

José de Almeida Lima Neto

CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DO CARÁTER COESO EM LATOSSOLOS AMARELOS  
E ARGISSOLOS DA REGIÃO DOS TABULEIROS COSTEIROS DO ESTADO DE  
ALAGOAS

Recife  
Maio / 2008

José de Almeida Lima Neto

CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DO CARÁTER COESO EM LATOSSOLOS AMARELOS  
E ARGISSOLOS DA REGIÃO DOS TABULEIROS COSTEIROS DO ESTADO DE  
ALAGOAS

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

Orientador:  
Mateus Rosas Ribeiro, PhD.

Conselheiros:  
Marcelo Metri Corrêa  
José Coelho de Araújo Filho

Recife  
Maio / 2008

A minha mãe Benedita,  
meu avô Zé Lucas e minha tia Jane  
pelo amor e confiança em mim  
depositados.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por tudo que tem feito em minha vida.

A minha família, pelo apoio, carinho e confiança.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, especialmente ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao Conselho nacional de pesquisa-CNPq, pela concessão de bolsa de estudo.

Às usinas Coruripe, Caeté, Marituba e Cachoeira, pelo apoio necessário a abertura de trincheiras e coleta de solos.

Ao professor Mateus, meu orientador, pela oportunidade, pelas palavras certas nos momentos certos e transmissão de conhecimentos.

Ao professor Marcelo, pelas orientações, sugestões e críticas na condução dos trabalhos, pelo constante estímulo e amizade.

Aos professores Coelho e Valdomiro, pelas sugestões e críticas na condução dos trabalhos, e pelo aprendizado durante o curso.

A todos os professores do programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, em especial aos professores Gustavo, Clístenes, Fátima, Júlio, Isabel, Eurides e Sheila pelo convívio agradável e pelo aprendizado.

Ao funcionário Zeca, pela amizade e apoio constante no andamento dos trabalhos.

Aos amigos e colegas do curso: Emídio, Moacir, Vitor, Rogério, Daniela, Eriberto, Carol, Josimar, Francisco e Fábio, pelo apoio, companheirismo, convívio agradável e pela troca de idéias.

A todos os funcionários do Departamento de Solos, em especial a Brivaldo, Luciano, Anacleto, Josias, Socorro, Camilo, Noca, Josué, pelo apoio durante o curso e amizade.

Aos professores da UFRPE, em especial a Inaldo, Ariosto e Mário Rolim, pelas oportunidades, amizade e pelos ensinamentos transmitidos.

Aos amigos Jeferson, Júlio, Zezito, Juninho, Ricardo, Romildo, Rodolfo, Lenildo, Severino, Hemerson, Paulo, Robervone, Vitor Hugo, Elizandro, Zé Inácio, Nivaldo, Marcone, Itamar, Edvaldo, Gean e Marcelo pelo convívio ao longo dos anos na UFRPE.

Aos estagiários Rafael e Fábio, pela grande ajuda nos trabalhos de laboratório.

A Thais, pelo companheirismo, carinho, incentivo e ajuda constante.

Ficha catalográfica  
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central – UFRPE

XXX Lima Neto, Jose de Almeida  
Caracterização e Gênese do Caráter Coeso em a Argissolos e Latossolos  
Amarelos da Região dos Tabuleiros Costeiros do Estado de Alagoas / José  
de Almeida Lima Neto. – 2008  
XXXp.: il.

Orientador: Mateus Rosas Ribeiro  
Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural  
de Pernambuco. Departamento de Agronomia.  
Inclui Bibliografia e apêndice.

xxx 000.00

1. Solo coeso
  2. Tabuleiros costeiros
  3. Alagoas
  4. Nordeste
- I. Mateus Rosas Ribeiro
  - II. Título

CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DO CARÁTER COESO EM LATOSSOLOS AMARELOS  
E ARGISSOLOS DA REGIÃO DOS TABULEIROS COSTEIROS DO ESTADO DE  
ALAGOAS

José de Almeida Lima Neto

Dissertação defendida e aprovada em 30 de Maio de 2008 pela banca examinadora:

Orientador:

---

Prof. Mateus Rosas Ribeiro

Examinadores:

---

Prof. Paulo Klinger Tito Jacomine

---

Prof. José Coelho de Araújo Filho

---

Prof. Valdomiro Severino de Souza Junior

## ÍNDICE

### RESUMO

O presente trabalho objetivou caracterizar e avaliar os possíveis mecanismos de formação de horizontes coesos, em solos dos Tabuleiros Costeiros, buscando entender sua gênese e identificar parâmetro que possam complementar a definição do caráter coeso. Para isto, foram coletados um perfil de Argissolo Amarelo, um de Argissolo Acinzentado e dois de Latossolo Amarelos, amostrando-se seus horizontes coesos e não coesos. As amostras foram analisadas física, química, mineralógica e micromorfolologicamente. Constatou-se a presença de horizontes com diferenças marcantes entre os graus de consistência do solo seco e úmido, classificados como horizontes coesos, observados tanto nas áreas sob florestas como nas áreas sob cultivo, sendo, portanto, consideradas de natureza pedogenética. Os teores de sílcio e alumínio, extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato e oxalato não se apresentaram elevados nos horizontes coesos, sugerindo que sua gênese não se deve à presença de agentes cimentantes. A morfologia e a densidade do solo, aliadas à determinação da superfície específica se mostraram eficientes na identificação dos horizontes coesos dos solos estudados. Os resultados das análises sugerem que a gênese do horizonte coeso apresenta duas fases distintas, sendo sua base formada inicialmente pela iluviação de argila muito fina, entupindo os poros do solo, ocorrendo posteriormente uma perda de ferro na parte superior, colapsando a estrutura, favorecendo o ajuste face a face da caulinita.

## **ABSTRACT**

The present work aimed at to characterize and to evaluate the possible formation mechanisms of cohesive horizons, in the soils of the Coastal Plain, searching to understand its genesis and to identify parameter that cans complement the definition of the cohesive character. For this, a profile of Yellow Argisol, Gray Argisol and two Yellow Latosol were collected and sampled cohesive and not cohesive horizons. The samples were physics, chemistry, mineralogical and micromorphological analyzed. The presence of horizons with outstanding differences among the degrees of consistence of the dry and humid soil was verified, classified as cohesive horizons, observed so much in the areas under forests as in the areas under cultivation, being, therefore, considered of pedogenetic nature. The sílica and Aluminum contents, extracted with DCB and oxalate didn't presents high on cohesive horizons, suggesting that its genesis is not due to the presence of cementing agents. The morphology and soil density, allied to the determination of the specific surface area were shown efficient in the identification of the soils studied. The analyse resunts suggest that the cohesive horizon genesis presents two different phases, being its base initially formed by the illuviation of very fine clay, clogging the soil pores, happening later a loss of iron on the top, collapsing the structure, improving the face-to-face the kaolinite adjustment.



## 1. INTRODUÇÃO

Diferenças marcantes entre os graus de consistência do solo seco e úmido, principalmente em termos de incremento do grau de consistência a seco (dureza), podem ser observadas em alguns horizontes de solos da faixa dos tabuleiros costeiros, nas regiões Sudeste e Nordeste do Brasil (JACOMINE, 1996; RIBEIRO, 1998; GIAROLA et al., 2001). Esse tipo de comportamento do solo foi incorporado ao Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) por meio da criação e utilização do atributo diagnóstico “Caráter Coeso” (EMBRAPA, 2006).

O termo “coeso” foi inicialmente empregado no Brasil na década de 70 do século passado, durante a realização do levantamento exploratório de solos do Espírito Santo (EMBRAPA, 1978), para distinguir horizontes minerais superficiais de solos que apresentavam consistência no mínimo dura, quando secos, e friável a firme, quando úmidos. Entretanto, os primeiros registros de sua identificação ocorreram na década de 50 do mesmo século quando, no levantamento de solos do Estado do Rio de Janeiro, foram identificados horizontes de solos amarelos com forte resistência a penetração do martelo pedológico (BARROS et al., 1958).

O caráter coeso, como defendido no SiBCS, é uma característica pedogenética (adensamento) de solos, típica de horizontes subsuperficiais (BA e/ou parte do Bw ou Bt), de textura média, argilosa ou muito argilosa, encontrada normalmente entre 0,30 e 0,70 m de profundidade (JACOMINE, 1996; REZENDE, 2000; JACOMINE, 2001; RIBEIRO, 2001a), muito comum em solos dos sedimentos Terciários da Formação Barreiras.

O termo “Barreiras” foi utilizado pela primeira vez em 1902 por Branner, para indicar as camadas variegadas, que ocorrem na forma tabular e afloram nas diversas barreiras ao longo da costa brasileira (MABESSONE et al., 1972). Mais tarde, o termo foi tomado como conotação estratigráfica, surgindo, então, termos mais amplos como Série Barreiras, depois Formação Barreiras e finalmente Grupo Barreiras (BIGARELLA & ANDRADE, 1964).

Os horizontes coesos apresentam consistência dura, muito dura ou até extremamente dura, quando secos, e friável à firme, quando úmidos (JACOMINE, 1996). RIBEIRO (1991) definiu os horizontes que apresentavam o caráter coeso da seguinte forma: são horizontes muito duros e firmes, que não apresentam uma organização

estrutural visível (são maciços), motivo pelo qual os grandes torrões se quebram em fragmentos de tamanhos menores e angulosos. Apresentam uma macroporosidade geralmente ligada à atividade biológica (biovazios), sendo difícil a observação de poros finos. No seu interior são raras as raízes observadas, e mesmo assim, a grande maioria das que conseguiram penetrar nesses horizontes encontram-se mortas. Em algum ponto pode-se observar uma organização estrutural fragmentada, com a presença de estrutura do tipo blocos subangulares, geralmente associados a pequenas concentrações de material orgânico originado da decomposição de raízes ou atividade biológica (crotovinas e ninhos) e, em muitos casos, é possível observar, ainda que com alto grau de dificuldade, e com uso de lupa, a existência de uma microestrutura soldada, como uma colméia de abelhas.

A formação dos horizontes com caráter coeso ainda é um assunto polêmico, não estando completamente esclarecida. Sabe-se, porém, que ocorre de forma natural e que pode estar associada a vários processos, tais como: entupimento dos poros com argila iluvial; presença de compostos orgânicos poucos polimerizados; presença e acúmulo de sílica secundária, óxido de ferro e argila dispersa nos microporos; e adensamento por dessecação resultante da alteração da estrutura do solo pela alternância de ciclos de umedecimento e secagem (RIBEIRO, 1986; PONTE & RIBEIRO, 1990). Para alguns autores este processo é considerado como um fenômeno de degradação acelerado (RIBEIRO, 1996; CINTRA et al., 1997).

O objetivo deste trabalho foi proceder a caracterização morfológica, física, química, mineralógica e micromorfológica de horizontes coesos e não coesos em Latossolos e Argissolos, do ambiente dos tabuleiros costeiros, buscando entender sua gênese e identificar parâmetros físicos, químicos e mineralógicos, que possam complementar a definição do caráter coeso, baseada exclusivamente em características morfológicas.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Tabuleiros costeiros**

Os tabuleiros costeiros constituem numa unidade geomorfológica posicionada no sentido norte-sul, com largura variável entre 20 e 120 km e altitude que varia de 20 a pouco mais de 120 metros, emoldurando os terrenos cristalinos (principalmente rochas

gnáissicas e graníticas) que se erguem para o interior dando início ao Planalto Brasileiro. Situam-se entre o mar e as elevações cristalinas que marcam o início do Planalto Brasileiro, podendo ser considerados como o primeiro andar, por assim dizer, da escalada para o interior (DNPM, 1984).

Distribuem-se por quase toda a faixa costeira do Brasil, desde o Estado do Amapá até o Rio de Janeiro, estendendo-se até o vale do rio Paraíba do Sul, no Estado de São Paulo. Limitam-se, na parte ocidental, com morros do cristalino, e, na parte oriental, com a Baixada Litorânea. Ocupam, ainda, grande extensão de terras no médio e baixo vale do Rio Amazonas e afluentes e nos Estados do Maranhão e Piauí. Formações sedimentares semelhantes ocorrem nas zonas semi-áridas de Pernambuco e Bahia, estendendo para o sul e para a região do médio Jequitinhonha, em Minas Gerais. Estima-se que, no Brasil, as áreas de tabuleiros abrangem extensão de 200.000 km<sup>2</sup> (JACOMINE, 1996).

Os tabuleiros costeiros apresentam uma feição característica, que é uma topografia tabular, dissecada por vales profundos de encostas com forte declividade. Algumas áreas possuem relevo suavemente ondulado, enquanto outras, onde houve forte dissecção, a topografia chega a ser ondulada ou até fortemente ondulada, com elevações de topos planos (chãs). Na faixa litorânea, desde o Amapá até o Rio de Janeiro, prevalecem altitudes de 20 a 220 metros (JACOMINE, 1996).

Os tabuleiros costeiros coincidem com os sedimentos cenozóicos da Formação Barreiras, de textura argilosa, argilo-arenosa ou arenosa, tipicamente caulíníticos e quartzosos em camadas, com espessura que varia em conformidade com as ondulações do substrato rochoso, que ocasionalmente aflora, influenciando nas formas do modelado (BITTENCOURT, 1996). Estes sedimentos são de origem fluvial e sua fonte é atribuída ao desmonte de grandes áreas continentais soerguidas. A sedimentação ocorreu no Terciário, prolongando-se até o Quaternário (PETRI & FÚLFARO, 1983). São sedimentos com baixos teores de ferro, muito intemperizados, caulíníticos, com esqueleto quartzoso mal selecionado, o que favorece, sobremaneira, o adensamento dos solos deles originados (ZANGRANDE, 1985; ARCANJO; 1990).

Extensas áreas da Formação Barreiras cobrem grande parte dos Estados Nordesteiros, como pode ser observado na figura 1. Nos Estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, o uso atual dominante é a cultura da cana-

de-açúcar. Em termos de granulometria, o material desta formação é bastante heterogêneo, sendo o mais argiloso no Estado de Alagoas, tendendo a mais arenoso no Rio Grande do Norte. É um material sedimentar, bastante espesso, muito intemperizado e de maneira geral bem drenado (JACOMINE et al., 1973).

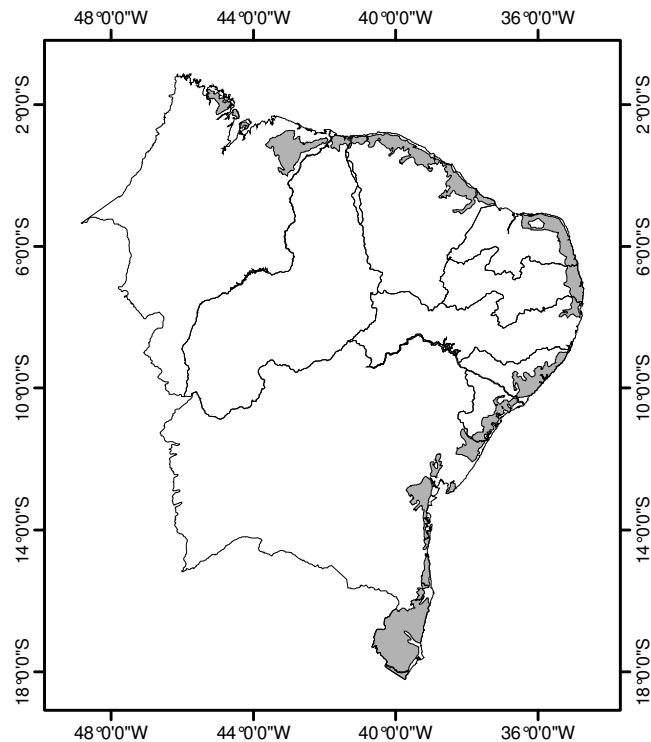


Figura 1. Mapa da região tabuleiros costeiros do Nordeste

A importância social e econômica desse ecossistema nos Estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará se reflete nas grandes concentrações urbanas, na diversidade das explorações agrícolas, com grande potencialidade para produção de alimentos, na ampla infra-estrutura de transporte rodoviário e de terminais marítimos para escoamento da produção e por abrigar alguns poucos remanescentes da mata atlântica ainda existente no País.

Apesar dessa importância e da existência de grande mercado potencial e demanda reprimida por produtos agrícolas, a atividade agropecuária tem sido restringida pelas

baixas produções e alta relação custo/benefício proporcionada pelas culturas. Os horizontes coesos, posicionados em geral entre 30 e 70 cm, e o clima, caracterizado pela má distribuição das chuvas, concentradas num período entre cinco e seis meses contínuos, têm sido considerados os principais fatores responsáveis pelas baixas produtividades das espécies cultivadas nesse ecossistema.

## **2.2. Solos dos Tabuleiros Costeiros**

Os solos de tabuleiros costeiros ocupam uma importante área socioeconômica no País, sobretudo na região nordeste. Grandes áreas produtoras de alimentos estão localizadas nos tabuleiros costeiros, os quais ocupam na região Nordeste uma área estimada de 10.000.000 ha, o que corresponde a aproximadamente 16 % da área total dos estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco e Ceará (Souza et al., 2001)

Os Latossolos e Argissolos Amarelos (LA e PA) são reconhecidos como os solos de maior expressão em extensão, na superfície dos tabuleiros, seguidos pelos Neossolos Quartzarênicos e, em menor proporção, os Espodossolos, Argissolos Acinzentados e Plintossolos (JACOMINE, 1996). Na região Norte Fluminense, outras classes de solos podem ainda ser associadas às classes LA e PA. Nas depressões intertabuleiros são comumente encontrados Gleissolos, e em pequenas proporções Espodossolos e Organossolos (NASCIMENTO, 2001).

A distinção entre Argissolos e Latossolos nem sempre é nítida, ocorrendo, muitas vezes, solos classificados como intermediários. Uma das principais características que os distinguem é o gradiente textural mais pronunciado, identificado no horizonte B textural, pois ambos apresentam horizonte B espesso, com pouca diferenciação entre sub-horizontes, tendência de grau de flocculação elevado em porção expressiva no horizonte B, particularmente a superior, baixa relação silte/argila, composição mineralógica semelhante e predominantemente caulínica e ausência virtual de cerosidade, mesmo com gradiente textural elevado. (ACHÁ PANOSO, 1976; FONSECA, 1986; EMBRAPA, 1995).

Apesar da grande extensão dos tabuleiros costeiros, os seus solos apresentam similaridade em suas características pedogenéticas. Segundo a Universidade Federal de

Viçosa (1984), isto se deve a natureza essencialmente caulinitica e quartzosa dos sedimentos, que por serem bastante estáveis, não sofreram modificações de vulto com a pedogênese posterior.

SOUZA (1996) afirma que, apesar de serem considerados profundos, os solos de tabuleiro possuem uma profundidade efetiva reduzida pela presença de horizontes coesos, prejudicando a dinâmica da água no perfil e, principalmente, o aprofundamento do sistema radicular, agravando assim as suas limitações. Outros problemas agrícolas que os solos de tabuleiro apresentam são: baixa fertilidade natural, aumento de acidez com a profundidade, baixa CTC, baixa saturação por bases e por alumínio e baixa disponibilidade de água.

O horizonte coeso, quando existe, se caracteriza pelo aumento da densidade do solo e redução da porosidade total em relação aos horizontes adjacentes, apresentando-se duro, muito duro ou até extremamente duro, quando seco, e firme, quando úmido (JACOMINE, 2001; RIBEIRO, 1996). Nesses solos, essas características impõem dificuldades ao crescimento das raízes e emergência das plântulas, restringem a movimentação de água e ar no perfil e facilitam o surgimento de uma zona saturada, o que limita a respiração radicular e afeta adversamente a produtividade das culturas (LIBARDI & MELO FILHO, 2001; REZENDE, 2000; SOUZA, 1996).

### **2.3. Horizonte coeso**

Dos problemas relacionados com o caráter coeso, o mais importante é a elevada resistência à penetração do solo, quando seco, que influencia: (a) o desenvolvimento radicular das plantas, (b) o teor de água disponível e (c) a aeração e a absorção de nutrientes, sendo um inibidor físico que pode afetar a produção agrícola (CINTRA et al., 1997; REZENDE, 2000). A baixa disponibilidade de nutrientes desses solos, associada à alta saturação por alumínio e à alta acidez ativa e trocável, constitui também um inibidor químico, dificultando o desenvolvimento radicular e a atividade microbiana do solo (SOUZA, 1997; REZENDE, 2000).

Os solos que desenvolvem elevada resistência, quando secos, são uma fonte de limitações físicas, cujos efeitos podem ser imperceptíveis ou devastadores em relação ao preparo e desenvolvimento das culturas. O desenvolvimento radicular em profundidade

nestes solos é incipiente, já que as raízes tendem a se desenvolver apenas nas fraturas existentes nos horizontes coesos, ocorrendo uma visível redução no volume de raízes em relação aos horizontes sobrejacentes e subjacentes (DEMATTE et al., 1996). A resistência à penetração aumenta com a redução da umidade do solo de forma exponencial nos horizontes coesos dos Tabuleiros Costeiros e de forma linear nos horizontes não coesos (GIAROLA et al., 2001). Esta resistência mantém o sistema radicular dos citros com aproximadamente 60% de seu volume na profundidade de 0-0,20 m e 90% entre 0-0,40 m (CINTRA et al., 1999; SOUZA et al., 2004). MULLINS et al. (1987; 1990) indicaram uma gama de problemas agrônômicos associados aos solos com estes comportamentos, incluindo o tempo restrito para o preparo do solo e o incremento dos impedimentos físicos para o adequado desenvolvimento radicular. A elevada resistência destes solos, quando secos, provoca sérias restrições ao crescimento das raízes, por que a resistência do solo à penetração (RP) normalmente excede 3 MPa, antes que o solo tenha atingido o ponto de murcha permanente. O valor de 3 MPa é indicado como suficiente para impedir severamente ou parar o crescimento radicular e limitar a emergência de hipocótilos (MULLINS, 1997). WEAICH et al (1992) e MASLE & PASSIOURA (1987) já haviam demonstrado como o efeito “hardsetting” impede a emergência dos hipocótilos e como o mesmo poderia ser teoricamente prognosticado. Em solos coesos do Nordeste, REZENDE (2000) salientou o efeito negativo do aumento da resistência dos horizontes coesos no desenvolvimento do sistema radicular da laranjeira, sobretudo o das raízes pivotantes.

O estudo realizado por OLIVEIRA et al. (1968) deu início à caracterização pormenorizada do adensamento subsuperficial em áreas de tabuleiros. Anos depois, OLIVEIRA & MELO (1970) concluíram que a utilização agrícola destes solos estava limitada pelas condições físicas do subsolo e destacaram a diminuição da aeração e a baixa permeabilidade, em decorrência do adensamento que limitava a penetração das raízes das plantas. JACOMINE et al. (1975), ANJOS (1985), FONSECA (1986), SILVA (1989; 1996) e EMBRAPA (1995), deram continuidade a identificação e caracterização dos solos com caráter coeso em varias regiões do Brasil, sem, no entanto, estabelecer critérios quantitativos para a identificação dos mesmos.

O caráter coeso ocorre em horizontes subsuperficiais pedogenéticos, adensados, muito resistentes à penetração da faca ou do martelo pedológico e que são muito duros a

extremamente duros, quando seco, passando a friável ou firme, quando úmidos. Uma amostra úmida quando submetida à compressão, deforma-se lentamente, ao contrário do fragipã, que apresenta quebradice e a desintegração em fragmentos menores (EMBRAPA, 2006). É característico de horizontes subsuperficiais (AB, BA e, ou, parte do Bw ou Bt) e está relacionado com os sedimentos da Formação Barreiras, Terciário, que constituem a unidade geomorfológica dos tabuleiros costeiros. Os horizontes coesos normalmente apresentam-se dessaturados de bases, ácidos (pH em água normalmente entre 4,0 e 5,0) e, normalmente, atingem valores elevados de alumínio trocável (JACOMINE, 1996). O teor em carbono, mesmo nos solos argilosos sob mata, raramente se eleva acima de  $15 \text{ g kg}^{-1}$  (RIBEIRO, 2001b; JACOMINE, 2001).

As características dos solos coesos refletem sua origem a partir de depósitos sedimentares do período Terciário (Formação Barreiras) de materiais argilosos, argilo-arenosos, sempre bastante meteorizados. A mineralogia da fração argila tem mostrado que a caulinita é o mineral dominante, e a fração areia é constituída essencialmente por quartzo (JACOMINE, 1996; REZENDE, 2000). Em função do material de origem, os teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (ataque com  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) são inferiores a  $80 \text{ g kg}^{-1}$ , com predomínio de goethita, o que confere as cores amareladas típicas, geralmente bruno-amarelada, tendendo muitas vezes para cores mais pálidas, bruno- amarelado claro, bruno claro acinzentado ou bruno no matiz 10 YR, com valores 5 e 6 e cromas entre 3 e 6 (RIBEIRO, 2001a). Uma característica comum desses solos é o Ki elevado (normalmente de 1,7 a 2,0), quando comparado aos valores geralmente observados nos Latossolos, em função da pequena quantidade de óxidos de ferro e alumínio, e da presença dominante de caulinita.

Há alguns trabalhos que procuram definir a formação dos horizontes coesos de Latossolos Amarelos (LA) e Argissolos Amarelos (PA) no Brasil. Porém, estes trabalhos não foram capazes de dar uma explicação suficiente para o assunto em estudo, apresentando resultados pouco conclusivos, permanecendo várias questões sem resposta. Inicialmente, surgiu a hipótese da formação dos horizontes coesos por obstrução dos poros com argila iluvial, com conseqüente diminuição da porosidade (OLIVEIRA et al., 1968; ACHA PANOSO, 1976, SILVA et al., 1998). Posteriormente, surgiram várias outras hipóteses, algumas delas relacionando a sua gênese a processos geomorfológicos (ANJOS, 1985), químicos (MEIRELES & RIBEIRO, 1995; RIBEIRO, 1998) e



micromorfológicos (RESENDE, 1982; UFV, 1984). Uma síntese dos resultados obtidos é relacionada a seguir:

ACHÁ-PANOSO (1976) afirmou que as camadas endurecidas observadas em Latossolos Amarelos dos tabuleiros costeiros do Espírito Santo devem-se ao acúmulo de partículas de argila oriundas dos horizontes superiores, as quais preencheriam poros (macro e microporos), aumentando a densidade do solo e tornando a camada muito coesa e compacta. Esta suposição foi posteriormente confirmada pelos estudos micromofológicos desenvolvidos por SILVA et al. (1998).

RESENDE (1982) e UFV (1984) destacaram que as baixas quantidades de óxidos de ferro (goethita) e de alumínio (gibbsita) e a presença de ciclos de umedecimento e secagem, tanto nos LA como nos PA, favoreciam os ajustes face a face da caulinita, aluminossilicato predominante na fração argila destes solos, sendo este mineral o principal responsável pelo endurecimento (coesão) do solo quando seco.

ANJOS (1985) propôs que os horizontes adensados dos horizontes AB e/ou BA de LA e PA dos tabuleiros costeiros do Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia, são herança do próprio sedimento que os originou. A razão do endurecimento seria a compressão causada pelo estático da camada superior.

MEIRELLES & RIBEIRO (1995) destacaram a participação decisiva de ácidos fúlvicos na degradação da estabilidade estrutural e, por conseqüência, nos parâmetros hídricos do solo. Isso conduziria à presença de lençol de água suspenso, dando condições para atuação de reações tipo ferrólise, que poderiam dar início a degradação do plasma argiloso, liberando alumínio, ferro e, principalmente, sílica amorfa, todos eles contribuindo de alguma forma na geração da camada coesa dos LA e PA do Recôncavo Baiano.

Recentemente, CORRÊA (2005) sugeriu que a gênese de horizontes coesos se deve ao maior conteúdo de argila muito fina ( $< 0,2 \mu\text{m}$ ), translocada entre os horizontes ou dentro do mesmo horizonte na forma de argila dispersa. Enquanto que MOREAU (2006) obteve as mesmas conclusões apresentadas por CORRÊA (2005) para explicar a formação de horizontes coesos de Argissolos, localizados em platôs mais amplos e menos dissecados, não dando ênfase ao tamanho da argila.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Seleção, coleta e preparo das amostras de solos**

Foram descritos e coletados amostras em 4 perfis de solos, conforme SANTOS et. al.(2005), com expressiva manifestação do caráter coeso, na região dos tabuleiros costeiros do Estado de Alagoas: um ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso fragipânico (PA, Perfil 1), um LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico (LA1, Perfil 2), um ARGISSOLO ACINZENTADO Distrocoeso fragipânico (PAC, Perfil 3), e um LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico (LA2, Perfil 4).

Os dois primeiros perfis (PA e LA1) foram coletados sob vegetação primária, evitando-se possível interferência de máquinas e implementos agrícolas ou pisoteio de animais na coesão. Já os demais foram coletados em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. A coleta foi realizada por horizontes e o material, transformado em TFSA, foi submetido à caracterização granulométrica e química de rotina, além do ataque sulfúrico.

Visando uma melhor definição dos parâmetros relacionados com a coesão, as amostras de solos também foram coletadas de 10 em 10 cm a partir do horizonte A, amostrando-se os horizontes coesos e não coeso no mesmo perfil. Nestas amostras foram realizadas as análises mineralógicas, determinações de Fe, Al e Si extraídos por oxalato ácido de amônio e citrato-bicarbonato (DBC), silício em H<sub>2</sub>O quente e CaCl<sub>2</sub>, argila dispersa em água, análise granulométrica, superfície específica, densidade do solo e densidade das partículas.

#### **3.2. Localização e caracterização dos locais de coleta dos perfis de solo**

Os solos foram coletados na zona do Litoral e Mata do estado de Alagoas, na mesorregião Leste Alagoano (MENDES JÚNIOR, 2002), sendo as coletas realizadas na Usina Coruripe, no Município de Coruripe (PA, Perfil 1), na Usina Caeté, no município de São Miguel dos Campos (LA1, Perfil 2), na Usina Marituba, no município de Penedo (PAC, Perfil 3) e na Usina Cachoeira, no município de Maceió (LA2, Perfil 4) (figura 2).

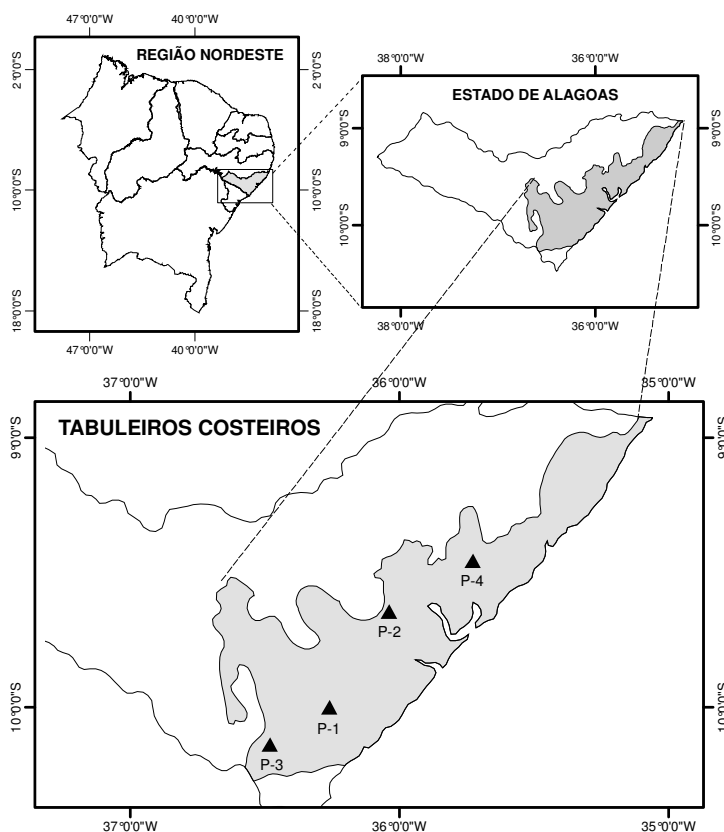


Figura 2. Localização das áreas de coleta dos solos.

Os solos de tabuleiros do Estado de Alagoas estão distribuídos na Zona do Litoral e Mata, ocupando uma área de 4.669 km<sup>2</sup>, dos quais 3.153 km<sup>2</sup> correspondem a Latossolos Amarelos, 1.312 km<sup>2</sup> a Argissolos Amarelos e 204 km<sup>2</sup> a Espodossolos (JACOMINE, 1996).

A área de coleta dos solos apresenta clima tropical chuvoso com verão seco (As', segundo a classificação de Köppen). A precipitação média anual nos municípios, onde os solos foram coletados fica em torno de 1400 mm/ano em Coruripe, 1650 mm/ano em Penedo e São Miguel dos Campos e 1850 mm/ano em Maceió. A temperatura média anual da região esta em torno de 25,5 °C.

O relevo da região é tipicamente plano, característico da unidade geomorfológica dos tabuleiros costeiros. A vegetação primária da região era constituída pela floresta subperenifólia, formação dominante na zona úmida costeira do Estado, que cobria

extensas áreas dos tabuleiros, bem como do cristalino, estando hoje resumidas a pequenas áreas restritas a encostas e pequenas áreas de preservação nos topos dos tabuleiros (JACOMINE et al., 1975).

### **3.3. Análises físicas de rotina**

Foram realizadas no Laboratório de Física do solo da UFRPE, segundo os métodos recomendados pela EMBRAPA (1997). Incluíram as determinações de granulometria, argila dispersa em água, densidade do solo, densidade das partículas, condutividade hidráulica saturada e constantes hídricas.

#### **a) Granulometria**

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997), modificado por RUIZ (2005).

A dispersão física foi realizada com um agitador mecânico do tipo Soil Test com agitação por 15 minutos. Como dispersante químico, utilizou-se 100 ml de uma solução de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>.

#### **b) Argila Dispersa em Água**

O teor de argila dispersa em água foi determinado pelo método da pipeta, sem a utilização de dispersante químico.

#### **c) Densidade do Solo (Ds)**

Realizada pelo método do anel volumétrico, com volume total de 250 cm<sup>3</sup>.

#### **d) Densidade das Partículas (Dp)**

A densidade das partículas foi determinada pelo método do balão volumétrico, utilizando-se o álcool etílico como líquido penetrante.

#### **e) Condutividade Hidráulica Saturada**

A condutividade hidráulica saturada dos solos foi determinada em amostras indeformadas, utilizando-se cilindro de plástico com 8 cm de altura e 7,5 cm de diâmetro, com permeâmetro de carga constante e fluxo decrescente, conforme EMBRAPA (1997).

Através da mensuração do volume de água percolado durante um intervalo de tempo previamente estabelecido, que foi dividido pela área do cilindro, obteve-se o valor do fluxo, sendo a condutividade hidráulica calculada conforme a lei de Darcy e expressa em  $\text{cm h}^{-1}$ . A carga hidráulica foi mantida até que a condutividade hidráulica saturada se estabilizasse, durante o intervalo de tempo previamente estabelecido.

#### Grau de flocculação (GF)

Calculado a partir dos valores de argila total e argila dispersa em água, obtidos anteriormente, segundo a expressão:

$$\text{GF} = 100 (\text{argila total} - \text{argila dispersa em água}) / \text{argila total}.$$

#### Relação Silte/Argila

Calculada a partir da divisão dos valores percentuais de silte pelos de argila total, obtidos na análise granulométrica.

#### Porosidade Total

Calculada a partir dos dados obtidos das densidades, do solo e das partículas, empregando-se a seguinte expressão:

$$\text{Pt} = 100(1 - \text{Ds/Dp}).$$

### **3.4. Análises químicas de rotina**

Foram realizadas seguindo-se as recomendações da EMBRAPA (1997), nos Laboratórios de Química e Fertilidade do solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco e estão relacionadas a seguir:

a) pH em H<sub>2</sub>O e KCl 1 mol L<sup>-1</sup>

Os valores de pH, aferidos em água e em KCl 1 mol L<sup>-1</sup>, foram determinados em uma suspensão solo:líquido na proporção de 1:2,5 em pHmetro.

b) Alumínio trocável

Determinado por volumetria, a partir de extratos obtidos com solução molar de cloreto de potássio, na proporção sólido:líquido de 1:10 utilizando-se hidróxido de sódio 0,025 mol L<sup>-1</sup> como titulante.

c) Acidez Potencial (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>)

Determinada volumetricamente, a partir de extração do H<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup> com acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> a pH 7,0 e titulação com hidróxido de sódio 0,0606 mol L<sup>-1</sup>.

e) Cálcio e Magnésio Trocáveis

Os valores de Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> foram determinados a partir de extratos obtidos com solução de cloreto de potássio 1 mol L<sup>-1</sup>, determinando-se a concentração destes elementos por espectrometria de absorção atômica.

f) Sódio e Potássio Trocáveis

Analisados por fotometria de chama, após extração com HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> na proporção de 1:10.

g) Fósforo Extraível em Mehlich-1

O fósforo disponível foi determinado por colorimetria, usando ácido ascórbico como redutor, após extração com solução de HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 mol L<sup>-1</sup>.

h) Carbono Orgânico

Para determinação do carbono orgânico, utilizou-se como agente oxidante o dicromato de potássio em meio sulfúrico, sendo a reação acelerada por aquecimento. Como titulante foi utilizado o sulfato ferroso.

### Hidrogênio Trocável

Calculado pela diferença entre os valores obtidos da acidez trocável e do alumínio trocável.

### Soma de Bases Trocáveis (S)

Calculada a partir dos valores obtidos nas determinações anteriores através da expressão:

$$S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+}.$$

### Capacidade de Troca de Cátions (CTC)

Calculada pela expressão:

$$T = S + (H^{+} + Al^{3+}).$$

### Porcentagem de Saturação por Bases (Valor V)

Calculada pela expressão:

$$V(\%) = 100 S/T.$$

### Porcentagem de Sódio Trocável (PST)

Calculada pela expressão:

$$PST = 100 Na^{+} / CTC.$$

### Porcentagem de Saturação por Alumínio (m%)

Calculada pela expressão:

$$m\% = 100 Al^{3+} / (S + Al^{3+}).$$

### **3.5. Outras análises químicas**

Os elementos Si, Al, Fe foram determinados na fração TFSA após ataque sulfúrico, segundo EMBRAPA (1997) e conforme modificações sugeridas por CORRÊA (2000). Os elementos Al e Fe também foram determinados em extratos de ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (MEHRA e & JACSON, 1960) e Si, Al e Fe em extrato de oxalato ácido de amônio (MCKEAGUE & DAY, 1966). Para determinar os teores e a composição química dos óxidos de Fe de baixa e alta cristalinidade (goethita - Gt e hematita - Hm), foram utilizados o método do oxalato de amônio  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ , pH 3,0 (OAA) (MCKEAGUE & DAY, 1966) e o do ditionito-citrato-bicarbonato (DCB) (MEHRA & JACKSON, 1960). A extração com Oxalato de Amônio Ácido (OAA), por ser um agente complexante, retira as formas de Al e Fe mal cristalizadas, principalmente a ferridrita (SCHWERTMANN & TAYLOR, 1989). Este método também pode extrair aluminossilicatos amorfos (JACKSON et al., 1986). A sílica também foi determinada por extração com cloreto de cálcio (RAIJ & CAMARGO, 1973) e com água quente (JACKSON, 1979).

O Si e o Al foram determinados por colorimetria nos extratos de ataque sulfúrico, cloreto de cálcio e água, enquanto os teores de Fe e Al extraídos por ditionito-citrato-bicarbonato de sódio e Fe, Si e Al extraídos por oxalato de amônio foram quantificados por espectrofotometria de absorção atômica, assim como o ferro nos extratos de ataque sulfúrico.

### **3.6. Análises mineralógicas**

#### **a) Minerais presentes na fração argila e nos concentrados de óxidos de ferro**

Os minerais da fração argila (natural e desferrificada) e dos concentrados de óxidos de ferro foram identificados por difratometria de raios X (DRX), utilizando-se uma radiação com tubo de cobre, velocidade de  $2\Theta$  por minuto e monocromador de grafite. As amostras foram previamente trituradas em almofariz de ágata. O conjunto foi montado em suporte de alumínio, após pressão suave da amostra sobre o papel não liso, de forma a minimizar a orientação preferencial das partículas.



Os concentrados de óxidos de ferro foram obtidos por dissolução seletiva dos materiais silicatados em solução de NaOH 5 mol L<sup>-1</sup>, de acordo com KAMPF & SCHWERTMANN (1982). Para remover a sodalita formada [Na<sub>4</sub>Al<sub>3</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub>(OH)], foram efetuadas duas lavagens do resíduo com 90 mL de HCl 0,5 mol L<sup>-1</sup> (NORRISH & TAYLOR, 1961) com tempo de contato de 10 min para cada lavagem (SINGH & GILKES, 1991).

#### b) Superfície específica

A superfície específica (SE) foi determinada na fração argila de todos os horizontes coletados, obtida por sedimentação após extração da matéria orgânica com hipoclorito de sódio e dispersão com NaOH 0,01 mol L<sup>-1</sup> (JACKSON, 1979). Utilizou-se o método de sorção de vapor de água (QUIRK, 1955).

#### c) Grau de cristalinidade das caulinitas

A desordem estrutural da caulinita foi determinada por DRX em amostras em pó de argila desferrificada, montadas em suporte de alumínio após pressão suave do material sobre papel rugoso, de forma a minimizar a orientação preferencial das partículas. Foram promovidas irradiações de 5 a 45 °2 Θ. O método utilizado para determinação do grau de desordem foi o de HUGHES & BROWN (1979).

### **3.7. Análise micromorfológica**

As amostras indeformadas foram coletadas em caixas de Kubiena, secas em estufa com circulação forçada de ar a 35°C e, posteriormente, impregnadas com resina de poliéster. Os cortes e a confecção das lâminas delgadas (com e sem lamínulas) foram realizados no Laboratório de Micromorfologia da ESALQ. As feições micropedológicas foram analisadas de acordo com FITZPATRICK (1993) e BULLOCK et al. (1985).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização morfológica

As características morfológicas são, resumidamente, descritas no quadro 1. Foram observadas variações em cor, consistência e estrutura entre os horizontes e entre os solos estudados. Os perfis selecionados mostraram seqüência de horizontes A, AB, BA e Bt para os Argissolos e A, AB e,ou, BA e Bw para os Latossolos, sendo todos muito profundos. Por estar sob vegetação primária (floresta tropical sub-perenifólia), para o perfil PA foi identificado ainda um horizonte superficial O<sub>o</sub>, constituído por restos vegetais em decomposição.

Os solos apresentaram cores predominantemente amareladas (matrizes 10YR e 7,5 YR), com exceção do perfil PAC que se mostrou predominantemente acinzentado, com matiz 10 YR, valores  $\geq 5$  e cromas  $< 4$  na maioria dos primeiros 100 centímetros do horizonte B. Nesse caso, possivelmente o ambiente redutor no qual este solo está, é o responsável pela redução do Fe<sup>3+</sup> para Fe<sup>2+</sup>, mais móvel, facilitando sua remoção por lixiviação e, conseqüentemente, conferindo ao solo cores acinzentadas (SCHWERTMANN, 1985). Os fatores que condicionam a má drenagem desse solo são: sua posição levemente mais baixa na paisagem e a presença de horizonte com fragipã.

Para o perfil PAC foi observada ainda presença de mosqueados vermelhos nos horizontes Bt e Bt/Btx, que embora visualmente se assemelhem a plintita, são revestimentos de óxidos de ferro (filmes) em alguns planos de fraqueza do fragipã. É merecedor de destaque que os mosqueados não foram observados nos horizontes coesos desse perfil, em destaque (negrito) no quadro 1.

É importante notar a presença de mosqueados nos fragipãs e horizontes coesos dos perfis estudados, com exceção do horizonte coeso do Argissolo Acinzentado (Quadro 1). A estrutura maciça coesa, observada no horizonte Bt do perfil PAC, está associada com os mosqueados que ocorrem no mesmo.

Quadro 1: Características morfológicas dos solos estudados

HOR.	Prof. (cm)	Cor (úmido)		Estrutura	Consistência			Trans.
		Mosqueado			seca	úmida	molhada	
<b>ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso abrupto fragipânico (PA - Perfil 1) – Mata</b>								
A	0-18	10YR 4/2	-	1 P M Gr	Ma LD	MFr	LgPI LgPe	gp
AB	18-40	10YR 4/3	-	1 P M Bls	LD	MFr	LgPI LgPe	gp
<b>BA</b>	<b>40-59</b>	<b>10YR 5/3</b>	-	<b>1 P M Bls</b>	<b>MD</b>	<b>Fr</b>	<b>LgPI LgPe</b>	<b>cp</b>
<b>Bt</b>	<b>59-90</b>	<b>10YR 5/3</b>	<b>c m di 7,5YR 5/4</b>	<b>1 Mc Mco P M Bls</b>	<b>MD</b>	<b>Fi</b>	<b>PI Pe</b>	<b>ai</b>
Btx	90-150+	10YR 5/6	c pe pr 5YR 4/6	Mc coesa	ED	Mfi	LgPI LgPe	-
<b>LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico (LA1 - Perfil 2) – Mata</b>								
A	0 - 18	10YR 3/2	-	2 P M Gr	LD	MFr	LgPI LgPe	ao
AB	18 - 35	10YR 4/3	-	1 P M Bls	D	Fr	LgPI LgPe	cp
<b>BA</b>	<b>35 - 55</b>	<b>10YR 5/4</b>	<b>p pe di 7,5 YR 5/6</b>	<b>Mc MCo</b>	<b>MD</b>	<b>Fi</b>	<b>PI Pe</b>	<b>gp</b>
Bw1*	55 - 100	10YR 5/6	-	1 P M Bls	MD	Fr	PI Pe	dp
Bw2	100 - 145	10YR 5/8	-	1MP M Bls AMc	D MD	Fr	PI Pe	gp
Bw3	145 - 160+	10YR 6/8	-	1 MP Bls Amc	D	Fr	PI Pe	-
<b>ARGISSOLO ACINZENTADO Distrocoeso fragipânico (PAC - Perfil 3) – Cana</b>								
Ap1	0 - 11	10YR 4/1	-	Mc Mco 1 P M Gr Bls	MD	Fr	LgPI LgPe	cp
Ap2	11-27	10YR 4/2	-	Mc Mco 1 P M Bls	MD	Fr	LgPI LgPe	cp
<b>AB</b>	<b>27 - 42</b>	<b>10YR 5/2</b>	-	<b>Mc Co</b>	<b>ED</b>	<b>Fi</b>	<b>PI Pe</b>	<b>gp</b>
<b>BA</b>	<b>42 - 65</b>	<b>10YR 6/3</b>	-	<b>Mc Co</b>	<b>ED</b>	<b>Fi</b>	<b>PI Pe</b>	<b>gp</b>
Bt	65 - 90	10YR 6/3	c m di 10YR 7/3	Mc Co 1 P M Bls	D MD	Fr e Fi	PI Pe	ci
Bt/Btx1	90 - 130	10YR 6/3	c m pr 2,5YR 4/6 e c m di 10YR 7/4	1 P M Bls	D ED	Fr MFi	PI Pe	co
Bt/Btx2	130 - 160+	10YR 6/3	p pe m pr 2,5YR 4/6 e c m gr di 10YR 7/4	1 P M Bls	D ED	Fr MFi	PI Pe	-
<b>LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico (LA2 - Perfil 4) - Cana</b>								
Ap	0 - 22	10YR 4/2	-	Mc Mco 1 P M Bls	MD	Fr	PI Pe	ao
<b>BA</b>	<b>22 - 40</b>	<b>10YR 5/6</b>	<b>p pe di 5YR 5/6</b>	<b>Mc Mco 1 P M Bls</b>	<b>MD</b>	<b>Fi</b>	<b>PI Pe</b>	<b>gp</b>
<b>Bw1</b>	<b>40 - 65</b>	<b>10YR 5/8</b>	-	<b>1 P M Bls CPMa</b>	<b>MD</b>	<b>Fi</b>	<b>PI Pe</b>	<b>gp</b>
Bw2	65 - 110	10YR 5/8	-	1 MP P Bls	D	Fr	PI Pe	dp
Bw3	110 - 170+	7,5YR 5/8	-	1 MP P Bls CPMp	D	Fr	PI Pe	-

Estrutura: 1 – fraca; 2 – moderada; MP – muito pequena; P – pequena; M – média; Gr – granular; Bls – blocos angulares; Bls – blocos subangulares; Mc – maciça; Mco – moderadamente coesa; Co – coesa. Consistência: Ma – macia; LD – ligeiramente dura; D – dura; MD – muito dura; ED – extremamente dura; MFr – muito friável; Fr – friável; Fi – firme; MFi – muito firme; Lg – ligeiramente; PI – plástica; Pe – pegajosa. Transição: p – plana; o – ondulada; a – abrupta; g – gradual; d – difusa; c – clara; i - irregular; Cor: p - pouco; c - comum; m – médio; pe – pequeno; di – distinto; pr – proeminente. \*O topo deste horizonte mostra-se coeso.

Constatou-se a presença de horizontes com diferenças marcantes entre os graus de consistência do solo seco e úmido, apresentando-se muito dura a extremamente dura, quando secos, e friável a firme, quando úmidos, o que caracteriza a presença de horizontes coesos (EMBRAPA, 2006). Estas características foram observadas tanto nas áreas sob florestas como nas áreas sob cultivo, sendo, portanto, consideradas de natureza pedogenética. A consistência dos solos apresentou-se extremamente dura,

quando seco, a firme, quando úmido também nos horizontes com fragipãs. Os solos apresentaram ainda uma consistência plástica e pegajosa nos horizontes coesos, com exceção do horizonte BA do perfil PA, que apresentou-se ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

O caráter coeso, propriamente dito, está presente nos horizontes BA dos solos estudados, podendo se estender para o horizonte Bt (perfil PA), AB (perfil PAC) e Bw1 (perfis LA1 e LA2), dentro da profundidade características da presença destes horizontes (destacados em negrito no Quadro 1). Segundo JACOMINE (1996) e RIBEIRO (2001a), o caráter coeso encontra-se em condições naturais, principalmente nos horizontes transicionais AB e, ou, BA, podendo atingir o Bw ou Bt, corroborando a descrição de campo do presente estudo. ACHÁ-PANOSO (1976) investigando Latossolos coesos em tabuleiros costeiros do Espírito Santo, concluiu que o aspecto maciço, compacto e coeso é maior nas áreas de relevo plano. O horizonte Ap2 do perfil PA apresenta uma pequena coesão, resultante de alterações provenientes do cultivo contínuo do solo. O topo do horizonte Bw do perfil LA1 (55 a 58 cm), mostrou-se coeso, o que demonstra a importância do detalhamento dos horizontes em camadas no presente estudo.

Nos solos cultivados com cana-de-açúcar (PAC e LA2), observou-se a presença de horizontes endurecidos mais superficiais, com consistência muito dura, concordando com SILVA & RIBEIRO (1992). Segundo estes autores, em áreas de cultivo contínuo com cana-de-açúcar, o maior grau de coesão, comprovado pelo aumento da densidade do solo, foi constatado mais próximo à superfície, resultante de alterações promovida pelo uso e manejo (compactação).

Quanto ao desenvolvimento do sistema radicular, descrito em campo, os horizontes classificados como coesos apresentaram uma significativa redução na quantidade e diâmetro das raízes, variando de poucas a raras. Os perfis PA e LA2 apresentaram ainda a presença de raízes em quantidade comum no topo dos horizontes coesos. A elevada resistência à penetração nos horizontes coesos, principalmente, quando apresentam-se secos, dificulta o desenvolvimento radicular das plantas, logo, as raízes tendem a se concentrar na superfície. SOUZA (1996) afirma que, apesar de serem considerados profundos, os solos de tabuleiro possuem uma profundidade efetiva reduzida pela

presença de horizontes coesos, prejudicando a dinâmica da água no perfil e, principalmente, o aprofundamento das raízes, agravando assim as suas limitações.

A elevada resistência à penetração das raízes nos horizontes coesos está bem caracterizada nos dados da morfologia do Argissolo Acinzentado, onde o horizonte superficial Ap apresenta muitas raízes, passando para poucas no horizonte transicional AB, raras no BA, ambos coesos, aumentando para comum a sua presença no horizonte Bt (Anexo). No perfil LA2 ocorre uma situação parecida, com a presença comum de raízes nos horizontes BA e Bw<sub>3</sub>, e pouca no horizonte coeso Bw<sub>1</sub>.

A passagem das raízes pelo horizonte coeso pode ocorrer através de espaços descontínuos não coesos ou através das raízes de plantas com maior poder de penetração. A penetração inicial de raízes promovida por plantas mais adaptadas abriria caminho para o sistema radicular de outras espécies atravessar a camada coesa.

A elevada resistência do solo, quando seco, é uma dos principais problemas relacionados ao horizonte coeso, interferindo no desenvolvimento do sistema radicular das plantas (CINTRA et al., 1997; REZENDE, 2000). Logo, o desenvolvimento do sistema radicular pode ser influenciado pelo tempo que estes horizontes permanecem úmidos, quando diminui a resistência a penetração, possibilitando o aparecimento comum de raízes nos mesmos.

Nos perfis sob vegetação primária, foi observado um ligeiro aumento na presença de raízes nos horizontes coesos em relação aos perfis cultivados com cana, devido ao maior poder de penetração e da presença de raízes pivotantes nas espécies da vegetação primária. O sistema radicular fasciculado da cana-de-açúcar apresenta pouca capacidade de penetração no horizonte coeso.

Os solos localizados em área sob cultivo de cana-de-açúcar (PAC e LA2), apresentam estrutura maciça moderadamente coesa e fraca, pequena à média granular e blocos subangulares no horizonte Ap. O tráfego de máquinas necessárias para o cultivo da cana-de-açúcar está diretamente relacionado com o desenvolvimento desse tipo de estrutura, caracterizando a existência de compactação. O uso agrícola causa mudança na morfologia dos horizontes superficiais (A e AB) com o desenvolvimento de um horizonte Ap, que pode apresentar sensível perda de estrutura (SILVA et al., 1998; RIBEIRO, 2001b). Os perfis localizados em áreas de preservação, apresentam nos horizontes

superficiais estrutura granular pequena a média, fraca (perfil PA) e moderada (perfil LA1) nos horizontes superficiais.

A presença de estrutura maciça no horizonte Btx do perfil PA é característica dos horizontes com fragipãs, em consequência da cimentação promovida por materiais amorfos de Al (ARAÚJO FILHO, 2003).

A estrutura dos horizontes coesos apresenta-se maciça coesa e/ou moderadamente coesa com a presença ou não de partes com estrutura fraca pequena a média em blocos subangulares. Perfis descritos na Reunião Técnica sobre Solos Coesos de Tabuleiros Costeiros, em 1996 na Bahia, mostram solos coesos com estrutura fraca pequena a média blocos subangulares associados com fragmentos coesos. Estes casos podem ser explicados por áreas com maior concentração de matéria orgânica (RIBEIRO, 1991).

#### **4.2. Caracterização física**

No quadro 2, encontram-se os resultados das análises físicas dos perfis estudados. Para todos os perfis, a análise granulométrica revelou uma textura média em superfície, passando para argilosa em profundidade. A diferença é que nos Latossolos há uma transição gradual para uma textura argilosa, e os dois perfis atingem textura muito argilosa no Bw<sub>3</sub>.

No perfil PA foi encontrado teor de argila de 578 g kg<sup>-1</sup> no fragipã, bem superior aos 350 g kg<sup>-1</sup> sugerido por PETERSEN et al. (1970) e RICHIE et al (1974) como limite máximo para formação destes horizontes. Segundo CORRÊA (2005), a mineralogia caulinitica dos solos de tabuleiros e a alta relação argila fina/argila grossa são os principais motivos para ocorrência do fragipã de textura argilosa.

Quadro 2: Características físicas dos solos estudados

Horiz.	Camada	Areia		Silte	Argila	A.D. Água	GF	Silte argila	Ds	Dp	Pros.	S.E
		Grossa	Fina									
		g kg <sup>-1</sup>				%		t m <sup>-3</sup>		%		m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>
ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso abrupto fragipânico (PA - Perfil 1) – Mata												
A	0-18	567	233	60	140	55	61	0,43	1,26	2,66	53	29,73
AB	30-40	497	206	75	222	89	53	0,56	1,57	2,66	41	29,63
BA	<b>40-50</b>	<b>466</b>	<b>210</b>	<b>93</b>	<b>231</b>	<b>180</b>	<b>31</b>	<b>0,40</b>	<b>1,52</b>	<b>2,63</b>	<b>42</b>	<b>27,53</b>
	<b>50-60</b>	<b>370</b>	<b>175</b>	<b>96</b>	<b>359</b>	<b>229</b>	<b>36</b>	<b>0,27</b>	<b>1,51</b>	<b>2,63</b>	<b>42</b>	<b>29,37</b>
Bt	<b>60-70</b>	<b>356</b>	<b>156</b>	<b>57</b>	<b>431</b>	<b>304</b>	<b>29</b>	<b>0,13</b>	<b>1,49</b>	<b>2,63</b>	<b>43</b>	<b>29,85</b>
	<b>70-80</b>	<b>296</b>	<b>139</b>	<b>62</b>	<b>503</b>	<b>335</b>	<b>33</b>	<b>0,12</b>	<b>1,54</b>	<b>2,61</b>	<b>41</b>	<b>29,18</b>
Btx	90-150	200	112	110	578	340	43	0,16	1,54	2,58	40	29,18
LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico (LA1 - Perfil 2) – Mata												
A	0-18	530	153	82	235	132	43	0,35	1,46	2,55	43	34,87
AB	18-28	492	160	39	309	145	53	0,13	1,47	2,59	43	34,55
	28-38	457	147	39	357	206	41	0,11	1,54	2,59	41	33,35
BA	<b>38-48</b>	<b>398</b>	<b>138</b>	<b>29</b>	<b>435</b>	<b>290</b>	<b>33</b>	<b>0,07</b>	<b>1,54</b>	<b>2,59</b>	<b>41</b>	<b>30,30</b>
	<b>48-58</b>	<b>352</b>	<b>122</b>	<b>42</b>	<b>484</b>	<b>300</b>	<b>38</b>	<b>0,09</b>	<b>1,45</b>	<b>2,59</b>	<b>44</b>	<b>35,61</b>
Bw1	58-68	325	114	70	491	234	52	0,14	1,49	2,59	42	35,70
	68-78	330	110	79	481	99	79	0,16	1,43	2,59	45	34,89
	78-88	342	118	36	504	0	100	0,05	1,41	2,59	46	36,41
	88-98	312	110	30	548	0	100	0,04	1,43	2,59	45	34,84
Bw2	100-145	314	125	28	533	0	100	0,03	1,40	2,59	46	33,67
Bw3	145-160	233	95	33	639	0	100	0,05	1,39	2,59	46	31,03
ARGISSOLO ACINZENTADO Distrocoeso fragipânico (PAC - Perfil 3) – Cana												
Ap1	0-11	340	264	89	307	185	42	0,33	1,59	2,56	38	24,48
Ap2	15-25	320	257	76	347	220	44	0,27	1,73	2,56	32	26,48
AB	<b>25-35</b>	<b>258</b>	<b>231</b>	<b>74</b>	<b>436</b>	<b>302</b>	<b>37</b>	<b>0,10</b>	<b>1,68</b>	<b>2,63</b>	<b>36</b>	<b>26,93</b>
	<b>35-45</b>	<b>219</b>	<b>219</b>	<b>71</b>	<b>489</b>	<b>301</b>	<b>46</b>	<b>0,08</b>	<b>1,67</b>	<b>2,63</b>	<b>37</b>	<b>28,00</b>
BA	<b>45-55</b>	<b>180</b>	<b>197</b>	<b>95</b>	<b>528</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>0,12</b>	<b>1,68</b>	<b>2,63</b>	<b>36</b>	<b>29,93</b>
	<b>55-65</b>	<b>189</b>	<b>194</b>	<b>87</b>	<b>530</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>0,09</b>	<b>1,54</b>	<b>2,63</b>	<b>41</b>	<b>30,04</b>
Bt	65-75	171	194	95	540	0	100	0,09	1,53	2,63	42	28,05
	75-85	166	190	99	545	0	100	0,14	1,41	2,63	46	26,88
Bt/Btx1	90-130	114	132	159	595	13	98	0,14	1,56	2,55	39	25,26
Bt/Btx2	130-160	90	124	191	592	0	100	0,28	-	2,56	-	27,56
LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico (LA2 - Perfil 4) - Cana												
Ap	0-22	354	188	117	341	256	18	0,46	1,63	2,59	37	32,77
BA	<b>22-32</b>	<b>293</b>	<b>143</b>	<b>91</b>	<b>473</b>	<b>390</b>	<b>20</b>	<b>0,12</b>	<b>1,58</b>	<b>2,63</b>	<b>40</b>	<b>35,47</b>
	<b>32-42</b>	<b>258</b>	<b>143</b>	<b>49</b>	<b>550</b>	<b>442</b>	<b>25</b>	<b>0,03</b>	<b>1,55</b>	<b>2,63</b>	<b>41</b>	<b>36,01</b>
Bw1	<b>42-52</b>	<b>256</b>	<b>128</b>	<b>37</b>	<b>579</b>	<b>463</b>	<b>26</b>	<b>0,05</b>	<b>1,50</b>	<b>2,63</b>	<b>43</b>	<b>33,20</b>
	<b>52-62</b>	<b>265</b>	<b>123</b>	<b>31</b>	<b>581</b>	<b>471</b>	<b>23</b>	<b>0,03</b>	<b>1,46</b>	<b>2,63</b>	<b>44</b>	<b>35,38</b>
Bw2	62-72	265	129	24	582	0	100	0,04	1,45	2,56	43	35,04
	72-82	265	128	23	584	0	100	0,03	1,36	2,59	47	36,28
	82-92	248	135	32	585	0	100	0,03	1,23	2,59	53	35,06
	98-102	254	134	31	581	0	100	0,05	1,24	2,63	53	36,28
	102-112	235	130	41	594	0	100	0,08	1,25	2,59	52	33,42
Bw3	110-170	210	102	83	605	0	100	0,15	1,23	2,63	53	32,00

Hor. – horizonte; Cam. Camada; PT – porosidade total; S.E – superfície específica em m<sup>2</sup> por grama de argila.

De forma geral, todos os perfis estudados no presente trabalho apresentaram baixos teores de silte. De acordo com MOREAU et al. (2006), os baixos teores de silte e, conseqüentemente, da relação silte/argila dos Argissolos Amarelos devem-se ao fato dos solos do ambiente tabuleiros costeiros serem produtos da alteração de sedimentos pré-intemperizados e edafizados. Assim, a relação silte/argila é própria do material de origem, não expressando bem a maturidade genética do solo. Os maiores valores da relação silte/argila foram observados nos horizontes superficiais devido, provavelmente, a perda relativa de argila na superfície por eluviação ou dissolução (SILVA et al., 2002). Segundo UFV (1984) o baixo teor de silte nos solos dos tabuleiros deve-se à quebra de pseudomorfos de caulinita, na forma de mica, ao sofrerem atritos pelo transporte. MELO (1998) e JACOMINE (1974) encontraram resultados similares.

É importante observar que os horizontes coesos estudados apresentaram textura franco-argilo-arenosa, argilo-arenosa e argila, estando de acordo com outros autores (JACOMINE, 1996; RESENDE, 2000; RIBEIRO, 2001a; MOREAU, 2001; CORRÊA, 2005).

A densidade do solo vem corroborar os resultados morfológicos obtidos em campo. O horizonte coeso do Argissolo Acinzentado apresentou a maior densidade do solo entre os horizontes coesos dos perfis estudados ( $1,68 \text{ t m}^{-3}$ ), e uma estrutura maciça coesa, com consistência extremamente dura. Os horizontes que apresentaram menor densidade do solo, em relação ao Argissolo Acinzentado, apresentaram estrutura maciça moderadamente coesa e muito dura, apresentando ainda, em alguns casos, estrutura maciça e fraca pequena a média em blocos subangulares, como nos perfis PA e LA2, ressaltando a importância da descrição morfológica nos estudos dos horizontes coesos. Os maiores valores de densidade do solo encontrados para os horizontes coesos em relação aos demais horizontes do perfil (Quadro 2), sugerem que este atributo é um importante indicador para avaliar a presença de coesão.

A densidade dos horizontes coesos encontra-se na faixa de 1,5 a  $1,68 \text{ kg dm}^{-3}$ , com média de  $1,59 \text{ t m}^{-3}$ , estando de acordo com a variação descrita por outros autores (EMBRAPA, 1999; RIBEIRO, 2001a; ARAUJO FILHO et al., 2001; MOREAU, 2001; CORRÊA, 2005).



Nos perfis localizados sob mata primária, a densidade do solo é maior no horizonte coeso (BA), o que não ocorre nos solos sob o cultivo de cana-de-açúcar (PAC e LA2). Na condição de cultivo, os perfis apresentam aumentos significativos nos valores de densidade do solo nos horizontes mais superficiais ( $1,73 \text{ t m}^{-3}$  no horizonte Ap2 do perfil PAC), em consequência da compactação, sendo mais elevado do que os horizontes coesos. SILVA (1996) constatou que sob mata, a densidade do solo é maior no BA que nos demais horizontes. O mesmo autor afirmou que o adensamento do horizonte BA é de origem genética, e a drástica redução da porosidade se deveu ao preenchimento de poros com argila iluvial.

O perfil PA apresenta densidade do solo no fragipã, similar à encontrada no horizonte coeso deste mesmo perfil. Por apresentarem horizonte coeso e fragipã no mesmo perfil, este solo possui elevada densidade do solo desde os primeiros 30 centímetros até 150 cm. Neste perfil, o horizonte coeso estende-se desde os 40 cm de profundidade até os 90 cm, apresentando 50 cm de espessura, caracterizando-se como o horizonte coeso mais espesso entre os solos estudados. De acordo com JACOMINE (1996) e MOREAU (2001), os Argissolos Amarelos com mudança textural mais pronunciada apresentam o caráter coeso até maiores profundidades.

A argila dispersa em água apresentou os valores mais elevados no fragipã do PA e nos horizontes coesos, sendo observado nos mesmos um grau de floculação mais baixo em relação aos outros perfis. Apenas o horizonte BA do perfil PAC, apresentou um grau de floculação de 100%, diferindo dos demais horizontes coesos. Resultados semelhantes foram obtidos por MOREAU (2001). SHANMUGANATHAN & OADES (1983), BARZEGAR et al. (1995) e CORREA et al. (2008) que descreveram uma relação positiva entre argila dispersa em água e a resistência à penetração.

A densidade das partículas, pela sua própria natureza, não varia significativamente com a profundidade apresentando valores bem próximos de  $2,60 \text{ t m}^{-3}$ , valor aceito como média universal para os solos minerais, pela Sociedade Internacional da Ciência do Solo.

A superfície específica (SE) apresentou valores variando de 24 a  $36 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$  de argila. Os maiores valores foram observados para os horizontes coesos de todos os perfis estudados, sugerindo presença de argilas muito finas em maior proporção. Dessa forma, o endurecimento característico dos horizontes coesos, quando os mesmos encontram-se

secos, pode ser explicado (pelo menos em parte) pelo aumento nos teores de argila fina nos respectivos horizontes. Segundo CORRÊA (2005), há a possibilidade da existência de “pontes” de materiais muito finos ligando as partículas do solo. Em estudos desenvolvidos por este autor, o aumento na relação argila fina/argila grossa, encontrado nos horizontes coesos dos Argissolos e Latossolos estudados, estão relacionados com a forte resistência a penetração e demais características morfológicas que sugerem a presença do caráter “coeso”.

Contudo, somente o aumento do teor de argila fina ( $< 0,2 \mu\text{m}$ ) parece não explicar por completo a grande atração das partículas dos solos coesos, quando secos. Além disso, o entupimento da porosidade pode conduzir a processos hidromórficos (temporários) em tais horizontes e, conseqüentemente, transformação e remoção do ferro na forma de óxidos cristalinos. Na forma amorfa, o ferro não contribuirá no processo de estruturação do solo, podendo conduzir ao colapso estrutural, redução ainda maior da porosidade, aumento da densidade do solo e, conseqüentemente a coesão.

A utilização agrícola dos solos dificulta os estudos da porosidade total dos horizontes coesos, porque a porosidade total encontra-se muito baixa em superfície, crescendo progressivamente em profundidade. Com relação à porosidade total, o perfil LA1, por estar em área preservada, é o solo que melhor caracteriza a presença do horizonte coeso. Neste perfil os horizontes coesos apresentam valores inferiores de porosidade em relação aos demais horizontes. Desta forma, o horizonte coeso reduz a infiltração da água no solo causando restrição de aeração e promovendo o acúmulo de água em depressões, e o aumento do escoamento superficial da água da chuva ou irrigação (MULLINS, 1997; RIBEIRO, 2001a).

Os dados de condutividade hidráulica podem ser observados na figura 6. Foi realizada a condutividade hidráulica saturada em amostras indeformadas dos perfis coletados sob vegetação nativa (PA e LA1), evitando as interferências do cultivo nesta propriedade.

No Argissolo Amarelo, a condutividade hidráulica saturada ( $K_{\text{sat}}$ ) é alta em superfície, de  $85,83 \text{ cm h}^{-1}$ , decrescendo acentuadamente em profundidade, devido a presença do horizonte coeso (BA e Bt), seguido pelo fragipã, que apresenta-se bem mais impermeável em relação ao horizonte coeso, com uma  $K_{\text{sat}}$  próximo de zero ( $0,48 \text{ cm h}^{-1}$ ).

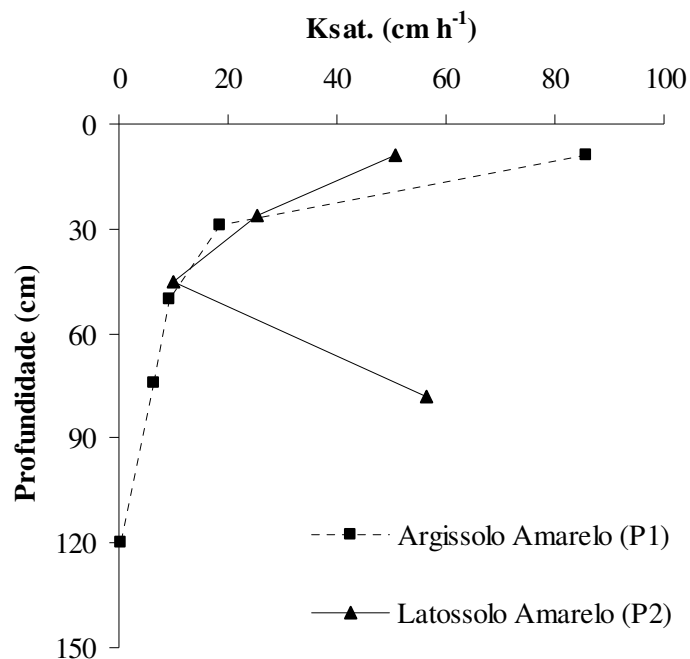


Figura 6. Condutividade hidráulica saturada ( $K_{sat}$ ) em Argissolo Amarelo (PA) e Latossolo Amarelo (LA1) dos tabuleiros costeiros de Alagoas, sob mata nativa.

A baixa condutividade hidráulica saturada no horizonte coeso é bem visível no Latossolo Amarelo (LA<sub>1</sub>), se apresentando alta em superfície ( $50,87 \text{ cm h}^{-1}$ ), com redução considerável no horizonte coeso BA ( $10,02 \text{ cm h}^{-1}$ ) e, aumentando novamente no horizonte Bw<sub>3</sub> ( $\sim 55 \text{ cm h}^{-1}$ ). Esta  $K_{sat}$  reduzida nos horizontes coesos faz com que ocorram algumas poças de água temporárias nos solos coesos dos tabuleiros costeiros, quando a precipitação é um pouco mais alta e constante. COSTA (1993) estudou a condução de água e observou que o horizonte Bw<sub>1</sub>, muito coeso, constitui impedimento à livre movimentação de água no perfil.

### 4.3. Caracterização química

#### 4.3.1. Análises de rotina

No quadro 3, encontram-se os resultados analíticos das características químicas dos solos estudados. Os solos apresentaram limitada disponibilidade de nutrientes, com baixos valores de soma de bases (S), capacidade de troca de cátions (CTC) e elevados teores de alumínio trocável (Al) e saturação por alumínio (m). Os baixos valores de CTC, inferiores a  $7,93 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , refletem a mineralogia caulínica do material de origem dos solos (sedimentos argilo-arenosos da Formação Barreiras).

Quadro 3: Características químicas de rotina dos solos estudados

Hor.	pH		Ca	Mg	K	Na	S	Al	H + Al	CTC	V	m	P	C.O
	H <sub>2</sub> O	KCl												
-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----														
ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso abrupto fragipânico (PA - Perfil 1) - Mata														
A	5,60	4,40	1,32	0,20	0,05	0,02	1,59	0,16	2,50	4,09	39	9,14	2,25	6,42
AB	5,40	4,20	0,63	0,17	0,05	0,03	0,88	0,56	3,03	3,91	23	38,89	1,23	4,81
<b>BA</b>	<b>5,20</b>	<b>4,00</b>	<b>0,49</b>	<b>0,15</b>	<b>0,08</b>	<b>0,05</b>	<b>0,77</b>	<b>0,96</b>	<b>3,33</b>	<b>4,10</b>	<b>19</b>	<b>55,49</b>	<b>0,50</b>	<b>4,75</b>
<b>Bt</b>	<b>5,10</b>	<b>4,00</b>	<b>0,47</b>	<b>0,14</b>	<b>0,11</b>	<b>0,05</b>	<b>0,77</b>	<b>1,06</b>	<b>3,40</b>	<b>4,17</b>	<b>18</b>	<b>57,92</b>	<b>0,11</b>	<b>3,56</b>
Btx	5,70	4,40	1,17	0,19	0,07	0,09	1,52	0,36	3,35	4,87	31	19,15	0,02	4,07
LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico (LA1 - Perfil 2) – Mata														
A	5,10	4,20	1,68	0,34	0,11	0,05	2,18	0,31	5,75	7,93	27	12,45	6,97	15,25
AB	4,80	4,00	0,76	0,09	0,03	0,01	0,89	1,06	5,30	6,19	14	54,36	1,64	7,90
<b>BA</b>	<b>4,80</b>	<b>4,10</b>	<b>0,75</b>	<b>0,07</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,84</b>	<b>0,96</b>	<b>3,55</b>	<b>4,39</b>	<b>19</b>	<b>53,33</b>	<b>0,30</b>	<b>4,90</b>
Bw <sub>1</sub>	4,70	4,00	0,61	0,06	0,01	0,01	0,69	1,06	3,33	4,02	17	60,57	0,27	4,00
Bw <sub>2</sub>	4,70	4,00	0,58	0,05	0,00	0,00	0,63	1,06	3,15	3,78	17	62,72	0,40	3,05
Bw <sub>3</sub>	4,60	4,00	0,58	0,05	0,00	0,00	0,63	1,06	3,15	3,78	17	62,72	0,30	2,58
ARGISSOLO ACINZENTADO Distrocoeso fragipânico (PAC - Perfil 3) – Cana														
Ap <sub>1</sub>	5,50	4,60	0,20	0,19	0,48	0,06	0,93	0,16	2,50	3,43	27	14,68	30,65	9,57
Ap <sub>2</sub>	4,90	4,00	0,12	0,11	0,23	0,05	0,51	0,56	3,55	4,06	13	52,34	29,46	8,48
<b>AB</b>	<b>4,60</b>	<b>3,95</b>	<b>0,08</b>	<b>0,10</b>	<b>0,15</b>	<b>0,04</b>	<b>0,37</b>	<b>0,96</b>	<b>3,47</b>	<b>3,84</b>	<b>10</b>	<b>72,18</b>	<b>18,91</b>	<b>6,13</b>
<b>BA</b>	<b>4,40</b>	<b>4,90</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,04</b>	<b>0,19</b>	<b>1,26</b>	<b>2,70</b>	<b>2,89</b>	<b>7</b>	<b>86,90</b>	<b>1,72</b>	<b>3,15</b>
Bt	4,50	3,95	0,04	0,06	0,03	0,05	0,18	1,26	2,58	2,76	7	87,50	1,28	2,86
Bt/Btx <sub>1</sub>	4,70	4,15	0,04	0,06	0,02	0,05	0,17	1,06	3,20	3,37	5	86,18	0,71	3,8
Bt/Btx <sub>2</sub>	4,70	4,15	0,04	0,06	0,01	0,05	0,16	1,06	2,90	3,06	5	86,89	0,32	3,12
LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico (LA2 - Perfil 4) - Cana														
Ap	8,20	7,50	0,58	0,46	0,08	0,03	1,15	0	0	1,15	100	0,00	15,32	19,73
<b>BA</b>	<b>7,50</b>	<b>6,50</b>	<b>0,34</b>	<b>0,37</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,74</b>	<b>0,06</b>	<b>0,10</b>	<b>0,84</b>	<b>88</b>	<b>7,50</b>	<b>2,30</b>	<b>6,13</b>
<b>Bw<sub>1</sub></b>	<b>5,70</b>	<b>5,00</b>	<b>0,06</b>	<b>0,24</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,33</b>	<b>0,06</b>	<b>1,55</b>	<b>1,88</b>	<b>18</b>	<b>15,38</b>	<b>0,29</b>	<b>4,62</b>
Bw <sub>2</sub>	4,80	4,20	0,03	0,21	0,00	0,04	0,28	0,51	2,10	2,38	12	64,56	0,56	3,71
Bw <sub>3</sub>	4,60	4,10	0,01	0,07	0,00	0,00	0,08	0,38	2,15	2,23	4	82,61	0,46	2,97

Os resultados apresentados pelas análises químicas corroboram com dados encontrados por vários autores (JACOMINE, 1996; SILVA & RIBEIRO, 1998; MOREAU, 2001) que afirmam que os solos de tabuleiros costeiros são quimicamente pobres, por se

desenvolverem de material previamente intemperizados (sedimentos da Formação Barreiras).

Os perfis estudados apresentam pH ácido, associado à saturação por bases (valor V%) dos horizontes superficiais, abaixo de 39%, com exceção do o perfil LA2, cujos valores foram superiores a 88 %, devido à aplicação recente de calcário. No horizonte B, sem a influência da adição dos insumos agrícolas, a saturação por bases variou entre 4 e 18 % em todos os perfis.

Os maiores valores de saturação por alumínio foram encontrados no perfil PAC, com valores superiores a 50% logo abaixo dos 11 cm da superfície, crescendo para 86% nos horizontes Bt e Bt/Btx. No entanto, assim como para os outros perfis estudados, o teor de  $Al^{+3}$  trocável é menor do que  $4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , não satisfazendo o critério requerido para o caráter alumínico do atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA, 2006).

No geral, o teor de carbono orgânico (C.O.) decresce em profundidade, com valores na superfície na faixa de 6,42 e 9,57  $\text{g kg}^{-1}$  nos Argissolos e 15,25 a 19,73  $\text{g kg}^{-1}$  nos Latossolos. Segundo RIBEIRO (2001b), os teores de carbono orgânico raramente se elevam acima de 15  $\text{g kg}^{-1}$ , como ocorreu no LA2. Tal fato deve-se provavelmente à adição de matéria orgânica na forma de composto ou torta de filtro.

Os teores de fósforo disponível se mostraram variando de 0 a 30  $\text{mg dm}^{-3}$ , com os maiores valores nos horizontes superficiais de solos cultivados. Estes resultados estão de acordo com a pobreza do material de origem (sedimentos intemperizados da Formação Barreiras) e com os resultados encontrados por outros autores (BRASIL, 1976; SILVA & RIBEIRO, 1992; MOREAU, 2001, CORRÊA, 2005).

#### **4.3.2. Digestão sulfúrica**

De modo geral, observa-se um aumento nos teores dos elementos extraídos pela digestão sulfúrica em profundidade nos solos estudados, acompanhando os teores de argila. Essa relação se mostrou mais evidente nos Argissolos, uma vez que estes solos apresentam gradiente textural mais acentuado (Quadro 4).

Analisando os teores de ferro do ataque sulfúrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), observa-se reduzido conteúdo deste componente, com valores sempre abaixo de  $2 \text{ dag kg}^{-1}$ . Tal fato provavelmente deve-se à pobreza desse elemento no material de origem (RIBEIRO, 1998). Segundo a UFV (1984), os solos da Formação Barreiras estão sofrendo constante perda de ferro junto com a argila, justificando, assim, os menores teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  próximos à superfície. Os maiores e menores conteúdos de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  foram encontrados, respectivamente, nos perfis LA2 e PAC.

Quadro 4. Resultados da digestão sulfúrica na TFSA e relações Ki, Kr e  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$  dos solos estudados.

Hor.	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	Ki	Kr	$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$
_____ $\text{dag kg}^{-1}$							
ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso fragipânico (PA - Perfil 1) - Mata							
A	0,33	4,63	4,67	0,002	1,72	1,64	23,93
AB	0,43	6,58	7,09	0,002	1,83	1,76	25,93
<b>BA</b>	<b>0,66</b>	<b>13,19</b>	<b>14,43</b>	<b>0,004</b>	<b>1,86</b>	<b>1,80</b>	<b>33,79</b>
<b>Bt</b>	<b>0,98</b>	<b>20,48</b>	<b>19,10</b>	<b>0,004</b>	<b>1,59</b>	<b>1,54</b>	<b>35,67</b>
Btx	1,94	28,20	19,02	0,004	1,15	1,10	24,71
LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico (LA1 - Perfil 2) - Mata							
A	0,51	10,27	11,58	0,018	1,92	1,86	34,43
AB	0,60	13,49	14,71	0,012	1,85	1,80	38,17
<b>BA</b>	<b>0,97</b>	<b>20,19</b>	<b>18,57</b>	<b>0,016</b>	<b>1,56</b>	<b>1,52</b>	<b>35,40</b>
Bw <sub>1</sub>	1,02	21,88	18,97	0,015	1,47	1,43	36,48
Bw <sub>2</sub>	1,12	21,97	19,21	0,016	1,49	1,44	33,33
Bw <sub>3</sub>	1,37	26,80	19,45	0,016	1,23	1,20	33,34
ARGISSOLO ACINZENTADO Distrocoeso fragipânico (PAC - Perfil 3) - Cana							
Ap <sub>1</sub>	0,33	10,95	13,10	0,019	2,03	2,00	56,24
Ap <sub>2</sub>	0,33	11,88	13,75	0,019	1,97	1,93	61,04
<b>AB</b>	<b>0,38</b>	<b>15,78</b>	<b>18,17</b>	<b>0,012</b>	<b>1,96</b>	<b>1,93</b>	<b>70,76</b>
<b>BA</b>	<b>0,43</b>	<b>18,07</b>	<b>20,58</b>	<b>0,001</b>	<b>1,94</b>	<b>1,91</b>	<b>72,00</b>
Bt	0,48	21,88	21,70	0,001	1,69	1,66	78,23
Bt/Btx <sub>1</sub>	1,00	24,59	24,12	0,001	1,67	1,62	41,86
Bt/Btx <sub>2</sub>	0,83	25,53	24,90	0,001	1,66	1,62	52,04
LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico (LA2 - Perfil 4) - Cana							
Ap	1,86	15,31	16,36	0,075	1,82	1,69	13,96
<b>BA</b>	<b>1,75</b>	<b>22,18</b>	<b>22,48</b>	<b>0,019</b>	<b>1,72</b>	<b>1,64</b>	<b>21,53</b>
<b>Bw<sub>1</sub></b>	<b>2,00</b>	<b>25,65</b>	<b>24,82</b>	<b>0,019</b>	<b>1,64</b>	<b>1,57</b>	<b>21,85</b>
Bw <sub>2</sub>	1,90	26,12	24,82	0,021	1,62	1,54	23,40
Bw <sub>3</sub>	1,89	27,14	25,87	0,021	1,62	1,55	24,45

Os menores conteúdos de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  no PAC devem-se a sua drenagem imperfeita, que está colaborando para a intensificação da redução do  $\text{Fe}^{3+}$  para  $\text{Fe}^{2+}$ , mais móvel, facilitando sua remoção por lixiviação (SCHWERTMANN, 1985).

Além de apresentar os menores teores de ferro, o perfil PAC apresenta ainda as maiores densidades do solo encontradas no presente estudo. É citada na literatura a estreita relação entre o conteúdo de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e o grau de coesão, sendo os solos tão mais coesos e endurecidos quanto menores são seus teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (ACHÁ PANOSO, 1976; BENNEMA & CAMARGO, 1979, citados por FONSECA, 1986). Segundo FERREIRA et al. (1999), a presença de óxidos de Al e Fe e a matéria orgânica tendem a desorganizar as partículas do solo em escala microscópica, reduzindo a coesão. Corroborando tal afirmação, observa-se no presente estudo que a camada coesa que apresenta menor densidade do solo ( $1,46 \text{ t m}^{-3}$ ) (Perfil LA2) possui os maiores conteúdos de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , reiterando a participação dos óxidos de Fe na redução da coesão entre as partículas do solo.

Os conteúdos de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) aumentaram em profundidade, acompanhando o aumento dos teores de argila, dificultando a análise da relação entre a coesão e os teores de  $\text{SiO}_2$ . MOREAU (2001) e GIAROLA et al. (2001), estudando solos coesos no estado da Bahia, também não observaram incremento do  $\text{SiO}_2$  nos horizontes coesos. Em estudo mais recente, ARAÚJO FILHO et al. (2001) associaram a coesão dos solos a causas múltiplas e inter-relacionadas. Uma delas seria a presença de sílica e outros aluminossilicatos, que poderiam atuar como agentes cimentantes temporários, no período de secamento do solo. O enriquecimento de silício nos horizontes subsuperficiais também foi observado por CLEMENTE (2001).

A natureza caulinítica da fração argila dos quatro perfis estudados é compatível com valores da relação molecular  $K_i$ , apresentando média de 1,69, variando entre 1,15 e 2,03. Tais resultados demonstram avançado estágio de intemperismo, estando coerente com outros autores (MOREAU, 2001; CORRÊA, 2005). O índice  $K_i$  de 1,7 ou maior é característico de mineralogia caulinítica (EMBRAPA, 1999).

O fragipã do PA apresentou o menor valor para os índices  $K_i$  e  $K_r$ , de 1,15 e 1,10, respectivamente. De modo geral, nos perfis analisados, tanto a relação  $K_i$  como a  $K_r$  tendem a diminuir em profundidade, o que, segundo THAN & TROTH (1982), sugere a

movimentação de ferro e alumínio e/ou migração de argila. O baixo valor de  $K_i$  encontrado no horizonte com fragipã, perfil PA1, deve-se provavelmente ao alto valor de Al que não faz parte da estrutura cristalina neste horizonte, sendo este elemento apontado como de fundamental importância para a gênese dos destes horizontes com fragipã (ARAÚJO FILHO, 2003).

O horizonte Bw3 do Latossolo Amarelo (LA1) apresentou baixos valores para as relações  $K_i$  e  $K_r$ . Estes resultados podem ser explicados pelo aumento significativo nos teores dos óxidos de silício e alumínio em subsuperfície, já que estes acompanham os teores de argila no perfil.

Quanto à relação  $Al_2O_3/Fe_2O_3$ , houve uma tendência de aumento desta variável nos horizontes coesos dos solos estudados, principalmente no Argissolo Amarelo.

#### **4.3.3. Fe, Al e Si extraídos por DCB, oxalato, água quente e $CaCl_2$**

De modo geral, os solos dos tabuleiros costeiros estudados apresentam baixos conteúdos de ferro extraídos pelo ditionito-citrato-bicarbonato ( $Fe_d$ ; Quadro 5), devido aos baixos teores deste elemento no material de origem. Mesmo considerando somatório de todas as extrações pelo DCB, percebem-se os baixos conteúdos destes óxidos nos solos estudados, sendo os maiores valores encontrados nos horizontes com fragipãs. Segundo CORRÊA (2005), os baixos valores de ferro sugerem tanto a pobreza deste elemento no material de origem, quanto um possível processo de desferrificação, promovido pelas condições climáticas (quente e úmida) e pedoclimáticas reinantes. Resultados semelhantes foram encontrados por MOREAU (2001) e CORRÊA (2005).

Dentre os perfis estudados, o PAC foi o que apresentou menores conteúdos de  $Fe_d$  (Quadro 5), sendo reflexo de sua pior condição de drenagem. No geral, os teores de  $Fe_d$  foram superiores ao de  $Fe_o$ , com exceção do perfil PAC. Não foi identificada uma variação expressiva do ferro cristalino nos horizontes coesos em relação aos horizontes não coesos. Por outro lado, os conteúdos de  $Fe_o$  foram ligeiramente superiores nos horizontes coesos e fragipã (Quadro 5).

No geral, os valores da relação  $Fe_o/Fe_d$  sugerem predomínio de formas de ferro de pior cristalinidade em todos os perfis (Quadro 5). Provavelmente, a condição de drenagem



deficiente conferida pela a presença de horizontes coesos e, ou fragipãs, favoreceu a redução do Fe, incrementando as formas menos cristalinas (RESENDE, 1976; CURI & FRANZMEIER, 1984; SCHWERTMANN, 1985; FILIZOLA et al., 2001). Seus valores foram ligeiramente superiores na superfície e nos horizontes com fragipãs e coesos. Este último caso sugere processo de desferrificação, o que poderia conduzir a um colapso da estrutura e adensamento dos horizontes. A maior relação  $Fe_o/Fe_d$  na superfície indica influência da matéria orgânica na inibição da cristalização dos óxidos de ferro (SCHWERTMANN, 1966). Essa relação foi maior na superfície dos perfis sob mata em relação aos cultivados com cana-de-açúcar. Resultados semelhantes foram encontrados por CORRÊA (2005) e MOREAU et al. (2006) para Argissolos e Latossolos dos Tabuleiros Costeiros do sul da Bahia.

Quadro 5. Teores de Fe, Si e Al extraídos na TFSA por extrações sucessivas de ditionito-citrato-bicarbonato, extração única de oxalato de amônio, água quente e cloreto de cálcio.

Hor.	Camada	Extrações										Si <sup>3/</sup>		
		DCB (Fe <sub>d</sub> ) <sup>1/</sup>		Σ Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>o</sub> /Fe <sub>d</sub>	DCB (Al <sub>d</sub> ) <sup>2/</sup>		Σ Al <sub>d</sub>	Al <sub>o</sub> /Al <sub>d</sub>	Oxalato			H <sub>2</sub> O x 10 <sup>-4</sup>	CaCl <sub>2</sub> x 10 <sup>-3</sup>
		1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup> - 4/5 <sup>a</sup>			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup> - 4/5 <sup>a</sup>			Fe <sub>o</sub> <sup>1/</sup>	Al <sub>o</sub> <sup>2/</sup>	Si <sub>o</sub> <sup>3/</sup>		
ARGISSOLO AMARELO DISTROCOESO FRAGIPÂNICO (PA - PERFIL 1) – Mata														
A	0-18	0,04	0,01	0,05	0,38	0,03	0,01	0,05	1,82	0,02	0,08	0,02	5,1	4,0
AB	30-40	0,09	0,01	0,1	0,48	0,06	0,01	0,07	1,63	0,05	0,12	0,03	4,7	4,0
BA	40-50	<b>0,12</b>	<b>0,04</b>	<b>0,16</b>	<b>0,48</b>	<b>0,07</b>	<b>0,02</b>	<b>0,09</b>	<b>1,81</b>	<b>0,08</b>	<b>0,17</b>	<b>0,04</b>	5,9	4,1
	50-60	<b>0,17</b>	<b>0,05</b>	<b>0,22</b>	<b>0,45</b>	<b>0,07</b>	<b>0,03</b>	<b>0,1</b>	<b>2,22</b>	<b>0,1</b>	<b>0,22</b>	<b>0,05</b>	8,9	4,3
Bt	60-70	<b>0,17</b>	<b>0,05</b>	<b>0,22</b>	<b>0,57</b>	<b>0,07</b>	<b>0,04</b>	<b>0,11</b>	<b>2,42</b>	<b>0,12</b>	<b>0,27</b>	<b>0,06</b>	11,6	4,7
	70-80	<b>0,17</b>	<b>0,06</b>	<b>0,24</b>	<b>0,53</b>	<b>0,08</b>	<b>0,04</b>	<b>0,12</b>	<b>2,58</b>	<b>0,12</b>	<b>0,32</b>	<b>0,06</b>	12,2	4,8
Btx	90-150	0,27	0,23	0,5	0,46	0,19	0,17	0,36	1,68	0,23	0,6	0,07	6,9	3,8
LATOSSOLO AMARELO DISTROCOESO TÍPICO (LA1 - PERFIL 2) – Mata														
A	0-18	0,17	0,07	0,24	0,45	0,12	0,04	0,16	1,15	0,11	0,19	0,03	8,8	4,4
AB	18-28	0,21	0,06	0,27	0,44	0,15	0,04	0,19	1,16	0,12	0,22	0,04	7,8	4,3
	28-38	0,24	0,07	0,31	0,42	0,15	0,05	0,21	1,13	0,13	0,24	0,05	8,5	4,3
BA	38-48	<b>0,24</b>	<b>0,09</b>	<b>0,34</b>	<b>0,49</b>	<b>0,14</b>	<b>0,05</b>	<b>0,2</b>	<b>1,57</b>	<b>0,16</b>	<b>0,31</b>	<b>0,05</b>	8,5	4,2
	48-58	<b>0,21</b>	<b>0,09</b>	<b>0,3</b>	<b>0,43</b>	<b>0,13</b>	<b>0,06</b>	<b>0,19</b>	<b>1,59</b>	<b>0,13</b>	<b>0,3</b>	<b>0,06</b>	7,7	4,0
Bw1	58-68	0,21	0,08	0,29	0,43	0,13	0,07	0,2	1,56	0,12	0,31	0,06	7,8	4,2
	68-78	0,16	0,09	0,25	0,44	0,11	0,07	0,18	1,9	0,11	0,34	0,06	8,6	4,1
	78-88	0,15	0,08	0,23	0,51	0,11	0,07	0,18	1,92	0,12	0,35	0,06	8,5	4,1
	88-98	0,16	0,08	0,24	0,46	0,12	0,06	0,18	1,82	0,11	0,32	0,06	8,2	4,1
Bw2	100-145	0,14	0,11	0,26	0,42	0,11	0,06	0,17	1,93	0,11	0,33	0,06	6,2	3,7
Bw3	145-160	0,14	0,11	0,26	0,43	0,09	0,06	0,16	2,04	0,11	0,32	0,06	6,7	3,8

<sup>1/</sup> valores em dag de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> por kg de TFSA; <sup>2/</sup> valores em dag Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> por kg de TFSA; <sup>3/</sup> valores em dag SiO<sub>2</sub> por kg de TFSA.

Quadro 5. Teores de Fe, Si e Al extraídos na TFSA por extrações sucessivas de ditionito-citrato-bicarbonato, extração única de oxalato de amônio, água quente e cloreto de cálcio.

Hor.	Camada	Extrações											Si <sup>3/</sup>	
		DCB (Fe <sub>d</sub> ) <sup>1/</sup>		Σ Fed	Fe <sub>o</sub> /Fe <sub>d</sub>	DCB (Al <sub>d</sub> ) <sup>2/</sup>		Σ Ald	Al <sub>o</sub> /Al <sub>d</sub>	Oxalato			H <sub>2</sub> O x 10 <sup>-4</sup>	CaCl <sub>2</sub> x 10 <sup>-3</sup>
		1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup> - 4/5 <sup>a</sup>			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup> - 4/5 <sup>a</sup>			Fe <sub>o</sub> <sup>1/</sup>	Al <sub>o</sub> <sup>2/</sup>	Si <sub>o</sub> <sup>3/</sup>		
ARGISSOLO ACINZENTADO DISTROCOESO FRAGIPÂNICO (PAC - PERFIL 3) - Cana														
Ap1	0-11	0,05	0,01	0,06	1,02	0,04	0,01	0,05	2,62	0,06	0,14	0,04	21,5	5,6
Ap2	15-25	0,05	<b>0,01</b>	0,06	1,01	0,06	0,01	0,07	2,13	0,06	0,15	0,04	9,0	4,3
<b>AB</b>	<b>25-35</b>	<b>0,05</b>	<b>0,01</b>	<b>0,06</b>	<b>0,90</b>	<b>0,09</b>	<b>0,01</b>	<b>0,10</b>	<b>1,87</b>	<b>0,05</b>	<b>0,2</b>	<b>0,04</b>	6,7	4,0
	<b>35-45</b>	<b>0,06</b>	<b>0</b>	<b>0,07</b>	<b>0,81</b>	<b>0,09</b>	<b>0,01</b>	<b>0,10</b>	<b>1,87</b>	<b>0,06</b>	<b>0,19</b>	<b>0,04</b>	6,8	4,0
<b>BA</b>	<b>45-55</b>	<b>0,06</b>	<b>0</b>	<b>0,06</b>	<b>0,95</b>	<b>0,08</b>	<b>0,01</b>	<b>0,09</b>	<b>2,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,19</b>	<b>0,04</b>	6,4	4,0
	<b>55-65</b>	<b>0,05</b>	<b>0</b>	<b>0,05</b>	<b>1,05</b>	<b>0,07</b>	<b>0,02</b>	<b>0,09</b>	<b>2,79</b>	<b>0,06</b>	<b>0,26</b>	<b>0,04</b>	6,7	4,0
Bt	65-75	0,06	0,01	0,07	1,03	0,08	0,02	0,10	2,83	0,07	0,29	0,05	6,1	4,0
	75-85	0,06	0,01	0,07	0,93	0,09	0,03	0,12	2,63	0,06	0,31	0,05	6,1	4,1
Bt/Btx <sub>1</sub>	90-130	0,27	0,21	0,28	1,46	0,28	0,20	0,48	1,64	0,41	0,79	0,08	5,7	3,8
Bt/Btx <sub>2</sub>	130-160	0,11	0,08	0,32	0,63	0,14	0,08	0,21	2,21	0,20	0,47	0,06	4,7	-
LATOSSOLO AMARELO DISTROCOESO TÍPICO (LA2 - PERFIL 4) - Cana														
Ap	0-22	0,23	0,15	0,38	0,61	0,08	0,07	0,15	1,63	0,23	0,24	0,09	9,3	4,2
<b>BA</b>	<b>22-32</b>	<b>0,24</b>	<b>0,13</b>	<b>0,38</b>	<b>0,62</b>	<b>0,09</b>	<b>0,10</b>	<b>0,19</b>	<b>1,52</b>	<b>0,23</b>	<b>0,30</b>	<b>0,06</b>	2,8	1,7
	<b>32-42</b>	<b>0,26</b>	<b>0,13</b>	<b>0,39</b>	<b>0,61</b>	<b>0,13</b>	<b>0,10</b>	<b>0,22</b>	<b>1,45</b>	<b>0,23</b>	<b>0,32</b>	<b>0,05</b>	1,6	1,4
<b>Bw1</b>	<b>42-52</b>	<b>0,26</b>	<b>0,14</b>	<b>0,41</b>	<b>0,58</b>	<b>0,13</b>	<b>0,11</b>	<b>0,24</b>	<b>1,40</b>	<b>0,24</b>	<b>0,34</b>	<b>0,04</b>	1,6	2,2
	<b>52-62</b>	<b>0,24</b>	<b>0,11</b>	<b>0,35</b>	<b>0,59</b>	<b>0,12</b>	<b>0,11</b>	<b>0,24</b>	<b>1,39</b>	<b>0,21</b>	<b>0,33</b>	<b>0,04</b>	1,8	2,4
Bw2	62-72	0,22	0,10	0,32	0,51	0,13	0,11	0,23	1,44	0,16	0,34	0,04	3,5	3,1
	72-82	0,20	0,10	0,30	0,46	0,13	0,10	0,23	1,47	0,13	0,34	0,04	5,3	3,7
	82-92	0,20	0,08	0,28	0,42	0,13	0,09	0,23	1,44	0,12	0,32	0,04	6,0	3,6
	98-102	0,16	0,09	0,26	0,38	0,12	0,09	0,21	1,49	0,10	0,31	0,04	5,9	3,7
Bw3	102-112	0,14	0,06	0,20	0,39	0,11	0,09	0,20	1,51	0,08	0,30	0,04	5,4	3,6
	110-170	0,13	0,05	0,18	0,27	0,10	0,08	0,18	1,56	0,05	0,29	0,04	5,1	3,4

<sup>1/</sup> valores em dag de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> por kg de TFSA; <sup>2/</sup> valores em dag Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> por kg de TFSA; <sup>3/</sup> valores em dag SiO<sub>2</sub> por kg de TFSA.

Para todos os perfis estudados os valores do Al<sub>o</sub> são maiores que os do Al<sub>d</sub>. Os conteúdos de Al<sub>d</sub> e Al<sub>o</sub> são maiores nos horizontes com fragipãs dos perfis PA e PAC. Tais resultados sugerem participação de formas de Al extraíveis por oxalato na gênese desse horizonte, corroborando as discussões de outros trabalhos (ANDERSON & WHITE, 1958; NETTLETON et al., 1968; DUNCAN & FRANZMEIER, 1999; ARAÚJO FILHO, 2003; MOREAU et al., 2006) que apresentaram resultados semelhantes. Tais autores descrevem que o material cimentante presente nos fragipãs e horizontes dúricos como sendo constituído por amorfos de hidróxi-Al e, ou aluminossilicato solúvel em oxalato, que une os grãos do esqueleto do solo.

As correlações significativas entre os valores de  $Fe_o$  e  $Al_o$  ( $r = 0,78^{5\%}$ ),  $Al_o$  e  $Si_o$  ( $r = 0,63^{5\%}$ ) sugerem a presença nos solos de outras formas de alumínio, tais como óxidos ou hidróxidos de Al amorfos, óxidos de Fe de baixa cristalinidade, contendo Al em sua estrutura, e aluminossilicatos amorfos. A presença deste último poderia explicar, em parte, a possibilidade de coexistência de caulinitas monoclinicas e triclinicas nos solos dos Tabuleiros Costeiros, conforme preconizado por CORRÊA (2005).

A presença de óxidos ou hidróxidos de Al amorfos, óxidos de Fe de baixa cristalinidade, contendo Al em sua estrutura, e aluminossilicatos amorfos pode também ser inferida pelos altos valores de substituição isomórfica de Fe por Al (SI) nas goethitas, obtidas com os resultados de  $Fe_d$  e  $Al_d$ . Os valores de SI no presente trabalho são superiores a  $0,33 \text{ mol mol}^{-1}$  (SCHWERTMANN & TAYLOR, 1989), descrito como limite superior das goethitas. O valor médio de SI obtido é de  $0,62 \text{ mol mol}^{-1}$ .

A participação do  $Al_o$  na gênese dos horizontes coesos, como sugerido nos fragipãs, não foi confirmada no presente estudo. Este fato pode ser observado pela homogeneidade de seus conteúdos nos Latossolos, com diferença máxima de  $0,05 \text{ dag kg}^{-1}$  entre os horizontes coesos e não coesos (LA1).

Com relação ao  $Si_o$ , seus conteúdos variaram de  $0,02$  a  $0,09 \text{ dag kg}^{-1}$ , não sendo observada variação expressiva entre os horizontes coesos e não coesos. Seu valor se mostra ligeiramente superior nos fragipãs, não justificando, contudo, seu papel como agente cimentante nesses horizontes. Tais resultados estão de acordo com aqueles encontrados por ARAÚJO FILHO (2003). Este autor descreve que na depressão sertaneja, os resultados sugerem que os agentes cimentantes principais nos fragipãs são os compostos silicosos, enquanto que nos tabuleiros costeiros, são os compostos minerais aluminosos. Outros trabalhos (CORRÊA, 2005; NORTON et al., 1984; FRANZMEIER et al., 1989) corroboram tal afirmação.

Os valores de silício extraídos em cloreto de cálcio ( $Si_{CaCl_2}$ ) e em água ( $Si_{H_2O}$ ) tenderam a diminuir com a profundidade, sugerindo não participação de Si na forma de  $H_4SiO_4$  (em solução) na gênese dos coesos e fragipãs. O aumento nos conteúdos de  $Si_{H_2O}$  nos horizontes superficiais, principalmente nos perfis PAC e LA2, indicam uma possível participação da vegetação no aporte deste elemento na solução do solo,

proveniente, possivelmente, da reciclagem biológica dos restos culturais da cana-de-açúcar. Resultados semelhantes foram encontrados por MOREAU (2001).

#### **4.4. Análises mineralógicas**

Os espectros de difratometria de raios-x (DRX) sugerem grande homogeneidade na mineralogia das argilas dos solos estudados, com predomínio da caulinita (Ct) em todos os horizontes (Figura 8). Tal resultado está em conformidade com outros autores (ACHÁ PANOSO, 1976; ANJOS, 1985; CORRÊA, 2005; MOREAU et al., 2006).

Segundo UFV (1984) a predominância da caulinita na fração argila dos solos dos tabuleiros costeiros pode contribuir para sua coesão. A forma laminar das partículas de caulinita possibilita seu ajuste face a face nos horizontes com menores conteúdos de matéria orgânica e maior número de ciclos de umedecimento e secagem. Contudo tais resultados não puderam ser observados no presente trabalho.

A gibbsita (Gb) é identificada em pequena proporção nos Argissolos, inferida pela baixa intensidade do pico referente ao plano (002) ( $d = 0,480$  nm) (Figuras 7 e 8). A Gb também é identificada no fragipã dos perfis PA e PAC. A identificação da Gb em fragipã sugere que suas propriedades de dureza e estrutura maciça são dependentes da presença de agentes cimentantes, uma vez que a presença desse mineral promove maior friabilidade e estruturação ao solo. Resultados semelhantes foram descritos por MOREAU (2001) e CORRÊA (2005).

A identificação da Gb nos perfis PA e PAC se deu nos horizontes coesos, não coesos e fragipãs. Logo, os resultados da mineralogia da fração argila indicam que o tipo de mineral participante da argila não constitui um fator de diferenciação do grau de coesão destes horizontes. Inferência semelhante foi realizada por MOREAU (2001) e CORRÊA (2005).

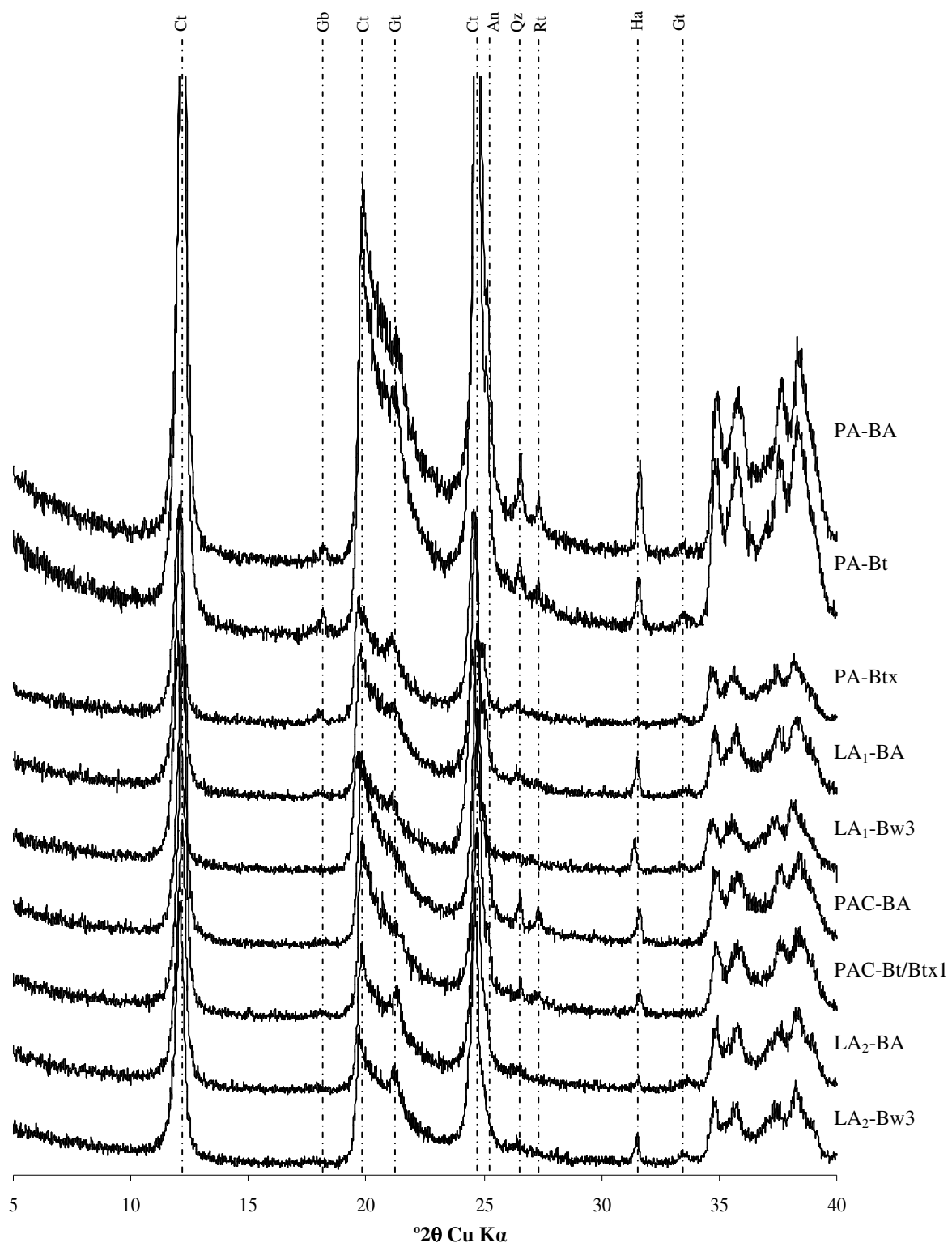


Figura 7. Difratoigramas das argilas sem tratamento químico. Ct = caulinita, Gb = gibbsita, Gt = goethita, An = anatásio, Qz = quartzo, Rt = rutilo, Ha = halita.

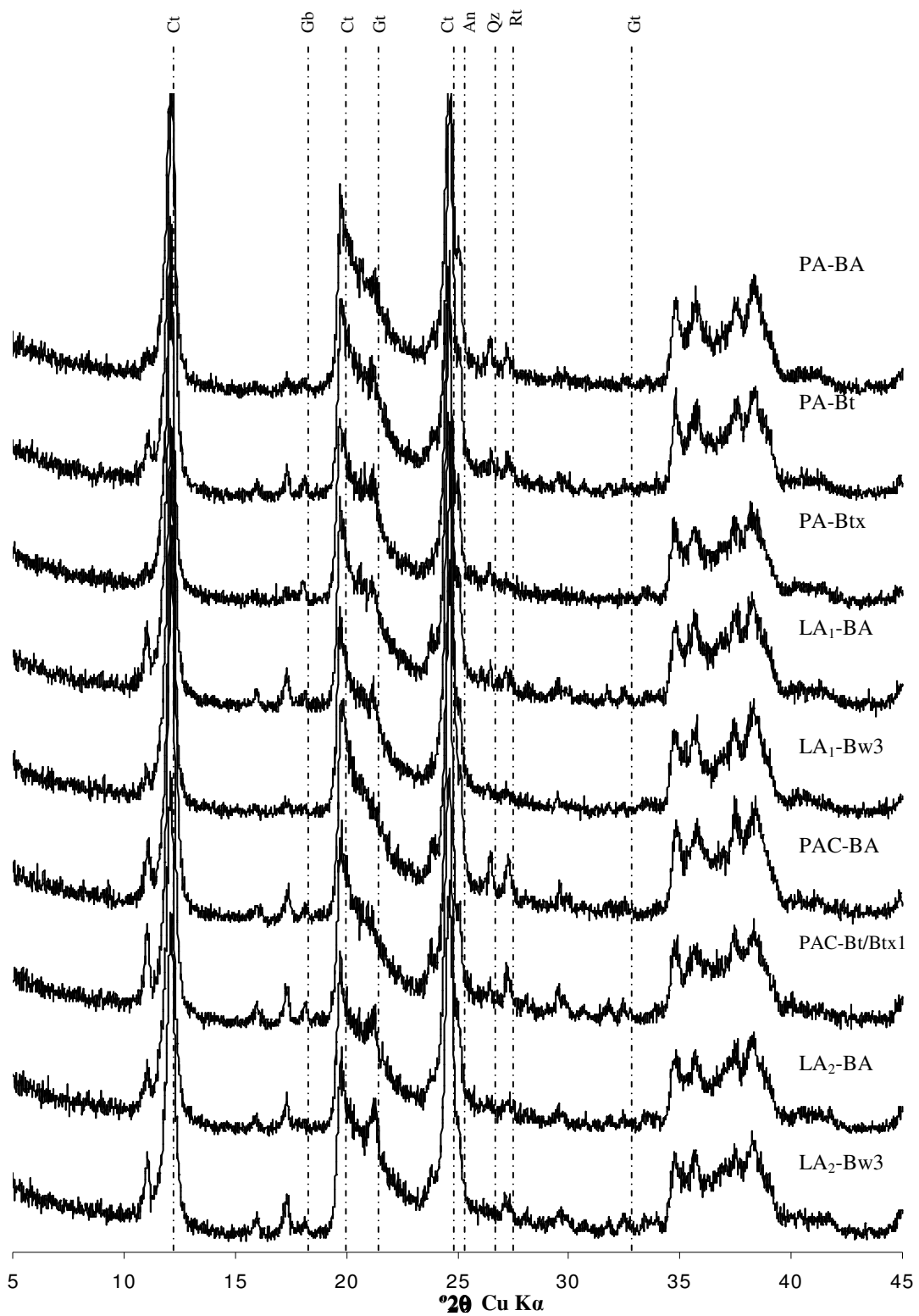


Figura 8. Difractogramas de raios-X de argilas desferrificadas. Ct = caulinita, Gb = gibbsita, Gt = goethita, Na = anatásio, Qz = quartzo, Rt = rutilo.

A análise de difratometria de raios-x dos concentrados de óxidos (Figura 9) confirma a presença goethita, como óxido de ferro predominante, e anatásio e rutilo como óxidos de titânio.

A cor amarelada dos solos ratifica a presença da goethita em todos os perfis estudados. A goethita não foi identificada, apenas no horizonte coeso (BA) do Argissolo Acinzentado, corroborando com dados de CORREA (2005), que não encontrou a presença deste mineral em Argissolo Acinzentado do município de Teixeira de Freitas-BA. Apesar da baixa presença de goethita, inferidas pelos baixos conteúdos de  $Fe_d$ , os solos apresentam expressiva coloração amarelada, sugerindo a ausência de hematita.

A caulinita foi identificada nos difratogramas de raios-X de argilas desferrificadas, provavelmente em função do pouco tempo de digestão alcalina em que as amostras foram submetidas. As 5 extrações das amostras com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio não foram suficientes para a eliminar totalmente a goethita presente, principalmente no LA2, já que o mesmo apresenta os maiores teores de ferro total entre os solos estudados.

#### **4.5. Grau de cristalinidade das caulinitas**

Em geral, os índices de cristalinidades sugerem a presença dominante de caulinitas com moderado a alto grau de desordem estrutural, onde os índices variaram de 7,76 a 9,65. Os valores estão coerentes com os encontrados por HUGHES & BROWN (1979) para regiões tropicais úmidas (7,8 a 2,0), com variação entre 4,3 e 13,7. Os valores de índice de cristalinidade encontrados no presente trabalho estão muito aquém dos valores encontrados para caulinitas de alta cristalinidade. CORREA (2005) encontrou um valor de 60,31 para o IC de um padrão de caulinitas de alta cristalinidade da Geórgia.

As caulinitas dos solos são normalmente de pior cristalinidade que aquelas de depósitos geológicos (HUGHES & BROWN, 1979; CASES et al., 1982). Várias razões têm sido apontadas para isso, dentre elas: material de origem, interferência de ferro e drenagem. Entretanto, a substituição do alumínio por ferro nas posições octaédricas, causando desorganização estrutural da caulinita, tem sido a mais citada na literatura.

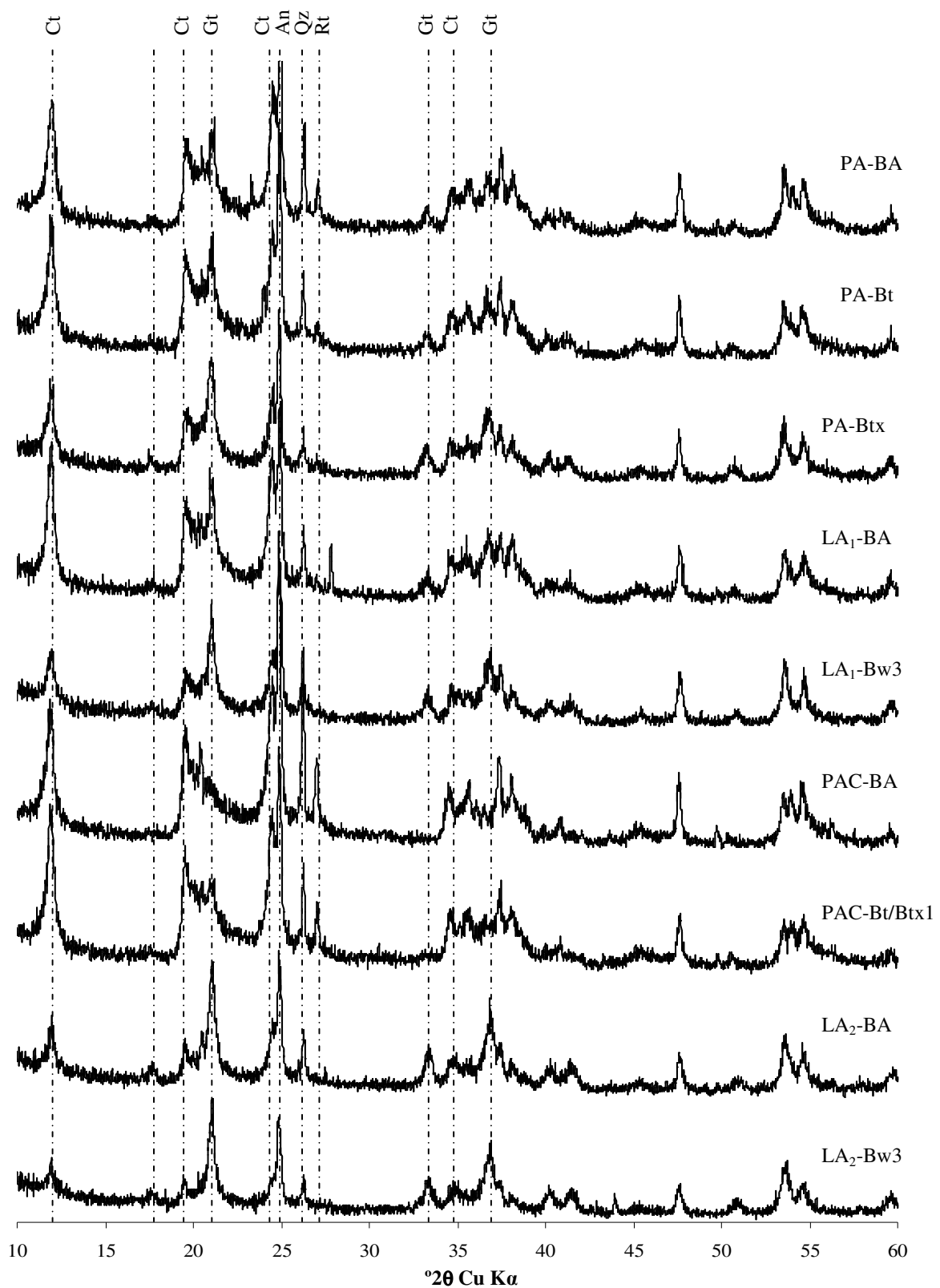


Figura 9. Difratoqramas dos concentrados de óxidos. Ct = caulinita, Gb = gibbssita, Gt = goethita, Na = anatásio, Qz = quartzo, Rt = rutilo.



Quadro 6. Valores do Índice de Cristalinidade (IC) de caulinitas, densidade do solo (Ds) e óxido de ferro total dos Latossolos e Argissolos estudados de acordo com HUGHES & BROWN (1979)

Solo	Hor.	IC	Ds	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
			t m <sup>-3</sup>	dag kg <sup>-1</sup>
PA	BA	9,65	1,52	0,66
	Bt	8,20	1,54	0,98
	Btx	8,27	1,55	1,94
LA <sub>1</sub>	BA	8,96	1,58	0,97
	Bw <sub>3</sub>	8,68	1,39	1,37
PAC	BA	8,13	1,68	0,43
	Bt/Btx <sub>1</sub>	8,36	1,56	1,00
LA <sub>2</sub>	BA	8,44	1,60	1,75
	Bw <sub>3</sub>	7,76	1,23	1,89

Ainda quanto ao grau de desordem das caulinitas, há uma pequena tendência de aumento (diminuindo o índice de cristalinidade) com o aumento nos teores de óxidos de ferro total para os solos estudados, com exceção do Argissolo Acinzentado. Alguns estudos têm mostrado uma relação inversa entre o conteúdo de ferro e índice de cristalinidade das caulinitas (PLAÇON & TCHOUBAR, 1977; MESTDAGH et al., 1980). Em solos brasileiros, MONIZ (1967) e RESENDE (1976) destacaram a ocorrência de caulinitas mais desordenadas naqueles desenvolvidos de rochas máficas.

Os Latossolos estudados apresentaram um pequeno aumento do índice de cristalinidade nos horizontes coesos, assim como o horizonte BA do Argissolo Amarelo, que apresenta o maior índice de cristalinidade, de 9,65. Estes dados podem estar de acordo com as teorias apresentadas por RESENDE (1982) e UFV (1984) para a gênese de horizontes coesos, onde a cristalinidade mais elevada das caulinitas favoreceria os ajustes face a face destes minerais, contribuindo, assim, no endurecimento (coesão) do solo quando seco.

#### 4.6. Caracterização micromorfológica

A análise micromorfológica foi realizada em horizontes coesos e não coesos, a fim de avaliar possíveis aspectos diferenciais nas feições dos horizontes coesos e os

horizontes que se apresentam livres de coesão. As principais características micromorfológicas podem ser observadas no quadro 7.

O material grosso é constituído por quartzo, com grãos subarredondados, mal selecionados em tamanho, com exceção do perfil PAC, onde se apresentam arredondados e moderadamente selecionados, não sendo observada presença de minerais alteráveis. O tamanho dos grãos de quartzo varia de 0,24 mm, no PA, a 0,92 no PAC. No material grosso, também foi possível a identificação de fragmentos de carvão, exceto no horizonte Ap do Argissolo Acinzentado. Há uma predominância de material grosso nos horizontes mais superficiais, que se inverte nos horizontes mais abaixo, onde ocorre uma maior proporção de materiais finos.

Quadro 7. Principais características micromorfológicas dos solos.

ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso fragipânico (PA - Perfil 1) - Mata			
	<b>AB 18-40cm (850)</b>	<b>BA 40-59cm (851)</b>	<b>Bt 59-60 (852)</b>
<b>Fundo matricial</b>	mat. gros.: 50% mat. fino: 20% porosidade: 30%	Mat. gros.: 50% Mat. fino: 20% porosidade: 30%	mat. gros.: 40% mat. fino: 50% porosidade: 10%
<b>Material grosseiro</b>	Grãos de quartzo com tamanho médio de 0,38mm, subarredondado e mal selecionados. Ocorrência de fragmentos de carvão.	Grãos de quartzo com tamanho médio de 0,24mm, subarredondado mal selecionados. alguns fragmentos de carvão.	Grãos de quartzo com tamanho médio de 0,32mm, subarredondado e mal selecionados. alguns fragmentos de carvão.
<b>Material fino</b>	Material isóptico de cor bruno muito escuro, apresentando pedalidade bem desenvolvida.	Material isóptico de cor bruno muito escuro, apresentando pedalidade bem desenvolvida.	Material isóptico de cor bruno escuro, apresentando pedalidade moderada.
<b>Poros</b>	Poros interagregados do tipo empilhamento complexo (80%) e cavidades subarredondadas com tamanho médio de 1,14mm	Poros interagregados do tipo empilhamento complexo (60%) e cavidades subarredondadas com tamanho médio de 0,76mm	Poros interagregados do tipo fissuras (65%) e cavidades arredondadas (30%). Presença de fissuras intragregados (5%).
<b>Microestrutura</b>	Granular	Granular	Blocos subangulares e ocorrência de microagregados entre grãos.
<b>Distribuição relativa</b>	Enáulica	Enáulica	Porfírica
<b>Fábrica bi-refringente</b>	indiferenciada	indiferenciada	Estriada e salpicada do tipo granida.
<b>Feições pedológicas</b>	Presença de ortotúbulos e pelotas fecais.	Presença de ortotúbulos e nódulos criptocristalinos.	Textural (Iluviação de argila com microlaminação preenchendo os poros). Presença de ortotúbulos e nódulos criptocristalinos.
<b>Material orgânico básico</b>		Fragmentos de raízes	
LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico (LA1 - Perfil 2) - Mata			
	<b>AB 18-35cm (853)</b>	<b>BA 35-55cm (854)</b>	<b>Bw2 100-145cm (855)</b>
<b>Fundo matricial</b>	mat. gros.: 40% mat. fino: 30% porosidade: 30%	Mat. gros.: 30% Mat. fino: 50% porosidade: 20%	mat. gros.: 20% mat. fino: 50% porosidade: 30%
<b>Material grosseiro</b>	Grãos de quartzo com tamanho médio de 0,46mm, subarredondados e mal selecionados. Várias ocorrências de fragmentos de carvão.	Grãos de quartzo com tamanho médio de 0,42mm, subarredondados e mal selecionados. Várias ocorrências de fragmentos de carvão.	Grãos de quartzo com tamanho médio de 0,68mm, subarredondados e mal selecionados. Várias ocorrências de fragmentos de carvão.
<b>Material fino</b>	Material isóptico de cor bruno escuro, apresentando pedalidade moderada.	Material isóptico de cor bruno escuro, apresentando pedalidade moderada.	Material isóptico de cor bruno, apresentando pedalidade moderada.
<b>Poros</b>	Poros interagregados do tipo empilhamento complexo (60%) e cavidades arredondadas (40%).	Poros interagregados do tipo cavidades arredondadas (20%); Canais (10%) e fissuras (70%)	Poros interagregados do empilhamento complexo (20%); canais (30%) e cavidades arredondadas (45%). Presença de fissuras intragregados (5%).
<b>Microestrutura</b>	Granular e granular adensada	Blocos subangular	Composta por blocos subangulares e microagregados entre grãos.
<b>Distribuição relativa</b>	Enáulica A zona inferior da lâmina apresenta distribuição enáulica-porfírica.	Porfírica	Porfírica-enáulica, sendo mais densa na parte inferior da lâmina.
<b>Fábrica bi-refringente</b>	indiferenciada	Indiferenciada	Indiferenciada
<b>Feições pedológicas</b>	Presença de ortotúbulos e nódulos criptocristalinos.	Textural (Iluviação de argila); Presença de ortotúbulos; nódulos criptocristalinos e pelotas fecais.	Presença de ortotúbulos; nódulos criptocristalinos e pelotas fecais.

Quadro 7. Continuação

ARGISSOLO ACINZENTADO Distrocoeso fragipânico (PAC - Perfil 3) - Cana			
	<b>Ap 19-20cm (856)</b>	<b>BA 40-50cm (857)</b>	<b>Bt 68-78cm (858)</b>
<b>Fundo matricial</b>	mat. gros.: 30% mat. fino: 20% porosidade: 50%	mat. gros.: 30% mat. fino: 50% porosidade: 20%	mat. gros.: 20% mat. fino: 50% porosidade: 30%
<b>Material grosseiro</b>	Grãos de quartzo com tamanho médio de 0,91mm, arredondado e moderadamente selecionados.	Grãos de quartzo com tamanho médio de 0,38mm, arredondado e moderadamente selecionados. Ocorrência de fragmentos de carvão.	Grãos de quartzo com tamanho médio de 0,32mm, arredondado e moderadamente selecionados. Ocorrência de fragmentos de carvão.
<b>Material fino</b>	Material isóptico de cor bruno muito escuro, apresentando pedalidade moderada.	Material isóptico de cor bruno escuro, apresentando pedalidade moderada.	Material isóptico de cor bruno escuro, apresentando pedalidade fraca.
<b>Poros</b>	Poros interagregados do tipo empilhamento complexo (80%) e cavidades arredondadas	Poros interagregados do tipo cavidades arredondadas (50%) e fissuras (45%). Presença de fissuras intragregados (5%).	Poros interagregados do tipo cavidades arredondadas (20%); Canais (15%) e fissuras (60%). Presença de fissuras intragregados (5%).
<b>Microestrutura</b>	Composta por microagregados entre grãos e granular	Blocos subangular	Blocos subangulares.
<b>Distribuição relativa</b>	Gefúrica-enaúlica.	Porfírica	Porfírica.
<b>Fábrica bi-refringente</b>	indiferenciada	Indiferenciada	Ocorrências de algumas zonas com birrefringência do tipo salpicada granida
<b>Feições pedológicas</b>	Presença pelotas fecais; ortotúbulos e nódulos criptocristalinos.	Textural na parte superior da lâmina (Iluviação de argila); Feição de depleção (ferrás); Presença de ortotúbulos; nódulos criptocristalinos e pelotas fecais.	Textural (Iluviação de argila); Presença de ortotúbulos; nódulos criptocristalinos e pelotas fecais.
<b>Material orgânico básico</b>	Fragmentos de raízes	Fragmentos de raízes	Fragmentos de raízes.
LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico (LA2 - Perfil 4) – Cana			
	<b>Ap 5-15 cm (859)</b>	<b>BA 28-38cm (860)</b>	<b>Bw1 50-60 cm (861)</b>
<b>Fundo matricial</b>	mat. gros.: 40% mat. fino: 35% porosidade: 25%	mat. gros.: 30% mat. fino: 50% porosidade: 20%	mat. gros.: 30% mat. fino: 50% porosidade: 20%
<b>Material grosseiro</b>	Grãos de quartzo com tamanho médio de 0,65mm, subarredondado e mal selecionados. Fragmentos de carvão.	Grãos de quartzo com tamanho médio de 0,61mm, subarredondado e mal selecionados. Fragmentos de carvão.	Grãos de quartzo com tamanho médio de 0,53mm, subarredondado e mal selecionados. Ocorrência de fragmentos de carvão.
<b>Material fino</b>	Material isóptico de cor bruno muito escuro, apresentando pedalidade fraca.	Material isóptico de cor bruno escuro, apresentando pedalidade moderada.	Material isóptico de cor bruno, apresentando pedalidade moderada.
<b>Poros</b>	Poros interagregados do tipo empilhamento complexo (15%); e cavidades (5%); arredondadas e fissuras (65%). Presença de fissuras intragregados (5%).	Poros interagregados do tipo cavidades arredondadas (25%) e fissuras (70%). Presença de fissuras intragregados (5%).	Poros interagregados do tipo cavidades arredondadas (25%) e fissuras (70%). Presença de fissuras intragregados (5%).
<b>Microestrutura</b>	Granular densa (coalescida)	Blocos subangular	Blocos subangulares.
<b>Distribuição relativa</b>	Porfírica com algumas zonas porfírica-enaúlica.	Porfírica	Porfírica.
<b>Fábrica bi-refringente</b>	indiferenciada	Manchada/estriada	Salpicada
<b>Feições pedológicas</b>	Presença pelotas fecais; ortotúbulos e nódulos criptocristalinos.	Textural forte e contínua (Iluviação de argila sem laminação); Feição de depleção (ferrás); Presença de ortotúbulos; nódulos criptocristalinos e pelotas fecais.	Presença de ortotúbulos; nódulos criptocristalinos e pelotas fecais.

As observações microscópicas das lâminas delgadas revelam uma redução na porosidade dos horizontes coesos e diferenciações na geometria do espaço poroso entre os solos em estudo. Os horizontes coesos apresentaram a porosidade, observada através das lâminas delgadas, menor do que os horizontes não coesos, assim como os valores de porosidade apresentados na física do solo, provando mais uma vez a importância das descrições morfológicas na identificação dos mesmos. De acordo com Cintra & Libardi (1998), uma das principais conseqüências negativas dos horizontes coesos foi a diminuição no volume total de poros, já que a alteração na porosidade afetou a atividade biológica, o movimento e a capacidade de retenção de água, bem como a sua disponibilidade para as plantas.

Os tipos de poros encontrados nos solos estudados são interagregados do tipo empilhamento complexo, cavidades arredondadas ou subarredondadas, interagregados do tipo fissuras, fissuras intragregadas, canais, fissuras e cavidades, não sendo observada nenhuma distinção entre os horizontes coesos e os horizontes não coesos, com relação aos tipos de poros.

O Argissolo Amarelo apresenta um plasma constituído por um material isótipo, apresentando pedalidade bem desenvolvida nos horizontes AB e BA, sendo moderada no Bt. A estrutura forte nos horizontes AB e no BA coeso (Figura 10), é bem nítida, sendo possível distinguir bem os agregados, enquanto que o horizonte coeso Bt, descrito em campo como maciço moderadamente coeso, apresenta pedalidade moderada, não se conseguindo distinguir bem os agregados, concordando mais uma vez com a descrição morfológica, onde o horizonte Bt apresenta estrutura moderadamente coesa. É possível visualizar, no mesmo perfil, a presença de argilões no horizonte coeso Bt, que apresenta, por sua vez, uma densidade do solo mais elevada do que a densidade dos horizontes AB e BA (coeso). A arrumação da argila no Bt ajuda a entender o aumento na densidade deste horizonte coeso, sendo mais alta que no horizonte coeso acima, que apresenta uma distribuição eunálica, ou seja, com o material fino e grosso sem preencher os espaços intersticiais completamente. É importante citar a presença de pelotas fecais, que indicam a presença de uma boa atividade microbiana, que deve ocorrer durante o momento em que o solo encontra-se úmido.

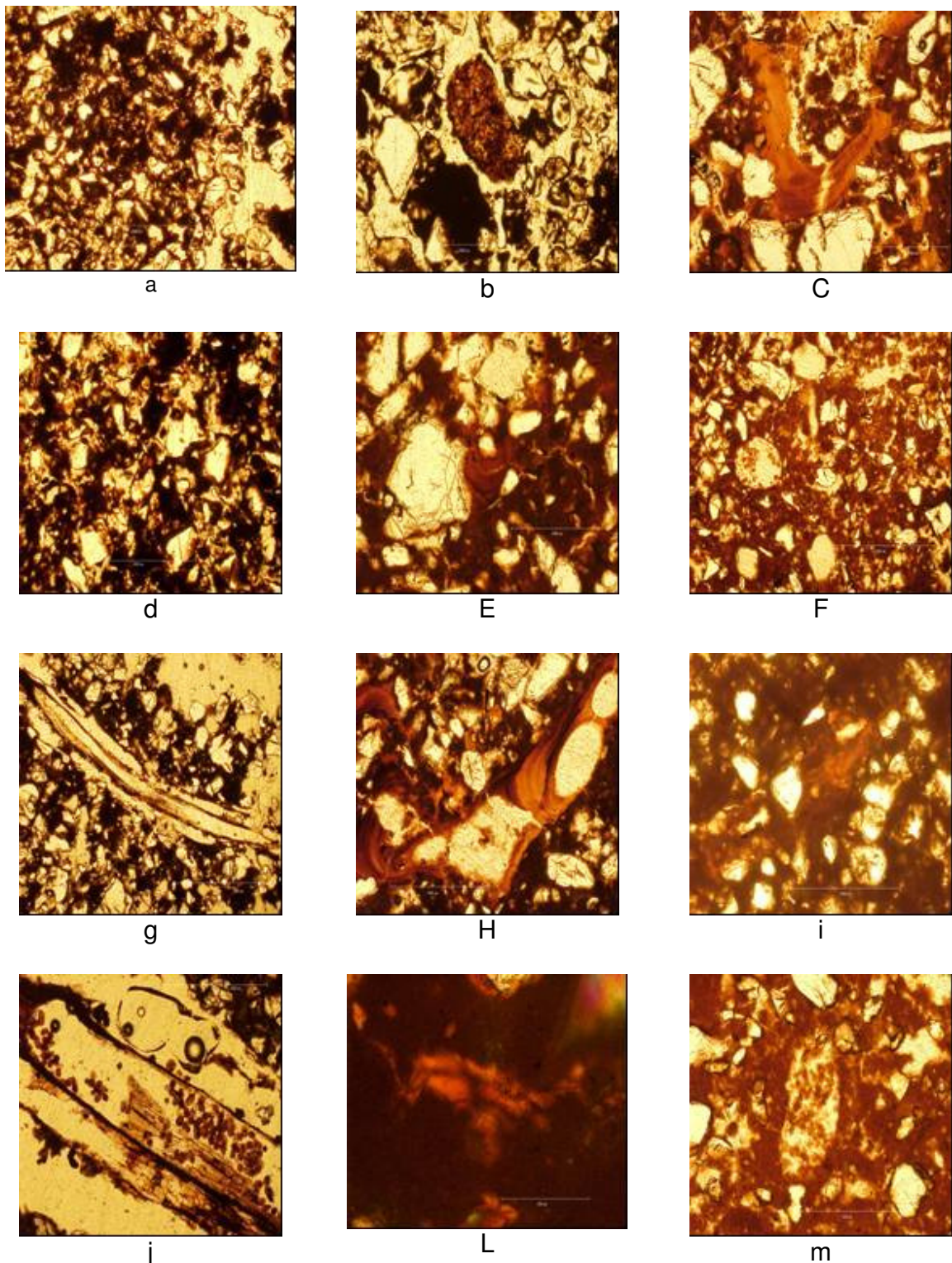


Figura 10. Micrografia obtidas com microscópio óptico dos horizontes: a) AB-PA, b) BA-PA, c) Bt-PA, d) AB- LA<sub>1</sub>, e) BA- LA<sub>1</sub> e f) Bw<sub>2</sub>-LA<sub>1</sub>, g) Ap- PAC, h) BA- PAC, i) Bt- PAC, j) AB- LA<sub>2</sub>, l) BA- LA<sub>2</sub> e m) Bw<sub>1</sub>-LA<sub>2</sub>.

A trama birrefringente é outro parâmetro que se encontra bem relacionado com os resultados citados anteriormente. A trama birrefringente é indiferenciada nos horizontes AB e BA, mostrando que a argila está orientada ao acaso, ocorrendo o inverso no horizonte Bt, onde há uma maior organização das argilas, resultante da iluviação ocorrida no respectivo horizonte.

Os resultados descritos sugerem que a formação dos horizontes coesos pode ocorrer de forma distinta entre os solos, ou até mesmo no mesmo solo. Inicialmente poderia haver o aumento da densidade pela iluviação das argilas dispersas, entupindo os poros. A dispersão das argilas, inicialmente poderia ser promovida por ácidos orgânicos de baixo peso molecular (VISSER & CAILLIER, 1988; BENITES & MENDONÇA, 1998; TOMBÁCZ et al., 2004 e CORREA, 2008). Posteriormente, a redução da permeabilidade aumentaria as condições de redução, provocando, conseqüentemente, a perda de ferro e um colapso na estrutura da camada que fica logo acima, formando assim um horizonte coeso, em conseqüência de dois processos distintos de formação.

O colapso é resultado da translocação lateral do ferro reduzido, possibilitando um melhor ajustamento entre as partículas do solo, predominantemente caulínico, diminuindo assim o seu volume e aumentando a densidade do mesmo. Estudos desenvolvidos por MULLINS & PARNAYIOTOPOULOS (1984) mostraram que misturas artificiais de areia com pequenas quantidades de argila (caulinita), em torno de 2%, são suficientes para que o solo apresente um comportamento coeso (hardsetting).

Em estudo desenvolvido em Latossolo Bruno ácrico GHIDIN et al. (2006) constatou que a melhoria das condições de drenagem (aumento da macroporosidade, porosidade total e redução na densidade do solo) foi consistentemente acompanhada pelo aumento nos teores de óxidos de Fe total e óxidos de Fe-DCB.

FERREIRA et al., (1999) estudando Latossolos Amarelos do Espírito Santo, observaram a distribuição dos grãos em relação ao plasma na forma porfirogrânica, e, segundo estes autores, deve-se ao ajuste face a face das lâminas de caulinitas. A contextura do tipo porfírica também foi observada por ARAÚJO FILHO et al. (2001), GIAROLA et al. (2003) em solos coesos no Brasil, e CHARTRES e NORTON (1994) em solos "hardsetting" da Austrália.

No Argissolo Acinzentado, os horizontes Ap e BA (coeso) (figura 10) apresentaram pedalidade moderada, enquanto que o horizonte não coeso Bt apresentou pedalidade fraca. O pouco desenvolvimento das microestruturas pode ser explicado pelo cultivo contínuo deste solo no horizonte Ap, estando em acordo com a estrutura maciça moderadamente coesa descrita em campo. Enquanto que a pouca estruturação no horizonte BA é explicada pela presença do caráter coeso neste horizonte, identificado em campo, onde o mesmo apresentou uma estrutura maciça coesa, associada a pedalidade fraca. Os horizontes coeso (BA) e não coeso (Bt) apresentam uma distribuição relativa dos constituintes porfírica, relacionada com a iluviação de argila. Em todos horizontes deste perfil encontrou-se a presença de raízes e pelotas fecais, mostrando a importância da manutenção da umidade no desenvolvimento das raízes e da atividade microbiana, já que este perfil apresenta uma drenagem mais restrita em relação aos outros. Também foi possível identificar feição de depleção (ferrãs), indicando um processo de redução do ferro, o que pode resultar na perda deste elemento do perfil. A perda do ferro possibilitaria um aumento na organização das partículas do solo, pois, segundo FERREIRA et al. (1999), a presença de óxidos de Fe tende a desorganizar as partículas do solo em escala microscópica.

O Latossolo Amarelo, perfil LA1, apresenta um material fino com pedalidade moderada, onde o horizonte coeso apresenta uma trama porfírica, enquanto que os outros horizontes apresentam partes eunálicas. Ocorre também a iluviação de argila no horizonte coeso, onde observou-se a maior densidade do solo e a menor porosidade total, além de apresentar uma estrutura maciça moderadamente coesa, mostrando mais uma vez a importância da iluviação de argila na gênese do horizonte coeso.

No perfil LA2, Latossolo Amarelo, observa-se uma pedofeição forte e contínua, ou seja, com uma orientação forte das argilas, proveniente da iluviação do horizonte Ap acima. A presença de material fino com pedalidade fraca no horizonte Ap, diferindo dos demais, é proveniente da pressão promovida pelas máquinas utilizadas no cultivo da cana-de-açúcar. A estrutura do respectivo horizonte, moderadamente coesa, aliada a densidade do solo, de 1,63 t m<sup>-3</sup> confirmam a análise micromorfológica do material fino do mesmo.



Observa-se a presença de ortotúbulos nos horizontes coesos e não coesos analisados, o que indica que os espaços deixados pela atividade microbiana ou pelo crescimento das raízes estão sendo preenchidos continuamente pela movimentação das argilas no perfil. Quanto aos nódulos criptocristalinos, também observados na maioria dos horizontes, são compostos, provavelmente pelos óxidos de ferro.

## 5. CONCLUSÕES

O caráter coeso foi identificado pela morfologia nos horizontes subsuperficiais de Argissolos e Latossolos dos Tabuleiros Costeiros, se mostrando mais pronunciado no Argissolo Acinzentado;

A morfologia e a densidade do solo, aliadas à determinação da superfície específica se mostraram eficientes na identificação dos horizontes coesos e não coesos dos Argissolos e Latossolos da região dos Tabuleiros Costeiros. Os valores de densidade foram superiores a  $1,45 \text{ g cm}^{-3}$ , com máximo de  $1,68 \text{ g cm}^{-3}$ ;

O caráter coeso foi identificado nos solos sob cultivo e nos solos sob vegetação nativa, indicando a sua natureza pedogenética;

Não foi observada nenhuma tendência de aumento dos teores de sílica e Alumínio, extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato e oxalato nos horizontes coesos, sugerindo que sua gênese não se deve à presença de agentes cimentantes;

Os resultados das análises físicas, químicas, mineralógicas e micromorfológicas sugerem que a gênese do horizonte coeso apresenta duas fases distintas, sendo sua base formada inicialmente pela iluviação de argila fina, entupindo os poros do solo, ocorrendo posteriormente uma perda de ferro na parte superior, colapsando a estrutura, favorecendo o ajuste face a face da caulinita.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHÁ-PANOSO, L. **Latossolo Vermelho-amarelo de Tabuleiro do Espírito Santo: formação, características e classificação**. UFRPE, 1976. 11f. Tese (Doutorado em Livre Docência) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

ANDERSON, J. V.; WHITE, J. L. A study of fragipans in some Southern Indiana soils. **Soil Science Society of American Proceedings**, Madison, v.22, p.450-454, 1958.

ANJOS, L.H.C. **Caracterização, gênese, classificação e aptidão agrícola de uma seqüência de solos do Terciário na região de Campos, RJ**. 1985. 194f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Iraguaí.

ARAUJO FILHO, J.C.; CARVALHO, A.; SILVA, F.B.R. Investigações preliminares sobre a pedogênese de horizontes coesos em solos dos tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 2001, Aracaju. **Anais**. Aracaju: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, 2001. p.123-142.

ARAÚJO FILHO, J. C. **Horizontes cimentados em Argissolos e Espodossolos dos tabuleiros costeiros e em Neossolos Regolíticos e Planossolos da depressão sertaneja no nordeste do Brasil**. 2003. 223f. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica)- Universidade São Paulo, São Paulo.

ARCANJO, J.D. **La formation barreiras dans la region de Vitória, ES**. 1990. 110f. Tese (Tese de Doutorado)- Université Louis Pasteur, Strasbourg.

BARZEGAR, R.; RENGASAMY, P.; OADES, M. Effects os clays type and rate of wetting on the mellowing of compacted soils. **Geoderma**, Amsterdam, v.68, p.39-49, 1995.

BARROS, H. da C. et al. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio de Janeiro e Distrito Federal. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1958. 350p. (**SNPA-Boletim técnico 11**).

BENNEMA , J.; CAMARGO, M.N. Some remarks on brazilian latosols in relation to the oxisols of soil taxonomy. In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 2., 1978, Malaysia. **Proceedings**, SSD - LDD, 1979. p. 233-235.

BENITES, V.M.; MENDONÇA, E.S. Propriedades eletroquímicas de um solo eletropositivo influenciadas pela adição de diferentes fontes de matéria orgânica. **Revista Brasileira Ciência do Solo, Campinas**, v.22, p.215-221, 1998.

BIGARELLA, J.J.; ANDRADE, G.O. Considerações sobre estratigrafia dos sedimentos Cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). **Arquivo do Instituto da Ciência da Terra**, Recife, v.2, p.2-14, 1964.

BITTENCOURT, A.C. da S.P. As coberturas terciárias e quaternárias do interior da zona costeira. In: BARBOSA, J.S.F.; DOMINGUEZ, J.M.L. **Geologia da Bahia**: texto explicativo para o mapa geológico. Salvador: Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração. Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, 1996. 400p.

BRASIL. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Espírito Santo. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, 1976. 380p. (Boletim técnico, 53).

BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T. Handbook for soil thin section description. Woverhampton: Waine Research Publishers, 1985. 152p.

CASES, J.M.; LIETARD, O.; YVON, J.; DELOM, J.F. Étude des propriétés cristalochimiques, morphologiques, superficielles de kaolinites désordonnées. **Bulletin Minéral**, v.105, p.439-455, 1982.

CHARTRES, C. J.; NORTON, L. D. Micromorphological and chemical properties of Australian soils with hardsetting and duric horizons. **Development Soil Science**, Amsterdam, v.22, n.4, p.825- 834, 1994.

CINTRA, F.L.D. & LIBARDI, P.L. Caracterização física de uma classe de solo do ecossistema do Tabuleiro Costeiro. **Sciencia Agrícola**, Piracicaba, v. 55, p.367-378, 1998.

CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L.; JORGE, L.A. de C. Distribuição do sistema radicular de porta-enxertos de citros em ecossistema de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 21, n. 3, p. 313-317, 1999.

CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L.; SILVA, A.P. Tabuleiros costeiros do nordeste do Brasil: uma análise dos efeitos do regime hídrico e da presença de camadas coesas nos solos. **Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.22, p.77-80, 1997.

CLEMENTE, C.A. **Intemperismo de riólitos e riodacitos da formação Serra Geral (jurássico cretáceo, das regiões sul e sudeste do Brasil)**. 2001. 216f. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CORRÊA, M.M. **Atributos físicos, químicos, mineralógicos e micromorfológicos de solos e ambiente agrícola nas várzeas de Sousa – PB**. 2000. 107f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CORRÊA, M. M. **Gênese de horizontes coesos e fragipã de solos do ambiente Tabuleiros Costeiros**. 2005. 72f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de plantas)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CORRÊA, M.M.; ANDRADE, F.V.; MENDONÇA, E.S; SHAEFER, C.E.G.R.; PEREIRA, T.T.C.; ALMEIDA, C.C. Ácidos orgânicos de baixo peso molecular e ácidos húmicos e

alterações em algumas propriedades físicas e químicas de LATOSSOLOS, PLINTOSSOLO e NEOSSOLO QUARTZARÊNICO. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.32, p.121-131, 2008.

COSTA, M.A.P. de C. **Condução e retenção de água em Latossolo Amarelo álico coeso do Recôncavo Baiano**. 1993. 125f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas.

CURI, N.; FRANZMEIER, D.P. Toposequence of Oxisol from the Central Plateau of Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.48, p.341-346, 1984.

DEMATTÊ, J.L.I.; MAZZA, J.A.; DEMATTÊ, J.A.M. Caracterização e gênese de uma toposseqüência Latossolo Amarelo-Podzol originado de material da Formação Barreiras – estado de Alagoas. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.53, p.20-30, 1996.

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL – DNPM. **Geologia do Brasil**. Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente, incluindo depósitos minerais. Brasília, 1984. 501p.

DUNCAN, M.M.; FRANZMEIER, D.P. Role of free silicon, aluminum, and iron in fragipan formation. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.63, p.923-929, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Espírito Santo**, Rio de Janeiro, 1978. 461p. (Boletim técnico, 45).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROECUARIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO E APLICAÇÃO DE LEVANTAMENTOS DE SOLOS, 4., Rio de Janeiro, 194. **Anais**. Rio de Janeiro, 1995. 157p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. 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**. Brasília, DF, 2006. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 1999. 412p.

FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.23, p.507-514, 1999.

FILIZOLA, H.F.; LAMOTTE, M.; FRITSCH, E.; BOULET, R.; ARAÚJO FILHO, J.C.; SILVA, F.B.R.; LEPRUN, J.C. Os fragipãs e duripãs das depressões dos Tabuleiros Costeiros do nordeste brasileiro: Uma proposta de evolução. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.947-964, 2001.

FITZPATRICK, E.A.; **Soil microscopy and micromorphology**., New York: Wiley, 1993.

FONSECA, O.O.M.; **Caracterização e classificação de solos Latossólicos e Podzólicos desenvolvidos nos sedimentos do terciário no litoral Brasileiro**. 1986. 185f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí.

FRANZMEIER, D.P.; NORTON, L.D.; STEINHARDT, G.C. Fragipans formation in loess of the Midwestern United States. In: SMECK, N.E.; CIOLKOSZ, E.J., (Ed.). **Fragipans**: their occurrence, classification, and genesis. Wisconsin: SSSA, 1989. p.69-97.

GHIDIN, A.A.; MELO, V.F.; LIMA, V.C & LIMA, J.M.J. Toposseqüências de Latossolos originados de rochas basálticas no Paraná. II – relação entre mineralogia da fração argila e propriedades físicas dos solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.307-319, 2006.

GIAROLA, N.F.B.; SILVA, A.P.; IMHOFF, S.; DEXTER, A.R. Contribution of natural soil compaction on hardsetting behavior. **Geoderma**, Amsterdam, v.113, p.95-108, 2003.

GIAROLA, N.F.B.; SILVA, A.P.; TORMESA, C.; SOUZA, L.S.; RIBEIRO, L.P. Similaridade entre o caráter coeso dos solos e o comportamento hardsetting: estudo de caso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.239-247, 2001.

HUGHES, J.C.; BROWN, G. A cristallinity index for soil kaolins and its relation to parent rock, climate and soil maturity. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.30, p.557-563, 1979.

JACOMINE, P.K.T.; ALMEIDA, J.C.; MEDEIROS, L.A.R. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Ceará**. Recife: [s.n.] 1973. 2v. 830p. (DPP, Boletim Técnico, 28. SUDENE, Série Pedologia, 16).

JACOMINE, P.K.T. Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS, 1996, Cruz das Almas. **Anais**. Aracaju: EMBRAPA, CPATC, 1996. p.13-24.

JACOMINE, P.K.T. **Fragipãs em Solos de “Tabuleiros”**: características, gênese e implicações no uso agrícola. 1974, 85f. Tese (Doutorado em Livre Docência)-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

JACOMINE, P.K.T. Evolução do conhecimento sobre solos coesos no Brasil. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 2001, Aracajú. **Anais**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. p.19-46

JACOMINE, P.K.T.; MONTENEGRO, J.O.; RIBEIRO, M.R. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Sergipe. Recife: EMBRAPA, 1975. 506p. (**Boletim Técnico**, 36. Série Recursos de Solos, 6).

JACKSON, M.L.; LIM, C.H.; ZELAZNY, L.W. Oxides, hydroxides, and aluminosilicates. In: KLUTE, A., (Ed). **Methods of soil analysis**. Madison, American Society of Agronomy, 1986. p.101-150.

JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis**: advanced course. Madison: Prentice-Hall, 1979. p.895.

KAMPF, N.; SCHWERTMANN, U. Quantitative determination of goethite and hematite in kaolinitic soils by X ray diffraction. **Clays Clay Minerals**. New York, v.17, p. 313-327, 1982.

LIBARDI, P. L.; MELO FILHO, J. F. Influência dos horizontes coesos na dinâmica da água no solo. In: WORKSHOP SOBRE COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 2001, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. p. 195-208.

MABESSONE, J.M.; KENPF, M.; COUTINHO, P.N. Characterization of surface sediments on the northern and eastern brazilian shelf. **Trab. Inst. Oceanograf**. Recife, v.13, p.41-48, 1972.

MASLE, A.; PASSIOURA, J.B. Effect of soil strength on the growth of young wheat plants. **Australian Journal of Plant Physiology**. Victoria, v.14, p.634-656, 1987.

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



MEIRELES, M.C.S.; RIBEIRO, L.P. Caracterização da sílica em horizontes coesos de solos de tabuleiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Resumos...** Viçosa, MG: SBCS UFV, 1995. p. 1688-1689.

MELO, V. de F. **Potássio e magnésio totais em espécies minerais de solos e relação entre propriedades físico-químicas da caulinita com formas não trocáveis destes nutrientes.** 1998, 195f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal Rural de Viçosa, Viçosa, MG.

MENDES JÚNIOR, B. O. **Perfil econômico de Alagoas.** Fortaleza: Banco do Nordeste, 2002. 58 p.

MEHRA, O.P.; JACKSON, M.L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: CLAYS & CLAY MINERAL CONFERENCE, 7. 1960, London. **Proceedings.** London: [s.n], 1960. v.7, p.317-327.

MESTDAGH, M.M.; VIELVOYE, L.; HERBILLON, A.J. Iron in kaolinite II: the relationship between kaolinite cristalinity and iron content. **Clays Clay Minerals**, New York, v.15, p.1-13, 1980.

MONIZ, A.C. **Quantitative mineralogical analysis of Braziliam soils derived from basic rocks and slate.** 1967. 74f. Dissertação (Dissertação de Mestrado)- University of Wisconsin, Madison.

MOREAU, A.M.S.S. **Gênese, mineralogia e micromorfologia de horizontes coeso, fragipã e duripã em solos do tabuleiro costeiro no sul da Bahia.** 2001. 138f. Tese (Doutorado em solos e Nutrição de Plantas)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MOREAU, A.M.S.S; KER, J.C.; COSTA, L.M.; GOMES, F.H. Caracterização de solos de duas toposseqüências em tabuleiros costeiros do sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.1007-1019, 2006.

MULLINS, C.E.; MacLEOD, D.A.; NORTHCOTE, K.H.; TISDALL, J.M.; YOUNG, I.M. Hardsetting soils: behaviour, occurrence and management. **Advances in Soil Science**, v.11, p.37-108, 1990.

MULLINS, C.E.; YOUNG, I.M.; BENGHOUGH, A.G.; LEY, G.J. Hard-setting soils. *Soil Use and Management*, v.3, p.79-83, 1987.

MULLINS, C.E. Hardsetting. In: LAL, R.; BLUM, W.H.; VALENTINE, C.; STEWART, B.A. (Ed.) *Methods for assesment of soil degradation*. **Advances in Soil science**. New York: CRC Press, 1997. p.109-128.

MULLINS, C.E.; PANAYIOTOPOULOS, K.P. The strength of unsaturated mixture of sand and kaolin and the concept of effective stress. *Journal of Soil Science, Oxford*, v.35, p.459-468, 1984.

NASCIMENTO, G. B. do. **Caracterização dos solos e avaliação de propriedades edáficas em ambientes de tabuleiros costeiros da Região Norte Fluminense (RJ)**. 2001. 162 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

NETTLETON, W.D.; McCRAKEN, R.J.; DANIELS, R.B. Two North Carolina Coastal Plain catenas. II. Micromorphology, composition and fragipã genesis. **Soil Science Society American**. Proceeding, v.32, p.582-587, 1968.

NORTON, L.D.; HALL, G.F.; SMECK, N.E.; BIGHAM, J.M. Fragipan bonding in a late-eisconsinan loess-derived soil in east-central Ohio. **Soil Science Society American Journal**, Madison v.48, p. 1360-1366, 1984.

NORTON, L.D. Micromorphology of silica cementation in soil. *Micromorphology and soil management*. In: RINGROSE-VOASE, A. J.; HUMPHREYS, G.S. (Ed). **Soil**

**micromorfology**: studies in management and genesis. Amsterdam: Elsevier, 1994. p.811-824. (Developments in soil science, 22).

NORRISH, K.; TAYLOR, M. The isomorphous replacement of iron by aluminium in soil goethites. **Journal Soil Science**, Oxford, v.12, p.294- 306, 1961.

OLIVEIRA, L.B. de; DANTAS, H. da S.; CAMPELO, A.B.; GALVÃO, S.J.; GOMES, I.F. Caracterização de adensamento no subsolo de uma área de tabuleiro da estação Experimental do Curado, Recife. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.3, p.207- 214, 1968.

OLIVEIRA, L.B. de.; MELO, V. de. Caracterização físico-hídrica do solo. I. Unidade Itapirema. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.5, p.35-48, 1970.

PETRI, S.; FÚLFARO, V. **Geologia do Brasil**. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1983. 631p.

PETERSEN, G.W.; RANNEY, R.W.; CUNNINGHAM, R.L. & MATELSKI R.P. Fragipans in Pennsylvania soils: A statistical study of laboratory data. **Soil Science Society American**. Proceedings, v.34, p.719-722. 1970.

PLAÇON, A; TCHOUBAR, C. Determination of structural defects in phyllosilicates by x-ray powderdiffraction: II: nature and proportion of defects in natural kaolinites. **Clays Clay Minerals**, v.25, p.436-450. 1977.

PONTE, C.M.; RIBEIRO, L.P. Estudo da gênese de horizontes coesos em uma toposseqüência na área do Candeal. Salvador: Escola de Agronomia da UFBA, 1990.

QUIRK, J.P. Significance of surface areas calculated from water vapour sorption isotherms by the use of BET equation. **Soil Science**, Baltimore, v.80, p.423-430, 1955.

RAIJ, B.V.; CAMARGO, O. A. Sílica solúvel em solos. **Bragantia**, Campinas, v. 32, p.223-231, 1973.

RESENDE, M. **Pedologia**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1982. 100p.

RESENDE, M. Mineralogy, chemistry, morphology and geomorphology of some soils of the Central Plateau of Brazil. 1976. 237f. Tese (Doutorado)- Purdue University, West Lafayette.

REZENDE, J. de O. **Solos coesos dos tabuleiros costeiros**: limitações agrícolas e manejo. Salvador: SEAGRI, 2000. 117p. (Série Estudos agrícolas, 1).

RESENDE, M. Mineralogy, chemistry, morphology and geomorphology of some soil of Central Plateau of Brazil. 1976. 237f. Tese (Doctor)- Purdue University, West Lafayette.

RIBEIRO, L.P. Sílica em horizontes coesos de solos da Bahia. *Universitas*, n.38, p.59-80, 1986.

RIBEIRO, L.P. Premiers resultas sur la genése des sols a horizons indures dans la region du Cruz das Almas, BA, Brésil. In: TABLE RONDE SUR L.ORGANIZATION ET DINAMIQUE INTERNE DE LA COUVERTURE PEDOLOGIQUE, 1991, Caen. **Anais**. Caen: CNRS, 1991.

RIBEIRO, L.P. Gênese, evolução e degradação dos solos amarelos coesos dos tabuleiros costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 1996, Cruz das Almas. **Anais**. Aracaju : Embrapa-CPATC, 1996. p.27-35.

RIBEIRO, L.P. Os **Latossolos Amarelos do Recôncavo Baiano**: gênese, evolução e degradação. Salvador: Seplantec, CADCT, 1998. 99p.

RIBEIRO, M.R. Características morfológicas dos horizontes coesos dos solos dos Tabuleiros Costeiros. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, Aracaju, 2001a. **Anais**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001a. p.161-168.

RIBEIRO, L.P. Evolução da cobertura pedológica dos tabuleiros costeiros e a gênese dos horizontes coesos. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, Aracaju, 2001b. **Anais**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001b. p.93-121.

RICHE, A.; WILDING, L.P; HALL, G.F. & STAHNKE, C.R. Genetic implications of B horizons in Aqualfs of Northeastern Ohio. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.38, p.351-358, 1974.

RUIZ, H.A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.29, p.297-300, 2005.

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

SCHWERTMANN, U.; TAYLOR, R.M. Iron oxides. In: DIXON, J.B.; WEED, S.B., (Ed). **Minerals in soil environments**. Madison: Soil Science Society of America, 1989. p.379-438.

SCHWERTMANN, U. Inibitory effect of soil organic matter on the crystallization of amorphous ferric hidroxides. *Nature*, London, v.212, p.645-646, 1966.

SCHWERTMANN, U. The effect of environments on iron oxide minerals. *Advances Soil Science*, v.1, p.172-200, 1985.

SHANMUGANATHAN, R.P.; OADES, J.M. Influence of anions on dispersion and physical properties of the A horizon of a red red-brown-earth. **Geoderma**, Amsterdam, v. 29, p.257-277,1983.

SINGH, B.; GILKES, R.J. Concentration of iron oxides from soil clays by 5 M NaOH treatment: The complete removal of sodalite and kaolin. **Clays Clay Minerals**, New York, v.26, p.463-472, 1991.

SILVA, M.S.L.; RIBEIRO, M.R. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em propriedades morfológicas e físicas de solos argilosos de tabuleiro no estado de Alagoas. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.16, p.397-402, 1992.

SILVA, A.J.N.; RIBEIRO, M.R. Caracterização de Latossolo Amarelo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas: Propriedades químicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.22, p.291-299, 1998.

SILVA, A.J.N.; RIBEIRO, M.R.; MERMUT, A.R.; BENKE, M.B. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em Latossolos Amarelos coesos do Estado de Alagoas: Propriedades micromorfológicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.22, p.515- 525, 1998.

SILVA, A.J.N **Caracterização de latossolos amarelos sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas**. 1996. 133f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SILVA, M.S.L. **Efeito do cultivo da cana-de-açúcar em propriedades do solo de tabuleiro do estado de Alagoas**. 1989. 106f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SILVA, M.S.L.; KLAMT, E.; CAVALCANTI, A.C. & KROTH, P.L. Adensamento subsuperficial em solos do semi-árido: processos geológicos e/ou pedogenéticos

pedogenéticos. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2, p.314-320, 2002.

SOUZA, L. da S. Uso e manejo dos solos coesos do tabuleiros costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 1996, Cruz das Almas. **Anais**. Aracaju : Embrapa-CPATC, 1996. p.36-75.

SOUZA, L.S. Aspectos sobre o uso e manejo dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. **Boletim Informativo. SBCS**, v.22, p.34-39, 1997.

SOUZA, L.S.; SOUZA, L.D.; CALDAS, R.C. Identificação da coesão com base em atributos físicos convencionais em solos dos Tabuleiros Costeiros. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 2001, Aracaju. **Anais**. Aracaju, EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, 2001. p.169-190.

SOUZA, L.D.; SOUZA, L. da S.; LEDO, C.A. da S. Disponibilidade de água em pomar de citros submetido a poda e subsolagem em Latossolo Amarelo dos Tabuleiros Costeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v.26, n.1, p.69-73, 2004.

THAN, K.L.; TROTH, P.S. Sílica-sesquioxides ratios as aids in characterization of some temperate region and tropical soil clays. **Soil Science Society American Journal**, v.46, p.1109-14, 1982.

TOMBÁ CZ, E.; LIBOR, Z.; ILLÉS, E.; MAJZIK, A.; KLUMPP, E. The role of reactive surface sites and complexation by humic acids in the interaction of clay mineral and iron oxide particles. **Org. Geogr.**, v.35, p.257-267, 2004.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Caracterização de solos e avaliação dos principais sistemas de manejo dos tabuleiros costeiros do Baixo Rio Doce e das Regiões Norte do Estado do Espírito Santo e sua interpretação para uso agrícola**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1984. 153p. Relatório.

VISSER, S.A.; CAILLIER, M. Observations on the dispersion and aggregation of clays by humic substances: I. Dispersive effects of humic acids. **Geoderma**, Amsterdam, v.42, p.331-337, 1988.

ZANGRANDE, M.B. Caracterização e intemperização para uso de um Podzólico Vermelho-Amarelo abrupto dos platôs litorâneos no Norte do Espírito Santo. 1985. 81f. Dissertação(Mestado em Solos e Nutrição de Plantas)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

WEAICH, K.; BRISTOW, K.L.; CASS, A. Pre-emergent shoot growth of maize under different drying conditions. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.56, p.1272-1278, 1992.



## **ANEXO**

## Descrição morfológica dos perfis

**PERFIL** – 01

**Nº DE CAMPO:** PA

**DATA** – 27/02/2007

**CLASSIFICAÇÃO** – ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso abrupto fragipânico, textura média/argilosa.

**LOCALIZAÇÃO** – Usina Cururipe, fazenda Capiatã, Município de Cururipe (AL), UTM 24 L 0800616 mE e 8891598 mN.

**SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** – Trincheira situada em topo plano de tabuleiro, sob vegetação de floresta subperenifólia.

**LITOLOGIA E CRONOLOGIA** – Terciário. Formação Barreiras.

**MATERIAL ORIGINÁRIO** – Sedimentos argilo-arenosos.

**RELEVO LOCAL** – Plano.

**RELEVO REGIONAL** – Plano.

**EROSÃO** – Não aparente.

**DRENAGEM** – Moderadamente drenado.

**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** – Floresta subperenifólia

**USO ATUAL** – Área de preservação. Formação secundária da floresta subperenifólia.

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

**Oo** 5–0 cm; material orgânico em decomposição; transição abrupta e plana.

**A** 0-18 cm; bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido); franco-arenosa; fraca pequena a média granular; macia e ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana

**AB** 18-40 cm; bruno (10YR 4/3, úmido); franco-argilo-arenosa; fraca pequena a média blocos subangulares; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

**BA** 40–59 cm; bruno (10YR 5/3, úmido); franco-argilo-arenosa; fraca pequena a média blocos subangulares; muito dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.

**Bt** 59–90 cm; bruno (10YR 5/3, úmido), mosqueado comum, médio e distinto bruno (7,5YR 5/4, úmido); argila; maciça moderadamente coesa e fraca pequena a média blocos subangulares; muito dura, firme, plástica e pegajosa; transição abrupta e irregular (24-44).

**Btx** 90–150 cm+; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido), mosqueado comum, pequeno e proeminente vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido); argila; maciça coesa; extremamente dura, muito firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

**RAÍZES:** Muitas em A e AB; comuns no BA; poucas no Bt.

**OBS:** 1. Muitos poros em A, AB e BA; poros comuns no Bt; poucos poros no Btx.

2. O fragipã apresenta pontos com penetração do material do horizonte Bt.

3. O perfil apresentava-se úmido, não permitindo a determinação da consistência seca. A consistência foi determinada posteriormente em laboratório, em torrões devidamente preservados.

## Análises Físicas e Químicas

### Perfil – 01

**Solo – ARGISSOLO AMARELO Distrocóeso abrupto fragipânico, textura média/argilosa.**

Horizontes	Frações da amostra total (%)	Composição granulométrica da terra fina (g kg <sup>-1</sup> )							Densidade (t m <sup>-3</sup> )				
		Calhaus >20mm	Cascalho 20-2mm	TFSA <2mm	Areia grossa 2 - 0,05 mm	Silte 0,05-0,002mm	Argila <0,002 mm	Argila dispersa em água (g kg <sup>-1</sup> )	Grau de flocculação (%)	Silte argila	global	partículas	Porosidade (%)
A	0-18	0	0,10	99,90	800	60	140	-	-	-	-	-	-
AB	18-40	0	0,42	99,58	705	73	222	-	-	-	-	-	-
BA	40-59	0	0,57	99,43	611	95	294	-	-	-	-	-	-
Bt	59-90	0	0,64	99,36	393	97	510	-	-	-	-	-	-
Btx	90-150+	0	0,19	99,81	312	110	578	-	-	-	-	-	-

Hor.	Profundidade	Composição granulométrica da terra fina (g kg <sup>-1</sup> )					Argila dispersa em água (g kg <sup>-1</sup> )	Grau de flocculação (%)	Silte argila	Densidade (t m <sup>-3</sup> )		Porosidade (%)	S.E m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>
		Areia grossa 2-0,2mm	Areia fina 0,2-0,05 mm	Silte 0,05-0,002mm	Argila <0,002	global				partículas			
A	0-18	567	233	60	140	55	61	0,43	1,26	2,66	53	29,73	
AB	30-40	497	206	75	222	89	53	0,56	1,48	2,66	44	29,63	
BA	40-50	466	210	93	231	180	31	0,4	1,52	2,63	42	27,53	
	50-60	370	175	96	359	229	36	0,27	1,55	2,63	41	29,37	
Bt	60-70	356	156	57	431	304	29	0,13	1,53	2,63	42	29,85	
	70-80	296	139	62	503	335	33	0,12	1,54	2,61	41	29,18	
Btx	90-150	200	112	110	578	340	43	0,16	1,55	2,58	40	29,18	

Horizontes	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol <sub>c</sub> , kg <sup>-1</sup> )							Valor V (%)	PSA (%)	PST (%)	
	Água	KCl 1N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>				Valor T (soma)
A	5,60	4,40	1,32	0,20	0,05	0,02	1,59	0,16	2,50	4,09	39	9	0
AB	5,40	4,20	0,63	0,17	0,05	0,03	0,88	0,56	3,03	3,91	23	39	1
BA	5,20	4,00	0,49	0,15	0,08	0,05	0,77	0,96	3,33	4,10	19	55	1
Bt	5,10	4,00	0,47	0,14	0,11	0,05	0,77	1,06	3,40	4,17	18	58	1
Btx	5,70	4,40	1,17	0,19	0,07	0,09	1,52	0,36	3,35	4,87	31	19	2

Horizontes	P disponível (mg kg <sup>-1</sup> )	C orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	N (%)	C/N	Ataque sulfúrico (g kg <sup>-1</sup> )				SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (K)	SiO <sub>2</sub> R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Kr)	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>
					SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				
A	2,25	6,42	-	-	4,67	4,63	0,33	0,002	1,72	1,64	23,93	23,93
AB	1,23	4,81	-	-	7,09	6,58	0,43	0,002	1,83	1,76	25,93	25,93
BA	0,50	4,75	-	-	14,43	13,19	0,66	0,004	1,86	1,80	33,79	33,79
Bt	0,11	3,56	-	-	19,10	20,48	0,98	0,004	1,59	1,54	35,67	35,67
Btx	0,02	4,07	-	-	19,02	28,20	1,94	0,004	1,15	1,10	24,71	24,71

**PERFIL** – 02

**Nº DE CAMPO:** LA1

**DATA** – 01/03/2007

**CLASSIFICAÇÃO** – LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico, textura argilosa.

**LOCALIZAÇÃO** – Usina Caeté, município de São Miguel dos Campos (AL), UTM 24 L 0824976 mE e 8931591 mN.

**SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** – Trincheira situada em topo plano de tabuleiro, sob vegetação de floresta subperenifólia.

**LITOLOGIA E CRONOLOGIA** – Terciário. Formação Barreiras.

**MATERIAL ORIGINÁRIO** – Sedimentos argilo-arenosos.

**RELEVO LOCAL** – Plano.

**RELEVO REGIONAL** – Plano

**EROSÃO** – Não aparente.

**DRENAGEM** – Bem a moderadamente drenado.

**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** – Floresta subperenifólia.

**USO ATUAL** – Área de preservação.

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

**A** 0-18 cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido); franco-argilo-arenosa; moderada pequena a média granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e ondulada (15 - 20cm).

**AB** 18-35 cm; bruno (10YR 4/3, úmido); franco-argilo-arenosa; fraca pequena a média blocos subangulares; dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.

**BA** 35-55 cm; bruno-amarelado (10YR 5/4, úmido), mosqueado pouco, pequeno e distinto bruno- forte (7,5 YR 5/6, úmido); argilo-arenosa; maciça moderadamente coesa; muito dura, firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

**Bw1** 55–100 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido); argila; fraca pequena a média blocos subangulares; muito dura, friável, plástica e pegajosa; transição difusa e plana.

**Bw2** 100-145 cm; bruno-amarelado (10YR 5/8, úmido); argila; fraca muito pequena a média blocos subangulares, com aspecto maciço poroso; dura e muito dura, friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

**Bw3** 145-160 cm+; amarelo-brunado (10YR 6/8, úmido); muito argilosa; fraca muito pequena blocos subangulares, com aspecto maciço poroso; dura, friável, plástica e pegajosa.

**RAÍZES:** Muitas no A; comuns no AB; poucas em BA e Bw1; raras em Bw2 e Bw3.

**OBS:** 1. Muitos poros em A, AB, Bw1, Bw2 e Bw3; comuns no BA.

2. Presença de pequenos nódulos (1cm), de cor semelhante a do perfil no horizonte Bw3.

3. Presença de raros mosqueados de coloração vermelho-escura (2,5 YR 3/6) no horizonte Bw3.

4. Perfil descrito úmido, prejudicando a determinação estrutura e consistência seco. A consistência foi determinada posteriormente em laboratório, em torrões devidamente preservados.

## Análises Físicas e Químicas

### Perfil – 02

#### Solo – LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico, textura argilosa.

Horizontes	Frações da amostra total (%)	Composição granulométrica da terra fina (g kg <sup>-1</sup> )							Densidade (t m <sup>-3</sup> )			Porosidade (%)	
		Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus >20mm	Cascalho 20-2mm	TFSA <2mm	Areia grossa 2 - 0,05 mm	Silte 0,05-0,002mm	Argila <0,002 mm	Argila dispersa em água (g kg <sup>-1</sup> )	Grau de floculação (%)		Silte argila
A	0-18											0	
AB	18-35	0	0,21	99,79	640	40	320	-	-	-	-	-	-
BA	35-55	0	0,21	99,79	520	50	430	-	-	-	-	-	-
BW1	55-100	0	0,37	99,63	441	48	511	-	-	-	-	-	-
BW2	100-145	0	0,08	99,92	439	18	543	-	-	-	-	-	-
BW3	145-160+	0	0,07	99,93	328	33	639	-	-	-	-	-	-

Hor.	Profundidade (cm)	Composição granulométrica da terra fina (g kg <sup>-1</sup> )				Argila dispersa em água (g kg <sup>-1</sup> )	Grau de floculação (%)	Silte Argila	Densidade (t m <sup>-3</sup> )		Porosidade (%)	S.E m2 g-1
		Areia grossa 2-0,2mm	Areia fina 0,2-0,05 mm	Silte 0,05-0,002mm	Argila <0,002 mm				global	partículas		
A	0-18	530	153	82	235	132	43	0,35	1,46	2,55	43	34,87
AB	18-28	492	160	39	309	145	53	0,13	1,47	2,59	43	34,55
	28-38	457	147	39	357	206	41	0,11	1,51	2,59	42	33,35
BA	38-48	398	138	29	435	290	33	0,07	1,58	2,59	39	30,30
	48-58	352	122	42	484	300	38	0,09	1,53	2,59	41	35,61
Bw1	58-68	325	114	70	491	234	52	0,14	1,5	2,59	42	35,70
	68-78	330	110	79	481	99	79	0,16	1,43	2,59	45	34,89
	78-88	342	118	36	504	0	100	0,05	1,41	2,59	46	36,41
	88-98	312	110	30	548	0	100	0,04	1,43	2,59	45	34,84
Bw2	100-145	314	125	28	533	0	100	0,03	1,4	2,59	46	33,67
Bw3	145-160	233	95	33	639	0	100	0,05	1,39	2,59	46	31,03

Horizontes	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )								Valor V (%)	PSA (%)	PST (%)
	Água	KCl 1N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	Valor T (soma)			
A	5,10	4,20	1,68	0,34	0,11	0,05	2,18	0,31	5,75	7,93	27	12	1
AB	4,80	4,00	0,76	0,09	0,03	0,01	0,89	1,06	5,30	6,19	14	54	0
BA	4,80	4,10	0,75	0,07	0,01	0,01	0,84	0,96	3,55	4,39	19	53	0
BW1	4,70	4,00	0,61	0,06	0,01	0,01	0,69	1,06	3,33	4,02	17	61	0
BW2	4,70	4,00	0,58	0,05	0,00	0,00	0,63	1,06	3,15	3,78	17	63	0
BW3	4,60	4,00	0,58	0,05	0,00	0,00	0,63	1,06	3,15	3,78	17	63	0

Horizontes	P disponível (mg kg <sup>-1</sup> )	C orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	N (%)	C/N	Ataque sulfúrico (g kg <sup>-1</sup> )				SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ki)	SiO <sub>2</sub> R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Kr)	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>
					SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>				
A	6,97	15,25	-	-	11,58	10,27	0,51	0,018	1,92	1,86	34,43	34,43
AB	1,64	7,90	-	-	14,71	13,49	0,60	0,012	1,85	1,80	38,17	38,17
BA	0,30	4,90	-	-	18,57	20,19	0,97	0,016	1,56	1,52	35,40	35,40
BW1	0,27	4,00	-	-	18,97	21,88	1,02	0,015	1,47	1,43	36,48	36,48
BW2	0,40	3,05	-	-	19,21	21,97	1,12	0,016	1,49	1,44	33,33	33,33
BW3	0,30	2,58	-	-	19,45	26,80	1,37	0,016	1,23	1,20	33,34	33,34

**PERFIL** – 03

**Nº DE CAMPO:** PAC

**DATA** – 18/04/2007

**CLASSIFICAÇÃO** – ARGISSOLO ACINZENTADO Distrocoeso fragipânico, textura média/argilosa

**LOCALIZAÇÃO** – Usina Marituba, fazenda Pindoba, município de Penedo (AL). Coordenadas UTM 24 L 0776508mE e 8877567mN.

**SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** – Trincheira situada em topo plano de tabuleiro, sob cultura de cana-de-açúcar.

**LITOLOGIA E CRONOLOGIA** – Terciário. Formação Barreiras.

**MATERIAL ORIGINÁRIO** – Sedimentos argilosos.

**RELEVO LOCAL** – Plano.

**RELEVO REGIONAL** – Plano

**EROSÃO** – Não aparente.

**DRENAGEM** – Moderada a imperfeitamente drenado.

**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** – Cerrado.

**USO ATUAL** – Cultura de cana-de-açúcar.

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

**Ap1** 0-11 cm, cinzento-escuro (10YR 4/1, úmido); franco-argilo-arenosa; maciça moderadamente coesa e fraca pequena a média granular e blocos subangulares; muito dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.

**Ap2** 11-27cm; bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido); franco-argilo-arenosa; maciça moderadamente coesa e fraca pequena a média blocos subangulares; muito dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana

**AB** 27-42 cm; bruno-acinzentado (10YR 5/2, úmido); argilo-arenosa; maciça coesa; extremamente dura, firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

**BA** 42-65 cm; bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3, úmido); argila; maciça coesa; extremamente dura, firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

**Bt** 65-90 cm; bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3, úmido), mosqueado comum, médio e distinto bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/3, úmido); argila; maciça coesa e fraca pequena a média blocos subangulares; dura e muito dura; friável e firme, plástica e pegajosa, transição clara e irregular (14-45)

**Bt/Btx1** 90 – 130 cm; bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3, úmido), mosqueado comum, médio e proeminente vermelho (2,5YR 4/6, úmido), mosqueado comum, médio a grande e distinto bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/4, úmido); argila; fraca pequena a média blocos subangulares; dura e extremamente dura, friável e muito firme, plástica e pegajosa, transição clara e ondulada (15-65).

**Bt/Btx2** 130-160 cm+; bruno-claro-acinzentado (10YR 6/3, úmido), mosqueado pouco, pequeno a médio e proeminente vermelho (2,5YR 4/6, úmido), mosqueado comum, médio a grande e distinto bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/4, úmido), argila; fraca pequena a média blocos subangulares; dura e extremamente dura; friável e muito firme, plástica e pegajosa.

**RAÍZES:** Muitas em Ap1 e Ap2; poucas no AB; comuns no Bt; raras em BA, Bt/Btx1 e Bt/Btx2.

**OBS:** 1. Muito poros em Ap1, Ap2 e Bt; poros comuns em AB, BA, Bt/Btx1 e Bt/Btx2.

2. Os horizontes Bt/Btx1 e Bt/Btx2 são horizontes fragipãs descontínuos.

3. Os mosqueados vermelhos embora visualmente se assemelhem a plintita, são revestimentos de óxidos de ferro(filmes) em alguns planos de fraqueza do fragipã.

4. Horizontes AB e BA são extremamente coesos.

5. Solo analisado com teor de umidade alto, prejudicando a determinação da estrutura. A consistência foi determinada posteriormente em laboratório, em torrões devidamente preservados.

## Análises Físicas e Químicas

### Perfil – 03

#### Solo – ARGISSOLO ACINZENTADO Distrocoeso fragipânico, textura média/argilosa

Horizontes	Profundidade (cm)	Frações da amostra total (%)			Composição granulométrica da terra fina (g kg <sup>-1</sup> )					Densidade (t m <sup>-3</sup> )		Porosidade (%)
		Calhaus >20mm	Cascalho 20-2mm	TFSA <2mm	Areia grossa 2-0,05 mm	Silte 0,05-0,002mm	Argila <0,002 mm	Argila dispersa em água (g kg <sup>-1</sup> )	Grau de flocculação (%)	Silte argila	global	
Ap <sub>1</sub>	0-11	0	0,09	99,91	604	89	307	-	-	-	-	-
Ap <sub>2</sub>	11-27	0	0,07	99,93	577	76	347	-	-	-	-	-
AB	27-42	0	0,13	99,87	464	73	463	-	-	-	-	-
BA	42-65	0	0,09	99,91	380	91	529	-	-	-	-	-
Bt	65-90	0	0,06	99,94	361	96	543	-	-	-	-	-
Bt/Btx <sub>1</sub>	90-130	0	0,04	99,96	246	159	595	-	-	-	-	-
Bt/Btx <sub>2</sub>	130-160+	0	0,03	99,97	217	191	592	-	-	-	-	-

Camadas	Profundidade cm	Composição granulométrica da terra fina (g kg <sup>-1</sup> )				Argila dispersa em água (g kg <sup>-1</sup> )	Grau de flocculação (%)	Silte Argila	Densidade (t m <sup>-3</sup> )		Porosidade (%)	S.E m2 g <sup>-1</sup>
		Areia grossa 2-0,2mm	Areia fina 0,2-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila <0,002 mm				global	partículas		
Ap <sub>1</sub>	0-11	340	264	89	307	185	42	0,33	1,59	2,56	38	24,48
Ap <sub>2</sub>	15-25	320	257	76	347	220	44	0,27	1,73	2,56	32	26,48
AB	25-35	258	231	74	436	302	37	0,1	1,68	2,63	36	26,93
	35-45	219	219	71	489	301	46	0,08	1,67	2,63	37	28,00
BA	45-55	180	197	95	528	0	100	0,12	1,68	2,63	36	29,93
	55-65	189	194	87	530	0	100	0,09	1,55	2,63	41	30,04
Bt	65-75	171	194	95	540	0	100	0,09	1,53	2,63	42	28,05
	75-85	166	190	99	545	0	100	0,14	1,41	2,63	46	26,88
Bt/Btx <sub>1</sub>	90-130	114	132	159	595	13	98	0,14	1,56	2,55	39	25,26
Bt/Btx <sub>2</sub>	130-160	90	124	191	592	0	100	0,28	-	2,56	-	27,56

Horizontes	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )								Valor V (%)	PSA (%)	PST (%)
	Água	KCl 1N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	Valor T (soma)			
Ap <sub>1</sub>	5,50	4,60	0,20	0,19	0,48	0,06	0,93	0,16	2,50	3,43	27	15	2
Ap <sub>2</sub>	4,90	4,00	0,12	0,11	0,23	0,05	0,51	0,56	3,55	4,06	13	52	1
AB	4,60	3,95	0,08	0,10	0,15	0,04	0,37	0,96	3,47	3,84	10	72	1
BA	4,40	4,90	0,04	0,05	0,06	0,04	0,19	1,26	2,70	2,89	7	87	1
Bt	4,50	3,95	0,04	0,06	0,03	0,05	0,18	1,26	2,58	2,76	7	88	2
Bt/Btx <sub>1</sub>	4,70	4,15	0,04	0,06	0,02	0,05	0,17	1,06	3,20	3,37	5	86	1
Bt/Btx <sub>2</sub>	4,70	4,15	0,04	0,06	0,01	0,05	0,16	1,06	2,90	3,06	5	87	2

Horizontes	P disponível (mg kg <sup>-1</sup> )	C orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	N (%)	C/N	Ataque sulfúrico (g kg <sup>-1</sup> )				SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ki)	SiO <sub>2</sub> R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Kr)	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>
					SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				
Ap <sub>1</sub>	30,65	9,57	-	-	13,10	10,95	0,33	0,019	2,03	2,00	56,24	56,24
Ap <sub>2</sub>	29,46	8,48	-	-	13,75	11,88	0,33	0,019	1,97	1,93	61,04	61,04
AB	18,91	6,13	-	-	18,17	15,78	0,38	0,012	1,96	1,93	70,76	70,76
BA	1,72	3,15	-	-	20,58	18,07	0,43	0,001	1,94	1,91	72,00	72,00
Bt	1,28	2,86	-	-	21,70	21,88	0,48	0,001	1,69	1,66	78,23	78,23
Bt/Btx <sub>1</sub>	0,71	3,80	-	-	24,12	24,59	1,00	0,001	1,67	1,62	41,86	41,86
Bt/Btx <sub>2</sub>	0,32	3,12	-	-	24,90	25,53	0,83	0,001	1,66	1,62	52,04	52,04



**PERFIL** – 04

**Nº DE CAMPO:** LA2

**DATA** – 19/04/2007

**CLASSIFICAÇÃO** – LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico, textura argilosa

**LOCALIZAÇÃO** – Fazenda Paraíso, talhão 3, lote 06, usina Cachoeira, município de Maceió (AL).  
Coordenadas UTM 25L 0199495 mE e 8953815 mN

**SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** – Trincheira situada em topo de chã, com relevo plano e suave ondulado, sob cultura de cana-de-açúcar.

**LITOLOGIA E CRONOLOGIA** – Terciário. Formação Barreiras.

**MATERIAL ORIGINÁRIO** – Sedimentos argilosos.

**RELEVO LOCAL** – Plano.

**RELEVO REGIONAL** – Plano e suave ondulado.

**EROSÃO** – Não aparente.

**DRENAGEM** – Bem drenado.

**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** – Floresta subperenifólia.

**USO ATUAL** – Cultura de cana-de-açúcar.

### **DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

**Ap** 0-22 cm; bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido) e bruno (10YR 5/3, seco) ; franco-argilo-arenosa; maciça moderadamente coesa e fraca pequena a média blocos subangulares; muito dura, friável, plástica e pegajosa; transição abrupta e ondulada (18-25).

**BA** 22-40 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido), mosqueado pouco, pequeno e distinto vermelho-amarelado (5YR 5/6, úmido); argila; maciça moderadamente coesa e fraca pequena a média blocos subangulares; muito dura, firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

**Bw1** 40 –65 cm; bruno-amarelado (10YR 5/8, úmido); argila; fraca pequena a média blocos subangulares, com partes maciças; muito dura, firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

**Bw2:** 65-110 cm; bruno-amarelado (10YR 5/8, úmido); argila; fraca muito pequena a pequena blocos subangulares; dura, friável, plástica e pegajosa; transição difusa e plana.

**Bw3:** 110-170 cm+; bruno-forte (7,5YR 5/8, úmido); muito argilosa; fraca muito pequena a pequena blocos subangulares, com aspecto maciço poroso; dura, muito friável, plástica e pegajosa.

**RAÍZES:** Muitas no Ap; comuns em BA e Bw3; poucas em Bw1 e Bw2.

**OBS:** 1. Muitos poros em Ap, BA, Bw1, Bw2 e Bw3.

2. No horizonte Ap a estrutura granular e em blocos se concentra na linha do sulco.

3. O mosqueado do BA ocorre de forma esporádica concentrada em determinados pontos.

4. Perfil foi coletado e descrito úmido. A consistência do solo seco foi determinada posteriormente em laboratório, em torrões devidamente preservados.

## Análises Físicas e Químicas

### Perfil – 04

#### Solo – LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico, textura argilosa

Horizontes	Frações da amostra total (%)	Composição granulométrica da terra fina (g kg <sup>-1</sup> )							Densidade (t m <sup>-3</sup> )		Porosidade (%)	
		Calhaus >20mm	Cascalho 20-2mm	TFSA <2mm	Areia grossa 2-0,05 mm	Silte 0,05-0,002m	Argila <0,002 mm	Argila dispersa em água (g kg <sup>-1</sup> )	Grau de flocculação (%)	Silte argila		global
Ap	0-22	0	0,35	99,65	542	117	341	-	-	-	-	-
BA	22-40	0	0,20	99,80	415	40	545	-	-	-	-	-
Bw <sub>1</sub>	40-65	0	0,32	99,68	362	45	593	-	-	-	-	-
Bw <sub>2</sub>	65-110	0	0,28	99,72	366	40	594	-	-	-	-	-
Bw <sub>3</sub>	110-170+	0	0,22	99,78	306	90	604	-	-	-	-	-

Símbolo	Profundidade (cm)	Composição granulométrica da terra fina (g kg <sup>-1</sup> )				Argila dispersa em água (g kg <sup>-1</sup> )	Grau de flocculação (%)	Silte Argils	Densidade (t m <sup>-3</sup> )		Porosidade (%)	S.E m2 g <sup>-1</sup>
		Areia grossa 2-0,02 mm	Areia fina 0,2-0,05 mm	Silte 0,05-0,002m	Argila <0,002 mm				global	partículas		
Ap	0-22	354	188	117	341	256	18	0,46	1,63	2,59	37	32,77
BA	22-32	293	143	91	473	390	20	0,12	1,6	2,63	39	35,47
	32-42	258	143	49	550	442	25	0,03	1,55	2,63	41	36,01
Bw1	42-52	256	128	37	579	463	26	0,05	1,5	2,63	43	33,20
	52-62	265	123	31	581	471	23	0,03	1,46	2,63	44	35,38
	62-72	265	129	24	582	0	100	0,04	1,45	2,56	43	35,04
Bw2	72-82	265	128	23	584	0	100	0,03	1,36	2,59	47	36,28
	82-92	248	135	32	585	0	100	0,03	1,23	2,59	53	35,06
	98-102	254	134	31	581	0	100	0,05	1,24	2,63	53	36,28
Bw3	102-112	235	130	41	594	0	100	0,08	1,25	2,59	52	33,42
	110-170	210	102	83	605	0	100	0,15	1,23	2,63	53	32,00

Horizontes	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol <sub>c</sub> , kg <sup>-1</sup> )							Valor V (%)	PSA (%)	PST (%)	
	Água	KCl 1N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> Al <sup>3+</sup>				Valor T (soma)
Ap	8,20	7,50	0,58	0,46	0,08	0,03	1,15	0,00	0,00	1,15	100	0	3
BA	7,50	6,50	0,34	0,37	0,01	0,02	0,74	0,06	0,10	0,84	88	8	2
Bw <sub>1</sub>	5,70	5,00	0,06	0,24	0,01	0,02	0,33	0,06	1,55	1,88	18	15	1
Bw <sub>2</sub>	4,80	4,20	0,03	0,21	0,00	0,04	0,28	0,51	2,10	2,38	12	65	2
Bw <sub>3</sub>	4,60	4,10	0,01	0,07	0,00	0,00	0,08	0,38	2,15	2,23	4	83	0

Horizontes	P disponível (mg kg <sup>-1</sup> )	C orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	N (%)	C/N	Ataque sulfúrico (g kg <sup>-1</sup> )				SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ki)	SiO <sub>2</sub> R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Kr)	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>
					SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				
Ap	15,32	19,73	-	-	16,36	15,31	1,86	0,075	1,82	1,69	13,96	13,96
BA	2,30	6,13	-	-	22,48	22,18	1,75	0,019	1,72	1,64	21,53	21,53
Bw <sub>1</sub>	0,29	4,62	-	-	24,82	25,65	2,00	0,019	1,64	1,57	21,85	21,85
Bw <sub>2</sub>	0,56	3,71	-	-	24,82	26,12	1,90	0,021	1,62	1,54	23,40	23,40
Bw <sub>3</sub>	0,46	2,97	-	-	25,87	27,14	1,89	0,021	1,62	1,55	24,45	24,45



Perfil 1. ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso abrupto fragipânico



Perfil 2. LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico



Perfil 3. ARGISSOLO ACINZENTADO Distrocoeso fragipânico



Perfil 4. LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico

Figura 11. Foto dos perfis estudados.