraca Pouca	Muito argilosa	Fraca	Muito pequena e média	Blocos subangulares	Muito dura	Firme	Muito plástica e muito pegajosa	difusa e plana
Bw2	120-200+	5YR 4/4	Fraca Pouca	Muito argilosa	Fraca	Muito pequena e média	Blocos subangulares	Muito dura	Firme	Muito plástica e muito pegajosa	--

Os solos apresentam cores brunadas e não possuem policromia, possuindo valor de 3 a 5, e croma de 3 a 6 sem variar a matiz dentro do perfil. Na topossequência, os perfis P5 e P6 são bastante semelhantes quanto às propriedades morfológicas, diferindo um do outro principalmente pela coloração. O P6 é mais alaranjado, com matiz igual a 5YR, já os outros dois perfis apresentam-se mais amarelados, com matiz 7,5YR. Essas cores, vermelho-amareladas (YR), são resultantes dos óxidos de ferro que compõe a mineralogia, em que a hematita é responsável pela cor vermelha e a goethita pela cor amarela. Já a cor brunada é devido à presença da magnetita e principalmente da goethita (Ker e Resende, 1990; Almeida et al., 2003; Costa et al., 2009). As cores escuras presentes nos horizontes superficiais são devido aos maiores teores de matéria orgânica.

A cerosidade, propriedade típica dos Nitossolos, está presente nos horizontes BA e Bt do perfil P4, e em todos os horizontes dos perfis P5 e P6, excluindo os superficiais. Essa cerosidade é devido ao material inorgânico preencher os poros e, ou revestir as superfícies das unidades estruturais e, ou de partículas de frações grosseiras dando um aspecto brilhante (Embrapa, 2006).

A textura desses solos é argilosa ou muito argilosa, condição esta dada pela pobreza em quartzo do material de origem (basalto) desses solos (Ker, 1997). No perfil P4 ocorre textura muito argilosa no horizonte Bt, franco-argilo-arenosa no 2Cr e argilosa nos demais horizontes. A textura menos argilosa no perfil 4 está associada a mistura de materiais de origem que ocorre neste perfil. A partir das análises químicas e mineralógicas vistas adiante, possivelmente esta mistura se trata de material de origem relacionada a Formação Cabo (a qual é formada por fragmentos de granitos, assim fonte de quartzo para os solos) com o basalto.

A estrutura encontrada nesses solos foi apenas em blocos, com predomínio dos subangulares de tamanho variando entre muito pequena a média. A estrutura dos horizontes Bw está de acordo ao afirmado por Santos (2005), que diz que solos caulíníticos, argilosos a muito argilosos normalmente possuem estrutura em blocos subangulares de desenvolvimento fraco ou moderado.

Quanto à consistência, os solos são bastante homogêneos em toda a topossequência, inclusive em profundidade, apresentando-se muito dura, firme,

muito plástica e muito pegajosa como resultado principalmente da textura argilosa a muito argilosa, pois a coesão aumenta com a diminuição do tamanho das partículas (Reichert et al., 2010).

O P4 apresenta à seguinte sequência de horizontes: Ap, BA, Bt, B/C e 2Cr. Já nos perfis P5 e P6 a sequência de horizontes é A, BA, Bt, Bw1 e Bw2, sendo que o P6 possui um horizonte a menos, o transicional BA, e o horizonte A é pedoturbado (Ap).

A transição entre os horizontes B no P5 e P6 tem forma plana, com pouca ou nenhuma irregularidade, e nitidez difusa. Entre os horizontes A e B, a transição no P5 é gradual devido aos maiores teores de matéria orgânica no horizonte A, enquanto no P6 é clara devido à pedoturbação e também aos maiores teores de matéria orgânica no horizonte Ap.

Quanto ao perfil P4, a transição entre os quatro primeiros horizontes é clara e plana devido aos maiores teores de matéria orgânica e a pedoturbação no Ap, a textura mais fina do Bt e a estrutura maciça do B/C. Já a transição entre os horizontes B/C e 2Cr é abrupta e irregular devido possivelmente a mudança de material de origem, no qual possui nível de intemperismo e características diferentes dos solos proveniente de basaltos, provavelmente o material que originou o horizonte 2Cr seja as rochas sedimentares da Formação Cabo e/ou da Formação Algodois que ocorrem associadas aos magmatismo que deu origem as rochas ígneas da Formação Ipojuca .

Por serem solos profundos, sem impedimentos químicos ou físicos, e bem estruturados, as raízes tem facilidade em se desenvolverem, por isso foi encontrada raízes em profundidade superior a 2,00 m.

No perfil P4, evidencias como os horizontes B/C e 2Cr não apresentam cerosidade, magnetismo nulo nesses horizontes, transição entre B/C e 2Cr abrupta e irregular, perfil com menor *solum* da topossequência, horizonte 2Cr com cor mais clara, e textura mais arenosa, confirmam a ocorrência de descontinuidade litológica.

### **2.3.2 Atributos físicos**

Os dados analíticos referentes à caracterização física estão apresentados na tabela 2.3.

A participação de partículas > 2 mm é ausente nos perfis P5 e P6, como também encontrado em Nitossolos da mesma região por Brasil (1972), mas no



perfil P4 a quantidade é pequena, variando de 0 a 4 % com aumento em profundidade, divergindo com o encontrado por Oliveira et al. (2004) que caracterizou um Nitossolo também na mesma região. O aumento no teor de cascalho no P4 com a profundidade pode estar relacionado com o material de origem diferenciado do horizonte 2Cr que possui maiores quantidades de minerais resistentes ao intemperismo (quartzo), além da diminuição na intensidade do intemperismo.

A granulometria ao longo dos perfis P5 e P6 não apresentou grande variação, em que ambos possuem textura muito argilosa. Porém, o P6 possui o menor teor de areia, com areia fina em maior quantidade em relação à areia grossa, como também encontrado em Oliveira et al. (2004). As maiores quantidades de areia da topossequência estão no terço inferior de encosta (perfil P4), variando de 249 a 465 g kg<sup>-1</sup> TFSA, predominando a areia grossa, com destaque do horizonte 2Cr.

Os teores de silte variaram de 107 a 307 g kg<sup>-1</sup> de TFSA em toda a topossequência, com média de 220 g kg<sup>-1</sup> de TFSA. Estes valores estão de acordo com os encontrados por Santos Filho et al. (1978), Sans et al. (1979) e Cooper & Vidal-Torrado (2005). O teor de argila foi superior a 500 g kg<sup>-1</sup> de TFSA, que está de acordo para ordem dos Nitossolos, no qual exige quantidades de argila maiores do que 350 g kg<sup>-1</sup> de TFSA a partir do horizonte A (Embrapa, 2006). A exceção ocorre no horizonte 2Cr do perfil P4, no qual apresentou o menor valor de argila (280 g kg<sup>-1</sup> de TFSA) e o maior de areia (465 g kg<sup>-1</sup> de TFSA).

A textura argilosa a muito argilosa desses solos é causada pela granulação fina do basalto, além dessa rocha possuir muitos minerais máficos e plagioclásios e pouco ou nenhum quartzo (Lepsch, 2011), que sob condições climáticas propícias (quente e úmida), são facilmente alteráveis. Quanto ao elevado teor de areia do P4, talvez seja devido a natureza do material de origem diferenciado observado no 2Cr, que apresenta significativa presença de quartzo.

A argila dispersa em água foi baixa ( $\leq 30$  g kg<sup>-1</sup> de TFSA), com exceção dos horizontes Ap do P4 e P6 (386 e 100 g kg<sup>-1</sup> de TFSA, respectivamente). Como o grau de floculação é inversamente proporcional a argila dispersa em água, os horizontes Ap apresentaram os menores valores (28 % no P4 e 84 %

**Tabela 2.3** – Atributos físicos dos perfis de uma topossequência na Formação Ipojuca.

Horizontes	Frações da amostra total		Granulometria da TFSA						Argila Dispersa em H <sub>2</sub> O	Grau de Flocculação	Silte	Areia Fina	VU	Densidade		Porosidade total
	Símbolo	Prof.	Cascalho	TFSA	Areia			Argila						Argila	Areia Total	
	cm	20-2mm	<2mm	Grossa	Fina	Total	Silte	Argila		Argila			g cm <sup>-3</sup>	%		
P4 - NITOSSOLO HÁPLICO – Terço inferior de encosta																
Ap	0-15	0	100	164	85	249	215	536	386	28	0,40	0,34	0,3	1,36	2,76	51
BA	15-30	1	99	199	103	302	179	519	15	97	0,34	0,34	0,1	1,19	2,70	56
Bt	30-63	1	99	160	95	255	107	639	0	100	0,17	0,37	-0,1	1,17	2,74	57
B/C	63-120	2	98	200	107	307	164	529	15	97	0,31	0,35	0,0	1,19	2,72	56
2Cr	120-200 <sup>+</sup>	4	96	314	151	465	255	280	22	92	0,91	0,32	--	--	2,72	--
P5 - NITOSSOLO HÁPLICO – Meia encosta																
A	0-14	0	100	58	51	109	206	685	22	97	0,30	0,47	-0,1	1,20	2,88	58
BA	14-38	0	100	48	45	93	239	667	24	96	0,36	0,48	0,1	1,05	2,90	64
Bt	38-80	0	100	52	49	100	231	669	0	100	0,34	0,49	0,5	1,05	2,99	65
Bw1	80-140	0	100	62	48	110	176	714	25	96	0,25	0,44	-0,2	1,08	2,94	63
Bw2	140-200 <sup>+</sup>	0	100	53	47	96	196	708	0	100	0,28	0,45	--	1,16	2,92	60
P6 - NITOSSOLO HÁPLICO - Topo																
Ap	0-15	0	100	37	49	87	291	622	100	84	0,47	0,57	-0,2	1,18	2,90	59
Bt	15-50	0	100	24	37	61	242	697	0	100	0,35	0,61	-0,1	1,08	2,90	63
Bw1	50-120	0	100	23	38	61	270	669	26	96	0,40	0,62	0,1	1,07	2,92	64
Bw2	120-200 <sup>+</sup>	0	100	29	39	69	307	624	11	98	0,49	0,57	--	1,01	2,94	66

VU: Valor de Uniformidade

no P6). Esses resultados estão relacionados com a pedoturbação antrópica, o qual aumentou a argila dispersa em água e reduziu na mesma proporção o grau de floculação, como aconteceu com os Cambissolos submetidos a diferentes manejos de pastagem estudados por Ferreira et al. (2010).

Os valores da relação silte/argila são baixos, em torno de 0,3 para os perfis P4 e P5, e de 0,4 para o P6, indicando que são solos em estágio bastante avançado de intemperismo (Embrapa, 2006). Porém, a relação do horizonte 2Cr do P4 é alta (0,91), mostrando a conservação do material de origem diferenciado.

O valor de uniformidade (VU) dos solos está entre 0,61 e - 0,61, que segundo Schaetzl (1998), pressupõe continuidade litológica, logo indica solos autóctones. Como os valores estão bem próximos de zero, esses solos parecem ser bem uniformes quanto ao material de origem. Quanto à razão areia fina/areia total, não ocorre grandes variações dentro do perfil, confirmando a continuidade no material de origem. Nesses solos, cálculos granulométricos parecem não serem suficientes para comprovar a descontinuidade, necessitando de outras análises para confirmar a presença de descontinuidade litológica (Schaetzl, 1998).

A densidade da partícula ao longo dos horizontes dos perfis estudados variou entre 2,70 a 2,99 g cm<sup>-3</sup> de TFSA. Valores mais elevados do que 2,70 g cm<sup>-3</sup> de TFSA estão relacionados às altas quantidades de óxidos de ferro (Costa e Bigham, 2009; Lepsch, 2011). Os menores valores são encontrados no perfil P4, por possuir os menores teores de óxidos, provavelmente devido a mistura com o material de origem do horizonte 2Cr. Solos derivados de rochas ricas em minerais ferromagnesianos como o basalto naturalmente possuem densidade de partícula em torno de 2,9 g cm<sup>-3</sup> de TFSA (Centurium et al., 1995; Ghidin et al., 2006 b).

A densidade do solo no P4 apresentou valores de 1,17 a 1,36 g cm<sup>-3</sup> de TFSA, enquanto nos perfis P5 e P6 de 1,01 a 1,20 g cm<sup>-3</sup> de TFSA. Resultados semelhantes a esses também foram encontrados em Nitossolos estudados por Jorge & Prado (1988) e por Moniz et al. (1994). A densidade do solo baixa, estando próximo de 1,0 g cm<sup>-3</sup> de TFSA, é resultado da textura muito fina com agregados pequenos e estáveis resultando em expressiva microporosidade (Ferreira, 2010; Lepsch, 2011). A textura mais arenosa do P4, provavelmente contribui para os maiores valores de densidade do solo.

Mais de 50 % do volume do solo é ocupado por poros (51 a 66 %), esta porosidade pode estar relacionada com a textura fina e as pequenas unidades estruturais que permitem a formação de muitos poros (Oliveira et al., 2009; Lepsch, 2011). A porosidade dos perfis P5 e P6 é em torno de 7 % maior do que o P4 devido a textura muito fina daqueles.

### **2.3.3 Atributos químicos**

Observando os resultados das análises químicas dispostas na tabela 2.4, percebe-se que o perfil P4 possui propriedades distintas entre os perfis estudados, causada possivelmente pela mistura de materiais de origem, onde parte provavelmente é produto da alteração de basalto e outra parte originada da alteração de rochas sedimentares encontradas na região.

Todos os perfis possuem reação fortemente ácida (Embrapa, 2006), com pH em água variando de 4,7 a 5,1. Apesar do material de origem desses solos ser de rocha básica (basalto), esses valores de pH são resultado do avançado estágio de evolução causada pela altas precipitações pluviais com boa drenagem nos quais removem os cátions de caráter básico do complexo de troca (Souza et al., 2007).

O pH em KCl apresentou valores menores em relação ao pH em água, com média de 3,5 no P4 e 4,1 no P5 e P6, resultando em  $\Delta$ pH negativo, o que significa o predomínio de carga negativa na superfície das partículas (Oliveira et al., 2004). O  $\Delta$ pH do P5 e P6 varia de -0,4 a -1,0, já do P4 vai de -1,2 a -1,5, sendo um indicativo de que aqueles são mais evoluídos do que o perfil P4, pois quanto mais o  $\Delta$ pH se aproxima de zero ou atinge valores positivos mais o solo é intemperizado, apresentando elevados teores de “óxidos” de Fe e Al (Alleoni & Camargo, 1994).

Os teores de magnésio assim como os de cálcio, potássio e sódio atingem os valores mais elevados nos horizontes superficiais decrescendo com a profundidade, acompanhando os teores de matéria orgânica. A soma de bases é dominada pelo cálcio, porém, no horizonte 2Cr do perfil P4 quem domina a soma de bases é o magnésio. Esta inversão na ordem liotrópica natural, provavelmente deve-se à presença de minerais intemperizáveis ricos em magnésio que ocorrem no material originário distinto deste horizonte (Vidal-Torrado et al., 2006; Coringa et al., 2012; Santos et al., 2010).

**Tabela 2.4** – Atributos químicos dos perfis de uma topossequência na Formação Ipojuca.

Hor.	Prof. cm	pH (1:2,5)		$\Delta$ pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	Valor S	CTC <sub>7</sub>	T arg	V	m	P	COT
		Água	KCl														
<b>P4 - NITOSSOLO HÁPLICO -Terço inferior de encosta</b>																	
Ap	0-15	5,1	3,6	-1,5	3,47	2,36	0,24	0,16	3,0	16,8	6,3	23,1	43	27	32	10,9	19,3
BA	15-30	4,9	3,4	-1,5	1,42	1,20	0,04	0,10	12,7	19,7	2,7	22,4	43	12	82	9,2	10,4
Bt	30-63	4,9	3,5	-1,4	1,01	0,50	0,03	0,08	10,0	19,1	1,6	20,7	32	8	86	9,3	10,6
B/C	63-120	4,7	3,5	-1,2	0,81	0,51	0,03	0,09	12,6	18,5	1,4	19,9	38	7	90	9,6	6,5
2Cr	120-200 <sup>+</sup>	4,8	3,4	-1,4	0,72	1,27	0,02	0,14	24,0	29,5	2,2	31,7	113	7	92	10,1	1,7
<b>P5 - NITOSSOLO HÁPLICO - Meia encosta</b>																	
A	0-14	5,0	4,1	-0,9	1,14	1,01	0,08	0,11	0,3	8,9	2,3	11,2	16	20	12	11,9	19,3
BA	14-38	4,8	4,0	-0,8	0,89	0,08	0,01	0,05	0,7	6,1	1,1	7,2	11	15	40	10,2	8,4
Bt	38-80	4,8	4,0	-0,8	0,92	0,07	0,01	0,06	0,7	6,0	1,1	7,1	11	15	40	12,5	6,0
Bw1	80-140	4,7	4,0	-0,7	0,79	0,14	0,01	0,05	1,0	6,9	1,0	7,9	11	12	51	14,1	4,4
Bw2	140-200 <sup>+</sup>	4,8	4,1	-0,7	0,87	0,24	0,01	0,05	0,8	5,6	1,2	6,8	10	17	41	14,7	4,5
<b>P6 - NITOSSOLO HÁPLICO - Topo</b>																	
Ap	0-15	5,1	4,1	-1,0	1,37	1,21	0,10	0,13	0,3	9,3	2,8	12,1	19	23	10	10,8	20,2
Bt	15-50	4,7	4,0	-0,7	0,71	0,20	0,01	0,07	0,8	6,9	1,0	8,1	12	12	45	10,6	10,9
Bw1	50-120	4,7	4,3	-0,4	0,83	0,34	0,01	0,06	0,4	4,7	1,2	6,0	9	21	24	12,4	7,7
Bw2	120-200 <sup>+</sup>	4,7	4,1	-0,6	0,86	0,20	0,01	0,08	0,6	5,6	1,1	6,8	11	17	36	13,4	4,2

CTCe: CTC efetiva; CTC<sub>7</sub>: CTC a pH7; Targ: atividade da fração argila; COT: carbono orgânico total

Com a maior contribuição do alumínio e hidrogênio trocáveis e, ou, extraível em relação à soma de bases, a capacidade de troca de cátions assume valores que variam de 6,0 a 12,1  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de solo nos perfis P5 e P6, e variando de 19,9 a 31,7  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de solo no P4. Os maiores valores estão nos horizontes superficiais pela contribuição de cargas negativas da matéria orgânica na qual também ocorre em maiores quantidades nesses horizontes. No perfil P4 os valores de  $\Delta\text{pH}$  mais se distanciaram negativamente de zero, mostrando que possui mais cargas negativas, e portanto maior CTC. Essas cargas negativas provêm da contribuição de minerais de argila 2:1 neste perfil (Figura 2.9), o que não ocorre nos outros perfis aqui estudados.

Nos perfis P5 e P6 o teor de alumínio não ultrapassou 1,0  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de solo, enquanto no perfil P4 o menor valor é 3,0  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de solo, chegando a alcançar 24,0  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de solo. Os menores valores são encontrados nos horizontes superficiais, provavelmente devido a complexação do alumínio pelos maiores teores de matéria orgânica e pelo pH mais elevado (Zambrosi et al., 2007).

Teores superiores a 4,0  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de solo foram também encontrados em Nitossolos da região provenientes de basalto, caracterizados por Oliveira et al. (2004) e Brasil (1972). No perfil P4 o teor de Al entre os horizontes B/C e 2Cr praticamente dobra (passando de 12,6 a 24,0  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de solo), provavelmente devido a influência de outro material de origem.

Como a saturação por bases em todos os perfis não ultrapassa os 30 %, os solos são distróficos, e como o P4 possui maior teor de alumínio do que soma de bases, esse perfil é alítico.

A acidez potencial varia de 4,7 a 9,3  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de solo para o P5 e P6, nos quais predominou o hidrogênio extraível, enquanto no perfil P4 alcançou valores altos em que variou de 16,8 a 29,5  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de solo, mas quem domina esta acidez é o alumínio.

A atividade da argila é mais uma evidencia de que os perfis P5 e P6 são mais intemperizados em relação ao perfil P4, pois naqueles a atividade é menor do que 27  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  e neste é maior do que 27  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  (Embrapa, 2006) o que pressupõe a presença marcante de argilominerais 2:1 no perfil P4, e de minerais 1:1 nos demais perfis.

No perfil P4 a atividade da argila no horizonte 2Cr é de 113  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ , enquanto nos outros horizontes não ultrapassam os 44  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ . Esta grande

diferença provavelmente seja devido aos maiores teores de esmectita presente no horizonte 2Cr em relação aos demais horizontes (Figura 2.9).

Os valores de fósforo assimilável variam de 9,2 a 14,7 mg kg<sup>-1</sup> de solo, cujos valores maiores se encontram nos horizontes superficiais, acompanhando os teores mais elevados da matéria orgânica. O carbono orgânico total varia de 1,7 a 20,2 g kg<sup>-1</sup>, diminuindo progressivamente com a profundidade, em virtude da redução na atividade biológica e na deposição de material orgânico.

### 2.3.3.1 Digestão Sulfúrica

Na tabela 2.5 estão apresentados os teores extraídos pela digestão sulfúrica e digestão alcalina de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ao longo dos perfis da topossequência estudada, e as relações moleculares Ki e Kr a partir dos teores desses elementos.

Os valores de SiO<sub>2</sub> variaram de 190 a 264 g kg<sup>-1</sup> de solo, com os menores valores nos horizontes superficiais e os maiores nos horizontes Bt. A distribuição de SiO<sub>2</sub> dentro e entre os perfis da topossequência não há grandes variações.

A quantidade de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vai de 153 a 255 g kg<sup>-1</sup> de solo, com o perfil P4 apresentando os menores teores. Os horizontes superficiais são onde estão os menores conteúdos, mas no horizonte 2Cr do P4 a quantidade de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> decresce para 153 g kg<sup>-1</sup> de solo, talvez devido as características do material de origem subjacente.

Todos os perfis apresentam altas quantidades de óxidos de ferro, o que fazem serem caracterizados como férricos (Embrapa, 2006). Valores elevados de ferro são comuns em Nitossolos e Latossolos Brunos (Centurion et al., 1995; Oliveira 2004). O perfil P6 apresenta as maiores concentrações de óxidos de ferro (236 a 308 g kg<sup>-1</sup> de solo), seguido do P5 (155 a 247 g kg<sup>-1</sup> de solo). Já o P4, possui os menores teores (284 a 72 g kg<sup>-1</sup> de solo).

A elevada quantidade de ferro é justificada pela natureza máfica do material de origem desses solos. No perfil P4, a distribuição em profundidade de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> é irregular ao longo da sequência, indicando que o seu material de origem é heterogêneo (Andrade et al., 1997). Os menores teores de óxidos de ferro com o aumento da profundidade no P4 evidencia a

heterogeneidade do material de origem e mostra que o material subjacente não deve ser máfico.

Como o magnetismo é associado com a quantidade de óxidos de ferro presente, o elevado teor de óxido de ferro indica que esses solos possuem atração magnética causada principalmente pela magnetita e/ou maghemita (Ferreira et al., 1994; Costa e Bigham, 2009).

**Tabela 2.5** - Teores de silício, alumínio e ferro obtidos por digestão sulfúrica, e valores de Ki e Kr do horizonte superficial, mediano e inferior dos perfis de uma topossequência na Formação Ipojuca.

Horizontes	Digestão Sulfúrica			Relações moleculares	
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ki	Kr
	g kg <sup>-1</sup>				
<b>P4 - NITOSSOLO HÁPLICO -Terço inferior de encosta</b>					
<b>Ap</b>	203,50	173,40	283,80	2,0	1,0
<b>Bt</b>	238,50	193,80	187,20	2,1	1,3
<b>2Cr</b>	238,50	153,00	71,80	2,7	2,0
<b>P5 - NITOSSOLO HÁPLICO - Meia encosta</b>					
<b>A</b>	217,00	167,40	155,10	2,2	1,4
<b>Bt</b>	238,00	196,30	247,30	2,1	1,1
<b>Bw2</b>	223,50	255,00	198,40	1,5	1,0
<b>P6 - NITOSSOLO HÁPLICO - Topo</b>					
<b>Ap</b>	190,00	167,40	235,50	1,9	1,0
<b>Bw1</b>	264,00	245,90	281,80	1,8	1,1
<b>Bw2</b>	216,50	217,60	307,60	1,7	0,9

Os valores de  $K_i \leq 2,2$  indicam solo muito intemperizado com parte do alumínio na forma de óxidos, e valores  $> 2,2$  indicam solo pouco intemperizado ocorrendo argilas do tipo 2:1 (IBGE, 2007; Lepsch, 2011). Com isso, percebe-se que o perfil P6, localizado no ambiente mais estável da topossequência, no topo, é o mais intemperizado, pois apresenta os menores valores de  $K_i$ , enquanto os perfis P4 e P5, localizados em ambiente de menor estabilidade são os menos intemperizados como também observado por Campos et al. (2012) em Humaitá (AM).

Os perfis P5 e P6 exibem distribuição que é discordante da sequência normal de intemperismo, em que há elevação relativa do índice  $K_i$  no sentido da rocha para o solo, indicando material menos intemperizado à medida que se aproxima da superfície, o que pode ser resultado de aporte de material externo.



Conforme os valores das relações moleculares  $K_i$  (maior que 0,75) e  $K_r$  (também maior do que 0,75), os solos são considerados apenas cauliníticos, apesar dos altos teores de  $Fe_2O_3$ , entre 180 e 360  $g\ kg^{-1}$ , encontrado na maioria dos horizontes.

### 2.3.3.2 Teores e formas de óxidos de Fe e Al

Na tabela 2.6 estão apresentados os resultados referentes aos teores de Fe e Al extraídos por DCB e oxalato ácido de amônio.

Os conteúdos de ferro livres ( $Fe_d$ ) são maiores no perfil de topo (P6), cujos valores variam de 186,05 a 163,63  $g\ kg^{-1}$ , e decrescem à medida que também decresce a cota dos perfis na paisagem. Os teores de alumínio livre ( $Al_d$ ) apresentam os maiores teores no meio da encosta (P5) (32,90 a 34,79  $g\ kg^{-1}$ ) seguido do topo (28,63 a 29,51  $g\ kg^{-1}$ ), e os menores teores no terço inferior de encosta (P4) (11,23 a 21,65  $g\ kg^{-1}$ ).

Os menores teores de  $Fe_d$  no perfil P4 estão de acordo com os teores deste elemento extraído por digestão sulfúrica (Tabela 2.5), nos quais são também menores em relação aos outros perfis, como reflexo dos materiais de origem do P4.

Os teores de ferro associados a óxidos de baixa cristalinidade ( $Fe_o$ ) decrescem com a profundidade e com a posição no relevo. Enquanto os teores de alumínio em óxidos de baixa cristalinidade ( $Al_o$ ) aumentam do topo para o terço inferior de encosta.

A relação  $Fe_o/Fe_d$  apresenta valores menores do que 0,03, mostrando a predominância de óxidos de ferro cristalinos, em acordo com Tremocoldi (2003) o qual encontrou teores iguais a 0,022 e 0,025 em um Nitossolo Vermelho.

Os menores teores de  $Al_d$  e os maiores conteúdos de  $Al_o$  da topossequência são encontrados no perfil P4, e resultam nos maiores valores da relação  $Al_o/Al_d$ , no qual varia de 0,114 a 0,304, indicando maiores teores de Al associado a minerais de baixa cristalinidade em relação ao cristalino (Almeida et al., 2010). Esses valores podem está relacionado com a esmectita presente apenas neste perfil, pois o aumento da quantidade deste mineral com a profundidade, junto com os teores de alumínio trocável e  $Al_o$ , reforça a afirmação de Araújo et al. (2005), em que há uma relação dos altos teores de Al trocável e a desestabilização da esmectita, afirmação essa que é apoiada pelo alto teor de  $Al_o$ .

**Tabela 2.6** – Teores de Fe e Al extraídos por DCB e Oxalato de Amônio e suas respectivas relações do horizonte superficial, mediano e inferior dos perfil de uma topossequência na Formação Ipojuca.

Horizontes	DCB		Oxalato		Fe <sub>o</sub> /Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>d</sub> /Fe <sub>t</sub>	Al <sub>o</sub> /Al <sub>d</sub>	Al <sub>d</sub> /Al <sub>t</sub>
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				
g kg <sup>-1</sup>								
<b>P4 - NITOSSOLO HÁPLICO -Terço inferior de encosta</b>								
<b>Ap</b>	90,65	21,65	2,05	2,48	0,023	0,319	0,114	0,125
<b>Bt</b>	80,85	21,49	1,32	2,88	0,016	0,432	0,134	0,111
<b>2Cr</b>	25,72	11,23	0,70	3,42	0,027	0,358	0,304	0,073
<b>P5 - NITOSSOLO HÁPLICO - Meia encosta</b>								
<b>A</b>	141,20	34,16	2,08	1,82	0,015	0,910	0,053	0,204
<b>Bt</b>	156,21	34,79	2,01	1,98	0,013	0,632	0,057	0,177
<b>Bw2</b>	140,51	32,90	1,28	1,90	0,009	0,708	0,058	0,129
<b>P6 - NITOSSOLO HÁPLICO - Topo</b>								
<b>Ap</b>	163,63	28,63	4,57	1,88	0,028	0,695	0,066	0,171
<b>Bw1</b>	186,05	28,66	1,60	1,78	0,009	0,660	0,062	0,117
<b>Bw2</b>	181,86	29,51	1,45	1,69	0,008	0,591	0,057	0,136

O Fe extraído pelo oxalato ácido de amônio ( $Fe_o$ ) diminui do topo para o terço inferior de encosta. Porém, a relação  $Fe_o/Fe_d$ , o  $Al_o$  e a relação  $Al_o/Al_d$  aumentam no sentido inferior da topossequência.

Esse aumento no sentido do terço inferior de encosta reflete o maior grau de cristalinidade dos compostos de ferro e alumínio do topo e da meia encosta em relação ao terço inferior de encosta, semelhante ao ocorrido em Andrade et al. (1997) e Campos et al. (2011). Os óxidos ao tornarem-se menos cristalinos, são mais facilmente removidos do solo, diminuindo a cristalinidade a medida que se diminui a cota da encosta (Demattê et al., 1994).

Os teores mais elevados de C orgânico à medida que se aproxima da superfície explicam os teores elevados de Ferro de baixa cristalinidade e conseqüentemente os maiores valores na relação de  $Fe_o/Fe_d$  nos horizontes superficiais, pois a matéria orgânica é uma inibidora da cristalização de óxidos de ferro, por complexar o ferro (Schwertmann & Kämpf, 1983).

A relação  $Fe_d$  com o ferro extraído por digestão sulfúrica ( $Fe_t$ ) e do  $Al_d$  com o alumínio extraído por digestão sulfúrica ( $Al_t$ ), foram maiores nos perfis P5 e P6 do que no perfil P4, indicando que aqueles são mais intemperizados do que o perfil P4, como foi encontrado por Rolim Neto et al. (2009), onde se observa que os Cambissolos e os Neossolos possuem as menores relações, enquanto os Latossolos possuem as maiores.

Os valores maiores do que 0,5 na relação  $Fe_d/Fe_t$  encontrados nos perfis P5 e P6 mostram que mais da metade do Fe está presente na estrutura dos óxidos de Fe livre. Enquanto os menores teores encontrados no P4 provavelmente é devido ao Fe estar na estrutura de filossilicatos, como a nontronita.

#### **2.3.4 Atributos mineralógicos**

Os resultados obtidos por meio das análises por DRX estão apresentados nas figuras 2.6 a 2.12. Observando essas figuras percebe-se que ocorre mudança na assembléia mineralógica ao longo dos solos da topossequência, estando intimamente ligado com o posicionamento dos solos na paisagem e com o material que os originaram.

A fração areia, tanto fina como grossa, ao longo do relevo e em profundidade é predominantemente constituída por quartzo, como também encontrado por Queiroz & Klamt (1985) em Nitossolo desenvolvido de rochas

basálticas no Rio Grande do Sul. Depois do quartzo, encontram-se feldspatos em maior quantidade. Apenas nos horizontes subsuperficiais do perfil P4 foi observada a presença de mica, o que explica os maiores teores de K em relação aos demais perfis (Ver figura 2.6). Quartzo e feldspato podem fazer parte da mineralogia principal de basaltos, o que justifica essa predominância de quartzo e feldspato na fração areia (UNESP, 2012).

A fração silte apresentou assembléia mineralógica mais complexa que a da fração areia, com todos os horizontes apresentando quartzo, feldspato, caulinita, goethita e magnetita. A magnetita, um mineral primário de óxido de Fe, responsável pela atração magnética desses solos (Ver figura 2.7).

Como o magnetismo nos minerais é associado com a quantidade de Fe em sua estrutura, parte dos elevados óxidos de ferro livres presentes nesses solos, vistos na alta relação  $Fe_d/Fe_t$  (Tabela 2.6), possivelmente são constituintes da magnetita (Costa & Bigham, 2009).

A magnetização tem boa relação com o material de origem, sendo tanto maior quanto maior for a influência do basalto na formação do solo (Ferreira et al., 1994; Costa et al., 1999). Por isso ela pode ser usada para avaliar a continuidade do material de origem (Schaeztl, 1998; Shenggao, 2000). Então, a atração pelo ímã de mão determinada em campo é acentuada no perfil P6, fraca no P5, mas no P4 a atração magnética é fraca, com os horizontes B/C e 2Cr apresentando atração nula (ver apêndice 2). Essa variação na atração magnética ao longo do perfil P4 pode ser um indicativo da ocorrência de descontinuidade litológica.

Os minerais constituintes na fração argila foram caulinita, goethita, hematita e gibbsita (Ver figura 2.8). Estes minerais também foram encontrados por Ghidin et al. (2006a) como principais constituintes mineralógicos de Latossolos provenientes de rochas básicas.

Ao longo do perfil P4, destaca-se uma provável mistura de materiais de origem na qual pode ter condicionado a diferenciação deste perfil em relação aos demais estudados, visto que na fração argila de P4, ocorre minerais esmectíticos em todos os horizontes, com as maiores quantidades em 2Cr, o que está fortemente relacionado com material de origem distinto de basalto. (Ver figura 2.9). Ainda relacionado à esmectita identificada na fração argila dos horizontes do perfil 4, o teste de Greene-Kelly (1953) realizado nas amostras

de argila deste perfil indica a presença de misturas de minerais esmectíticos (Figura 2.12), formado por beidelita/nontronita e montmorilonita.

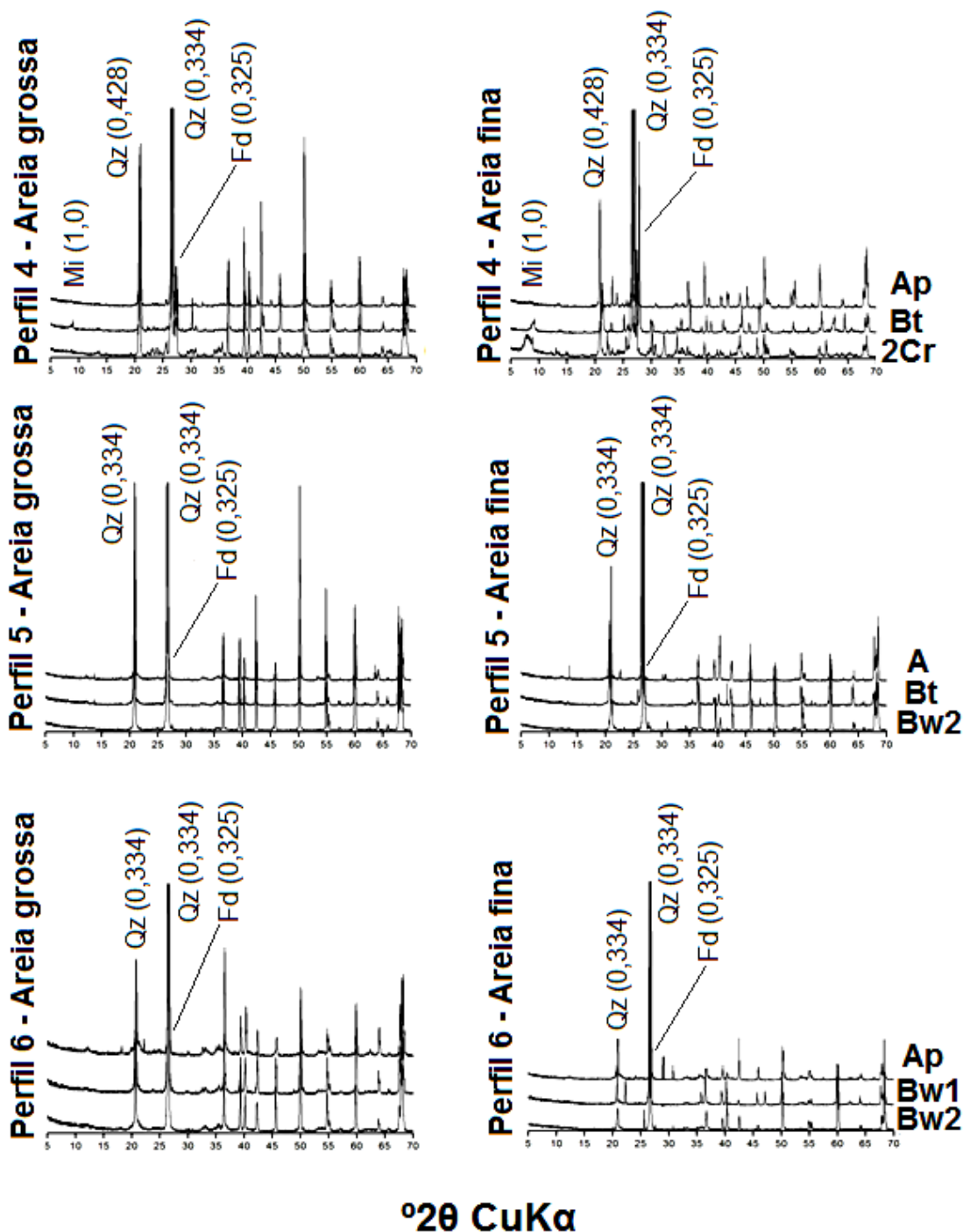
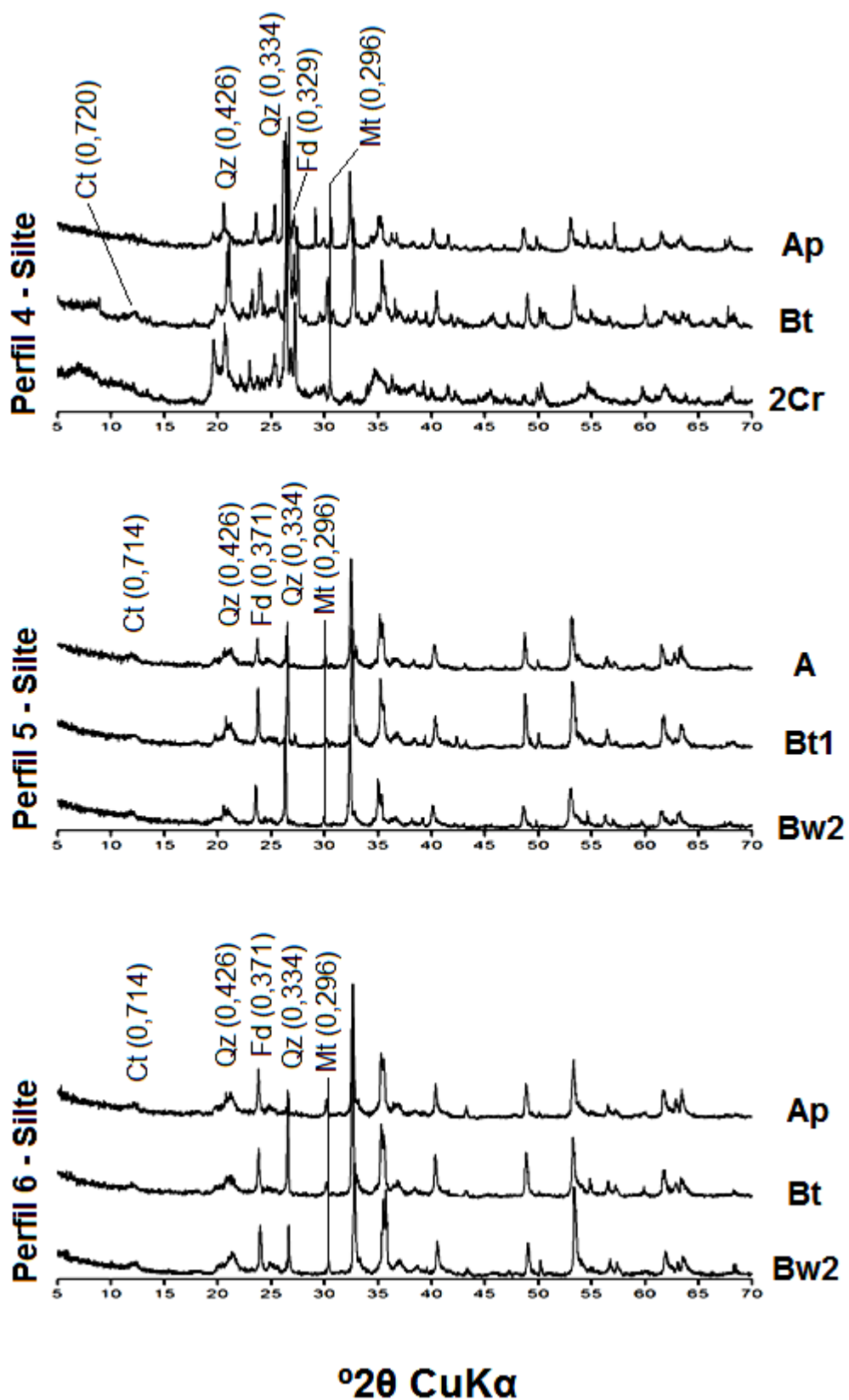
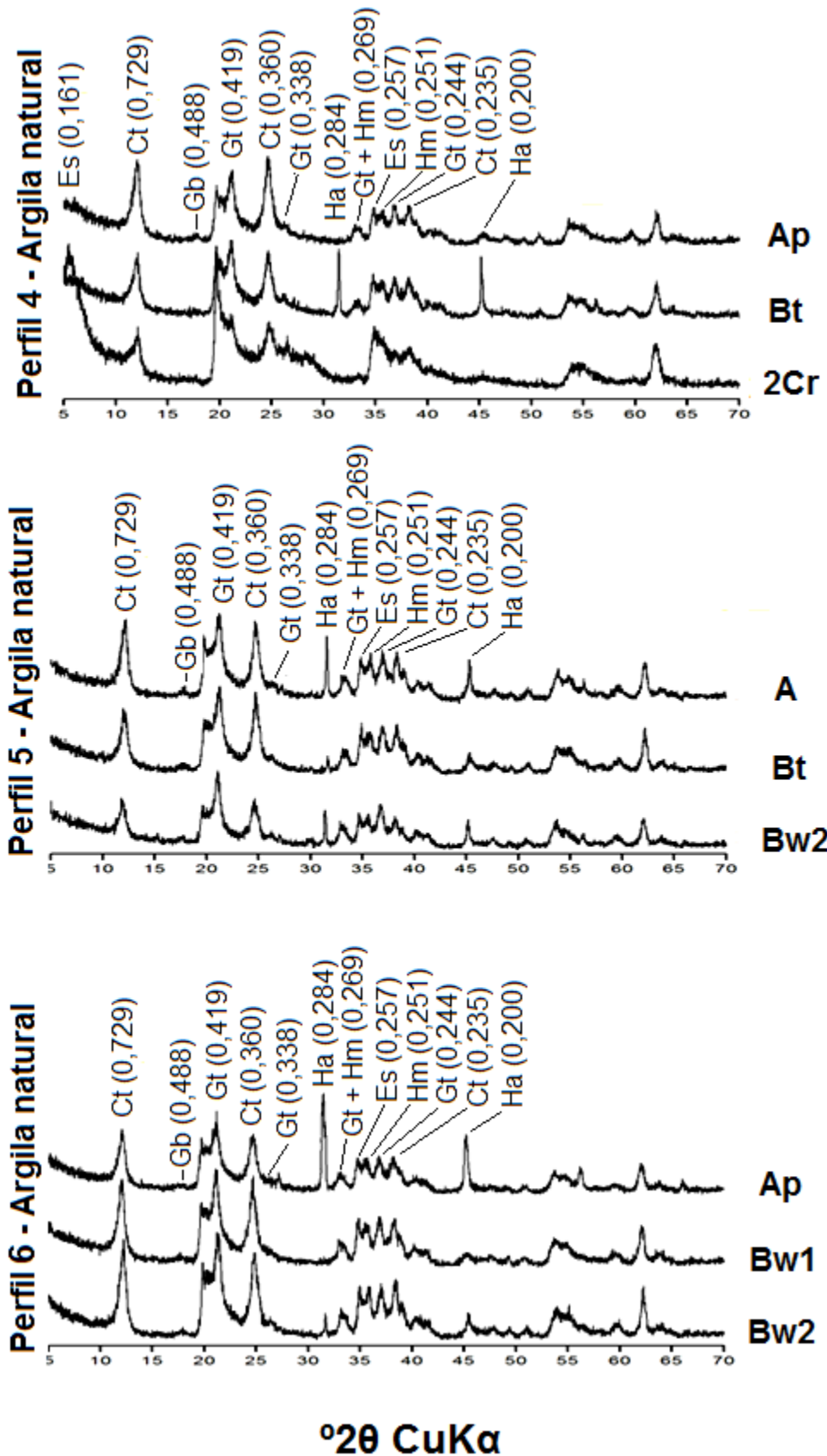


Figura 2.6 - DRX das frações areia grossa e areia fina do horizonte superficial, mediano e inferior de todos os perfis estudados. Qz = Quartzo; Mi = Mica (Biotita); Fd = Feldspato.



**Figura 2.7** - DRX da fração silte do horizonte superficial, mediano e inferior de todos os perfis estudados. Qz = Quartzo Fd = Feldspato; Ct = Caulinita; Mt = Magnetita.



**Figura 2.8** - DRX da fração argila natural do horizonte superficial, mediano e inferior de todos os perfis estudados. Qz = Quartzo; Ha = Halita; Ct = Caulinita; Gt = Goethita; Hm = Hematita; Gb = Gibsita.

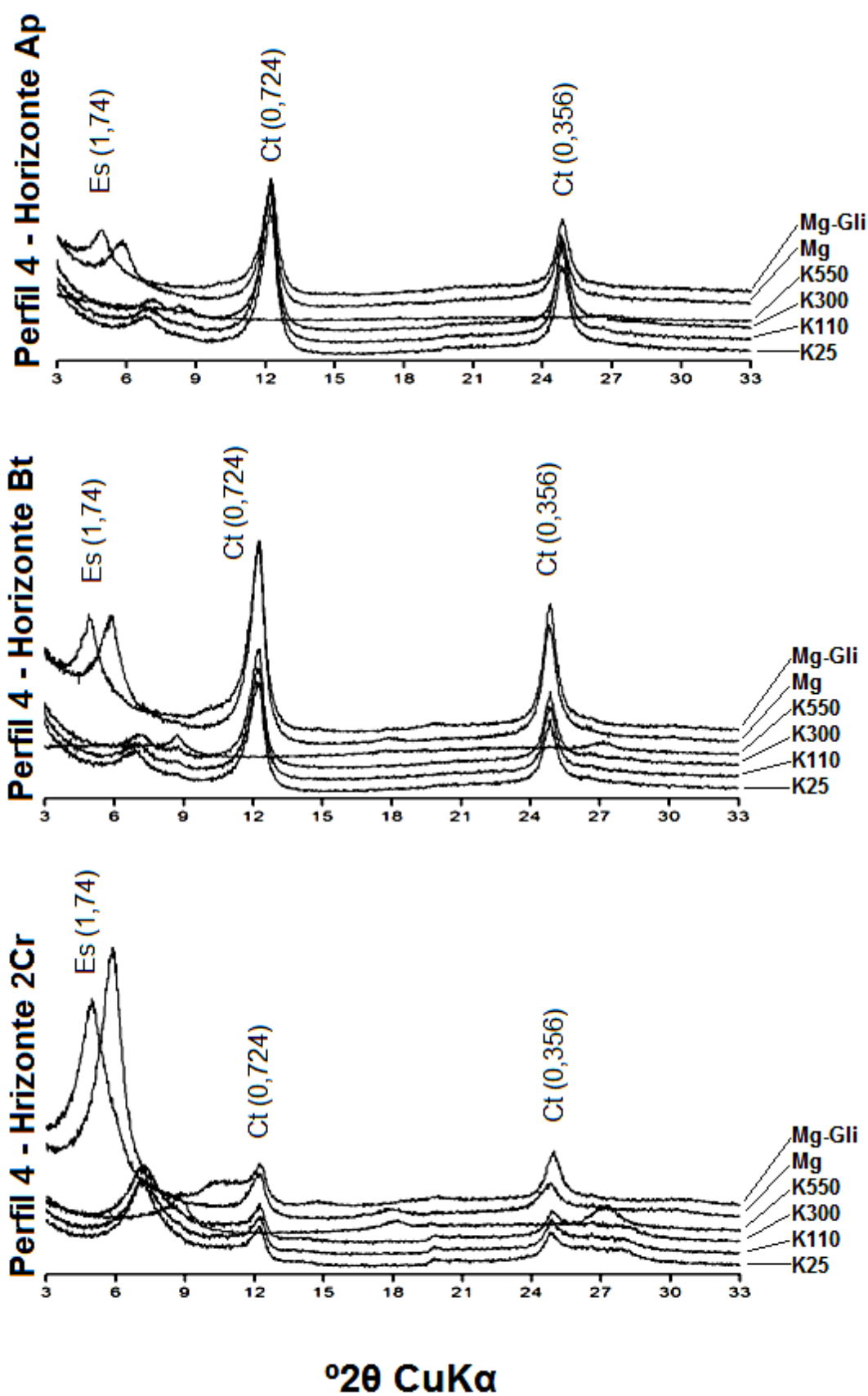
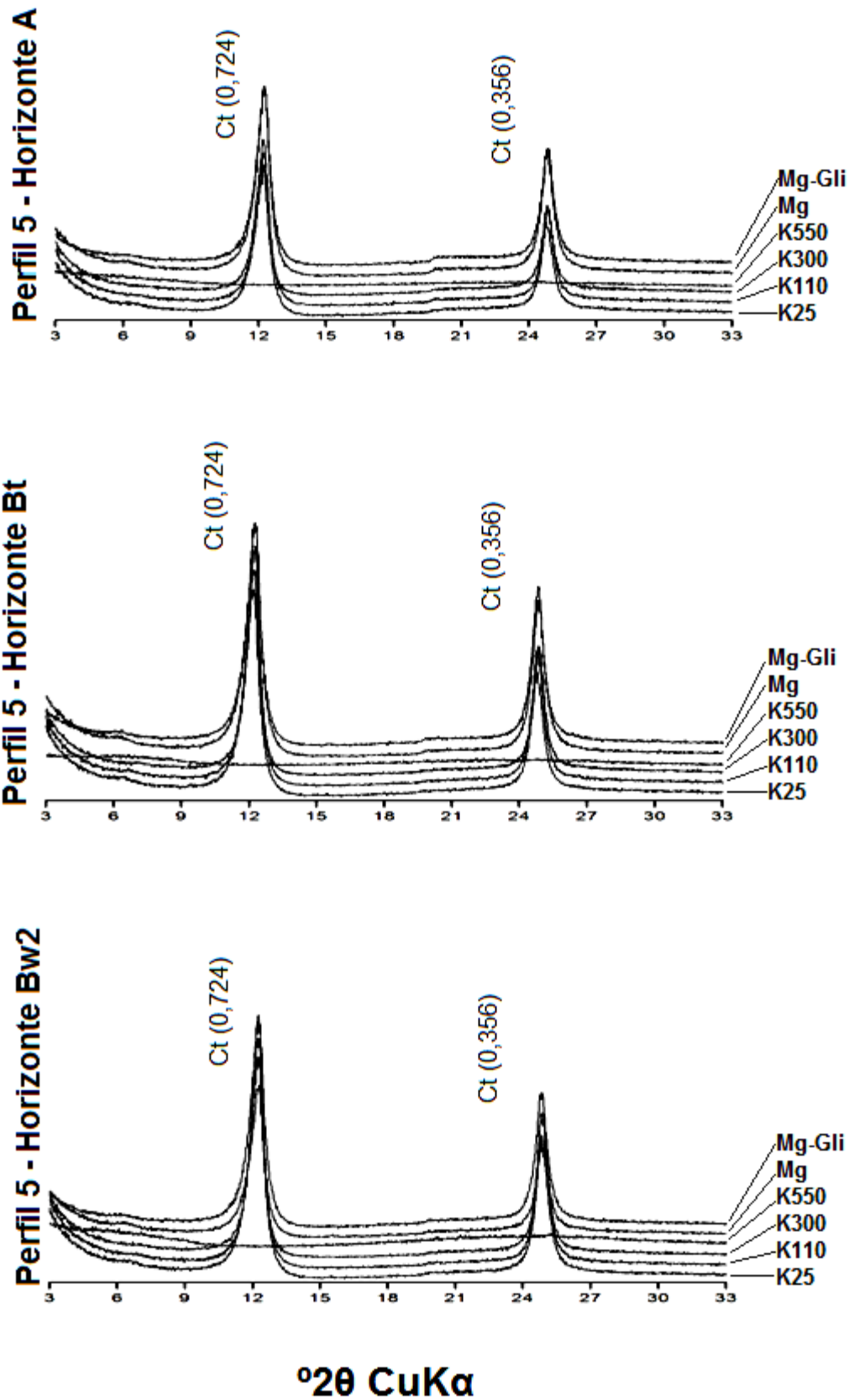
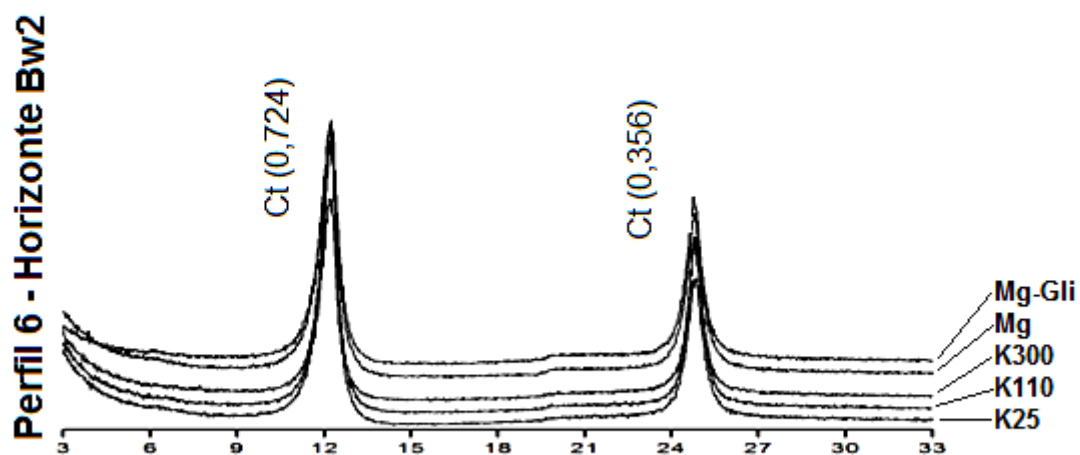
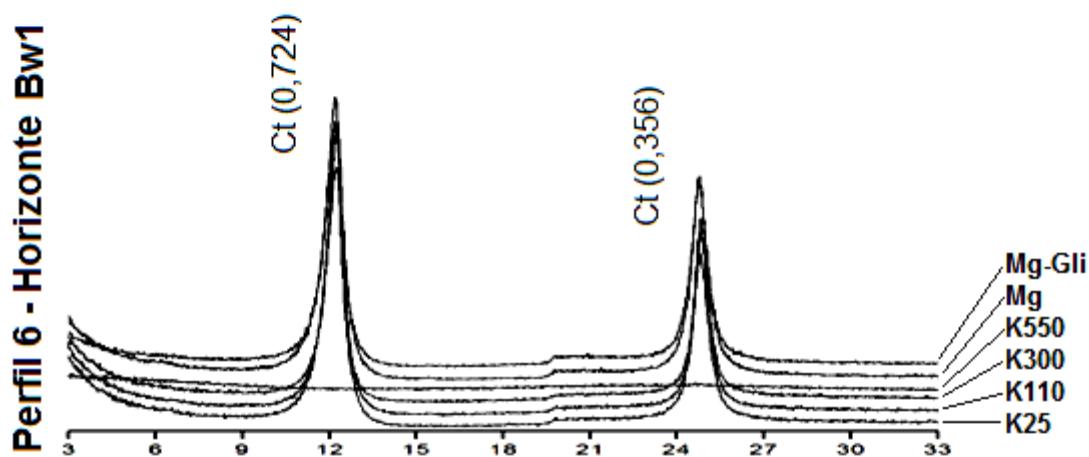
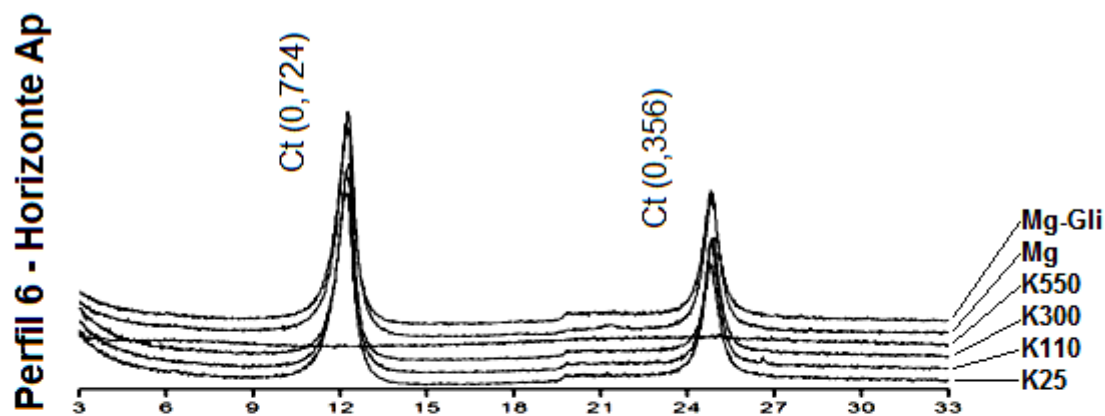


Figura 2.9 - DRX da fração argila tratada do horizonte superficial, mediano e inferior do perfil 4. Es = Esmeclita; Ct = Caulinita.



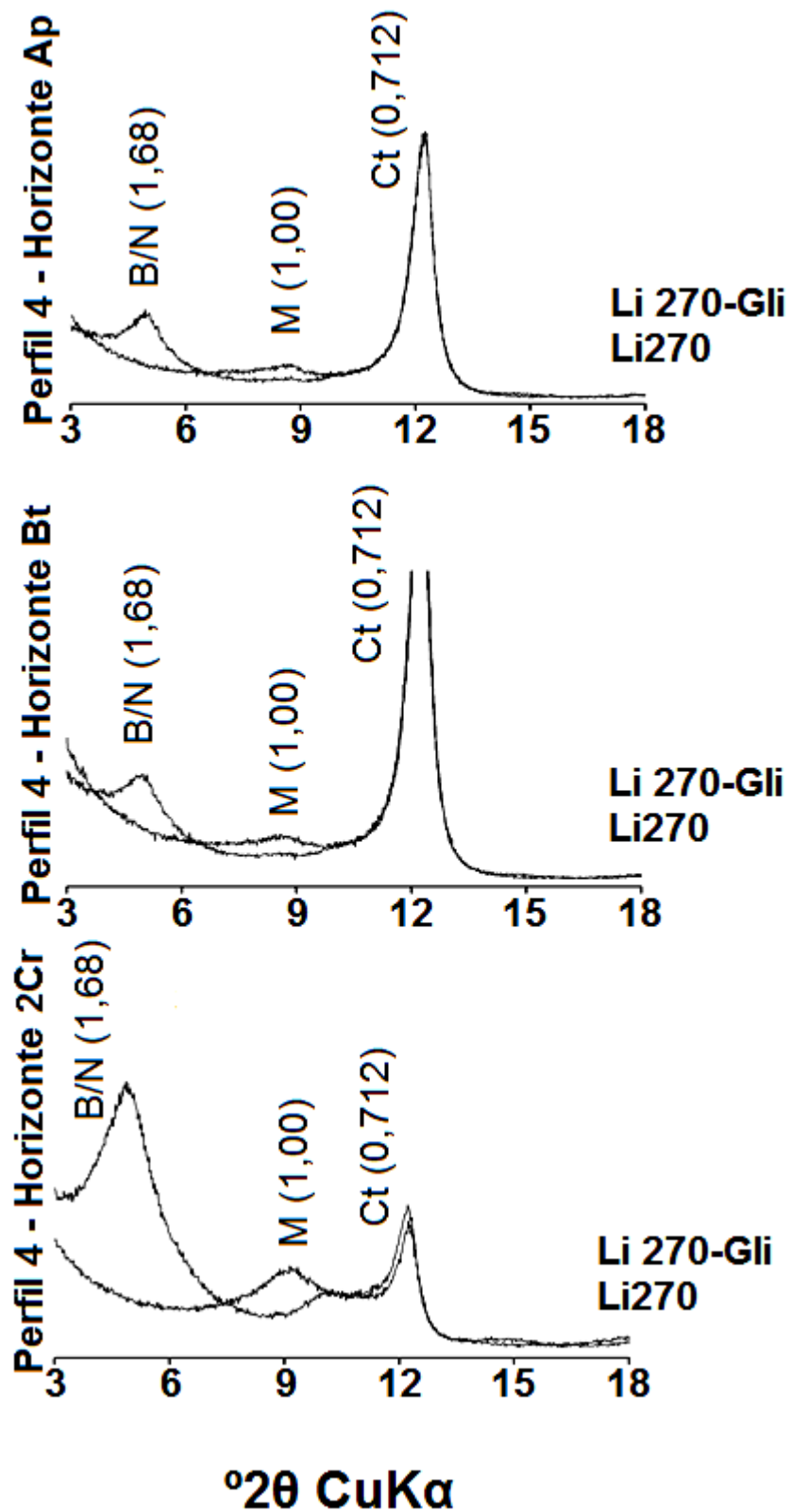


**Figura 2.10** - DRX da fração argila tratada do horizonte superficial, mediano e inferior do perfil 5. Ct = Caulinita.



**°2θ CuKα**

**Figura 2.11** - DRX da fração argila tratada do horizonte superficial, mediano e inferior do perfil 6. Ct = Caulinita.



**Figura 2.12** – DRX referente ao Teste de Greene Kelly da fração argila do horizonte superficial, mediano e inferior do perfil 4. B/N = Beidelita/Nontronita; Mt = Montmorilonita.

Os perfis P5 e P6 estão sob um forte processo de monossilicização, ferrialitização e alitização, confirmada pela assembléia de minerais na fração argila. Os processos pedogenéticos citados estão condizentes com o clima da região de estudo e a posição dos solos na paisagem (Toledo et al., 2009; Kämpf et al., 2009).

A presença de minerais esmectíticos no P4 pressupõe um processo de bissialitização. Isso sugere a menor perda de sílica e de bases trocáveis, devido ao pouco tempo de exposição do material de origem aos agentes do intemperismo. Porém, não foi observado em campo feições que indicassem impedimento à drenagem. Isto pode subsidiar a inferência de que os minerais esmectíticos estariam associados à herança do material de origem de rochas sedimentares encontradas na região.

### **2.3.5 Classificação dos solos**

Todos os perfis foram classificados no primeiro nível categórico (ordem) como Nitossolo, por satisfazerem aos seguintes critérios: todos os horizontes possuem mais de  $350 \text{ g kg}^{-1}$  de argila (com exceção do 2Cr do P4), constituídos por material mineral com horizonte B nítico, dentro dos primeiros 150 cm de profundidade. Com a cor de todos os horizontes em de cada perfil possuindo o mesmo matiz, com valores e cromas não tendo variação maior do que 2.

Quanto ao segundo nível categórico (subordem), apesar de possuírem cores brunadas com matiz mais amarelo do que 4YR, todos os perfis foram classificados como Nitossolo Háplico, pois o SiBCS prescreve que Nitossolos Brunos são apenas encontrados nos planaltos do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e região de Poços de Caldas em Minas Gerais.

No terceiro nível categórico (grande grupo), os perfis apresentaram o caráter distrófico. Porém, como o perfil P4 possui o caráter alítico e teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (pelo  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) de  $150 \text{ g kg}^{-1}$  a  $< 360 \text{ g kg}^{-1}$  na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA), então se sugere que esse perfil seja classificado neste nível categórico como alitiférico, ressaltando que não ocorre esta nomeação no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (2006). Ficando classificado como: Nitossolo Háplico "Alitiférico".

Nos perfis P5 e P6, além do caráter distrófico e por possuírem teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (pelo  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) de  $150 \text{ g kg}^{-1}$  a  $< 360 \text{ g kg}^{-1}$  na maior parte dos primeiros

100 cm do horizonte B (inclusive BA) sugere-se classificá-los no terceiro nível categórico como Distroférico, pois não ocorre esta denominação para o Nitossolo Háptico como ocorre nos Nitossolos Brunos e nos Nitossolos Vermelhos, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (2006). Ficando classificados assim: Nitossolo Háptico “Distroférico”.

No quarto nível categórico (subgrupo), o perfil P4 foi classificado como típico por não possuir características extraordinárias ou intermediárias em relação a outras classes. Já os perfis P5 e P6, por serem intermediários para Latossolos, ou seja, com horizonte B Latossólico abaixo do B nítico, dentro de 150 cm da superfície do solo, foram classificados como latossólicos.

A classificação completa dos perfis de acordo com os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solo SiBCS (Embrapa, 2006), incluindo as sugestões no 3º nível categórico, está abaixo:

P4 (Topo) - NITOSSOLO HÁPTICO Alitiférico típico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo ondulado.

P5 (Meia encosta) - NITOSSOLO HÁPTICO Distroférico latossólico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo ondulado.

P6 (Terço inferior de encosta) - NITOSSOLO HÁPTICO Distroférico latossólico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo ondulado.

## **2.4 CONCLUSÕES**

Os solos da topossequência estudada se enquadraram no SiBCS, mas o terceiro nível categórico não contempla o caráter alítico do perfil P4 e o alto teor de óxido de ferro presente de todos os perfis;

A variação nas características químicas e mineralógicas dos solos na topossequência tem relação direta com a variação do material de origem e do relevo;

Os cálculos realizados a partir dos dados da granulometria (relação areia fina com areia total, e VU) não foram suficientes para comprovar a presença de descontinuidade litológica no perfil P4 devido à distribuição homogênea da fração areia grossa e fina ao longo do perfil;

Os atributos mineralógicos apoiados pelos atributos químicos permitem inferir que o solo do perfil P4 é formado a partir de dois materiais distintos,

basaltos e rochas sedimentares da região, com o *solum* tendo a maior influência dos basaltos;

Os elevados teores de alumínio encontrados no perfil P4 podem estar associados a formas de baixa cristalinidade e ao alumínio estrutural de minerais esmectíticos.

## 2.5 REFERÊNCIAS

- ALLEONI, L. R. F.; CAMARGO, O. A. Atributos físicos de Latossolos ácricos do norte paulista. *Sci. Agr.*, Piracicaba, 51(2): 312-326, maio/ago., 1994.
- ALMEIDA, J. A.; TORRENT, J.; BARRÓN, V. Cor de solo, formas do fósforo e adsorção de fosfatos em Latossolos desenvolvidos de basalto do extremo-sul do Brasil. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:985-1002, 2003.
- ALMEIDA, J. A.; CAMPOS, M. L.; FERREIRA, E. R. N.; GATIBONI, L. C. Formas de alumínio em solos do Acre. In: ANJOS, L. H. C.; SILVA, L. M.; WADT, P. G. S. IX RCC – IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos. Acre, 2010. p. 38-50.
- ANDRADE-LIMA, D. Estudos fisiogeográficos de Pernambuco. *Arquivos do IPA*, v.05, p.305-341, 1960.
- 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(1): 55-66, 1997.
- ANDRADE, M. C. O. Atlas Escolar de Pernambuco. Ed. Grafset, 1999. 112p.
- ARAÚJO, E. A.; AMARAL, E. F.; WADT, P. G. S. & LANI, J. L. Aspectos gerais dos solos do Acre com ênfase no manejo sustentável. In: Wadt, P.G.S. (Org.). Manejo de solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre. Rio Branco, EMBRAPA/CPAF-Acre, p.10-38, 2005.
- ASSIS, H. M. B. Cartografia geomorfológica do Município do Cabo de Santo Agostinho/PE. (Série Cartas Temáticas). Recife: CPRM/FIDEM, v.04. 1999. 32p.
- BORTOLUZZI, E. C.; PERNES, M.; TESSIER, D. Mineralogia de partículas envolvidas na formação de gradiente textural em um Argissolo tropical. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:997-1007, 2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco. Recife: Sudene (MA. DNPEA-DPP.

- Boletim Técnico, 26; SUDENE-DRN. Série Pedologia, 14), v. 02. 1972. 354p.
- BROWN, G.; BRINDLEY, G.W. X-ray Diffraction Procedures for clay mineral Identification In: BRINDLEY, G.W; BROWN, G. London: Mineralogical Society, 1980 chapter 5, p. 305-360.
- CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; RIBEIRO FILHO, M. R.; SOUZA, R. V. C. C. Relações Solo-Paisagem em uma Topossequência sobre Substrato Granítico em Santo Antônio do Matupi, Manicoré (AM). Revista Brasileira de Ciência do Solo. 35:13-23, 2011.
- CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; RIBEIRO FILHO, M. R.; ALMEIDA, M. C. Relações solo-superfície geomórfica em uma topossequência várzea-terra firme na região de Humaitá (AM). R. Bras. ci. solo,36:325-336, 2012.
- CENTURION, J.F.; ANDRIOLI, I.; MARQUES Jr., J.; MARCHIORI, D. G. Características de Latossolos Roxos desenvolvidos de rochas alcalinas e básicas de Jaboticabal, SP. Sci. agric., Piracicaba, 52(2): 226-232, 1995.
- COOPER, M.; VIDAL-TORRADO, P. Caracterização morfológica, micromorfológica e físico-hídrica de solos com horizonte B nítico. R. Bras. Ci. Solo, 29:581-595, 2005.
- CORINGA, E. A. O.; COUTO, E. G.; PEREZ, X. L. O.; TORRADO, P. V. Atributos de solos hidromórficos no Pantanal Norte Matogrossense. Acta Amazônica. 42(1): 19 – 28, 2012.
- COSTA, A. C. S.; BIGHAM, J. M.; RHOTON, F. E.; TRAINA, S. J. Quantification and characterization of maghemite in soils derived from volcanic rocks in southern Brazil. Clays and Clays Minerals, 47(4): 466-473, 1999.
- COSTA, A. C. S.; BIGHAM, J. M. Óxidos de ferro. In: Melo, V. F.; Alleoni, L. R. F., eds. Química e mineralogia do solo, 1 ed. Soc. bras. Ci. Solo, 2009. p. 505-572.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Cabo de Santo Agostinho, Estado de Pernambuco. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005, a. 11p.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de São

- Vicente Ferrer, Estado de Pernambuco. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005, b. 11p.+anexos.
- DEMATTE, J. A. M.; ALOISI, R. R.; DEMATTE, J. L. I. Sequência Latossolo Amarelo – Podzólico Amarelo – Areias Quartzosas sob material da Formação Barreiras na região de Tucuruí, Estado do Pará. *Sci. agric.*, 51(2): 45-356, 1994.
- DEMATTE, J. A. M.; GARCIA, G. J. Avaliação de Latossolo Bruno e de Terra Bruna Estruturada da região de Guarapuava, Paraná, por meio de sua energia refletida. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:343-355, 1999.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco. *Boletim de Pesquisa* 11. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 378p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. Embrapa Informação Tecnológica. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Embrapa Informação Tecnológica. 2.ed. Brasília, DF. 2009. 627p.
- FERREIRA, S. A. D.; SANTANA, D. P.; FABRIS, J. D.; CURI, N.; NUNES FILHO, E.; COEY, J. M. D. Relações entre magnetização, elementos traços e litologia de duas sequências de solos do Estado de Minas Gerais. *R. bras. Ci. Solo*, 18: 167-174, 1994.
- FERREIRA, B. A.; FABRIS, J. D.; SANTANA, D. P.; CURI, N. Óxidos de ferro das frações areia e silte de um Nitossolo desenvolvido de basalto. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:405-413, 2003.
- FERREIRA, M. M. Caracterização Física do Solo. In: In: Lier, Q. J. V., Ed. Física do Solo. 1 ed. Soc. Bras. Ci. Solo, 2010. p. 1-27.
- GHIDIN, A. A.; Topossequência de Latossolos originados de rochas basálticas no Paraná. I – Mineralogia da fração argila. *R. Bras. Ci. Solo*, 30:293-306, 2006, a.



- GHIDIN, A. A.; MELO, V. F.; LIMA, V. C.; LIMA, J. M. J. C. Topossequência de latossolos originados de rochas basálticas no Paraná. II – Relação entre mineralogia da fração argila e propriedades físicas dos solos. R. Bras. Ci. Solo, 30:307-319, 2006, b.
- GREENE-KELLY, R. Identification of the montmorillonoides. J. SoilSci., 4:233-237, 1953.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Pedologia. 2. ed. Rio de Janeiro, 2007. 316p.
- INDA JUNIOR, A. V. KÄMPF, N. Avaliação de procedimentos de extração dos óxidos de ferro pedogênicos com ditionitocitrato-bicarbonato de sódio. R. Bras. Ci. Solo, 27:1139-1147, 2003.
- JACSKON, M. L. Soil chemical analysis: advance Course. 29. ed. Madison, 1975. 895 p.
- JORGE, J. A.; PRADO, H. Porosidade, consistência e propriedades hídricas de três Podzólicos Vermelho-amarelos e uma Terra Roxa Estruturada. R. Brás. Ci. Solo, 12:1-6,1988.
- KÄMPF, N.; CURTI, N.; MARQUES, J. J. Intemperismo e ocorrência de minerais no ambiente do solo, In: Melo, V. F.; Alleoni, L. R. F., eds. Química e mineralogia do solo, 1 ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 333-380.
- KER, J. C.; RESENDE, M. Caracterização química e mineralógica de solos brunos subtropicais do Brasil. R. bras. Ci. Solo, 14:215-225, 1990.
- KER, J. C. Latossolos do Brasil: uma revisão. Geonomos, 5(1):17-40, 1997.
- LEPSCH, I.F. 19 Lições de Pedologia. São Paulo, Oficina de Textos, 2011. 456p.
- LIMA FILHO M. F.; PEDROSA, F. J. A.; MEDEIROS, A. B.; BRITO, M. F. I.; NÓBREGA, V. A.; ARAÚJO, R. D.; MOTA, J. A. Geologia da Bacia Cabo – PE. Geociências, 15(1):223-242, 1996.
- MAURI, J.; RUIZ, H. A.; FERNANDES, R. B. A.; KER, J. C.; REZENDE, L. R. M. Dispersantes químicos na análise granulométrica de Latossolos. R. Bras. Ci. Solo, 35:1277-1284, 2011.
- MEHRA, O.P.; JACKSON, M. L. Iron oxide removal from soils clay by dithionite citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: SWINEFORD, A. Ed. Clay and clay minerals proceeding conference. Elmsdorf, NY: Pergamon Press. 1960. P317-342.

- MONIZ, A. C.; MANFREDINI, S.; DEMATTÊ, J. L. I. Variações morfológicas, mineralógicas e hídricas em Terra Roxa Estruturada ao longo de uma vertente em Rio das Pedras (SP). R. Brás. Ci. Solo, 18:513-520, 1994.
- MOORE, D. M.; REYNOLDS, R.C. X-ray diffraction and identification and analysis of clay minerals. Oxford: Oxford University Press, 1989. 332 p.
- NASCIMENTO, M. A. L.; SOUZA, Z. S.; LIMA FILHO, M. F.; SÁ, E. F. J.; CRUZ, L. R.; FRUTUOSO JÚNIOR, L. J.; ALMEIDA, C. B.; ANTUNES, A. L.; SILVA, F. C. A.; GUEDES, I. M. G. Relações Estratigráficas da Província Magmática do Cabo, Bacia de Pernambuco, Nordeste do Brasil. Estudos Geológicos, 14:3-19, 2004.
- NASCIMENTO, M. A. L.; SOUZA, Z. S.; ARNOSIO, J. M.; VASCONCELOS, P. M.; Ignimbrito do Engenho Saco, Ipojuca, PE. Registro de vulcanismo explosivo cretácico na Província Magmática do Cabo. In: Winge, M. et al. Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil. 1 ed. Brasília: CPRM, 2009. v. 2. p.1 -13.
- OLIVEIRA, L. B.; FERREIRA, M. G. V. X.; MARQUES, F. A. Characterization and classification of two soils derived from basic rocks in Pernambuco State Coast, Northeast Brazil. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.), v.61, n.6, p.615-625, Nov./Dec. 2004
- OLIVEIRA, L. B.; FONTES, M. P. F.; RIBEIRO, M. R.; KER, J. C. Morfologia e classificação de Luvisolos e Planosolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido do Nordeste brasileiro. R. Bras. Ci. Solo, 33:1333-1345, 2009.
- QUEIROZ, S. B.; KLAMT, E. Mineralogia e gênese de Brunizém Avermelhado e Terra Roxa Estruturada Similar na encosta inferior do nordeste do Rio Grande do Sul. R. Brás. Ci. Solo, 9:51-57, 1985.
- REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; SUZUKI, L. E. A. S.; HORN, R. Mecânica do solo. In: Lier, Q. J. V., Ed. Física do Solo. 1 ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010 p. 29-102.
- ROCHA, G. C. Características macro e micro morfológicas de coberturas pedológicas sobre rochas básicas na Amazônia e sul do Brasil: relações com a evolução geomorfológica. Semina: Ci. Exatas/Tecnol., Londrina, v.14/15, n.4, p.325-329, dez.1993/dez.1994.
- ROLIM NETO, F. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; CORRÊA, M. M.; COSTA, L. M.; PARAHYBA, R. B. V.; GUERRA, S. M. S.;

- HERK, R. Topossequência de solos do Alto Paranaíba: atributos físicos, químicos e mineralógicos. R. Bras. Ci. Solo, 33:1795-1809, 2009.
- SANS, L. M. A.; DEMATTÊ, J. L. I.; CARVALHO, A. Características físicas, químicas e mineralógicas de três solos em uma catena sob cerrado e sobre calcário, em Sete Lagoas, MG. R. Bras. Ci. Solo 3:54-61, 1979.
- 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. 5.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.
- SANTOS, A. C.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; BERNINI, T. A.; COOPER, M.; NUMMER, A. R.; FRANCELINO, M. R. Gênese e Classificação de Solos numa Topossequência no Ambiente de Mar de Morros do Médio Vale do Paraíba do Sul, RJ. R. Bras. Ci. Solo, 34:1297-1314, 2010.
- SANTOS FILHO, A. BLUM, W. E. H.; TOURINHO, L. C. N. Solos derivados de basalto das regiões de Campo Mourão e Palmital, Estado do Paraná. Floresta, 9(2), 1978.
- SCHAETZL, R. Lithologic discontinuities in some soils on drumlins theory, detection, and application. Soil Sci. 163:570-590, 1998.
- SCHWERTMANN, U. Differenzierung der eisenoxide des bodens durch extraction mit ammoniumoxalat-lösung. Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk., 105:194-202, 1964.
- SCHWERTMANN, U.; KÄMPF, N. Óxidos de ferro jovens em ambientes pedogenéticos brasileiros. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, SP, v.7, p.251-255, 1983.
- SHENGGAO, L. Lithological factors affecting magnetic susceptibility of subtropical soils, Zhejiang Province, China. Catena, 40: 359–373, 2000.
- SILVA, L.; EMER, A. A. BORTOLINI, C. E. ARRUDA, J. H. Estudo de um Nitossolo Vermelho com evidencia de caráter coeso da região sudoeste do Paraná. Synergismus scientifica UTFPR, Pato Branco, 04 (1). 2009.
- SOUZA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG. 2007. p.205-274.
- TOLEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, S. M. B.; MELFI, A. J. Da rocha ao solo: intemperismo e pedogênese. In: TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.;

- TOLEDO, M. C. M..Decifrando a Terra, 2ª ed., USP, São Paulo, 2009. p. 152-185.
- TREMOCOLDI, W. A. Mineralogia dos silicatos e dos óxidos de ferro da fração argila de solos desenvolvidos de rochas básicas no Estado de São Paulo. Rev. biociênc.,Taubaté, v.9, n.1, p.15-22, jan-mar 2003.
- UNESP. Basalto. Disponível em:  
<<http://www.rc.unesp.br/museudpm/rochas/magmaticos/basalto.html>> Acesso em 15 ago. de 2012.
- VETTORI, L. Métodos de análise de solo. (Boletim Técnico, 7). Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 24p.
- VIDAL-TORRADO, P.; MACIAS, F.; CALVO, R.; CARVALHO, S. G.; SILVA, A. C. Gênese de solos derivados de rochas ultramáficas serpentinizadas no sudoeste de Minas Gerais. R. Bras. Ci. Solo, 30:523-541, 2006.
- ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. Teores de alumínio trocável e não trocável após calagem e gessagem em Latossolo sob sistema plantio direto. Bragantia, Campinas, 66(3): 487- 495, 2007.

## **APÊNDICE 1**

**Descrição morfológica, análises físicas e químicas dos solos da  
Topossequência na Formação Cabo, Bacia Cabo, PE.**

## A - DESCRIÇÃO GERAL

**Perfil** - P1.

**Data** - 21/12/2010

**Classificação SiBCS** - ARGISSOLO AMARELO Alítico abrupico endoaquico, A moderado, textura média/argilosa, fase floresta subperenifolia, relevo plano e suave ondulado.

**Localização** - Mata do Engenho Guerra, Usina Bom Jesus. Município do Cabo de Santo Agostinho - PE. 8° 15' 32" S e 35° 1' 26" W Gr. Passando por frente da Companhia Müller de Bebidas Nordeste (caninha 51), entrar na primeira estrada a direita, seguir em frente uns 900 m, a mata a esquerda uns 300 m.

**Situação, declividade e cobertura vegetal sobre o perfil** - Trincheira em topo de elevação praticamente plana, sob vegetação florestal.

**Altitude** - 63,5 m.

**Formação geológica** - Formação Cabo.

**Litologia** - Conglomerado do Cabo.

**Cronologia** - Cretáceo.

**Material originário** - Saprolito da rocha do embasamento.

**Pedregosidade** - Não pedregoso.

**Rochosidade** - Não rochoso.

**Relevo local** - Plano a suave ondulado.

**Relevo regional** - Ondulado a forte ondulado, com colinas convexas.

**Erosão** - Não aparente.

**Drenagem** - Moderadamente drenado.

**Vegetação primária** - Floresta subperenifolia.

**Uso atual** - Reserva florestal.

**Clima** - As', da Classificação de Köppen.

**Descrito e coletado por** - Mateus Rosas Ribeiro, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Mateus Rosas Ribeiro Filho, José Fernando Wanderley Fernandes Lima e Edivan Uchôa Cavalcanti da Costa.

## B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

**A** - 0–19 cm; bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmida) e bruno-acinzentado (10YR 5/2, seca); franco-argilo-arenosa; moderada pequena e média granular; dura e muito dura, friável, plástica e pegajosa; transição gradual e ondulada.

**AB1** - 19–37 cm; bruno (10YR 5/3, úmida); franco-argilo-arenosa; fraca pequena blocos subangulares; muito dura, friável, plástica e pegajosa; transição gradual e ondulada.

**AB2** - 37–50 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmida); franco-argilo-arenosa; moderada pequena e média blocos subangulares e angulares; superfície de compressão fraca e comum; muito dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e ondulada.

**Bt** - 50-75 cm; bruno-amarelado-claro (10YR 6/4, úmida), mosqueado abundante, pequeno e médio, proeminente, vermelho (2,5YR 4/6, úmida); argila; moderada pequena prismática, composta de moderada pequena e média blocos angulares; superfície de compressão moderada e comum; extremamente dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição abrupta e descontínua.

**C/Cr** - 75-120 cm; franco-argilo-arenosa; maciça; extremamente dura, muito firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e ondulada.

**Cr** - 120-200cm<sup>+</sup>; franco-arenosa; maciça; muito dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

**RAÍZES** - Muitas no horizonte A, AB e BA; comuns no Bt; poucas no C/Cr; raras no Cr.

**OBSERVAÇÕES** – 1. Perfil descrito todo úmido;  
2. C/Cr e Cr = saprolito com mosqueado abundante.  
3. Consistência seca feita com torrão seco ao ar.

**C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS**

Horizonte		Composição Graunulométrica				ADA	GF	Silte/ Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)	g cm <sup>-1</sup>				%	g cm <sup>-3</sup>		%		
A	0-19	342	236	187	235	182	23	0,80	1,40	2,52	44
AB1	19-37	335	254	205	206	76	63	0,99	1,49	2,56	42
AB2	37-50	372	206	196	226	178	21	0,87	1,38	2,63	48
Bt	50-75	208	166	195	431	33	92	0,45	1,56	2,67	42
C/Cr	75-120	323	157	222	298	27	91	0,75	1,61	2,70	41
Cr	120-200 <sup>+</sup>	374	202	236	188	10	94	1,26	-	2,63	-

Água	pH	KCl	ΔpH	Ca <sup>++</sup>	Bases trocáveis		Na <sup>+</sup>	Valor S	Al <sup>3+</sup>	H + Al	CTC	V	m	P	
					Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>						%	%	g kg <sup>-1</sup>	
					cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>										
3,7		3,0	-0,7	0,8	0,2	0,23	0,12	1,4	4,9	19,6	21,0	7	78	43,2	
3,8		3,3	-0,5	0,5	0,3	0,10	0,07	1,0	4,8	11,7	12,7	8	83	11,1	
4,0		3,5	-0,5	0,6	0,1	0,10	0,07	0,8	5,2	10,4	11,2	7	87	9,8	
4,4		3,3	-1,1	0,6	2,1	0,10	0,16	3,0	16,0	22,1	25,1	12	84	9,5	
4,4		3,5	-0,9	0,6	2,0	0,07	0,17	2,8	11,8	16,6	19,4	15	81	8,9	
4,8		3,5	-1,3	0,6	1,7	0,11	0,30	2,7	10,0	13,1	15,8	17	79	9,0	

**Óxidos da Digestão Sulfúrica**

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Carbono Orgânico	Matéria Orgânica
g kg <sup>-1</sup>			Ki	Kr		g kg <sup>-1</sup>	
100	56	24	3,0	2,4	3,7	21,2	36,55
—	—	—	—	—	—	16,1	27,76
—	—	—	—	—	—	7,5	12,93
291	195	78	2,5	2,0	3,9	4,7	8,10
—	—	—	—	—	—	2,5	4,31
179	104	48	2,9	2,3	3,4	1,3	2,24



## A - DESCRIÇÃO GERAL

**Perfil** - P2.

**Data** - 21/12/2010.

**Classificação SiBCS** - ARGISSOLO ACINZENTADO Alítico endoáquico, A moderado, textura média (leve) / argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo ondulado e forte ondulado.

**Localização** - Mata do Engenho Guerra, Usina Bom Jesus. Município do Cabo de Santo Agostinho - PE. 8° 15' 34" S e 35° 1' 24" W Gr. Passando por frente da Companhia Müller de Bebidas Nordeste (caninha 51) entrar na primeira estrada a direita, seguir em frente uns 900 m, a mata a esquerda uns 300 m.

**Situação, declividade e cobertura vegetal sobre o perfil** - Trincheira em terço médio da encosta, com declividade de 27%, sob vegetação florestal.

**Altitude** - 41,5 m.

**Formação geológica** - Formação Cabo.

**Litologia** - Conglomerado do Cabo.

**Cronologia** - Cretáceo.

**Material originário** - Saprolito da rocha do embasamento.

**Pedregosidade** - Não pedregoso.

**Rochosidade** - Não rochoso.

**Relevo local** - Ondulado e forte ondulado, com colinas convexas.

**Relevo regional** - Ondulado a forte ondulado.

**Erosão** - Laminar ligeira.

**Drenagem** - Moderadamente drenado.

**Vegetação primária** - Floresta subperenifólia.

**Uso atual** - Reserva florestal.

**Clima** - As', da Classificação de Köppen.

**Descrito e coletado por** - Mateus Rosas Ribeiro, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Mateus Rosas Ribeiro Filho, José Fernando Wanderley Fernandes Lima e Edivan Uchôa Cavalcanti da Costa.

## B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

**A** - 0–17 cm; bruno (10YR 4/3, úmida e 10 YR 5/3, seca); franco-arenosa; moderada pequena e média granular; dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.

**AB** - 17–30 cm; bruno-amarelado (10YR 5/4, úmida); franco-arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; muito dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e ondulada.

**Bt1** - 30–50 cm; bruno-amarelado(10YR 5/6, úmida); argilo-arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; extremamente dura, firme, muitoplástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

**Bt2** - 50-80 cm; bruno-amarelado (10YR 5/4, úmida), mosqueado comum, pequeno, proeminente, vermelho (2,5YR 5/6, úmida); franco-argilosa; moderada pequena e média blocos angulares; superfície de compressão fraca e comum; extremamente dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

**BC** - 80-148 cm<sup>+</sup>; cinzento-brunado-claro (10YR 6/2, úmida), mosqueado abundante, médio a grande, proeminente, vermelho (10R 4/6, úmida); franco-argilosa; fraca pequena e média blocos angulares; extremamente dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e plana.

**Cr** - 148-200 cm<sup>+</sup>; saprolito da rocha do embasamento; franco-argilo-arenosa.

**RAÍZES** - Muitas no horizonte A e AB; comuns no BA; poucas no Bt; raras no Bt2 e ausentes no Cr.

**OBSERVAÇÕES** - 1. Perfil descrito úmido;  
2. Linha de carvão no centro do horizonte AB.  
3. Consistência seca feita com torrão seco ao ar.

**C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS**

Horizonte		Composição Graunulométrica							Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	ADA	GF	Silte/Argila	Solo	Partícula	
	(cm)	g cm <sup>-1</sup>					%	g cm <sup>-3</sup>		%	
A	0-17	424	298	124	154	134	13	0,80	1,31	2,55	49
AB	17-30	429	259	169	142	136	5	1,19	1,50	2,61	43
Bt1	30-50	272	180	184	364	43	89	0,37	1,53	2,60	41
Bt2	50-80	267	152	201	380	28	93	0,53	1,51	2,65	43
BC	80-148	234	177	234	355	6	98	0,66	1,62	2,65	39
Cr	148-200 <sup>+</sup>	368	123	246	263	11	96	0,93	-	2,67	-

pH Água	KCl	ΔpH	Ca <sup>++</sup>	Bases trocáveis			Valor S	Al <sup>3+</sup>	H + Al	CTC	V	m	P
				Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>							
cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>							%	%	g kg <sup>-1</sup>				
4,1	3,5	-0,6	0,8	0,4	0,26	0,14	1,6	2,6	10,0	11,6	14	62	11,9
4,7	3,8	-0,9	0,7	0,1	0,13	0,08	1,0	3,1	5,2	6,2	16	75	8,7
4,7	3,5	-1,2	0,7	1,1	0,20	0,12	2,1	8,1	12,6	14,7	14	79	9,0
4,9	3,6	-1,3	0,8	2,3	0,20	0,16	3,5	9,2	13,0	16,5	21	73	8,9
4,9	3,6	-1,3	0,8	2,1	0,26	0,16	3,2	9,3	12,5	15,7	20	74	8,9
4,8	3,4	-1,4	1,0	2,2	0,21	0,17	3,6	15,4	18,5	22,1	16	81	8,9

Óxidos da Digestão Sulfúrica							Carbono Orgânico	Matéria Orgânica
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			
g kg <sup>-1</sup>						Ki	Kr	g kg <sup>-1</sup>
55	18	18	5,1	3,1	1,6	17,5	30,17	
-	-	-	-	-	-	7,5	12,93	
-	-	-	-	-	-	5,0	8,62	
202	150	57	2,3	1,8	4,1	3,5	6,03	
-	-	-	-	-	-	3,2	5,52	
264	160	93	2,8	2,0	2,7	1,8	3,10	

## A - DESCRIÇÃO GERAL

**Perfil** - P3.

**Data** - 21/12/2010.

**Classificação SiBCS** - ARGISSOLO ACINZENTADO Alítico endoáquico, A moderado, textura média (leve) / média, fase floresta subperenifólia, relevo ondulado.

**Localização** - Mata do Engenho Guerra, Usina Bom Jesus. Município do Cabo de Santo Agostinho - PE. 8° 15' 36" S e 35° 1' 22" W Gr. Passando por frente da Companhia Müller de Bebidas Nordeste (caninha 51) entrar na primeira estrada a direita, seguir em frente uns 900 m, a mata a esquerda uns 300 m.

**Situação, declividade e cobertura vegetal sobre o perfil** - Trincheira em terço inferior da encosta, com declividade de 12 a 25%, sob vegetação florestal.

**Altitude** - 16,9 m.

**Litologia** - Conglomerado do Cabo.

**Formação geológica** - Formação Cabo.

**Cronologia** - Cretáceo.

**Material originário** - Saprolito da rocha do embasamento.

**Pedregosidade** - Não pedregoso.

**Rochosidade** - Não rochoso.

**Relevo local** - Ondulado.

**Relevo regional** - Ondulado a forte ondulado, com colinas convexas.

**Erosão** - Laminar ligeira.

**Drenagem** - Moderado a imperfeitamente drenado.

**Vegetação primária** - Floresta subperenifólia.

**Uso atual** - Reserva florestal.

**Clima** - As', da Classificação de Köppen.

**Descrito e coletado por** - Mateus Rosas Ribeiro, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Mateus Rosas Ribeiro Filho, José Fernando Wanderley Fernandes Lima e Edivan Uchôa Cavalcanti da Costa.

## B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

**A** - 0–25 cm; bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmida) e bruno-acinzentado (10YR 5/2, seca); franco-arenosa; fraca pequena e média granular e blocos subangulares; dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.

**AB** - 25–46 cm; bruno (10YR 5/3, úmida), mosqueado comum, médio e distinto bruno-forte (7,5YR 5/6 úmida); franco-arenosa; maciça moderadamente coesa; muito dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

**BA** - 46–70 cm; bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/3, úmida), mosqueado abundante, médio e distinto bruno-forte (7,5YR 5/8 úmida); franco-argilo-arenosa; maciça moderadamente coesa; muito dura, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.

**Bt** - 70-115 cm; cinzento-claro (2,5Y 7/2, úmida), mosqueado pouco, pequeno a médio, proeminente, vermelho (2,5YR 4/6, úmida); franco-argilo-arenosa; fraca, média prismática, composta de fraca média e blocos angulares; extremamente dura, muito firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

**BC** - 115-145 cm<sup>+</sup>; cinzento-claro (2,5Y 7/2, úmida), mosqueado abundante, pequeno a médio, proeminente, vermelho (10R 4/8, úmida); franco-argilo-arenosa; maciça coesa, e fraca e média, blocos angulares; extremamente dura, muito firme, plástica e pegajosa; transição clara e ondulada.

**Cr** - 145-200cm<sup>+</sup>; saprolito da rocha do embasamento; franco-argilo-arenosa.

**RAÍZES** - Muitas no horizonte A; comuns em AB e BA; poucas no Bt; raras no BC; ausentes no Cr.

**OBSERVAÇÕES** – 1. Perfil descrito úmido;  
2. Muitas pontuações brancas de feldspato alterado no horizonte BC.  
3. Consistência seca feita com torrão seco ao ar.

**C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS**

Horizonte Símbolo	Prof. (cm)	Composição Graunulométrica				ADA	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
		Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
		g cm <sup>-1</sup>				%		g cm <sup>-3</sup>		%	
A	0-25	500	277	132	91	91	0	1,45	1,46	2,65	45
AB	25-46	455	270	155	121	111	8	1,27	1,63	2,63	38
BA	46-70	462	180	111	247	21	92	0,45	1,68	2,65	37
Bt	70-115	388	172	109	331	28	91	0,33	1,77	2,67	34
BC	115-145	312	162	208	319	17	95	0,65	1,53	2,67	43
Cr	145-200 <sup>+</sup>	271	186	254	290	11	96	0,88	-	2,61	-

Água	pH	KCl	ΔpH	Ca <sup>++</sup>	Bases trocáveis		Na <sup>+</sup>	Valor S	Al <sup>3+</sup>	H + Al	CTC	V	m	P
					Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>								
		cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>							%		%		g kg <sup>-1</sup>	
4,9	3,9	-1,0	0,2	0,7	0,05	0,07	1,0	1,3	4,9	5,9	17	56	10,2	
5,1	3,8	-1,3	0,2	0,3	0,02	0,06	0,6	2,2	4,0	4,6	13	79	8,5	
5,1	3,7	-1,4	0,2	1,7	0,02	0,08	2,0	5,5	6,5	8,5	24	73	8,7	
5,1	3,5	-1,6	0,5	1,3	0,05	0,14	2,0	10,3	12,6	14,6	14	84	9,1	
5,2	3,4	-1,8	0,5	1,2	0,05	0,19	1,9	12,0	16,9	18,8	10	86	8,7	
5,3	3,4	-1,9	0,6	1,0	0,09	0,27	2,0	13,0	19,9	21,9	9	87	9,3	

**Óxidos da Digestão Sulfúrica**

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Carbono Orgânico	Matéria Orgânica
				/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				
		g kg <sup>-1</sup>			Ki	Kr	g kg <sup>-1</sup>	
28	25	17	1,9	1,3	2,3	7,3	12,59	
-	-	-	-	-	-	2,7	4,65	
-	-	-	-	-	-	2,0	3,45	
191	129	39	2,5	2,1	5,2	1,8	3,10	
-	-	-	-	-	-	1,6	2,76	
200	150	52	2,3	1,9	4,5	1,1	1,90	

## **APÊNDICE 2**

**Descrição morfológica, análises físicas e químicas dos solos da  
Topossequência na Formação Ipojuca, Bacia Cabo, PE.**

## A - DESCRIÇÃO GERAL

**Perfil** - P4.

**Data** - 22/12/2010.

**CLASSIFICAÇÃO SiBCS** – NITOSSOLO HÁPLICO Alitiférrico típico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo ondulado.

**Localização** - Cabo de Santo Agostinho - PE. 8° 18' 43" S e 35° 1' 26" W Gr. Na PE -60, sentido Recife – Cabo logo depois do Shopping Costa Dourada, entrar na primeira rua a direita, seguindo a estrada conservando a direita por aproximadamente 600 m.

**Situação, declividade e cobertura vegetal sobre o perfil** - Trincheira em terço inferior da encosta (convexa), com declividade de 40%, sob pomar abandonado.

**Altitude** - 23,5 metros.

**Litologia** –Conglomerado da Formação Cabo ou da Formação Algodois com influência de Basalto da Formação Ipojuca.

**Formação geológica** - Formação Ipojuca.

**Cronologia** - Cretáceo.

**Material originário** - Saprolito da rocha do embasamento.

**Pedregosidade** - Não pedregoso.

**Rochosidade** - Não rochoso.

**Relevo local** – Ondulado.

**Relevo regional** –Ondulado, com colinas convexas.

**Erosão** - Laminar ligeira a moderada.

**Drenagem** - Bem a moderadamente drenado.

**Vegetação primária** - Floresta subperenifólia.

**Uso atual** - Pomar de mangueiras e jaqueiras abandonado.

**Clima** - As', da Classificação de Köppen.

**Descritoe coletado por** - Mateus Rosas Ribeiro, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Mateus Rosas Ribeiro Filho, José Fernando Wanderley Fernandes Lima e Edivan Uchôa Cavalcanti da Costa.

## B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

**Ap** - 0–15 cm; bruno-escuro (7,5YR 3/3, úmida) e bruno (7,5YR 4/3, seca); argila; moderada, muito pequena e pequena blocos subangulares; muito dura, friável, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e plana.

**BA** - 15–30 cm; bruno (7,5YR 4/4, úmida); argila; moderada, pequena e média blocos subangulares e angulares; cerosidade comum e moderada; muito dura, firme, muito plástico e muito pegajosa; transição clara e plana.

**Bt** - 30–63 cm; bruno-forte (7,5YR 4/6, úmida); muito argilosa; moderada, muito pequena a pequena e blocos angulares; cerosidade abundante e moderada; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e plana.



**B/C** - 63-120 cm<sup>+</sup>; bruno-forte (7,5YR 5/6, úmida); argila; maciça e fraca, pequena blocos subangulares e angulares; muito dura, friável, muito plástica e muito pegajosa; transição abrupta e irregular.

**2Cr** - 120-200 cm<sup>+</sup>; Saprolito da rocha do embasamento; franco-argilo-arenosa.

**RAÍZES** - Muitas no horizonte Ap, BA, Bt, B/C e poucas no 2Cr.

**OBSERVAÇÕES** – 1. O2Cr é um saprolito do conglomerada Formação Cabo ou da Formação Algodois;

2. Horizonte BA constituído por material transportado, distinto dos horizontes subjcentes.

3. A atração magnética é fraca, e nos horizontes B/C e 2Cr é nula.

**C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS**

Horizonte		Composição Graunulométrica						Densidade			Porosidade
Símbolo	Prof. (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	ADA	GF	Silte/Argila	Solo	Partícula	
		g cm <sup>-1</sup>						g cm <sup>-3</sup>			%
Ap	0-15	164	85	215	536	386	28	0,40	1,36	2,76	51
BA	15-30	199	103	179	519	15	97	0,34	1,19	2,70	56
Bt	30-63	160	95	107	639	0	100	0,17	1,17	2,74	57
B/C	63-120	200	107	164	529	15	97	0,31	1,19	2,72	56
2Cr	120-200 <sup>+</sup>	314	151	255	280	22	92	0,91	--	2,72	--

Água	pH	KCl	ΔpH	Ca <sup>++</sup>	Bases trocáveis	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S	Al <sup>3+</sup>	H + Al	CTC	V	m	P
		cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>									%	%	g kg <sup>-1</sup>		
5,1	3,6	-1,5	3,47	2,36	0,24	0,16	6,3	3,0	16,8	23,1	27	32	10,9		
4,9	3,4	-1,5	1,42	1,20	0,04	0,10	2,7	12,7	19,7	22,4	12	82	9,2		
4,9	3,5	-1,4	1,01	0,50	0,03	0,08	1,6	10,0	19,1	20,7	8	86	9,3		
4,7	3,5	-1,2	0,81	0,51	0,03	0,09	1,4	12,6	18,5	19,9	7	90	9,6		
4,8	3,4	-1,4	0,72	1,27	0,02	0,14	2,2	24,0	29,5	31,7	7	92	10,1		

Óxidos da Digestão Sulfúrica							Carbono Orgânico	Matéria Orgânica
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			
g kg <sup>-1</sup>							g kg <sup>-1</sup>	
203,50	173,40	283,80	2,0	1,0	1,0	19,3	33,27	
—	—	—	—	—	—	10,4	17,93	
238,50	193,80	187,20	2,1	1,3	1,6	10,6	18,27	
—	—	—	—	—	—	6,5	11,21	
238,50	153,00	71,80	2,7	2,0	3,3	1,7	2,93	

## A - DESCRIÇÃO GERAL

**Perfil** - P5.

**Data** - 22/12/2010.

**Classificação SiBCS** - NITOSSOLO HÁPLICO Distroférico latossólico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo ondulado.

**Localização** - Estrada Cabo – Ipojuca lado direito, Cabo de Santo Agostinho - PE. 8° 18' 43" S e 35° 1' 25" W Gr. Na PE –60, sentido Recife – Cabo logo depois do Shopping Costa Dourada, entrar na primeira rua a direita, seguindo a estrada conservando a direita por aproximadamente 600 m.

**Situação, declividade e cobertura vegetal sobre o perfil** - Trincheira em terço médio da encosta, com declividade de 20%, sob pomar abandonado.

**Altitude** - 35,4 m.

**Litologia** -Basalto.

**Formação geológica** - Formação Ipojuca.

**Cronologia** – Cretáceo.

**Material originário** - Saprolito da rocha do embasamento.

**Pedregosidade** - Não pedregoso.

**Rochosidade** - Não rochoso.

**Relevo local** - Ondulado.

**Relevo regional** –Ondulado, com colinas convexas.

**Erosão** - Laminar ligeira.

**Drenagem** – Bem drenado.

**Vegetação primária** - Floresta subperenifólia.

**Uso atual** - Pomar de mangueiras abandonado.

**Clima** - As', da Classificação de Köppen.

**Descrito e coletado por** - Mateus Rosas Ribeiro, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Mateus Rosas Ribeiro Filho, José Fernando Wanderley Fernandes Lima e Edivan Uchôa Cavalcanti da Costa.

## B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

**A** - 0–14 cm; bruno-escuro (7,5YR 3/4, úmida) e bruno (7,5YR 4/4, seca); muito argilosa; moderada, muito pequena e pequena blocos subangulares e angulares; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

**BA** - 14–38 cm; bruno (7,5YR 4/4, úmida); muito argilosa; moderada, pequena e média blocos angulares; cerosidade comum e fraca; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição difusa e plana.

**Bt** - 38–80 cm; bruno (7,5YR 4/4, úmida); muito argilosa; moderada, muito pequena e pequena blocos angulares; cerosidade comum e moderada; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição difusa e plana.

**Bw<sub>1</sub>** -80-140 cm; bruno (7,5YR 4/4, úmida); muito argilosa; muito fraca, muito pequena e pequena blocos subangulares; cerosidade comum e fraca; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição difusa e plana.

**Bw<sub>2</sub>** - 140-200 cm<sup>+</sup>; bruno (7,5YR 4/4, úmida); muito argilosa; fraca, muito pequena e pequena blocos subangulares; cerosidade pouca e fraca; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa.

**RAÍZES** - Muitas em horizonte A, BA e Bt; comuns em Bw<sub>1</sub> e Bw<sub>2</sub>.

**OBSERVAÇÃO** - Perfil apresentou atração magnética fraca.

**C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS**

Horizonte		Composição Graunulométrica							Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	ADA	GF	Silte/Argila	Solo	Partícula	
	(cm)	g cm <sup>-1</sup>					%		g cm <sup>-3</sup>		%
A	0-14	58	51	206	685	22	97	0,30	1,20	2,88	58
BA	14-38	48	45	239	667	24	96	0,36	1,05	2,90	64
Bt	38-80	52	49	231	669	0	100	0,34	1,05	2,99	65
Bw1	80-140	62	48	176	714	25	96	0,25	1,08	2,94	63
Bw2	140-200 <sup>+</sup>	53	47	196	708	0	100	0,28	1,16	2,92	60

Água	pH	KCl	ΔpH	Ca <sup>++</sup>	Bases trocáveis		Na <sup>+</sup>	Valor S	Al <sup>3+</sup>	H + Al	CTC	V	m	P	
					Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>						%	%	g kg <sup>-1</sup>	
					cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>										
5,0	4,1	-0,9	1,14	1,01	0,08	0,11	2,3	0,3	8,9	11,2	20	12	11,9		
4,8	4,0	-0,8	0,89	0,08	0,01	0,05	1,1	0,7	6,1	7,2	15	40	10,2		
4,8	4,0	-0,8	0,92	0,07	0,01	0,06	1,1	0,7	6,0	7,1	15	40	12,5		
4,7	4,0	-0,7	0,79	0,14	0,01	0,05	1,0	1,0	6,9	7,9	12	51	14,1		
4,8	4,1	-0,7	0,87	0,24	0,01	0,05	1,2	0,8	5,6	6,8	17	41	14,7		

**Óxidos da Digestão Sulfúrica**

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Carbono Orgânico	Matéria Orgânica
g kg <sup>-1</sup>			Ki	Kr		g kg <sup>-1</sup>	
217,00	167,40	155,10	2,2	1,4	1,7	19,3	33,27
—	—	—	—	—	—	8,4	14,48
238,00	196,30	247,30	2,1	1,1	1,2	6,0	10,34
—	—	—	—	—	—	4,4	7,59
223,50	255,00	198,40	1,5	1,0	2,0	4,5	7,76

## A - DESCRIÇÃO GERAL

**Perfil** - P6.

**Data** - 22/12/2010.

**Classificação SiBCS** – NITOSSOLO HÁPLICO Distroférico latossólico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo ondulado.

**Localização** - Estrada Cabo – Ipojuca, lado direito, Cabo de Santo Agostinho - PE. 8° 18' 46" S e 35° 1' 22" W Gr. Na PE – 60, sentido Recife – Cabo logo depois do Shopping Costa Dourada, entrar na primeira rua a direita, seguindo a estrada conservando a direita por aproximadamente 600 m.

**Situação, declividade e cobertura vegetal sobre o perfil** - Trincheira em terço superior de encosta, com declividade de 8%, sob pomar de mangueiras.

**Altitude** - 58,4 m.

**Litologia** – Basalto.

**Formação geológica** - Formação Ipojuca.

**Cronologia** - Cretáceo.

**Material originário** - Saprolito da rocha do embasamento.

**Pedregosidade** - Não pedregoso.

**Rochosidade** - Não rochoso.

**Relevo local** - Suave ondulado.

**Relevo regional** – Ondulado, com colinas convexas.

**Erosão** - Laminar ligeira.

**Drenagem** – Bem drenado.

**Vegetação primária** - Floresta subperenifólia.

**Uso atual** - Pomar de mangueiras abandonado.

**Clima** - As', da Classificação de Köppen.

**Descrito e coletado por** - Mateus Rosas Ribeiro, Valdomiro Severino de Souza Júnior, Mateus Rosas Ribeiro Filho, José Fernando Wanderley Fernandes Lima e Edivan Uchôa Cavalcanti da Costa.

## B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

**Ap** - 0–15 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, úmida) e bruno-avermelhado (5YR 4/4, seca); muito argilosa; moderada, muito pequena e média blocos subangulares; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e plana.

**Bt** - 15–50 cm; bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmida); muito argilosa; moderada, muito pequena e pequena blocos subangulares; cerosidade comum e fraca; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição difusa e plana.

**Bw<sub>1</sub>** - 50–110 cm; bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmida); muito argilosa; fraca, muito pequena a média blocos subangulares; cerosidade pouca e fraca; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição difusa e plana.

**Bw<sub>2</sub>** - 110–200 cm<sup>+</sup>, bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmida); muito argilosa; fraca, muito pequena a média e blocos subangulares; cerosidade pouca e fraca; muito dura, firme, muito plástica e muito pegajosa.

**RAÍZES** - Muitas em Ap, BA e Bt<sub>1</sub>; comuns no Bt<sub>2</sub>.

**OBSERVAÇÕES** – 1. Perfil apresentou atração magnética acentuada.  
2. Presença de crotovina no horizonte Ap.

**C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS**

Horizonte		Composição Graunulométrica						Densidade			Porosidade
Símbolo	Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	ADA	GF	Silte/Argila	Solo	Partícula	
	(cm)	g cm <sup>-1</sup>						%	g cm <sup>-3</sup>		%
Ap	0-15	37	49	291	622	100	84	0,47	1,18	2,90	59
Bt	15-50	24	37	242	697	0	100	0,35	1,08	2,90	63
Bw1	50-120	23	38	270	669	26	96	0,40	1,07	2,92	64
Bw2	120-200 <sup>+</sup>	29	39	307	624	11	98	0,49	1,01	2,94	66

Água	pH	KCl	ΔpH	Ca <sup>++</sup>	Bases trocáveis		Na <sup>+</sup>	Valor S	Al <sup>3+</sup>	H + Al	CTC	V	m	P
					Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>								
					cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>						%	%	g kg <sup>-1</sup>	
5,1	4,1	-1,0	1,37	1,21	0,10	0,13	2,8	0,3	9,3	12,1	23	10	10,8	
4,7	4,0	-0,7	0,71	0,20	0,01	0,07	1,0	0,8	6,9	8,1	12	45	10,6	
4,7	4,3	-0,4	0,83	0,34	0,01	0,06	1,2	0,4	4,7	6,0	21	24	12,4	
4,7	4,1	-0,6	0,86	0,20	0,01	0,08	1,1	0,6	5,6	6,8	17	36	13,4	

Óxidos da Digestão Sulfúrica							Carbono Orgânico	Matéria Orgânica
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			
g kg <sup>-1</sup>						Ki	Kr	g kg <sup>-1</sup>
190,00	167,40	235,50	1,9	1,0	1,1	20,2	34,82	
—	—	—	—	—	—	10,9	18,79	
264,00	245,90	281,80	1,8	1,1	1,4	7,7	13,27	
216,50	217,60	307,60	1,7	0,9	1,1	4,2	7,24	