

ELIETE SOUSA VILARINHO

**SOLOS E INDICADORES AMBIENTAIS NA REGIÃO DO CANAL CABOCLO
BERNARDO, SUL DO DELTA DO RIO DOCE, ES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2005

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

V697s
Canal
2005

Vilarinho, Eliete Sousa, 1979-
Solos e indicadores ambientais na região do
Caboclo Bernardo, sul do delta do Rio Doce, ES
/ Eliete Sousa Vilarinho. – Viçosa : UFV, 2005.
xi,145f. : il. ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: João Luiz Lani.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 127-138.

1. Solos - Classificação - Doce, Rio (ES). 2. Canais
(Engenharia hidráulica) - Aspectos ambientais. 3. Impacto
ambiental. 4. Sensoriamento remoto. 5. Produtividade
agrícola. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 631.4

ELIETE SOUSA VILARINHO

**SOLOS E INDICADORES AMBIENTAIS NA REGIÃO DO CANAL CABOCLO
BERNARDO, SUL DO DELTA DO RIO DOCE, ES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 06 de junho de 2005.

Prof. Márcio Rocha Francelino
(Conselheiro)

Prof. Júlio César Lima Neves
(Conselheiro)

Prof. Paulo Roberto Antunes Aranha

Prof. Paulo Afonso Ferreira

Prof. João Luiz Lani
(Orientador)

*À Deus e à sua insuperável equipe.
Aos meus pais e irmãos, insubstituíveis, que tanto amo.
A cada um, que das suas vidas permitiram-me participar e aprender um pouco mais.
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Solos, pela oportunidade de desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Empresa Aracruz Celulose, pelo apoio financeiro.

Ao Professor João Luiz Lani pela compreensão, apoio e presença amiga, principalmente nos momentos difíceis.

Através do Professor Márcio Rocha Francelino, agradeço a intensa colaboração para a minha formação, a todos os professores da UFV.

Aos Professores Paulo Afonso Ferreira e Paulo Roberto Antunes Aranha, pela disposição e créditos concedidos ao trabalho.

Pela minha formação universitária, aos professores: João Carlos Ker, pela presença sempre amiga e questionadora; Júlio César Lima Neves, pelo apoio constante; Caetano Marciano de Souza, pelo crédito a mim concedido; Ivo Jucksch e Moacil Alves de Souza, pelas amistosas conversas.

Que todos os funcionários do DPS e DFT, se sintam lembrados e agradecidos, em especial, aos laboratoristas Cláudio Brustolini e Carlos Fonseca, a secretária Luciana de Castro e ao bibliotecário Tião, pela amizade, apoio e salvação em vários momentos.

Aos estagiários Karine, Antônio Carlos e Rodrigo, pela notável dedicação e companheirismo.

Que todos os amigos e colegas se sintam agradecidos, na figura de uma pessoa muito especial, Valmir Rosado, um grande amigo.

A toda equipe do NEPUT, através da Rita.

Aos companheiros de morada, não menos importantes em minha vida: Rosilene Ribeiro, Cláudio Samara, Fernando Freitas, Letúzia de Oliveira, Neuza Passos, Rodolfo Ribas, Hugo Correa, Lorryne Barros, Dona Tereza, Manoel Motta, Sebastião Pelúzio, Gleydson Giordano e Francisco Eden. Cada um a seu modo, mostrou-me parte do caminho para ser uma pessoa um pouco melhor, a cada dia que se passou.

Todos que de forma inesperada, chegaram e mostraram diferentes ângulos da vida, sintam-se lembrados na pessoa de Daniel e Hay.

À grande família “Irmã Sheila” pelo marcante apoio espiritual.

Após tantos anos, agradeço à cidade de Viçosa, que nos pequenos e grandes desafios diários, levou-me à notável amadurecimento.

Obrigada a todos que se foram e aos que irão ficar.

BIOGRAFIA

Eliete Sousa Vilarinho, filha de Ulisses José Vilarinho e Roza Sousa Vilarinho, nasceu em Ituiutaba, Minas Gerais, em 29 de maio de 1979.

Em 2002, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e, nesta mesma instituição, iniciou o mestrado em Solos e Nutrição de Plantas.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1. Vegetação	03
2.2. Cacau	10
2.3. Geologia	15
2.4. Geomorfologia	18
2.5. Solos hidromórficos	20
2.6. Mineralização da matéria orgânica	24
2.7. Solos tiomórficos	28
2.8. Ground-Penetration Radar (GPR)	32
3. MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1. Caracterização da área	35
3.1.1. Localização da área de estudo	35
3.1.1.1. Canal Caboclo Bernardo	35
3.1.2. Clima	37
3.2. Trabalho de campo	39
3.2.1. Ground-Penetrating Radar	42
3.3. Trabalho de escritório	43

3.4. Métodos de análise de solos	44
3.4.1. Análises físicas	44
3.4.2. Análises químicas	45
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1. Solos: aspectos gerais	47
4.2. Descrição das classes de solos e perfis representativos	48
4.2.1. Neossolo Quartzarênico	53
4.2.2. Organossolo	56
4.2.3. Cambissolo Háptico	61
4.2.4. Neossolos Flúvicos	65
4.2.5. Gleissolos	66
4.3. Legenda do mapa	67
4.4. Hidrografia	73
4.5. Solos tiomórficos	76
4.6. Relação solo-água	84
4.7. Radargramas	88
4.8. Efeitos diversos da drenagem	92
4.8.1. Subsidência	96
4.8.2. Efeitos das variações do nível freático	97
4.9. Comportas	102
4.10. Plantas como indicadoras ambientais	109
4.11. Entrevistas	117
5. CONCLUSÕES	125
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
ANEXOS	139

RESUMO

VILARINHO, Eliete Sousa, M.S., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2005. **Solos e indicadores ambientais na região do canal Caboclo Bernardo, delta do rio Doce, ES.** Orientador: João Luiz Lani. Conselheiros: Márcio Rocha Francelino e Júlio César Lima Neves.

O delta do rio Doce, Espírito Santo, consiste num intricado de ambientes de origem eminentemente sedimentar com predominância de solos hidromórficos. Para incentivar o uso agrícola, o Governo Federal por meio do Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), na década de 60 iniciou a drenagem da área sem um conhecimento mais detalhado dos solos ali existentes. Mais recentemente, para solução do problema crônico das secas cíclicas da região devido ao fenômeno “El Nino”, foi executado pelas Prefeituras de Aracruz e Linhares e a empresa Aracruz Celulose, a construção do canal Caboclo Bernardo. Nesta construção foi aproveitado parte dos antigos canais de drenagem abertos pelo DNOS. Alguns proprietários têm relacionado a redução da produtividade dos cacauzeiros e das pastagens, com a abertura do Canal. Segundo eles, o Canal é o responsável pelo abaixamento do nível freático e, conseqüentemente, pela menor disponibilidade subsuperficial de água para as culturas. Com as considerações acima, os objetivos deste trabalho foram: avaliar os impactos ambientais decorrentes da abertura do canal Caboclo Bernardo com ênfase nas propriedades dos solos e na produtividade agro-pastoril das propriedades localizadas na área de influência

do canal; caracterizar e mapear as principais classes de solos da margem sul do delta do rio Doce, estado do Espírito Santo; e identificar o nível freático com o uso do Ground-Penetrating Radar (GPR). Os solos selecionados foram descritos morfologicamente, caracterizadas física e quimicamente. Utilizou-se o Ground-Penetrating Radar (GPR) para a identificação do nível freático e variações da textura do solo. Ao longo dos canais de drenagem mediu-se o pH da água em condição de campo. Utilizou-se imagem atualizada de satélite e seqüência histórica de aerofotos para dar apoio às atividades de campo e posteriormente de escritório. Na região estudada, foram entrevistados os proprietários e moradores (quanto ao histórico de ocupação e uso da terra, assim como possíveis problemas vivenciados pelos produtores quanto ao aspecto agrícola e a influência da drenagem no ambiente da região). As informações obtidas permitiram chegar às seguintes conclusões: a degradação ambiental (subsidência) ocorre desde o início da abertura dos canais de drenagem feita pelo DNOS; a manutenção das comportas não tem sido efetivada; o GPR foi eficiente na identificação da profundidade do nível freático e da textura do solo; a faixa de terras pelo canal Caboclo Bernardo, detectado por esta pesquisa, corresponde apenas a uma pequena parcela da área total de estudo (aproximadamente 5%), 1.157,9 ha; os talhões de cacau apresentam produtividades díspares mesmo estando nas mesmas condições de solo e de outros fatores ambientais; a produtividade do cacau na região parece estar muito mais relacionada com a precipitação pluvial do que com o canal Caboclo Bernardo; ocorre mortandade de peixes em ambientes tiomórficos; as águas do canal Caboclo Bernardo podem “melhorar” as condições das águas tiomórficas (pH < 3,8) após a Comporta da Rodovia BR-101 a Regência, especialmente no período seco (abril a setembro). Foram apresentados, ao final presente trabalho, considerações e recomendações finais sobre o assunto estudado.

ABSTRACT

VILARINHO, Eliete Sousa, M.S., Universidade Federal de Viçosa, June 2005.
Soils and environmental indicators in the “Canal Caboclo Bernardo” region rio Doce delta, ES. Adviser: João Luiz Lani. Committee members: Márcio Rocha Francelino and Júlio César Lima Neves.

The delta of the Doce river, in State of Espírito Santo, consists of an environmental complex from an eminently sedimentary origin with predominance of the hydromorphic soils. In the 60-ies, the Federal Government through the “Departamento Nacional de Obras e Saneamento” (DNOS) began the drainage of the area without a more detailed knowledge about the soils existing there, in order to inciting the agricultural use. In recent years, the town halls of Aracruz and Linhares cities in association with Aracruz Celulose Company accomplished the construction of the Caboclo Bernardo Channel in order to solve the chronic problem of the cyclical droughts in this region due to the phenomenon "El Nino". A part of the old drainage canals opened by DNOS were used in this construction. Some land owners have been relating the reduced productivity of the cocoa trees and pastures to the opening of this channel. They argue that the channel is the responsible for the lowering of the water table level, therefore for the lowest availability of subsurface water for crops. Thus, the following objectives were proposed in this study: to evaluate the environmental impacts of the Caboclo Bernardo Channel opening with emphasis on the soil properties and agriculture-livestock productivity in those

properties located in the channel-influenced area; to characterize and map the main soil classes on southern margin of the Rio Doce delta, State of Espírito Santo; and to identify the water table level, by using the Ground-Penetrating Radar (GPR). The selected soils were morphologically described, as well as physical and chemically characterized. The Ground-Penetrating Radar (GPR) was used for the identification of the water table level and variations in the soil texture. The pH of the water was measured along the drainage canals, under field conditions. Updated satellite image and the historical sequence of aerial photographs were used to supporting the field activities and later the office. In the area under study, the land owners and residents were applied the interview concerning to the occupation report and earth use, as well as the producers' possible problems concerning to the agricultural aspect and the environmental influence of the drainage. According to the results the following conclusions were drawn: the environmental degradation (subsidence) has been occurred since the opening of the drainage canals by DNOS; the maintenance of the floodgates has not been accomplished; GPR was efficient in identifying the level of the water table and the texture of the soil; the land extension by the Caboclo Bernardo Channel detected by this research corresponds to a small portion of the total area under study (around 5%), 1.157.9 that is 1,157.9 ha; the cocoa stands show unequal productivities even when under either the same soil conditions and other environmental factors; the productivity of the regional cocoa tree seems to be much more related to the pluvial precipitation than to Caboclo Bernardo Channel; fish mortality rather occurs under tiomorphic environments; waters of the Caboclo Bernardo Channel might "improve" the conditions of the tiomorphic (pH < 3.8) after the establishment of the Regency floodgate in the BR-101 highway, especially over the dry period (April to September). At the end of the present work, some considerations and final recommendations were presented on the subject under study.

1. INTRODUÇÃO

A região sul do rio Doce, Espírito Santo consiste de uma diversidade de ambientes com diferentes tipos de solos em razão do processo eminentemente de depósitos sedimentares pelas cheias do rio Doce. Um dos fatores que influenciou a formação desses solos foi o hidromorfismo, sendo comum os proprietários adotarem a drenagem como uma prática de uso dos mesmos para a expansão de suas atividades agrícolas.

O próprio Governo Federal, por intermédio do Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), iniciou no final da década de 60 (1968) a drenagem na região, porém sem maiores cuidados técnicos com as condições de solos e do ambiente.

Atualmente a região apresenta dois principais tipos de uso: a pecuária (pastagens), na sua maioria de corte, e a cacauicultura na forma de mata cabrocada, além de outras culturas de menor expressão econômica como, milho feijão, mandioca e outras.

Os canais de drenagem atravessam uma área onde predominam solos de natureza hidromórfica, que estão sujeitos a constantes modificações devido à drenagem, a aplicação de práticas agropecuárias inadequadas e como consequência a perda da turfa nos Organossolos e o surgimento de pragas no solo. A presença de horizonte subsuperficial arenoso em quase toda sua extensão, associado com algumas áreas tiomórficas (presença de sulfetos), são outros complicadores que dificultam ainda mais o manejo adequado daquele ambiente.

A ocorrência de secas cíclicas no Espírito Santo, inclusive na região do delta do rio Doce, área de alta disponibilidade hídrica, tem prejudicado o abastecimento de água para as populações locais e para as atividades agropecuárias e industriais. Essas secas são decorrentes de fenômenos naturais (El Niño) ligados à distribuição irregular das chuvas (Declaração de Impacto Ambiental, 1999).

Objetivando solucionar esse problema, ou seja, melhorar a distribuição da disponibilidade hídrica concentrada no rio Doce, a Empresa Aracruz Celulose S.A. em parceria com as Prefeituras de Aracruz e Linhares, construíram um canal de derivação denominado Caboclo Bernardo (CCB), que juntamente com as estruturas de drenagens já existentes, construídas pelo extinto DNOS – Departamento Nacional de Obras e Saneamento, exerce a função dupla de drenagem e adução aberta de água.

Por outro lado, alguns produtores da região têm relacionado à redução da produtividade dos seus cacauzeiros e das pastagens com a reativação dos antigos canais, que, segundo eles, é o responsável pelo abaixamento do nível freático e, conseqüentemente, pela menor disponibilidade subsuperficial de água para as culturas.

Este estudo teve por objetivos:

- Avaliar os impactos ambientais decorrentes da abertura do canal Caboclo Bernardo com ênfase nas propriedades dos solos e na produtividade agro-pastoril das propriedades localizadas na área de influência do canal;
- Caracterizar e mapear as principais classes de solos da margem sul do delta do rio Doce, estado do Espírito Santo;
- Identificar o nível freático com o uso do Ground-Penetrating Radar (GPR).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área

3.1.1. Localização da área de estudo

Está localizada na margem sul do delta do rio Doce, envolvendo partes dos municípios de Linhares e Aracruz, no Estado do Espírito Santo, com ênfase na faixa de influência de drenagem do Canal Caboclo Bernardo, que totaliza 21.681 ha (Figura 18).

3.1.1.1. Canal Caboclo Bernardo

O que viabilizou a construção do Canal Caboclo Bernardo (CCB) foi o “Projeto de Aumento da Disponibilidade Hídrica nas Várzeas do rio Riacho nos Municípios de Aracruz e Linhares”, realizado pela Prefeitura Municipal de Aracruz em parceria com a Prefeitura de Linhares e a Empresa Aracruz Celulose S.A., como uma das alternativas para a solução do problema crônico de secas cíclicas na região.

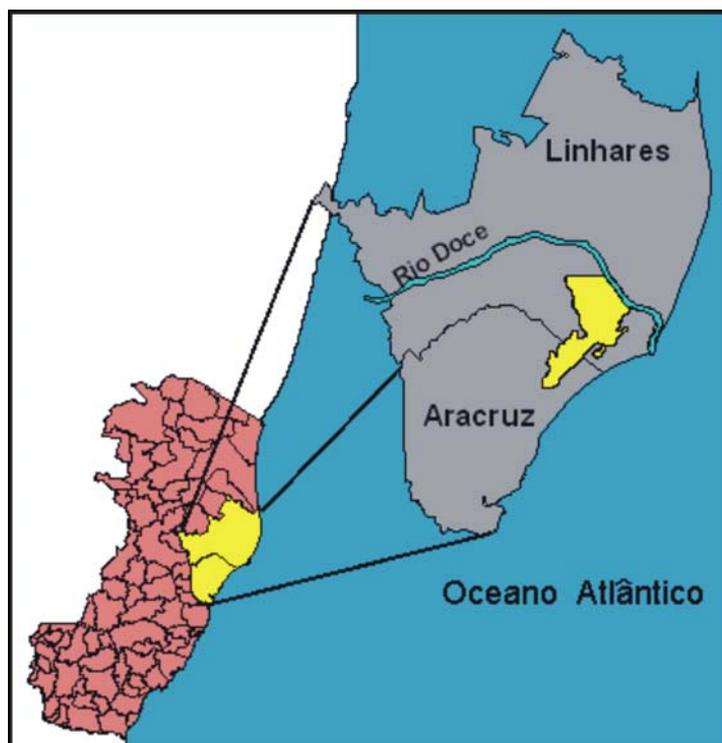


Figura 18. Localização da área de estudo compreendida na margem sul do delta do rio Doce, Espírito Santo.

Foi executada uma derivação de água do rio Doce em um ponto localizado na Fazenda Monterrey, próximo à divisa com a Fazenda Maria Bonita a cerca de 16 km a montante da foz do rio Doce, onde a cota do fundo do rio Doce está mais alta do que a cota da região, permitindo assim a adução da água por gravidade. A tomada d'água foi ligada por um novo canal com 2 km de extensão até o Canal Bananal do Sul, executado pelo DNOS, em 1984.

O Canal Bananal do Sul, o qual desemboca no rio Comboios, foi aproveitado para uma derivação até o Canal C3 (executado pelo DNOS em 1972), restabelecendo uma antiga ligação fechada por assoreamento desde 1986. Desta forma, foi estabelecido um fluxo das águas aduzidas do rio Doce, controlado por comportas, que permite que parcela deste, seja direcionado ao rio Comboios e a outra parcela, de maior vazão, seja dirigida ao Canal C3. O Canal C3 é um prosseguimento do Canal C5, também executado pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), em 1970. O Canal C5, por sua vez, alimenta o rio Riacho, onde está localizada uma barragem

móvel de comportas manobráveis, que foram executadas para evitar a penetração da água do mar na bacia do rio Riacho.

Este percurso das águas do rio Doce, que são aduzidas desde a tomada até a foz do rio Riacho, é de aproximadamente 50 km, sendo denominado como Canal Caboclo Bernardo.

Em seu trajeto em direção ao mar, este canal de adução margeia a face leste do Centro Industrial da Orla, município de Aracruz, com vazão média estimada de $5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, no principal manancial disponível para o abastecimento das atividades industriais do Centro Industrial da Orla, como preconizado pelos objetivos que determinavam a viabilidade de sua execução.

O projeto foi conceituado como um processo de aumento da disponibilidade hídrica natural, a partir da adução de água do rio Doce, combinada com utilização dos canais de drenagem do antigo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS).

Para atendimento das necessidades do município de Aracruz, tomou-se por base a Portaria nº 210 de 22/02/1974, expedida pelo Ministério de Minas e Energia, que autoriza uma captação de até $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ em associação com a Aracruz Celulose S. A. Os canais que foram utilizados são os mesmos construídos pelo DNOS e que foram adaptados (limpeza e desassoreamento) para satisfazer a demanda nos períodos de secas e durante as enchentes.

Este projeto previu a execução apenas 4 km de novos canais, os demais 46 km foram executados há mais de 20 anos, que estavam parcialmente assoreados por falta de manutenção e abandono. Parte destes canais pode ser observada na Figura 19 e no croqui do mesmo (Figura 20).

3.1.2. Clima

As frentes frias que atingem e cruzam o Espírito Santo, apenas em certos períodos do ano, são as geradoras das precipitações de longa duração. Porém, a maior parte dessas frentes desvia-se para o mar antes de atingirem o norte do Estado. Isto faz com que a região sofra constantes estiagens (intranuais) e secas (interanuais). As séries de dados hidrológicos associadas à análise das cartas meteorológicas cinóticas revelam de forma categórica a existência deste fenômeno, caracterizando a sua ciclicidade, um comportamento que vem se confirmando através das séries históricas hidrológicas.

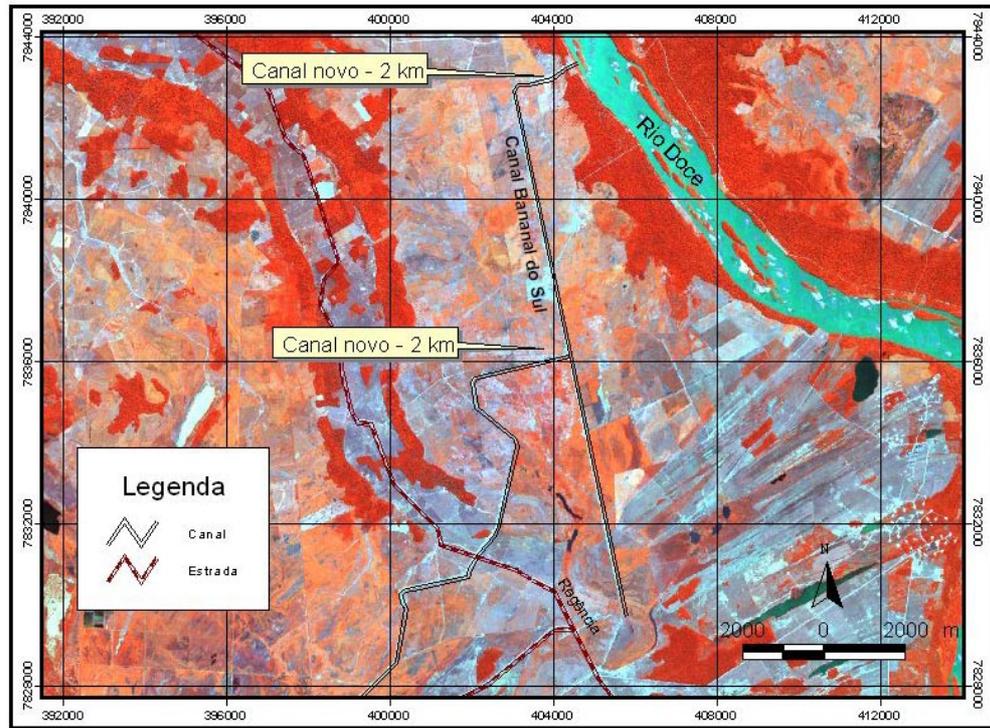


Figura 19. Imagem de satélite ASTER com localização de parte dos canais de adução e drenagem.

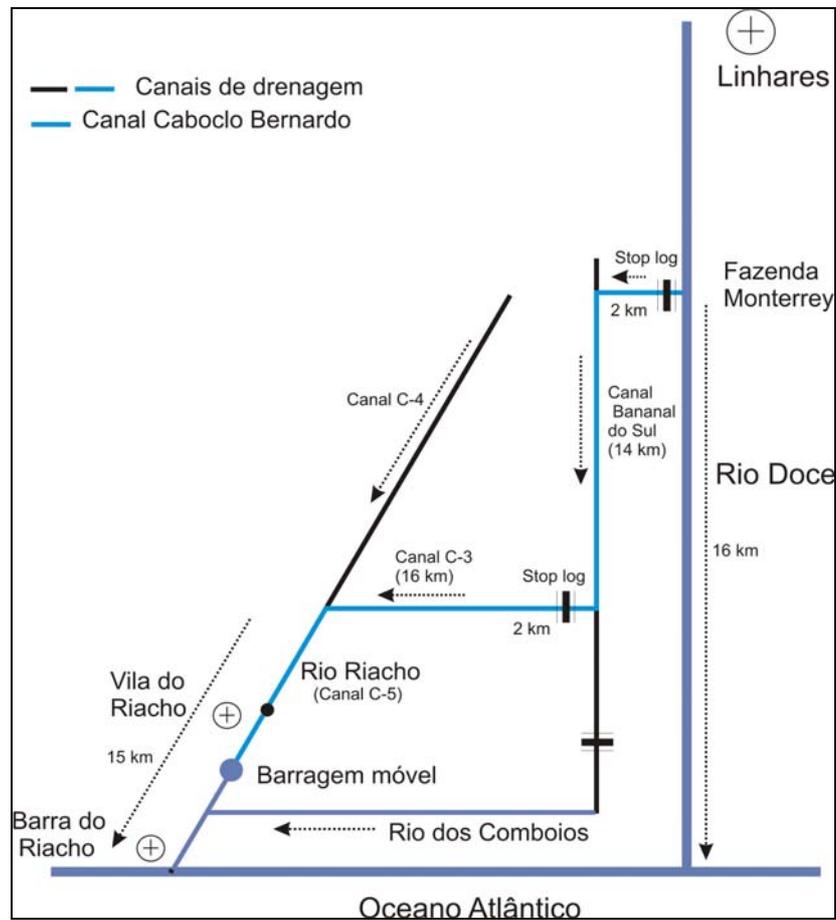


Figura 20. Esquema de captação de água do rio Doce pelo Canal Caboclo Bernardo.

O clima pode ser enquadrado no tipo pseudoequatorial (“W” da classificação de Köppen) (DECLARAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL, 1999). A região encontra-se em uma zona caracterizada por chuvas tropicais de verão com estação seca durante o outono e inverno, porém, mesmo na estação seca, pode ser perturbada por precipitações frontais de descargas devidas ao ar polar. Disso resulta um regime pluvial semelhante ao equatorial, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, fato que se reflete na vegetação do Baixo Vale do rio Doce, lembrando a floresta amazônica (ANDRADE, 1964). A temperatura média anual é de 23°C e a média das máximas é de 31,4°C enquanto que a média das mínimas atingem valores de 16,2°C (Quadro 6) (EMCAPA, 1986).

Quadro 6. Características climáticas da região do delta do rio Doce (Estação do Vale do Suruaca)

Características	Valores
Temperatura média das máximas (°C)	31,4
Temperatura média das mínimas (°C)	16,2
Índice de umidade no verão (PP/ETP) (dez. a fev.)	0,98
Índice de umidade no inverno (junho a agosto)	0,65
Período seco (agosto)	1
Período úmido (outubro a dezembro)	3
Déficit hídrico anual (mm)	217

PP – precipitação pluviométrica; ETP– evapotranspiração.
 Fonte: EMCAPA, 1986.

3.2. Trabalho de campo

A escolha dos pontos de amostragem levou em consideração principalmente o tipo de solo, uso, ocorrências ambientais e posição em relação à possível área de influência da drenagem em estudo.

Na execução do trabalho de campo, praticamente toda a área foi percorrida. As coordenadas geográficas (GPS – Global System Position) foram coletadas utilizando aparelho receptor GPS modelo Etrex vista, da Garmin, com a finalidade de georreferenciar os pontos de observação e as fotos

terrestres. Foram utilizadas imagens atualizadas de satélite (ASTER e LANDSAT) e de aerofotos para dar apoio às atividades de campo e de escritório. Durante a execução dos transectos, os locais escolhidos foram classificados quanto ao tipo de solo, amostrados, georreferenciados e fotografados as paisagens com o intuito de identificar o padrão da vegetação e da configuração visual das unidades no campo. As observações, os roteiros e a identificação das posições pelo GPS foram, em seguida, transpostos para imagem de satélite (Figura 21 e Quadro 7).

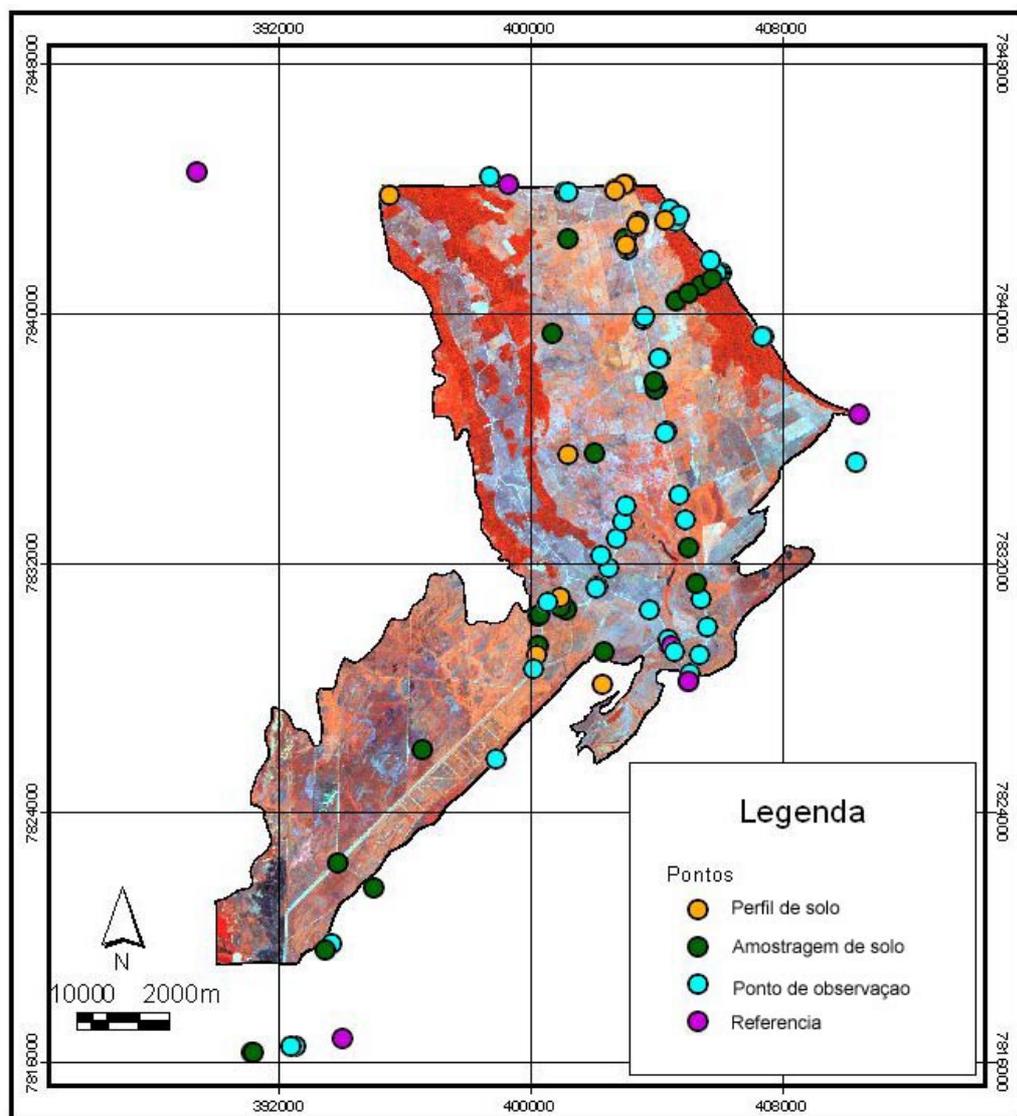


Figura 21. Distribuição dos pontos observados na área de estudo.

Quadro 7. Caracterização de legenda da Figura 21

Perfil	Pontos de abertura de trincheiras, descrição de perfil e coleta de amostras de solos
Amostragem	Reconhecimento por tradagem e amostras de água para leitura de pH
Pontos de observação	Locais onde se efetuou análise mais detalhada da paisagem
Referência	Pontos com acidentes naturais ou construção e outros que servissem de ponto de controle para o georreferenciamento das imagens.

A dificuldade de acesso mais intenso, a não disponibilidade de uma base aerofotográfica mais adequada para toda a área, e não raro a complexidade de distribuição dos solos sempre esperada para as áreas aluviais, levaram ao estabelecimento de algumas associações como unidades de mapeamento.

Os perfis foram descritos como definido em LEMOS & SANTOS (2002), e coletadas amostras de solo para análises laboratoriais em todos os horizontes ou camadas identificadas. As amostras indeformadas foram coletadas com o anel volumétrico tipo Kopecky.

Nos locais de coleta de água e solos, foram realizadas entrevistas informais com moradores da região com as quais se buscou obter informações sobre o histórico de ocupação e uso da terra, assim como possíveis problemas vivenciados pelos produtores quanto ao aspecto agrícola. O objetivo destas informações foi relacionar com as características dos solos e da água.

Foi utilizado para complementação de informações, um Relatório de Produtividade na Agropecuária (1999) que registra a opinião dos fazendeiros da região sobre a abertura do canal Caboclo Bernardo e a passagem deste por suas terras.

Na Figura 21 estão plotados todos os pontos levantados, sendo que cada tipologia está detalhada no Quadro 7.

3.2.1. Ground-Penetrating Radar

Foi utilizando o radar de penetração no solo (Ground-Penetrating Radar - GPR) modelo Mala Ramac, com antenas de 100 MHz, com espaçamento entre pontos de amostragem de 0,20 metros. As antenas foram orientadas perpendicularmente à direção dos perfis. Na obtenção dos perfis (13 ao total), os dados foram coletados de maneira sequencial. As antenas foram montadas sobre um suporte que era transportado manualmente por dois auxiliares (Figura 22). Todos os transectos percorridos foram registrados em GPS de navegação (Etrex Visa da Garmin).



Figura 22. Obtenção dos perfis com GPR (Ground – Penetrating Radar).

O método baseia-se na emissão de um pulso eletromagnético para o subsolo através de uma antena transmissora, Tx. O sinal emitido sofre reflexões, refrações e difrações em discontinuidades presentes no meio de propagação e é então, captado ao retornar à superfície, por uma antena receptora, Rx.

Os trabalhos de campo, laboratório e escritório encontram-se esquematizados na Figura 23.

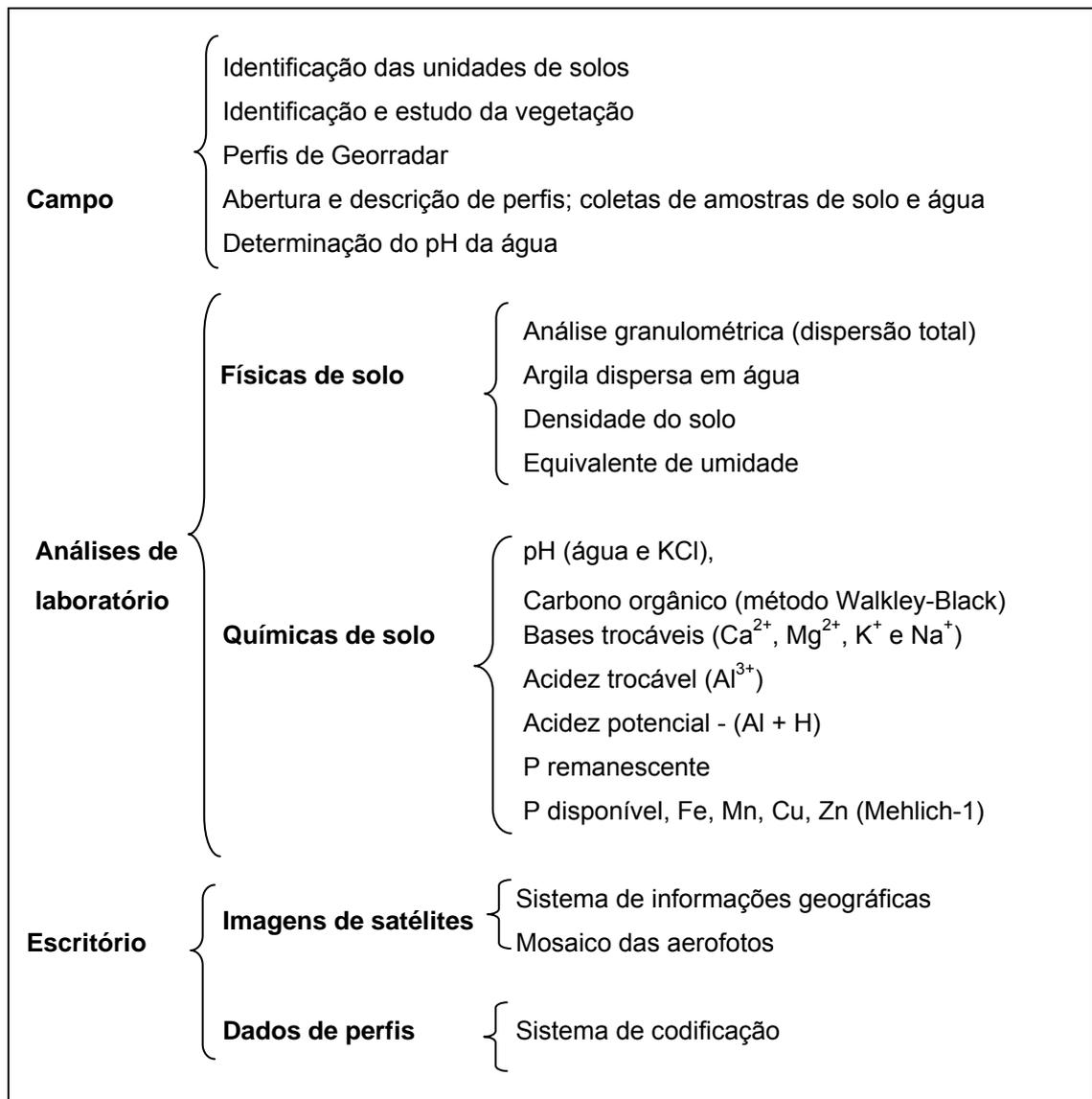


Figura 23. Síntese dos trabalhos realizados a campo e no escritório.

3.3. Trabalho de escritório

Foram elaborados blocos-diagramas com o objetivo de representar determinados aspectos da região. A montagem dos blocos foi baseada em intensa caminhada na área de estudo, anotações de campo, fotografias e imagens de satélite.

Foram associadas às figuras esquemáticas, as fotografias do local descrito que se mostraram mais representativas. Algumas áreas possuem um micro-relevo caracterizado por uma diferença de nível pequena, como, por exemplo, uma variação de aproximadamente 1 m. Para a representação de relevos semelhantes nos blocos, foi necessário realçar a diferença de nível no

desenho esquemático. Quanto a esse aspecto, a informação real de campo foi associada às fotografias e citações no texto.

Foi confeccionado um banco de dados com todas as informações obtidas no campo, no laboratório e em levantamento bibliográfico em literatura especializada, utilizando-se também de um outro com dados alfanuméricos espacialmente relacionados com a área de estudo e gerenciado por uma planilha do Microsoft Office Excel.

Pela interpretação das imagens de satélites e das fotos aéreas, auxiliado por informações de campo e laboratório, foi elaborado o mapa das unidades de solo na escala 1:35.000, no formato shapefile.

As imagens de satélite utilizadas foram:

- ASTER, de 21/4/2001 ortorretificada, composição colorida 3-4-5, com 15 metros de resolução espacial;
- LANDSAT 7, de 26/05/2002, com composição colorida 3-4-5, de 30 metros de resolução espacial.

3.4. Métodos de análise de solos

Os atributos físicos e químicos que compõem as amostras extras e de perfis representativos das classes dos solos constatadas na área de estudo, foram determinados segundo as metodologias comuns de caracterização de solos, preconizadas pelo Centro Nacional de Pesquisas de Solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA-CNPS). A relação dos atributos analisados, bem como a síntese da metodologia empregada na sua caracterização, são sintetizados a seguir. As metodologias completas constam no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1999).

3.4.1. Análises físicas

Análise granulométrica – Dispersão com NaOH 0,1 mol.L⁻¹ e agitação de alta rotação durante quinze minutos. Areia grossa e areia fina foram separadas por tamisação em peneiras de malha 0,2 mm e 0,053 mm, respectivamente. A argila foi determinada pelo método da pipeta e o silte obtido por diferença.

Argila dispersa em água – Determinada pelo método da pipeta, como na determinação de argila total, sendo usada a alta rotação e unicamente água destilada para dispersão.

Grau de flocculação – Calculado segundo a fórmula:

$$GF = \left[\frac{100(\text{Arg.Total} - \text{Arg.Disp.Água})}{\text{Arg.Total}} \right]$$

3.4.2. Análises químicas

pH em água e KCl 1 mol L⁻¹ – Determinados potenciométricamente na suspensão solo-líquido de 1:2,5, com tempo de contato não inferior a uma hora e agitação da suspensão imediatamente antes da leitura.

pH da água no campo – Determinados diretamente na amostra de água por meio de um potenciômetro de campo.

Carbono Orgânico – Determinado através da oxidação da matéria orgânica pelo bicromato de potássio 0,4 mol L⁻¹ em meio sulfúrico e titulação pelo sulfato ferroso 0,1 mol L⁻¹.

Fósforo disponível – Extraído com solução de HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹ (Mehlich-1), na relação de solo:extrator de 1:10 e determinado colorimetricamente em presença do ácido ascórbico.

Cálcio e magnésio trocáveis – Extraídos com solução de KCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹, na relação de solo:extrator de 1:10 e determinados por espectrometria de absorção atômica.

Potássio e sódio trocáveis – Extraídos com solução de HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹ (Mehlich-1), na relação de solo:extrator de 1:10 e determinados por fotometria de emissão chama.

Valor S (soma de bases trocáveis) – Calculado pela fórmula: Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺.

Acidez potencial (H + Al) – Extraída com solução de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ ajustada a pH 7 na relação de solo:extrator de 1:15. Determinada por titulação com solução de NaOH 0,0606 mol L⁻¹.

Acidez trocável Al³⁺ – Extraído com solução de KCl 1 mol L⁻¹ na relação de solo:extrator de 1:10 e determinado pela titulação de acidez com NaOH 0,025 mol L⁻¹;

Capacidade efetiva de troca de cátions (CTC ef = Valor t) – Calculado pela fórmula:

$$t = [ValorS + Al^{3+}]$$

Capacidade de troca de cátions a pH 7 (CTC pH 7 = Valor T) – Calculado pela fórmula:

$$T = [ValorS + (H + Al)]$$

Valor V (Saturação por bases - V) – Calculado pela fórmula:

$$V = 100 \times \left(\frac{ValorS}{ValorT} \right), \text{ expresso em \%}.$$

Saturação por alumínio (m) – Calculada pela fórmula:

$$m = \left[100 \times \frac{Al^{3+}}{(ValorS + Al^{3+})} \right], \text{ expresso em \%}.$$

Ao analisar conjuntamente os radargramas das demais linhas que compõem este perfil (linhas 2 e 3), constatou-se que o nível freático encontra-se mais superficial à medida que se aproxima do canal, partindo de uma profundidade de 4 metros a 250 m de distância do canal, para menos de 2 metros na borda do mesmo (Figura 57).

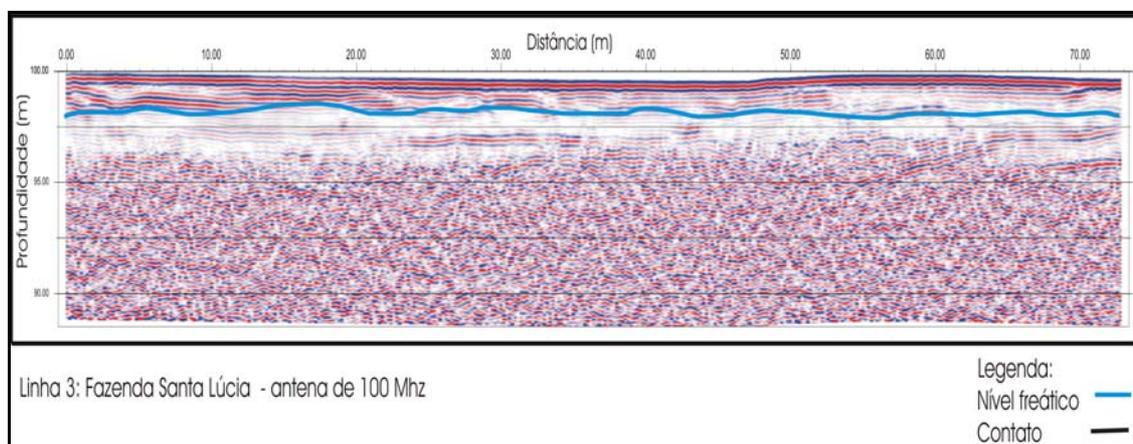


Figura 57. Radargrama da linha 3.

Já em área de solos mais argilosos, Fazenda Guayanazes, o nível freático sai de 2 metros para 1,3 metros (Figura 58) no mesmo intervalo de 250 metros. Nos solos com camada argilosa superficial, o nível freático encontra-se abaixo desta camada, mais especificamente na interface com a camada mais arenosa.

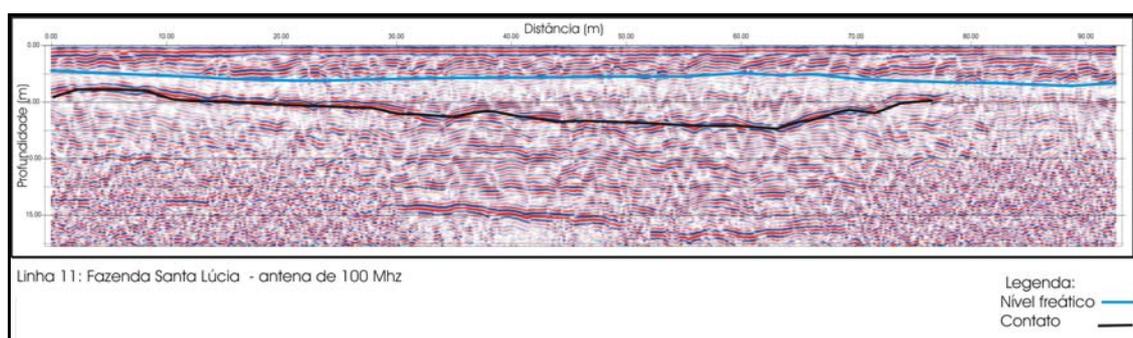


Figura 58. Radargrama da linha 11. A linha azul identifica o nível do lençol freático.

Deve-se ressaltar que a profundidade do lençol do lençol freático oscila influenciada principalmente pela dinâmica pluviométrica e que, muito embora não existam dados suficientes de testemunhos de perfil abertos que permitam

uma correlação direta entre o refletor identificado com as hipóteses sugeridas, o modelo exposto reflete bem o momento climático na época do levantamento, que foi na primeira quinzena de outubro de 2004, ou seja, no final do período seco.

O radargrama indica que o gradiente hidráulico é provavelmente condicionado pelo canal até uma distância de 150 metros da borda do mesmo. Esse valor varia pouco devido à presença da camada arenosa subsuperficial em quase todos os solos.

O equipamento foi sensível à variação textural presente nos solos da área. Os solos arenosos apresentam uma condutividade elétrica relativamente baixa, favorecendo a obtenção de um sinal claro e distinto da camada argilosa. Nas áreas de solos arenosos (ambientes eletricamente resistivos) o GPR apresentou um ótimo desempenho, com bom aprofundamento do sinal e diferenciação de camadas. Entretanto, em terrenos eletricamente condutivos (solos argilosos em geral) ocorre uma baixa penetração da onda eletromagnética em função da forte atenuação sofrida.

A interface do paleocanal (arenoso) com sua antiga borda (argilosa) é um bom exemplo desta variação (Figura 59).

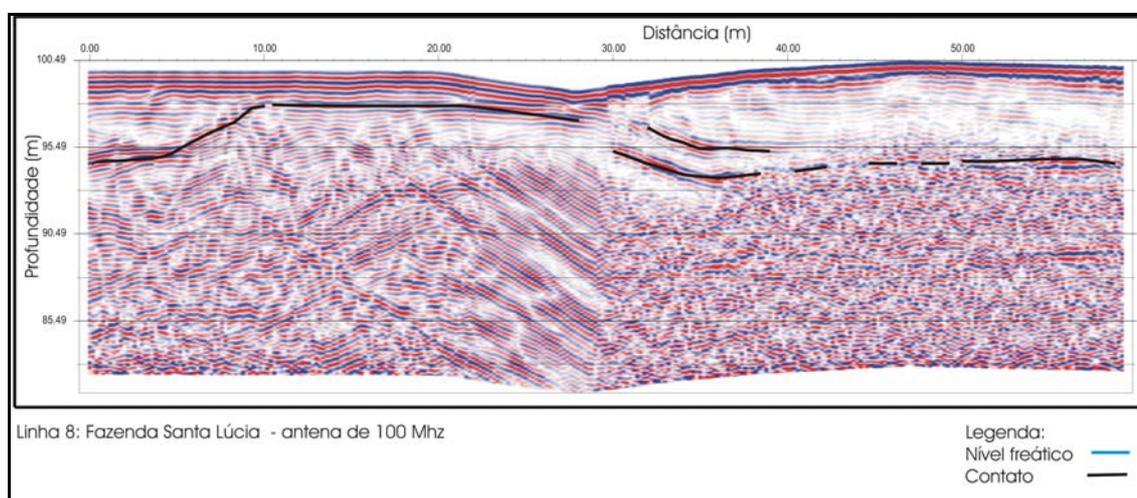


Figura 59. Radargrama da linha 8. Lado esquerdo: material arenoso (antigo paleocanal); lado direito: material argiloso; no centro: falha geológica.

Os registros na linha 8 indicam a presença de dois pacotes extremamente distintos, cuja interface está presente a 30 metros do seu início. Neste caso o pacote do lado esquerdo é constituído por sedimentos arenosos e

o da direita de argilosos. A transição é abrupta e também se pode observar a estratificação diagonal em cerca de 45° na camada arenosa.

4.8. Efeitos diversos da drenagem

Em razão dos problemas ambientais relacionados com os solos da região estudada, tanto do aspecto químico como físico, estarem estreitamente ligados à água, seja pelo seu excesso ou escassez, o controle do nível freático requer decisões técnicas bem embasadas.

A partir de 1968 quando o DNOS iniciou a construção dos canais de drenagem na região sem, no entanto, construir as comportas necessárias para controlar a altura do nível freático, proporcionou o surgimento de problemas ambientais relacionados com a drenagem excessiva na área das várzeas do delta do rio Doce.

O controle da dinâmica da água subterrânea na região possui um elemento complicador que é a presença de camada subsuperficial arenosa, de profundidade variada, que foi verificada através da abertura de trincheiras e confirmada pelos radargramas discutidos no item anterior. A Figura 60 esquematiza a constituição de um perfil de Cambissolo Háplico presente na área. Pode-se observar a existência de horizonte mosqueado, que indica variação da altura do nível freático, antecedendo o horizonte arenoso a partir de 90 cm de profundidade, que também pode ser verificado na Figura 61 F e Quadro 20.

As fotos (Figura 61) foram obtidas em pleno período chuvoso e pode-se observar um grande fluxo de drenagem. Trata-se de um canal secundário na área de transição do substrato arenoso (paleocanal do rio Doce) com o argiloso (Cambissolo Háplico).

A presença deste horizonte arenoso (areia grossa) em camadas profundas ocasiona aumento da condutividade hidráulica do substrato, independente da constituição granulométrica dos horizontes mais superficiais. Porém, mesmo nestas condições, conforme aumenta a distância do canal ocorre uma diminuição da contribuição do fluxo do lençol freático para o dreno, havendo uma tendência de equilíbrio. Ou seja, a maior parte do fluxo total de água que segue para o dreno é quase toda de uma região próxima dele.

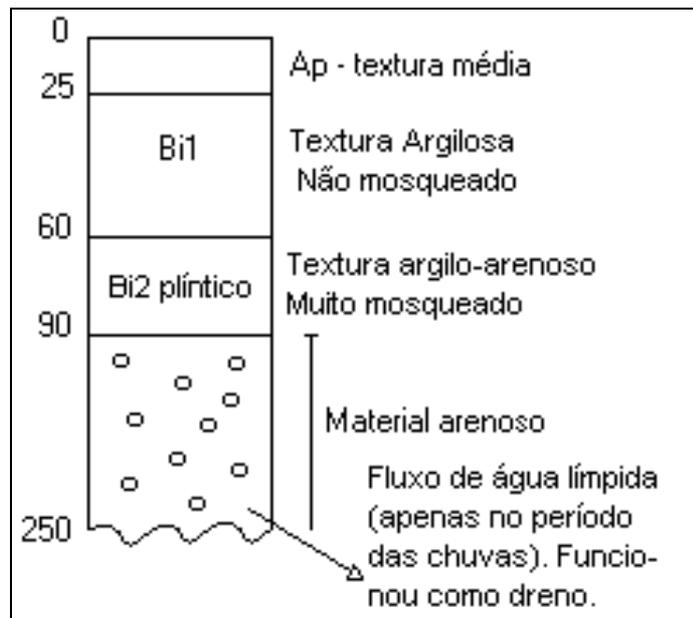


Figura 60. Esquema representativo de um perfil de Cambissolo Háplico da área em estudo demonstrando os diferentes tipos de textura dos solos ao longo do perfil.

O comportamento e os efeitos da drenagem, no entanto, variam conforme cada classe de solo. Quando os Organossolos são drenados com drenos abertos, como é o caso na área de estudo, além da instabilidade de seus taludes laterais, dificultando a mecanização (dragagem), estes são freqüentemente destruídos pelo desenvolvimento de plantas aquáticas, devido ao eutrofismo do meio (BOELTER, 1972).

Com dreno aberto a drenagem é acelerada a partir da superfície ou horizontes próximos à superfície, mas tem pouca influência sobre o nível freático com o aumento da distância a partir do canal.

Para o caso em estudo, boa parte do Canal Caboclo Bernardo corta área de domínio de Organossolos, Cambissolos e Gleissolos, porém, levando-se em conta à existência da camada subsuperficial arenosa e o comportamento do nível freático verificado nos radargramas, pode-se considerar que a área de influência direta do canal não ultrapassaria 150 metros de cada lado do mesmo. Utilizando-se comando específico do SIG, gerou-se um *buffer* em torno do canal que compreendesse o espaçamento considerado (Figura 62) e determinou-se a área total relativa que estaria sendo afetada pelo canal, totalizando aproximadamente 1.258 ha, o que corresponde à apenas 6% da área total (Quadro 21).

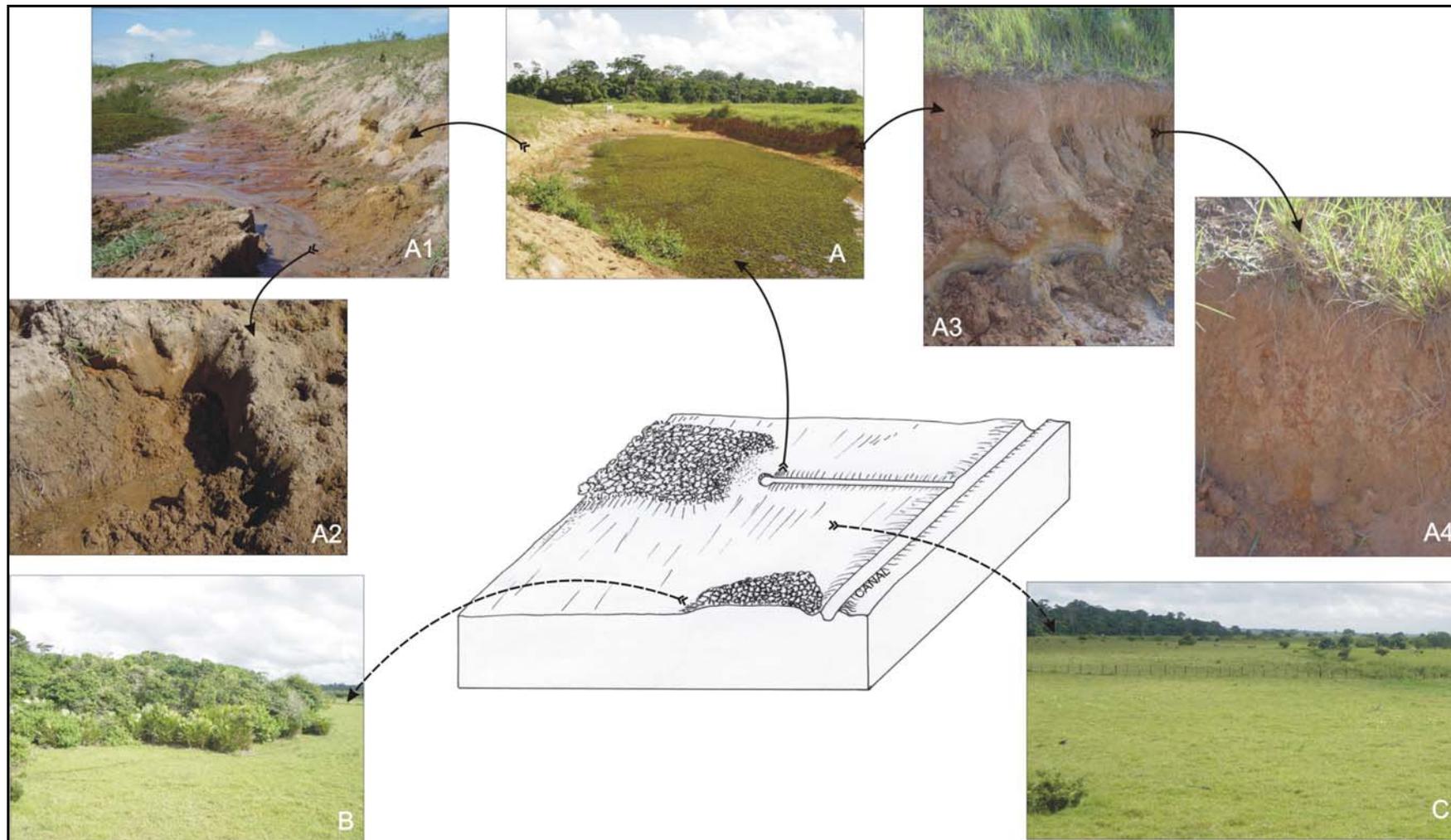


Figura 61. Bloco-diagrama de um canal secundário do canal Caboclo Bernardo, próximo à ponte da estrada municipal Bebedouro/Regência. Veja Quadro 20.

Quadro 20. Descrição detalhada da Figura 61

Foto	Comentário
A	Início do canal secundário. Ênfase na drenagem do solo;
A1	Talude esquerdo: solo arenoso;
A2	Detalhe dos veios de água.
A3	Talude direito: solo argiloso com mosqueamento;
A4	Detalhe do mosqueamento;
B	Ilha de mata de restinga;
C	Ao fundo, percepção do aclave do solo. Junto à mata, o início do canal secundário;

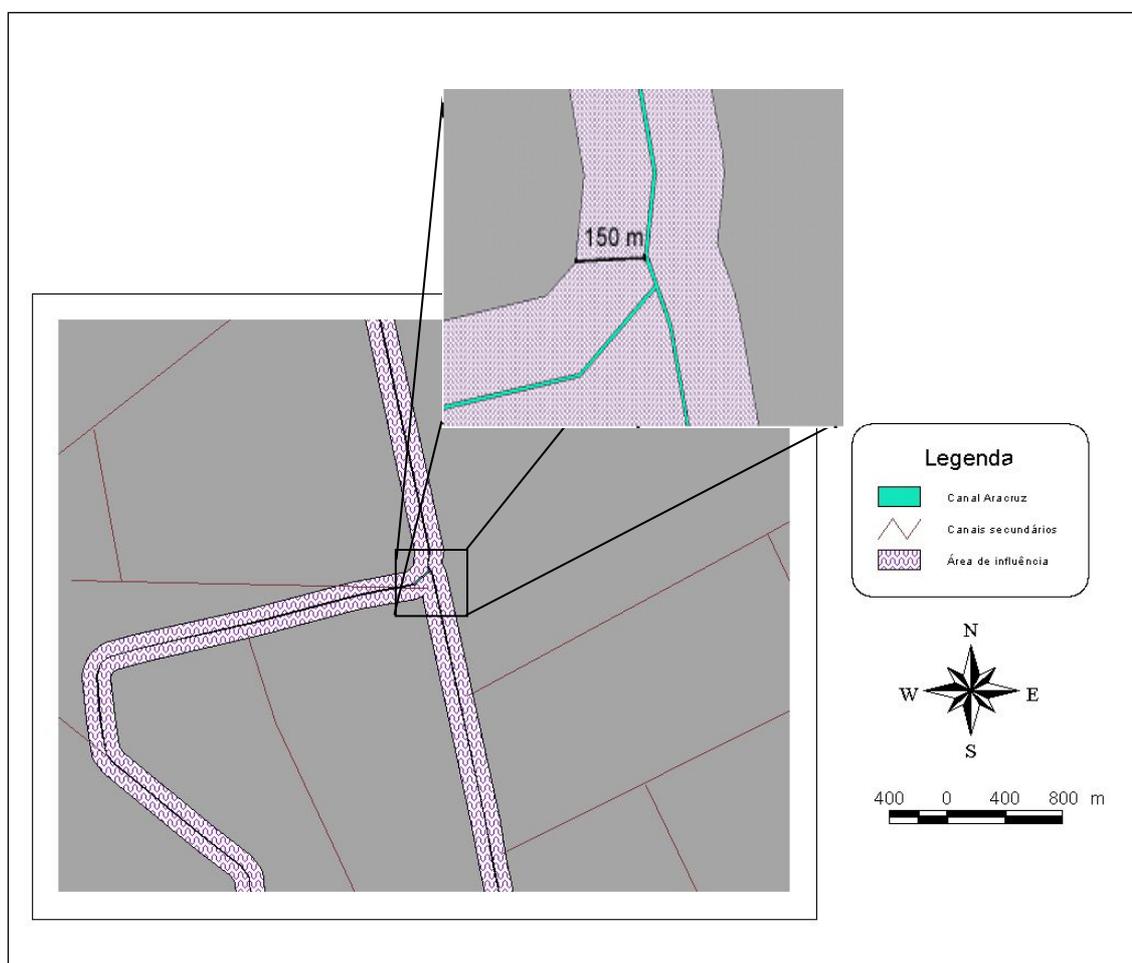


Figura 62. Área (*buffer*) estimada de influência do Canal Caboclo Bernardo.

Quadro 21. Unidades de mapeamento de solo afetada pelo canal de drenagem Caboclo Bernardo

Unidade	Área (ha)
CXd1	32,0
CXd2	48,7
CXe	143,2
GM1	59,6
GM2	144,5
OX1	71,1
OX2	170,4
OX3	300,0
OX4	135,9
RQ2	90,3
RQ3	42,7
RU	19,6
TOTAL	1.257,9

4.8.1. Subsidiência

SEGEREN e SMITS (1982) encontraram estreita relação entre o a altura do nível freático e o processo de subsidiência (Quadro 22).

As causas da subsidiência podem ser assim resumidas:

- contração das camadas superiores por dissecação;
- mineralização da matéria orgânica;
- compressão das camadas sob o lençol freático.

Quadro 22. Relação entre o nível freático e a subsidiência

Nível freático médio (cm)	Subsidiência média (cm.ano ⁻¹)
30	1,5
45	2,7
60	3,7
75	4,5
90	5,7

Fonte: SEGEREN e SMITS (1982).

Com a subsidência, vários problemas têm surgido tais como o aparecimento de pragas como o “mofofô” ou “pão-de-galinha” (*Eutheola humilis* Burm), praga de solo, cujas larvas alimentam-se de matéria orgânica, e na falta desta, pela subsidência do horizonte orgânico, têm se alimentado de raízes das pastagens, principalmente da brachiaria (Figura 63).



Figura 63. Pastagem degradada com presença de “cabeçuda” e “vassoura”, em razão da drenagem excessiva.

4.8.2. Efeitos das variações do nível freático

O nível freático influi indiretamente no desenvolvimento vegetal, pois determina às condições de umidade do perfil, das condições de aeração e nas propriedades térmicas do solo (CRUCIANI, 1980). Para o sistema radicular das gramíneas, que atinge uma profundidade média de 20 cm, o nível freático deverá ser de no mínimo de 40 cm quando associado com irrigação superficial (por aspersão) (STEPHEN, 1956).

O abaixamento do nível freático além do alcance das raízes das gramíneas (pelo menos em alguns períodos), é decorrente da drenagem e, ou do prolongamento de secas sazonais, afetando uma das principais atividades econômicas da região: a pecuária.

Numa coletânea de perfis de solos da região do Delta do rio Doce fez-se um banco de dados, do qual foram selecionados os perfis que

apresentavam em pelo menos um dos horizontes, indicadores de hidromorfismo, como gleizamento e mosqueamento.

O gleizamento ocorre em ambientes fortemente influenciados pelo nível freático (ambiente redutor) isto é, virtualmente livres de oxigênio dissolvido em razão da saturação por água durante todo ano, ou pelo menos por um longo período, associada à demanda de oxigênio pela atividade biológica. Caracteriza-se pela redução de ferro e prevalência do estado reduzido, no todo ou em parte, devido principalmente à água estagnada, como evidenciado por cores neutras ou próximas de neutras na matriz do horizonte, com ou sem mosqueados de cores mais vivas (EMBRAPA, 1999).

Quadro 23. Identificação dos perfis utilizados para a confecção da Figura 64

Nº	Perfil	Classificação SBCS (1999)	Uso	Localização
1	RD P65*	Cambissolo Háplico Tb distrófico gleico	Cacau de aspecto vegetativo regular	20 Km de Linhares, indo para Povoação. Linhares, ES.
2	EMBR P35	Neossolo Flúvico Tb eutrófico	Milho, cacau e banana	Fazenda Guayanazes, talhão de cacau caton, margem direita da estrada BR-101 de Linhares a Vitória, a 120 metros da margem do rio Doce. Linhares, ES.
3	BR PBA-I-35	Neossolo Flúvico Tb distrófico	Milho, cacau e banana	Fazenda Experimental Guayanazes, talhão de cacau catongo margem direita da estrada BR-5 de Linhares-Vitória, a 120 metros de margem direita do rio Doce. Linhares, ES.
4	BR P22	Neossolo Flúvico Tb eutrófico gleico	Milho, cacau e banana	Estação Experimental de Linhares. Linhares, ES.
5	Lani, PI	Neossolo Flúvico Tb eutrófico gleico	Cacau, banana e capim braquiária	Linhares sentido Bebedouro, entrar à esquerda sentido Regência, percorrer por 16 Km, entrar por 9 Km. Linhares, ES.

BR - BRASIL, 1970; EMBR - EMBRAPA 1978; Lani, J.L. 2001; Campo – Perfil descrito neste trabalho; RD - RADAMBRASIL, 1987; IV RCC - EMBRAPA, 1994. *P – Perfil número.

Quadro 24. Identificação dos perfis utilizados para a confecção da Figura 65

Nº	Perfil	Classe Atual (SBCS, 1999)	Uso	Localização
1	RD P69	Gleissolo Melânico distrófico tiomórfico em profundidade	Pastagem natural	A 56 Km de Linhares, na estrada para a lagoa Suruaca, lado esquerdo, entrando-se 600m na várzea. Linhares, ES.
2	RD P70	Organossolos Mésico distrófico	Cultura de arroz e pastagem natural	Linhares-Vitória, a 8 km da ponte sobre o rio Doce, se pega um entroncamento à esquerda, a 32 Km desse entroncamento está o perfil, na fazenda de Julião Batista. Linhares, ES.
3	EMBR P37	Gleissolo Melânico eutrófico	Pastagem de Capim-Angola	A 40,5 Km de Linhares, em direção ao rio Ipiranga (várzea de Linhares) lado esquerdo, afastado a 100 metros (Fazenda entroncamento). Linhares, ES.
4	IVRCC P9ES	Gleissolo Tiomórfico húmico típico	Já foi utilizada com cultura de arroz e atualmente, pastagem de má qualidade	Fazenda AGRIL, A 2800 metros da mesma, e próximo ao Canal S1, percorrendo 1500 metros paralelo ao mesmo (perfil próximo a Quadra 3), lado direito. Aracruz, ES. 24°00'S, 40°01'WGr.
5	Lani, PII	Associação de Neossolos Flúvicos eutróficos mais Neossolos Flúvicos distróficos.	Pastagem	Linhares sentido Bebedouro, entrar à esquerda sentido Regência, percorrer por 16 Km, entrar à esquerda por 9 Km. Após chegar à sede da fazenda, percorrer por mais 6 Km, até o curral e mais 800 metros saindo do curral indo em, direção à ponte, lado esquerdo afastado a 300 da estrada+F20. Linhares, ES.
6	Lani, PIV	Gleissolo Melânico tiomórfico em profundidade.	Pastagem natural e capim braquiária	Sentido Bebedouro, entrar à esquerda sentido Regência, percorrer por 35 Km, entrar à direita. A sede da fazenda Santa Lúcia fica na margem direita da rodovia que liga o distrito de Bebedouro (BR 101) a Regência. Linhares, ES.
7	Campo P1	Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico	Pastagem de capim angola em boas condições	Rodovia ES-101 Linhares-Aracruz, sentido Regência. Entrada para Fazenda Maria Bonita no km 13, segue-se rumo Fazenda Goianazes. Após as sete casas. antes da mata brocada de cacau da beira do rio, pastagem à esquerda da estrada. Linhares, ES. Coordenadas UTM: 24K 0403014 7844153.
8	Campo P3	Gleissolo Melânico Distrófico hístico	Pastagem braquiária	Rodovia ES-101 Linhares-Aracruz, sentido Regência. Entrada para Fazenda Maria Bonita no km 13, segue-se rumo Fazenda Goianazes. Seguindo estrada paralela ao rio Doce, pegar entrada à direita e seguir pela margem esquerda do canal de chamada do canal Caboclo Bernardo, até pastagem que está logo após a primeira ponte de cimento. Linhares, ES. Coordenadas UTM: 24K 403370 7842820.
9	Campo P4	Gleissolo Melânico Distrófico hístico	Pastagem de capim-angola	Rodovia ES-101 Linhares-Aracruz, sentido Regência. Entrada para Fazenda Maria Bonita no km 13, segue-se rumo Fazenda Goianazes. Seguindo estrada paralela ao rio Doce, pegar entrada à direita e seguir estrada da margem esquerda do canal de chamada do Caboclo Bernardo, que logo à frente atravessa a pastagem retorna ao canal passando sobre a primeira comporta. Seguir o canal pela margem, pastagem da manga 19. Município de Linhares, Espírito Santo. Coordenadas UTM: 24K 403043 7842164.
10	Campo P10	Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico	Pastagem	Margem oeste de canal de drenagem, do lado esquerdo da estrada de acesso à Regência. Linhares, ES. Coordenadas UTM: 24K 400931 7830913.

BR - BRASIL, 1970; EMBR - EMBRAPA 1978; Lani, J.L. 2001; Campo – Perfil descrito neste trabalho; RD - RADAMBRASIL, 1987; IV RCC - EMBRAPA, 1994. *P – Perfil número.

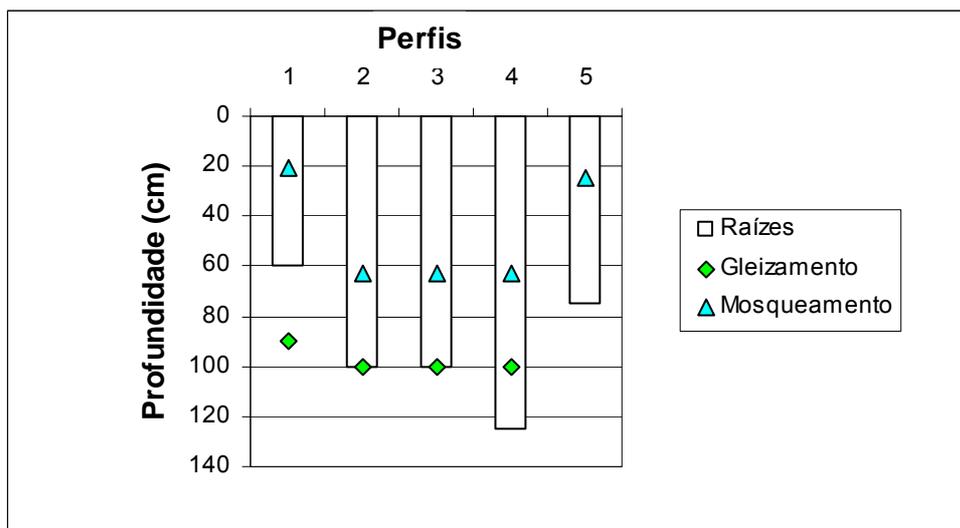


Figura 64. Profundidade máxima das raízes da cultura do cacauero, bem como altura mínima identificada no perfil de gleizamento e mosqueamento. Perfis descritos na região do delta do rio Doce. Linhares, ES.

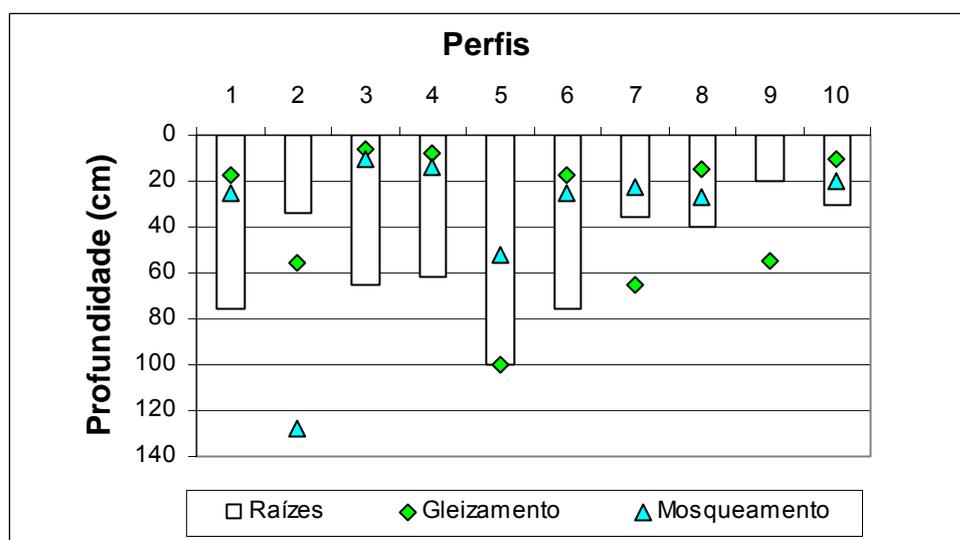


Figura 65. Profundidade máxima das raízes de pastagens (gramíneas) do cacauero, bem como altura mínima identificada no perfil de gleizamento e mosqueamento. Perfis descritos na região do delta do rio Doce. Linhares, ES.

Ao se considerar as principais atividades adotadas, o cacau e a pastagem, obteve-se informações sobre a profundidade das raízes de cada cultura e os indicadores de hidromorfismo. Verifica-se (Figura 64) que as raízes do cacauero tendem a se restringirem à profundidade de solo que possui

influência indireta das variações do nível freático, ou seja, o gleizamento. Como já citado, a presença de mosqueados no perfil, é um indicador de condições hidromórficas por ser resultante da variação do nível freático ao longo dos anos e conseqüente oxidação do Fe^{2+} para Fe^{3+} . Vê-se que as raízes do cacau estão mais limitadas à presença de horizonte glei (ambiente redutor) que à presença do mosqueamento. O mesmo não ocorre para as gramíneas (Figura 65) que se mostram bem adaptadas às condições hidromórficas. Este fato é observado pela profundidade de ocorrência do horizonte glei e presença de raízes. Enquanto no cacau as raízes crescem até o horizonte gleizado (aproximadamente em torno de 100 cm), as raízes das gramíneas tendem a ultrapassar estes horizontes poucos profundos (em torno de 20 cm) com indicadores de hidromorfismo, não se mostrando esta condição, um fator de restrição.

As colocações acima apenas confirmam as observações de campo, onde os produtores estratificaram o seu ambiente com o tipo de uso que fazem do solo. As principais culturas exemplificam o processo. No delta do rio Doce, ambientes mais secos (Cambissolos) são utilizados para o cultivo de cacau sob mata cabrocada e nos solos mais úmidos (Organossolos e Gleissolos), as pastagens, principalmente as de capim braquiária.

Nos solos cultivados com cacau, em razão do interesse do proprietário, a pastagem pode ser utilizada, no entanto, o cacau não se desenvolve em solos típicos para a pastagem. Isto se deve ao excesso de água no perfil restringindo o bom desenvolvimento das raízes.

Um aspecto importante é o micro-relevo que ocorre na região. A Figura 66 mostra bem a situação de campo onde a área de mata está em um Cambissolo, e a pastagem em Gleissolo Háptico. O Cambissolo está em aclave com aproximadamente 1 m em relação ao Gleissolo, o que garante ao primeiro, uma melhor condição de drenagem.

A Figura 64 demonstra que as raízes de cacau ocorrem de 60 até 120 cm. Logo, pode-se depreender que na falta de água temporária, ou seja, nível freático mais profundo, a planta de cacau possui boas condições de sobrevivência, ao contrário do que se mostra quando em excesso de água.

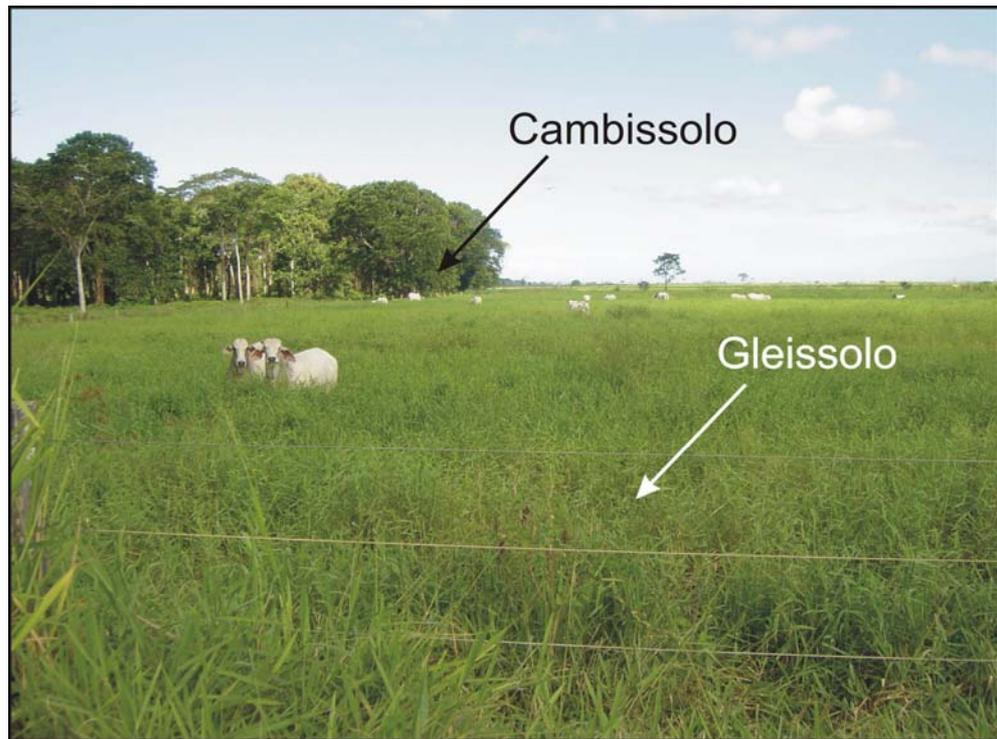


Figura 66. Situação de campo onde o uso do solo está diferenciando os ambientes. Neste caso o fator de maior limitação é a drenagem e adaptação das culturas à esta condição. Fazenda Guayanazes, Linhares, ES.

4.9. Comportas

Em regiões agrícolas onde predominam Organossolos e Gleissolos, a manutenção e o uso adequado de comportas são essenciais ao manejo dos solos da área. A longevidade produtiva dos Organossolos, solos com camada orgânica comumente conhecida como turfa, irá depender da altura do nível freático. Pois, neste caso, o acúmulo da matéria orgânica existente no solo foi devido à deficiência de oxigênio proporcionado pelo encharcamento ou alagamento do solo.

Na região de estudo, observam-se duas práticas que vêm propiciando a perda gradativa da camada orgânica (turfa) superficial dos Organossolos. Uma das principais práticas trata-se da drenagem excessiva que foi iniciada pelo DNOS com a abertura dos drenos principais na década de 70 e pelos próprios fazendeiros através dos drenos secundários. Essas obras foram executadas com o intuito de aumentar a profundidade do nível freático e, por consequência, ampliar as áreas das pastagens. Outra prática utilizada tem sido

o uso direto do fogo, utilizado como forma de controle de pragas (mofofô) (Figura 64 e Quadro 25), ou para a melhoria rápida das condições das pastagens via concentração de nutrientes, a semelhança da queima da mata, nos solos minerais. Os Organossolos não suportam o mesmo manejo dado aos solos minerais, pois o seu ambiente é muito diferente e muito mais delicado (ROSADO, 2001).

Quanto às comportas construídas no Canal Caboclo Bernardo, a exceção de três que estão sendo utilizadas para o manejo do controle da vazão, todas as demais não receberam manutenção e encontram-se em estado precário (Figura 65 e Quadro 26). Este assunto foi uma das principais reclamações dos entrevistados (vide entrevistas).

As estruturas de comportas em uso, para controle da vazão do canal estão ilustradas nas Figuras 65, 66, 67 e 68.

Deve-se mencionar que, embora haja o questionamento dos proprietários locais quanto à drenagem excessiva provocada pelo Canal Caboclo Bernardo, não se identificou ao longo do canal a presença de comportas laterais para o manejo do nível freático nos canais secundários nas terras dos mesmos. Aliás, o que se percebeu é que há canais secundários que teriam a função de drenagem da área. Logo, conclui-se que se o canal principal está drenando a área, os canais secundários deveriam ser prontamente fechados pelos fazendeiros. Parece que a consciência da necessidade do manejo do nível como essencial nestes ambientes ainda não é evidente nos proprietários das terras.

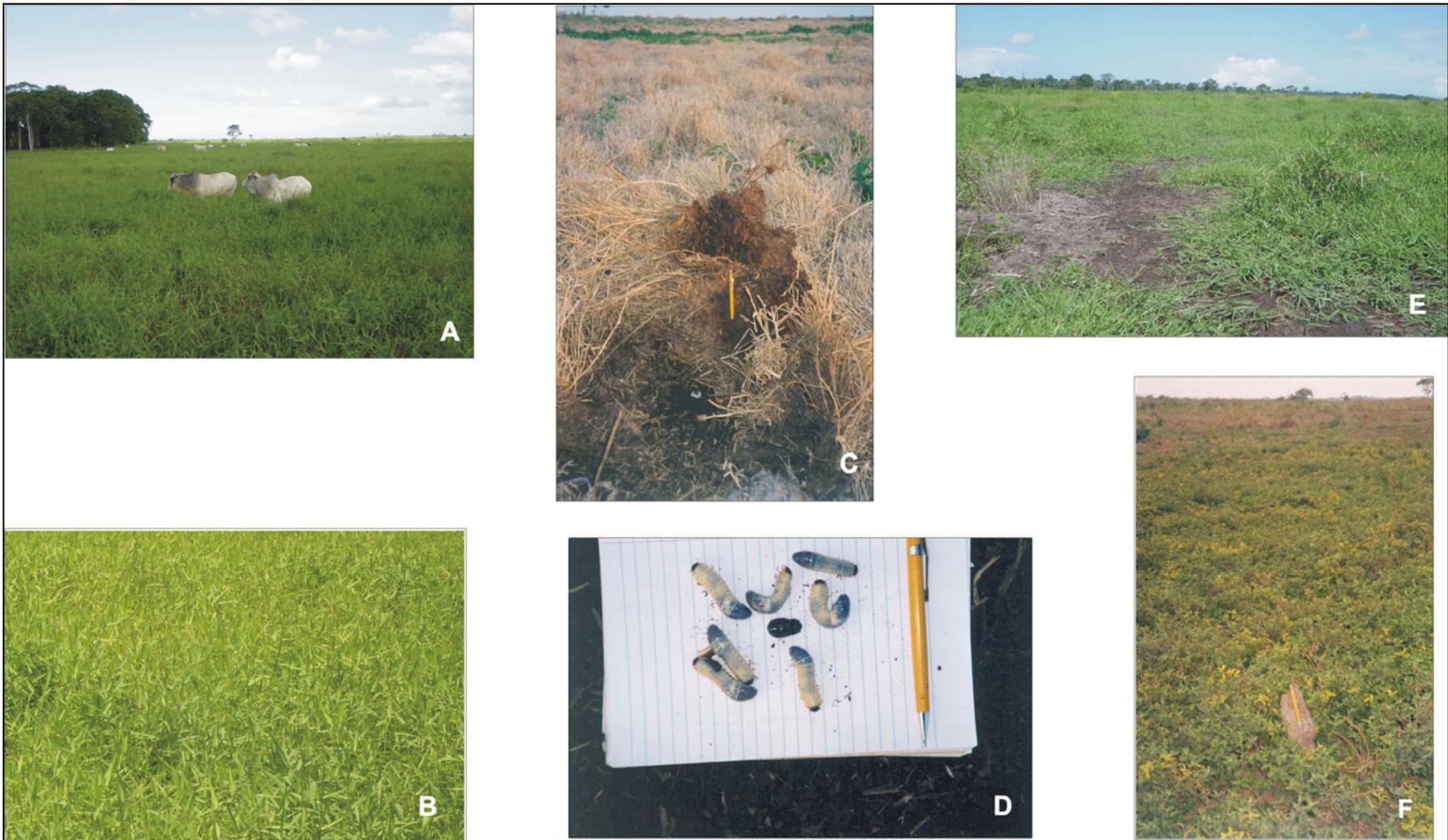


Figura 67. Alguns aspectos sobre as pastagens da região. Veja detalhes no Quadro 25.

Quadro 25. Descrição detalhada da Figura 67

Foto	Comentário
A e B	Com o controle adequado da altura do nível freático pode-se manter pastagens de excelente qualidade. Neste local predomina os Gleissolos (antigos Organossolos – turfas);
C	Com a redução da camada orgânica, as larvas do mofofô se alimentam das raízes da braquiária o que leva a morte das pastagens (período seco);
D	Significativa presença no solo de larvas do coleóptero <i>Eutheola humilis</i> , conhecido vulgarmente como mofofô. Muitas vezes o proprietário utiliza o fogo na turfa para o seu controle;
E	Pastagem degradada devido ao ataque do mofofô (local da Figura 67 C, período chuvoso);
F	Com o manejo inadequado do nível freático e do solo, ocorre a mineralização da camada orgânica. Neste processo, a densidade do solo se eleva muito (menor porosidade) devido ao afloramento do horizonte C (tabatinga, batinga ou barro branco). Ocorre, neste caso, a substituição da braquiária (pastagens) por plantas mais adaptadas ao ambiente mais hostil, como é o caso da vassourinha (erva daninha de pastagem). Este fato já demonstra um estado avançado de pastagem degradada.



Figura 68. Aspecto geral das comportas ao longo do Canal Caboclo Bernardo. Veja Quadro 26.

Quadro 26. Descrição detalhada da Figura 68

Foto	Comentário
A, C e D	Uma das inúmeras comportas construídas que se encontram em estado de abandono. A sua função de controle do nível freático não está sendo cumprida, no entanto, serve como ponte (passagem dos animais) entre as pastagens (mangas);
B	Outra comporta que não tem recebido a manutenção adequada.



Figura 69. Início do canal, Fazenda Goianazes: primeira obra de seccionamento na estrutura do Canal Caboclo Bernardo em concreto armado com stop-logs (estruturas com finalidade de interromper, se necessário, o curso d'água). Veja Quadro 27 para maiores detalhes.

Quadro 27. Descrição detalhada da Figura 69

Imagem	Comentário
A e B	Vista de frente da comporta que controla a entrada de água do rio Doce
C e D	Vista da parte de trás da comporta que controla a entrada de água do rio Doce. A sua manutenção tem sido constante e essencial para controlar o fluxo de água no Canal Caboclo Bernardo. Esta estrutura tem recebido manutenção constantemente



Figura 70. Travessia da estrada municipal Bebedouro-Regência: galerias com concreto pré-moldado com stop-logs. Veja Quadro 28.

Quadro 28. Descrição detalhada da Figura 70

Imagem	Comentário
A e C	Vista geral de cima da comporta que serve como travessia da estrada municipal Bebedouro-Regência
B	Vista da comporta
D	Nesta área há predomínio do Neossolo Quartzarênico. Mesmo que haja na camada superior um material mais argiloso, a camada mais profunda é arenosa. Com isto, como comprovado a campo, pode existir uma situação anômala na qual há a presença, no período chuvoso, de um nível freático à superfície e outro na sub-superfície



Figura 71. Comportas do rio Riacho: barragem móvel. Quadro 29.

Quadro 29. Descrição detalhada da Figura 71

Imagem	Comentário
A	Vista da comporta móvel
B	Detalhe da comporta

Embora haja a reivindicação por alguns dos proprietários das terras pela manutenção das comportas, deve-se salientar que o manejo adequado do nível freático pode criar conflitos de interesses entre os mesmos. O manejo destas comportas não significa a fixação delas para um determinado nível freático e sim, na elevação e rebaixamento do nível freático a uma frequência

pré-estabelecida. Esta possibilidade de conflito é percebida a campo, pois a elevação do nível freático a uma determinada altura, iria inundar determinadas áreas e com isto diminuir as áreas de pastagens. Por outro lado, o abaixamento excessivo do nível freático para atender a este tipo de situação, embora seja ambientalmente errôneo, pode drenar excessivamente as áreas mais altas ou mesmo acelerar a mineralização da matéria orgânica (camada orgânica). Havendo neste caso, um conflito de interesses.

Deve ser priorizado o uso adequado dos recursos naturais com vista à sua sustentabilidade. Como o gerenciamento profundidade do nível freático pode gerar conflitos, deveria então o mesmo, ser administrado por órgãos públicos ou por uma associação de proprietários da região que pudesse, de uma forma técnica, utilizar os recursos naturais presentes na região.

4.10. Plantas como indicadoras ambientais

Embora as plantas sofram a interferência do uso e manejo e neste caso nem sempre podem ser utilizadas em geral como boas indicadoras de ambientes, na região do Delta do rio Doce, em razão dos estresses estarem potencializados, isto é, a planta pode estar sendo submetida a um período de seca – nível freático temporariamente abaixo do seu sistema radicular e rapidamente, com as cheias, acontecer o inverso – excesso de água e o oxigênio ser o elemento limitante.

Neste caso, é difícil para a planta estabelecer estruturas fisiológicas adaptadas a ambos os estresses, até porque são antagônicos e normalmente as plantas adaptadas a falta de oxigênio não desenvolvem estruturas para a falta d'água.

Mas, nesta região a vegetação tem uma estreita relação tanto com o ambiente como nos aspectos de uso pelos pecuaristas que cultivam determinado tipo de braquiária de acordo com o ambiente. Neste caso, a vegetação pode ser uma boa indicadora. Elas podem indicar especificamente nesta região as condições de drenagem, do tipo de solo, a textura, a densidade do solo e a presença de tiomorfismo, além das condições de salinidade. Estes pontos são altamente importantes nos ambientes de solos hidromórficos e afins.

Alguns exemplos estão descritos no Quadro 30 e Figura 72.

Quadro 30. Principais plantas indicadoras de ambientes no Delta do rio Doce e suas principais características

Identificação		Características
Nome popular	Gênero/espécie	
Braquiaria	<i>Brachiaria decumbens</i>	É plantada nos solos argilosos (pesados) – sedimentos do antigo rio Doce que não foram utilizados para o plantio de cacau pela falta de cobertura vegetal atual ou pela preferência do proprietário em derrubar a mata na época e optar pela pastagem. Não suporta inundação. Em ambiente arenoso, a braquiária se mostra com baixíssima capacidade de suporte. (Figuras 72 A e 72 B)
Cacau	<i>Theobroma cacao</i>	O cultivo do cacau se dá em solo mais argiloso e seco, os Cambissolos. Em áreas de plantio de cacau com horizonte arenoso próximo à superfície, o cacau se desenvolve pouco e podendo até morrer. A profundidade de solo argiloso disponível para as raízes do cacau explorarem se mostra importante. (Figura 72 C)
Capim quicuío	<i>Brachiaria umidicula</i>	É cultivado pelos pecuaristas nas áreas mais arenosas que ocorrem no antigo leito do rio Doce (uma faixa longitudinal tanto ao norte quanto ao sul do atual leito do rio). Possui forma rasteira e é muito rústico e duradouro. Tem folhagem estreita, suporta um déficit hídrico mais acentuado, e cresce de modo a cobrir todo o solo e agüenta pisoteio. (Figuras 72 D e 72 E)
Capim angola	<i>Brachiaria mutica</i>	É a pastagem mais utilizada na região por ter boa adaptação a ambientes mais úmidos, ou seja, com influência do hidromorfismo. Juntamente com o tangola, é muito utilizado na região para a formação de pastagens em ambientes hidromórficos. Invade com facilidade os canais de drenagem. O manejo dessas pastagens deve ser constante para não serem prejudicadas com as plantas invasoras, como por exemplo, a canavieira. (Figuras 72 F, 72 G e 72 H)
Canavieira	Não identificado	A canavieira é uma gramínea invasora das pastagens do capim angola. O manejo para controle da canavieira se dá por rolagem com rolo-faca. É um capim entouceirado que o gado só come na seca, e se estiver baixo. Esta gramínea cresce tanto em solos adensados quanto em ambientes hidromórficos, inclusive nas valas de drenagem. (Figuras 72 I, 72 J, 72 L e 72 M)

Continua...

Quadro 30. Cont.

Identificação		Características
Nome popular	Gênero/espécie	
Capim amargoso	<i>Digitaria insularis</i>	É uma gramínea invasora de difícil manejo. Em relato de um trabalhador, quando a turfa secou muito em um período seco, o capim tangola morreu e a área foi invadida pelo capim amargoso. Este capim, o boi come se tiver com muita fome (Figuras 72 N e 72 O).
Vassourinha	<i>Sida sp.</i>	Uma das principais plantas invasoras de pastagens. As plantas do gênero <i>Sida</i> e <i>Triumpheta</i> (malvarisco ou carrapicho-de-cavalo, por exemplo), ou mata-pasto (<i>Sida sp.</i>) são indicadoras dos solos compactados ou daqueles cuja camada orgânica já foi mineralizada e o horizonte C caulínico (tabatinga) já começa a florir à superfície (Figuras 72 P, 72 Q e 72 R).
Capim navalha	Não identificado	Planta invasora adaptada a ambientes hidromórficos. Na região foi encontrada em predominância sobre turfa profunda, associada ou não a outros espécimes (Figura 72 S).
Junco	<i>Juncus effus</i> L.	Planta cosmopolita que ocorre nas partes mais alagadas.
Cabeçudo	<i>Paspalum sp.</i>	Encontrada em grande quantidade em algumas áreas de Organossolos como invasora de pastagens. Há locais de turfa profunda que ocorre junto com o arbusto conhecido como cruz-de-malta (<i>Ludwigia octovalvis</i>) (Figuras 72 T, 72 U e 72 V).
Cabeludinho ou beijo-de-égua	Não identificado	Ocorre nos solos tiomórficos após a drenagem e esta também associado a altos teores de salinidade (sódio). Juntamente com a quaresmeira-mirim são as que mais suportam os baixos valores de pH e de alta salinidade. Quando elas surgem o processo de tiomorfismo já é extremamente atuante em razão da drenagem excessiva. Não é uma planta comestível pelo gado e apresenta alta resistência fisiológica pois suporta baixíssimos valores de pH e junto com a quaresmeira-mirim, são as últimas a morrerem gerando, no final do processo, o denominado “deserto químico” onde todas as plantas não suportam as condições extremamente estressantes. Deve ser melhor pesquisada em razão da sua alta tolerância a pH baixo e também aos altos valores de alumínio trocável (tóxico para a maioria das plantas) (Figura 72 Z).
Quaresmeira-mirim	<i>Tibouchina sp.</i>	A semelhança do cabeludinho apresenta alta tolerância as condições de tiomorfismo, (baixos valores de pH, salinidade elevada, altos teores de alumínio trocável). Diferente do cabeludinho, também ocorre nas áreas mais inundadas – suporta maior déficit de oxigênio (Figura 72 Z1).
Aninga	<i>Montrichardia sp.</i>	Planta de ambientes hidromórficos, sendo uma das últimas a morrer quando submetida a condições de tiomorfismo (Figura 72 Z2).

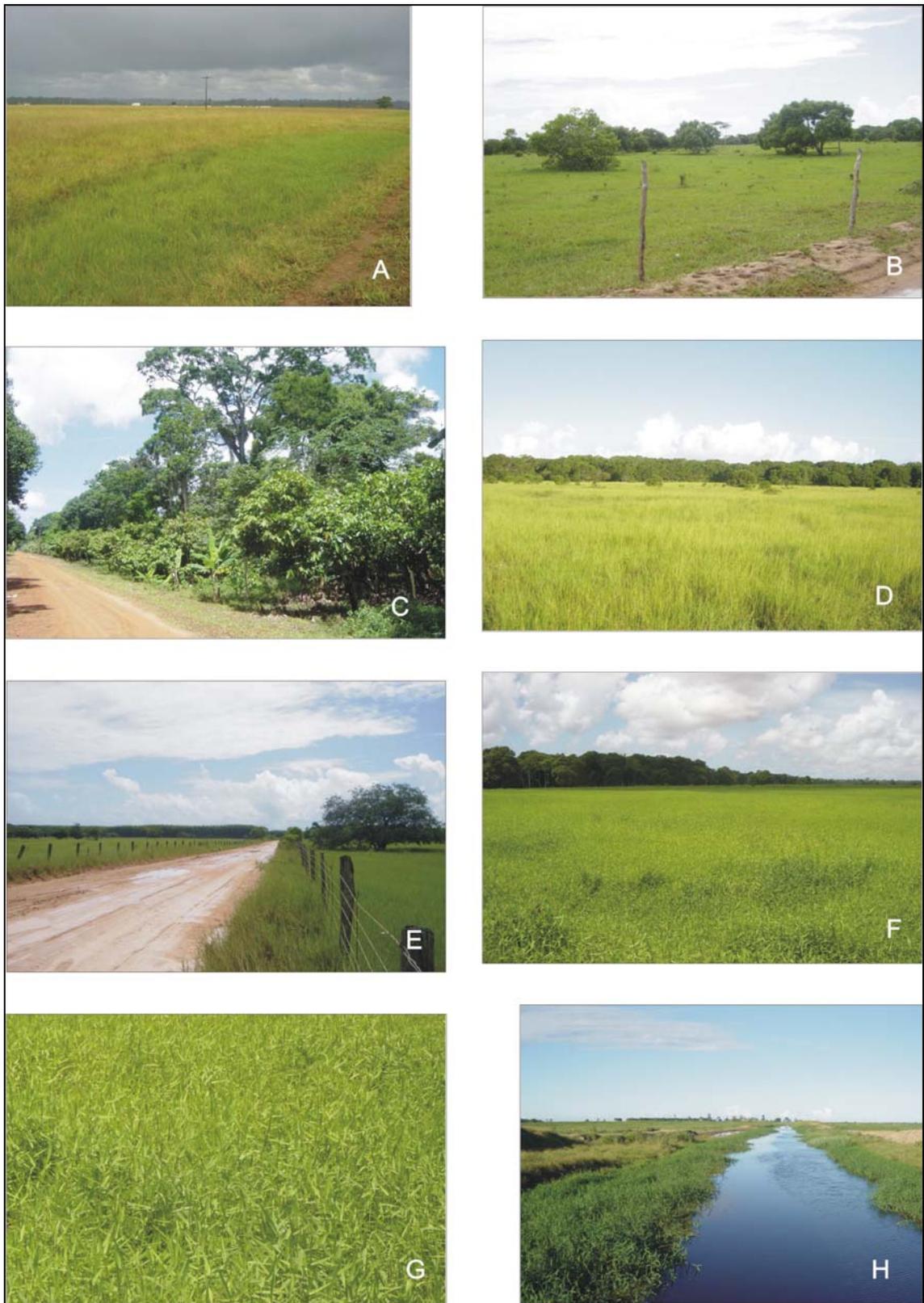


Figura 72. Algumas plantas com ocorrência comum na margem sul do delta do rio Doce, que podem ser usadas como indicadores de aspectos ambientais.

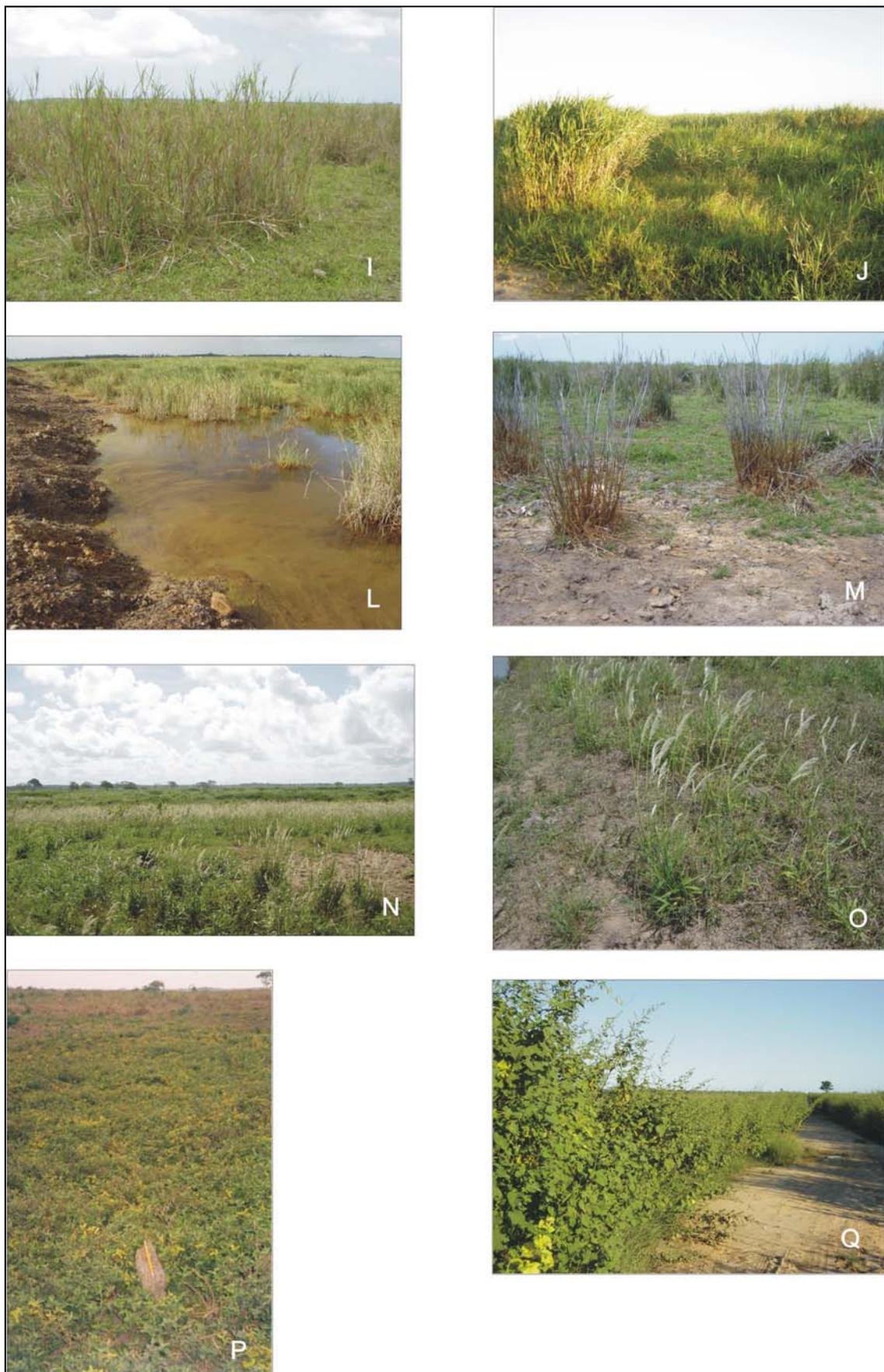


Figura 72. Continuação...

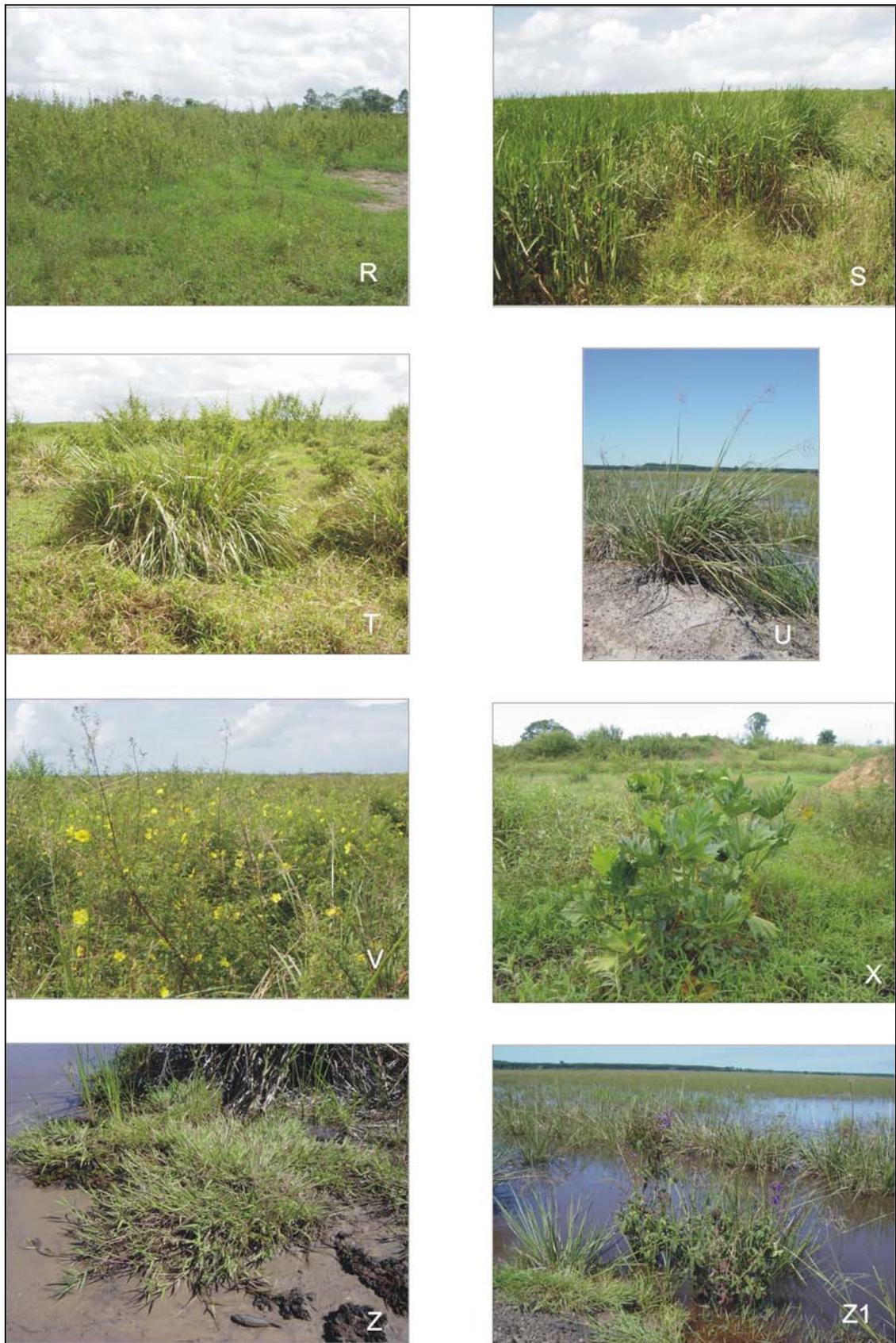


Figura 72. Continuação...

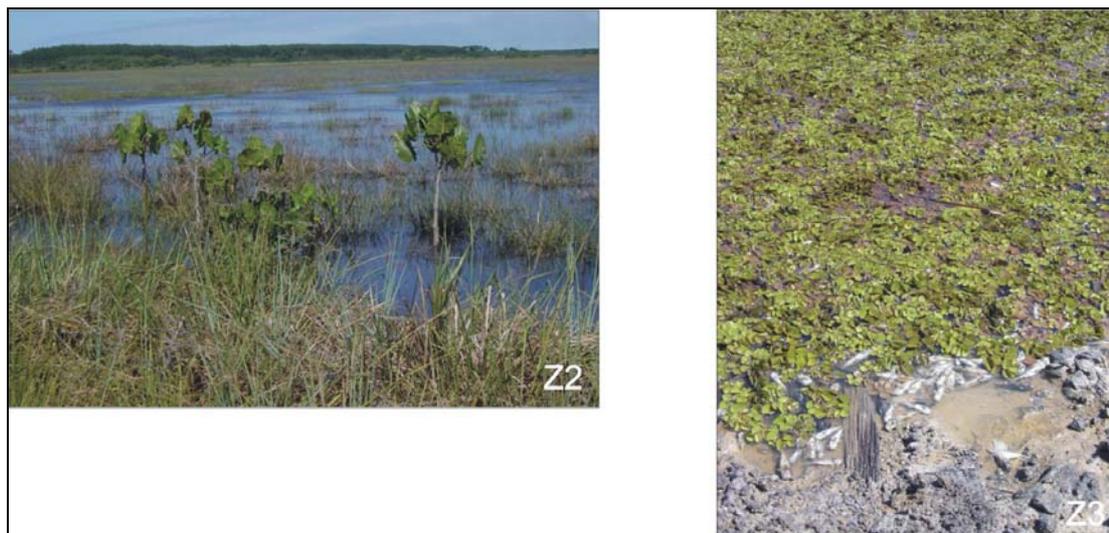


Figura 72. Continuação.

Quadro 31. Descrição das fotos da Figura 72

Foto	Comentário
A	Pastagem de <i>Brachiaria decumbens</i> ;
B	<i>Brachiaria decumbens</i> sobre solo arenoso. Pastagem em avançado estado de degradação;
C	Cacau cultivado sob o sistema de mata cabrocada Cacau cultivado sob o sistema de mata cabrocada;
D	Capim quicuio (<i>Brachiaria umidicula</i>). Ambiente de mata de restinga ao fundo;
E	Capim quicuio (<i>Brachiaria umidicula</i>) próximo a plantio de eucalipto (ao fundo);
F	Aspecto geral de uma pastagem de capim angola (<i>Brachiaria mutica</i>) em excelente estado vegetativo, sobre Gleissolo Háplico;
G	Detalhe do capim angola (<i>Brachiaria mutica</i>);
H	Crescimento típico do capim angola ao longo de cursos d'água;
I	Canavieira no período da seca;
J	Canavieira e capim angola (gramínea mais baixa) sobre Organossolo;
L	Canavieira em ambiente tiomórfico. Vê-se a transparência da água (pH = 3,3: excessivamente baixo);

Continua....

Quadro 31. Cont.

Foto	Comentário
M	Canavieira, em ambiente de Organossolo com tiomorfismo em profundidade. Nesta situação de alagamento retratada na imagem, o tiomorfismo se mostrou evidente causando sérios danos a essa vegetação;
N	Capim amargoso (<i>Digitaria insularis</i>) como planta invasora em pastagem de capim-angola;
O	Detalhe do capim amargoso (<i>Digitaria insularis</i>);
P	Vassourinha (<i>Sida sp</i>) como planta invasora em pastagem altamente degrada. Ela identifica solos compactados;
Q	Área de pastagem dominada por Malvarisco (<i>Triumphetta sp</i>);
R	Malvarisco (<i>Triumphetta sp</i>) como planta invasora de pastagem degradada sobre Cambissolo. Devido a um pequeno desnível, faz divisa com uma área de Organossolo dominada por uma população da família das Arecaceas e a gramínea Cabeçuda (<i>Paspalum sp</i>);
S	Capim navalha (à esquerda) sobre turfa profunda;
T	Cabeçuda (<i>Paspalum sp</i>) em primeiro plano e malvarisco (<i>Triumphetta sp</i>) em segundo, em pastagem degradada de capim angola em solo com drenagem imperfeita;
U	Cabeçuda (<i>Paspalum sp</i>) em ambientes alagado, sob influência do tiomorfismo. Fazenda Agril;
V	Arbusto cruz-de-malta (<i>Ludwigia octovalvis</i>) e a gramínea cabeçuda (<i>Paspalum sp</i>) sobre Organossolo;
X	População de Arecaceas e gramínea cabeçuda (<i>Paspalum sp</i>) sobre pequena área de Organossolo;
Z	Gramínea beijo-de-égua em ambiente alagado com tiomorfismo acentuado. Fazenda Agril;
Z1	Ao centro, o arbusto quaresmeira-mirim (<i>Tibouchina sp</i>), um dos últimos arbustos que morrem, nestas condições de alagamento e tiomorfismo;
Z2	Aninga (<i>Montrichardia domingensis</i>) em ambiente alagado com tiomorfismo;
Z3	Alface-d'água (<i>Salvinia auriculata</i>) no ambiente alagado com tiomorfismo. Planta extremamente agressiva em ambientes alagados. Fazenda Agril.

Como visto, as plantas podem refletir as condições ambientais. Nos tiomórficos, como resultado da acidificação excessiva dos solos em consequência da drenagem, as plantas na sua totalidade morrem (Figura 73). Algumas, como o “cabeludinho”, também conhecido como “beijo-de-égua” (gramínea, com pilosidade foliar, não palatável pelo gado e ainda não

identificada botanicamente) (Figura 72 Z) e a quaresmeira mirim (*Tibouchina* sp.) (Figura 72 Z1) são as últimas a desaparecerem, suportando um ambiente de altos teores de ferro, alumínio e baixíssimo pH (Lani, 1998).



Figura 73. Em primeiro plano, a presença da gramínea “beicho-de-égua” ou “cabeludinho”. Em segundo plano, a presença da quaresmeira-mirim. Ao redor, toda a vegetação desapareceu, formando pequenas áreas desérticas. Lado norte do delta do rio Doce.

4.11. Entrevistas

Para se conhecer melhor o problema, além da entrevista de campo do tipo informal, utilizou-se de um Relatório de Produtividade na Agropecuária, que teve como objetivo relatar a situação dos fazendeiros quanto à questão do Canal Caboclo Bernardo, para o embasamento de um processo judiciário sobre o assunto em questão.

No Relatório de Produtividade na Agropecuária, foram feitas sete perguntas a doze entrevistados (Quadro 32), sendo estes, proprietários de terras próximas ao Canal Caboclo Bernardo (Relatório de Produtividade na Agropecuária, 2001).

Quadro 32. Resumo da entrevista com os proprietários

Nº do Produtor	Propriedade	Localização	Município	Área (ha)		
				Pecuária	Cacau	R. florestal
1	Faz. Bom Retiro Parajú e Bom Retiro	Rod. Bebedouro – Regência km 26	Linhares	718	148	16
2	Faz. Divino Espírito Santo	Bananal do Sul	Linhares	202,5	0	
3	Faz. Progresso e Pantanal	Bananal do Sul – margem do canal Caboclo Bernardes	Linhares	939	30	
4	Faz. Bela Vista	Bananal do Sul	Linhares	100	22	
5	Faz. Bela Vista	Bananal do Sul	Linhares	235	35	
6	Faz. Dona Zilda	Margem Canal da Aracruz – Bananal do Sul	Linhares	480	0	
7	Faz. Nova Estrela	Rod. Bebedouro km 22	Linhares	150	54	
8	Faz. Atlântica e Lagoa Encantada	Bacia do Canal Bananal do Sul	Linhares	2.500	0	
9	Faz. Recreio	Regência	Linhares	465	35	
10	Faz. Burarama	Bananal do Sul	Linhares	298	22	
11	Faz. Maria Bonita e Santa Edwirges	Beira Rio Doce	Linhares	1500	500	190
12	Faz. Caiçara	Bananal do Sul	Linhares	15	300	

Fonte: Dados obtidos do Relatório de Produtividade na Agropecuária, 2001. As entrevistas foram realizadas no período de 17/09/2001 a 20/10/2001.

Numa análise geral, as perguntas admitem respostas pouco elucidativas em relação ao problema levantado que foi a abertura do Canal Caboclo Bernardo.

Ao observar a pergunta 1 (Quadro 33), esta não permite a qualificação da(s) mudança(s) como boa(s) ou ruim(s) e/ou enumerações, por exemplo. A pergunta 2 desconsidera a oportunidade de adquirir informações com base na experiência dos proprietários de terras próximas ao Canal. Se o nível freático baixou, quanto aproximadamente? Respostas como, “baixou muito”, “baixou”, “baixou bastante” são pouco informativas por não terem referências qualitativas.

Quadro 33. Respostas dos entrevistados às perguntas

Entrevistados/Perguntas				
	 1- O canal de derivação de água do rio Doce construído pela Aracruz causou alguma mudança em sua propriedade?	2- O nível do lençol freático, aumentou, baixou ou continua estável após a construção do canal?	3- As condições das pastagens, ou seja, sua capacidade de suporte, aumentou, diminuiu ou continua estável após a construção do canal?	4- A produtividade das pastagens, ou seja, sua capacidade de suporte aumentou, diminuiu ou continua estável após a construção do canal?
1	Sim	Baixou	Pioraram	Diminuiu
2	Sim	Baixou	Pioraram	Diminuiu
3	Sim	Baixou muito	Pioraram (Tive problemas graves este ano com muita incidência de pragas)	Diminuiu (mesmo renovando as pastagens)
4	Causou muitas mudanças	Baixou	Pioraram muito	Diminuiu
5	Sim, várias	Baixou	Piorou bastante	Diminuiu
6	Sim	Baixou muito	Pioraram (muita incidência de pragas – mofofô e cigarrinha)	Diminuiu mais ou menos em 50%
7	Sim	Baixou	Pioraram no período de inverno	Diminuiu no período do inverno
8	Sim	Baixou mais de um metro	Pioraram muito	Diminuiu
9	Não	Continua estável	Continua estável	Continua estável
10	Sim	Baixou e prejudicou	Permaneceu estável	Não deu para observar
11	Sim	Baixou	Pioraram	Diminuiu
12	Sim	Baixou bastante	Pioraram	Diminuiu

Continua...

Quadro 33. Cont.,

Entrevistados/Perguntas			
	5- As condições da lavoura cacaueteira melhoraram, pioraram ou continuam estáveis após a construção do canal?	6- A produtividade da lavoura cacaueteira melhorou, piorou ou continua estável após a construção do canal?	7- O produtor rural está satisfeito com a construção do canal de derivação das águas do rio Doce construído pela Aracruz Celulose AS ou insatisfeito se sentindo prejudicado pelo mesmo?
1	Pioraram	Piorou	Não, devido a mesma não está mantendo a lâmina d'água por consequência baixando o lençol freático.
2	Não tem lavoura	Não há lavoura	Estou insatisfeito e me sentindo prejudicado.
3	Este ano apesar das chuvas as condições não foram satisfatórias	Diminuiu	Insatisfeito. Porque eles só tiveram pressa na construção e não corrigiram o impacto que causou drenando por demais minha área proporcionando assim prejuízo.
4	A lavoura está em péssimas condições	Caiu mais de 40% a produtividade	Estou insatisfeito e sentindo-me prejudicado.
5	Piorou	Diminuiu em média 50% a produtividade	Insatisfeito, pensando em se desfazer da propriedade.
6	-----	-----	Não. Só houve prioridade na construção do Canal e não fizeram as comportas necessárias para o controle do meio ambiente e para regular o nível das águas para manter a altura do lençol freático.
7	Continuam estáveis	Continuam estáveis	Prejudicado, uma vez que no período de inverno as áreas de pastagens estiveram com o lençol freático mais profundo. Isto retardou o crescimento e a recuperação do capim favorecendo o aparecimento de ervas daninhas. Acredito que com a construção de barragens de boa qualidade os problemas com o lençol freático se resolverão. Não se pode negar que no período de cheia a vala da Aracruz Celulose poderá ajudar a escoar o excesso de água.
8	-----	-----	Até esta data estou me sentindo muito prejudicado.
9	Pioraram	Diminuiu	Se as obras fossem totalmente concluídas os resultados seriam satisfatórios. Como ficaram paralisadas estamos sendo prejudicados.
10	Abaixou o lençol freático em aproximadamente 30 a 40 cm.	Abaixou o lençol freático e conseqüentemente prejudicou a produção de cacau	Senti a necessidade de irrigação das lavouras, apesar dos poços aumentados pela Aracruz a lavoura até agora não respondeu.
11	É cedo para saber	Caiu	Insatisfeito por falta das comportas nas valas velhas e novas. Não se tem controle do volume de água que precisamos.
12	Pioraram	Diminuiu	Insatisfeito. Tivemos que aprofundar os poços de abastecimento de água dos moradores da sede em 2 metros, coisa nunca necessária antes. Tínhamos em meandro do rio, sempre cheio e após a abertura do Canal, este secou. Outros problemas como mortandade da lavoura de cacau e mofofô nas pastagens.

Fonte: Dados obtidos do Relatório de Produtividade na Agropecuária, 2001. As entrevistas foram realizadas no período de 17/09/2001. a 20/10/2001.

A pergunta 3 sobre “condições da lavoura”, permite interpretações subjetivas, ao contrário da questão 4 que refere ao termo “produtividade”. Em ambas as perguntas há referência à capacidade de suporte e permite a idéia de perguntas semelhantes ao objetivo. Assim ambas permitem dúvidas. Para a questão 3, a maioria dos entrevistados respondeu que as condições das pastagens pioraram. A exceção foi dos produtores nº 9 e 10, que mencionaram como estáveis as condições das pastagens.

Semelhantemente ocorreu com a pergunta 4, onde o produtor nº 10 respondeu que não deu para observar se houve uma perda da produtividade das pastagens.

As perguntas 5 e 6 se referem a lavoura cacaueteira. Nestas perguntas há uma maior divergência nas respostas. Três entrevistados relataram que as condições fitotécnicas da lavoura cacaueteira pioraram. O entrevistado nº 11 respondeu que ainda era cedo para uma avaliação mais abalizada. O nº 7 julgou que as condições estavam estáveis. Quanto à pergunta 6, que se refere à produtividade da lavoura, a maioria avalia que houve uma perda de produtividade e há até uma estimativa da perda de 40 a 50% da produção. O produtor nº 7 afirma que a produtividade continuava estável. Isto é, não houve nenhuma alteração até a avaliação.

Com as quatro primeiras perguntas, as quais procuraram retratar as condições das pastagens, e pode-se concluir que dos doze entrevistados, dez julgaram que o Canal trouxe problemas para as pastagens e apenas dois julgaram que as condições continuavam estáveis.

Para as questões 3, 4, 5 e 6, numa abordagem simplificada, deve-se considerar que os valores de uma produção agrícola não são constantes e são influenciados por uma série de fatores, como por exemplo: variações climáticas; idade de cultivo das plantas; histórico do manejo adotado, na cultura e no solo; incidência de pragas; número de animais em função da capacidade de suporte (no caso de pastagens); uso de variedades adaptadas, dentre outras.

Quanto à produtividade da lavoura cacaueteira, em observação de campo, foi entrevistado o gerente de uma Fazenda, a princípio prejudicada pelo Canal Caboclo Bernardo. A lavoura é dividida em talhões onde, pela entrevista, verificou-se que havia talhões de alta produtividade ao lado de outros de baixíssima produtividade. Portanto, neste caso, percebeu-se que a diferença

entre os talhões de cacau (Figura 74) não se tratava das condições de solo ou de drenagem, mas sim, das condições de idade da planta e das condições de manejo (adubação, podas, etc.) e mesmo da qualidade do serviço do responsável por aquela área.



Figura 74. Identificação do talhão de cacau. Há grandes diferenças de produtividade nos talhões embora estejam nas mesmas condições de solo.

De volta no questionário, ao analisar apenas o escrito, colocar que a produtividade diminuiu após a construção do Canal desconsidera, por exemplo, uma possível tendência de queda já observada nas áreas consideradas. As perguntas induzem a respostas que não expressam claramente a base utilizada para a elaboração da resposta.

Outro ponto importante não mencionado é que a localização das propriedades dos entrevistados em relação ao canal em questão, o Caboclo Bernardo, deveria ter sido enfatizada, já que aborda as possíveis influências deste nas terras da região. É possível que haja propriedades tão distantes do Canal que seja tecnicamente impossível haver o efeito da drenagem no solo. A opinião ou o parecer deve ser então de observação geral e não específico.

Nota-se que o produtor nº 9, coloca respostas contrárias à tendência geral. Ao contrário dos outros, coloca que não houve alteração na sua propriedade em razão do Canal, o nível freático continua estável, e também as

condições e produtividade das pastagens. Somente a cultura do cacau sofreu alterações no período considerado após a construção do canal.

Qual foi a razão de sua resposta contrária aos demais? Seria a localização de sua lavoura em relação ao Canal? O tipo de solo, manejo ou talvez acompanhamento diferenciado dos retornos das lavouras?

É observado que a região sofre variações climáticas que levam à secas. As séries históricas das precipitações mostram de forma inequívoca que as secas registradas na região são cíclicas, mas de periodicidade irregular (Figura 53).

A variação da produção agrícola, também recebe influencia dos recursos disponíveis para investimento na área. O relato dos moradores locais, após ano de grandes prejuízos, as culturas tendem a sofrer restrições quanto ao investimento, principalmente no que se refere a culturas permanentes, levando assim, a um reflexo no manejo em função do lucro ou prejuízo da safra do ano anterior.

Deve-se salientar que a região é composta por um tipo de solo, os hidromórficos cuja gênese está intimamente relacionada com a presença de água. São os Organossolos e Gleissolos Melânicos. Por mais de 30 anos, o cultivo intensivo de forma inadequada perante o conhecimento atual, levou a uma intensa degradação do solo. A inadequação do manejo se mostra, por exemplo, na queda da capacidade de suporte das pastagens de 10 UA ha⁻¹ para 2 UA ha⁻¹ num intervalo de aproximadamente 10 anos em ambas as margens do rio Doce.

Já a última pergunta do questionário em questão, permite o produtor demonstrar alguns aspectos de sua insatisfação, levando a respostas mais informativas. Todos afirmam que estão insatisfeitos. Apenas o produtor Guido Caliman vê alguma vantagem na construção do Canal para escoar o excesso de águas no período das cheias.

Percebe-se que a maior insatisfação é quanto a construção das comportas para regularizar o nível freático. Isto realmente é um problema sério, pois todas as comportas, à exceção da localizada no rio Doce (local de captação de água) e da que se encontra na Rodovia Linhares-Regência, encontram-se em perfeito funcionamento. As demais estão abandonadas. A recuperação e o funcionamento dessas comportas são essenciais para o manejo adequado do nível freático e com isto possibilitaria maior preservação das condições ambientais da área de influência do Canal.

Em entrevistas de campo, alguns produtores admitem a falta do manejo técnico, mas discorrem sobre o desconhecimento do manejo correto.

Sobre as comportas, sua localização e influência foram comentadas em capítulo específico.

A entrevista se deu em setembro/outubro de 2001, o Canal começou operar em junho de 1999. Devido a problemas de construção ocorridos na tomada d'água do rio Doce, o seu fluxo foi paralisado entre novembro de 1999 a setembro de 2000 (Quadro 34). Logo, novamente foi interrompido para novas correções entre setembro de 2000 a novembro de 2001.

Quadro 34. Descrição de alguns fatos históricos ocorridos no delta do rio Doce

Fato	Período
Abertura do Canal Bananal do Sul	Início da década de 70
“Contrato de Cessão de Uso de Terreno Para Passagem de Canal de Derivação de Águas do Rio Doce”	08/06/1999
Inauguração do Canal Caboclo Bernardo	Julho 1999
Paralisação do fluxo d'água do Canal, devido a problemas de construção ocorridos na comporta da tomada d'água do rio Doce	26/11/1999 a 11/09/2000
Interrupção na derivação devido a problemas ocorridos na tomada d'água	31/08/2000 a 29/11/2001

Ao se considerar o período recente da construção e adaptações na estrutura do Canal, as perguntas se mostram simplistas e desconsideram os fatores interferentes na produção agrícola, não permitindo assim, inferências mais conclusivas.

Logo, o ideal para uma avaliação mais eficiente, é que as propriedades fossem locadas (com o uso do GPS) em relação ao Canal e também que as perguntas fossem complementadas com as suas respectivas justificativas.

Considerando a análise acima, pode-se concluir que este Relatório foi uma ferramenta inadequada, de baixa confiabilidade para a análise do problema em questão.

O Anexo 4 apresenta as sugestões e considerações finais sobre o assunto estudado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Solos: aspectos gerais

No delineamento dos solos da área no mapa ou mesmo pela Figura 24, mediante uma observação geral sumária, é possível distinguir cinco elementos importantes:

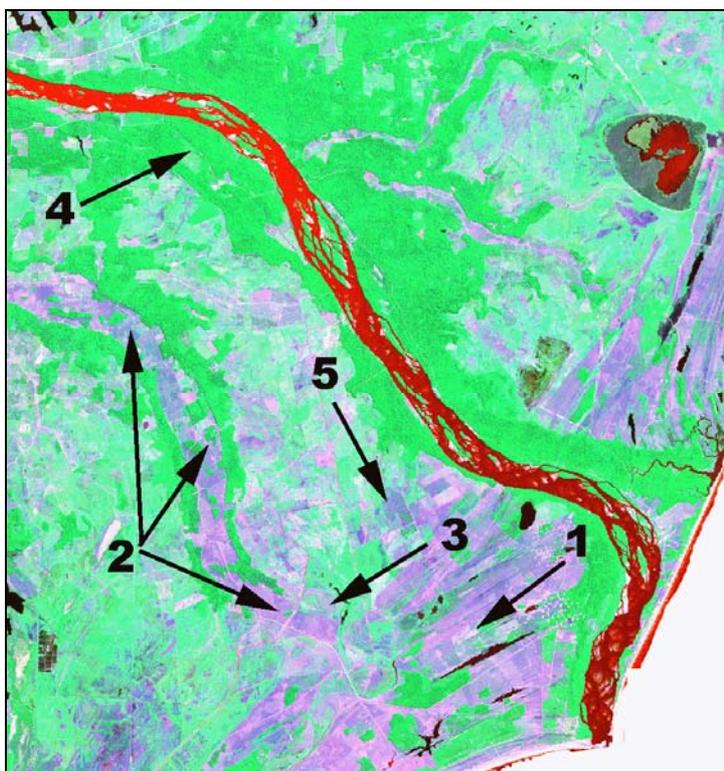


Figura 24. Elementos sugestivos imediatos auxiliares no delineamento de solos da região do Delta do rio Doce (lado sul). Adaptado de Rezende et al, 2004.

1. Uma aparente moldura no sentido N-S correspondente aos Terraços Marinheiros Pleistocênicos de um lado e os Holocênicos de outro. Nestes desenvolveram-se, principalmente os Neossolos Quartzarênicos e os Espodossolos;

2. Solos arenosos nos antigos ambientes de maior energia – paleocanal do rio Doce e mesmo em alguns paleocanais adventícios. Predomínio de Neossolos Quartzarênicos ou Neossolos Flúvicos;

3. Solos que se desenvolvem nas extremidades dos paleocanais mencionados em (2) correspondentes às zonas de menor energia, numa

configuração aproximadamente circular. Aí são distribuídos, num padrão intrincado, quase aleatório, solos de natureza aluvial e hidromórfica de textura mais fina. São também evidentes alguns truncamentos abruptos de alguns paleocanais provocados por antigas barras marinhas;

4. Solos desenvolvidos em antigos sedimentos de textura mais fina (silte e argila) (Cambissolos e os mais desenvolvidos, Argissolos Vermelho-amarelo), particularmente nos “interflúvios” entre o canal atual do rio Doce e os paleocanais mais eminentes.

5. Entre os terraços referidos em (1) encontra-se uma área, pelo menos originalmente pantanosa, onde, em grande parte desenvolveram-se solos de textura mais fina (silte e argila) em ambiente hidromórfico. Aí se encontram os Organossolos (Turfas); os Gleissolos e os Tiomórficos (Gleissolos Tiomórficos e Organossolos Tiomórficos).

4.2. Descrição das classes de solos e perfis representativos

A descrição morfológica e os resultados analíticos físicos e químicos, das amostras de solos coletadas, encontram-se descritas nos Quadros 8, 9 e 10, respectivamente. O Anexo 01 descreve a localização dos perfis coletados no campo, utilizados como referência para a confecção do mapa.

Quadro 8. Sumário da descrição morfológica dos solos estudados

Horiz.	Prof.	Trans. ¹	Cor ²	Cor ³ (mosq.)	Estr. ⁴	Por. ⁵	Cons. ⁶	Raíz ⁷	Lençol ⁸	Dren. ⁹
cm										
----- P1 – Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico -----										
A	0-10	Tap	5YR 3,5/1 S	-	Bs	3c		a1		id
C1	10-36	Tco	5YR 6,5/1 U	2,5 YR 5/8 U	m	1p		p2		
C2	36-52	Tgo	5YR 6,5/1 U	2,5 YR 5/8 U	m	1p		r1		
C3	52-65	Tgo	5YR 6/1 U	2,5YR 5/8 e 5Y 5/8 U	m	1p		r1		
Cg4	65-90	Tgo	5YR 6/1 U	2,5YR 5/8 e 5Y 5/8 U	m	1p		r1		
Cg5	60-110		5YR 5/1 U	-	m	4c		r1		
----- P2 – Cambissolo Háptico Tb Distrófico argissólico -----										
A1	0-11	Tgo	10YR 4/3 U		bs1m	3m	fv3Lp	a2/a3		mod
AB	11-22	Tgo	10YR 5/4 U		bs1f	3m	fv3Lp	m2		
BA	22-36	Tgo	10YR 5/4 U		bs1f	3c	fv2Lp	c1		
Bi1	36-68	Tgo	10YR 6/6 U		bs1f	2c	fm2p	p1		
Bi2	68-83		10YR 6/6 U		bs1f	2p	fm2p	r1		

C	85-110								1p	fm2p			185	
----- P3 – Gleissolo Melânico Distrófico hístico -----														
A	0-15	Tai	10YR 2/1 U						g2f	4m	st4np	a1		mad
Cg1	15-40	Tgo	10YR 4/2 U						m		mf2p	c1		
Cg2	40-60		10YR 3/1 U						m		mf2p	r1	60	
----- P4 – Organossolo Fólico Tb distrófico -----														
H1	0-20	Tco	10YR 2/1 U						g2f	3	o			mad
H2	20-55		10YR 2/1 U											
Cg	55+		10YR 4/1 U										55	
----- P5 – Neossolo Flúvico Psamítico solódico -----														
Cam 1	0-20													
Cam 2	20-60													
----- P6 – Cambissolo Háplico Tb distrófico -----														
Ap	0-20		10YR 6/4,5 S						g3		s4np			md
B1	20-60		10YR 7/6 S						bs2		3np			
B2	60-100+		10YR 7/6 S						ggs		4np		100	
----- P7 – Gleissolo Tiomórfico Húmico típico -----														
Ag	0-25		10YR 3/1 U											
Cgt	25+		10YR 5/3 U											
----- P8 – Neossolo Quartzarênico Órtico -----														
Cam 1	0-20	Tdp	5YR 2,5/1 3/2 S						ggs		sst4np			ed
Cam 2	20-50+		7,5YR 4/2 6/2 S								sst4np			
----- P9 – Espodossolo Cárbico Órtico arênico -----														
A1	0-20	Tdp e Tap	5Y 6/2 U						gf ¹		s4np			id
Ab	20-25	Tap	2Y 2/1 U								3np			
Ah3	25-35	Tap	10YR 3/4 U						ggs		s4np			
E	35-50	Tap	2,5Y 7/2 U						ggs		s4np			
Bhs1	50-60	Tgp	10YR 3/4 U						bs2 ²		4np			
Bhs2	60-80	Tgp	10YR 4/6 U						ggs		s4np			
Bh3	80-100		10Y 6/8 U						mgs		s4np			
----- P10 – Gleissolo Melânico A hístico -----														
Ap	0-10	Tdp	10YR 7/2S						m		2p	m		mad
Cg 1	10-30	Tap	10YR 7/3 S						m		2p	r		
Cg2	30-80+		2,5Y 7/6 S						m		2p	r		
----- P11 – Neossolo Flúvico Tb distrófico gleico -----														
Cam 1	0-5		5YR 2,5/1 U											
Cam 2	5-20		5YR 2,5/1 U											
Cam 3	25-45+		10YR 2/2 U										100	

* Todos os perfis se localizam em topografia plana (<3%), não pedregosa, não rochosa e erosão não aparente.

¹TRANSIÇÃO ENTRE HORIZONTES: Nitidez ou Contraste: a = abrupta, c = clara, g = gradual, d = difusa; Topografia da linha de separação: p = plana, o = ondulada, i = irregular; ²COR: S = solo seco, U = solo úmido; ³COR DO MOSQUEADO; ⁴ESTRUTURA: Tipo: bs = blocos subangulares, m = maciça, g = granular; Tamanho: 1 = média, 2 = pequena, 3 = muito pequena; Grau: m = moderada, f = fraca, gs = grão simples; ⁵POROSIDADE: Tamanho: 1 = muito pequenos, 2 = pequenos, 3 = grandes, 4 = médios; Quantidade: m = muitos, c = comuns, p = poucos; ⁶CONSISTÊNCIA: Seco: s = solto; Úmido: st = solto, fv = friável, fm = firme, mf = muito firme; Plasticidade: 1 = não-plástico, 2 = plástico, 3 = ligeiramente plástico, 4 = plástico; Pegajosidade: Lp = ligeiramente pegajoso, p = pegajoso, np = não-pegajoso; ⁷RAÍZES: Quantidade: a = abundantes, m = muitas, c = comuns, p = poucas, r = raras; Diâmetro: 1 = finas, 2 = médias, 3 = grossas; ⁹DRENAGEM: i = imperfeitamente, ma = mal, mo = moderadamente, b = bem, e = excessivamente, d = drenado.

Quadro 9. Características físicas dos solos estudados

Horiz.	Prof.	g	f	s	r	ADA	Text.	siilt/arg	Id	Ds	Dp	GF	Ua	EU	CC
	cm	----- g Kg ⁻¹ -----								---- g cm ⁻³ ----		--- g 100g ⁻¹ ---		--- Kg Kg ⁻¹ ---	
----- P1 - Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico -----															
A	0-10	1	1	24	74	37	R	0,32	51	0,73	2,58	49	53,5	0,55	0,57
C1	10-36	1	-	12	87	-	R	0,14	-	0,83	2,59	100	58,0	0,54	0,56
C2	36-52	1	-	8	91	2	R	0,09	2	0,83	2,59	98	58,0	0,52	0,54
C3	52-65	1	-	8	91	64	R	0,09	71	0,99	2,72	29	54,1	0,50	0,53
Cg4	65-90	20	2	9	69	58	R	0,13	84	0,99	2,72	16	54,1	0,40	0,44
Cg5	60-110	77	5	6	12	13	fa	0,50	100	1,52	2,58	-	22,3	0,14	0,20
----- P2 – Cambissolo Háplico Tb Distrófico argissólico -----															
A1	0-11	2	5	35	58	30	r	0,60	1	0,72	2,35	48	69,5	0,51	0,53
AB	11-22	2	5	28	65	7	R	0,43	-	0,86	2,89	89	55,1	0,48	0,51
BA	22-36	2	2	27	69	-	R	0,39	-	1,01	1,88	100	50,6	0,51	0,53
Bi1	36-68	2	2	33	63	-	R	0,52	-	1,02	2,95	100	46,1	0,48	0,51
Bi2	68-83	1	4	44	51	-	rs	0,86	-	1,11	1,88	99	45,0	0,47	0,50

C	85-110	1	3	43	53	-	rs	0,81	-	1,08	2,52	99	45,3	0,48	0,51
----- P3 – Gleissolo Melânico Distrófico hístico -----															
A	0-15	21	2	21	56	24	r	0,38	-	0,48	1,91	57	111,0	0,68	0,69
Cg1	15-40	1	-	13	86	53	R	0,15	1	0,48	2,52	38	111,0	0,55	0,57
Cg2	40-60	1	-	13	86	54	R	0,15	1	0,75	2,52	37	77,1	0,55	0,57
----- P4 – Organossolo Fólico Tb distrófico -----															
H1	0-20	-	-	-	-	-	o	-	-	-	-	-	183,2	0,66	0,67
H2	20-55	-	-	-	-	-	o	-	-	-	-	-	133,5	0,56	0,58
Cg	55+	3	3	18	76	44	R	0,24	1	-	2,82	42	-	0,53	0,55
Mat	55	21	6	39	34	11	fr	1,15	-	-	2,14	69	-	0,75	0,74
----- P5 – Neossolo Flúvico Psamítico solódico -----															
Cam 1	0-20	85	7	3	5	3	a	0,60	1	-	3,12	33	-	0,04	0,12
Cam 2	20-60	81	15	2	2	3	a	1,00	2	-	3,13	-	-	0,03	0,11
----- P6 – Cambissolo Háptico Tb distrófico -----															
Ap	0-20	60	19	6	15	1	R	0,40	-	-	2,59	93	-	0,13	0,20
B1	20-60	47	21	10	22	-	R	0,45	-	-	2,63	98	-	0,19	0,25
B2	60-100+	53	21	10	16	-	R	0,63	-	-	2,63	97	-	0,17	0,23
----- P7 – Gleissolo Tiomórfico Húmico típico -----															
Ag	0-25	12	5	26	57	35	r	0,46	1	-	2,38	38	-	0,49	0,52
Cgt	25+	-	5	38	57	30	r	0,67	1	-	2,50	47	-	0,48	0,51
----- P8 – Neossolo Quartzarênico Órtico -----															
Cam 1	0-20	91	5	2	2	-	a	1,00	-	-	2,56	78	-	0,04	0,12
Cam 2	20-50+	89	9	2	-	1	a	-	-	-	2,63	-	-	0,02	0,10
----- P9 – Espodossolo Cárbico Órtico arênico -----															
A1	0-20	86	8	1	5	3	a	0,20	1	-	2,63	49	-	0,05	0,12
Ab	20-25	72	14	4	10	6	af	0,40	1	-	2,59	41	-	0,12	0,19
Ah3	25-35	87	8	-	5	3	a	-	1	-	2,59	44	-	0,05	0,12
E	35-50	85	11	-	4	2	a	-	1	-	2,70	45	-	0,03	0,11
Bhs1	50-60	76	10	2	12	8	af	0,17	1	-	2,66	36	-	0,12	0,19
Bhs2	60-80	76	12	1	11	9	af	0,09	1	-	2,66	18	-	0,09	0,16
Bh3	80-100	89	7	-	4	3	a	-	1	-	2,66	26	-	0,03	0,11
----- P10 – Gleissolo Melânico A hístico -----															
Ap	0-10	2	2	12	84	66	R	0,14	1	-	2,46	22	-	0,51	0,53
Cg 1	10-30	2	2	12	84	66	R	0,14	1	-	2,54	21	-	0,50	0,53
Cg2	30-80+	1	-	15	84	57	R	0,18	1	-	2,56	32	-	0,54	0,56
----- P11 – Neossolo Flúvico Tb distrófico gleico -----															
Cam 1	0-5	81	7	2	10	4	af	0,20	-	-	2,50	58	-	0,12	0,19
Cam 2	5-20	76	8	4	12	5	af	0,33	-	-	2,43	60	-	0,13	0,19
Cam 3	25-45+	92	5	-	3	1	a	-	-	-	2,63	73	-	0,05	0,12
----- P12 – Neossolo Flúvico Tb distrófico gleico -----															
Ap	0-20	49	21	9	21	-	fra	0,43	-	-	-	-	-	-	-
C1	20-60	49	23	7	30	-	fra	0,43	-	-	-	-	-	-	-

G = areia grossa, f = areia fina; s = silte; r = argila; ADA = Argila Dispersa em Água; Textura: R = muito argilosa; r = argila ou argilosa; rs = argilo-siltosa; ra = argilo-arenosa; fr = franco-argilosa; fa = franco-argilosa; fra = franco argilo-arenosa; s = silte; a = areia; af = areia-franca; Id = Índice de dispersão $\{(ADA)/(\%Arg)\}$; Ds = densidade do solo; Dp = Densidade de partícula; GF = Grau de Floculação $\{100(\%arg-ADA)/\%arg\}$; Ua = Umidade Atual do Solo; EU = Equivalente de Umidade; CC = Capacidade de Campo (0,081+0,888EU).

Quadro 10. Características químicas dos solos estudados

Horiz.	Prof.	pH		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	Al ⁺³	H+Al	T	t
		H ₂ O	KCl									
cm		cmol _c dm ⁻³										
----- P1 - Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico -----												
A	0-10	4,8	3,9	1,07	1,36	0,26	0,44	3,13	1,31	8,74	12,0	4,0
C1	10-35	4,9	4,1	0,49	1,52	0,10	0,28	2,38	0,89	4,16	7,0	3,0
C2	36-52	5,0	4,1	0,41	1,61	0,06	0,25	2,32	0,79	4,06	6,0	3,0
C3	52-65	5,1	3,9	0,49	1,61	0,03	0,24	2,37	1,52	6,56	9,0	4,0
Cg4	65-90	5,2	3,9	0,48	1,47	0,02	0,22	2,20	1,57	4,68	7,0	4,0
Cg5	60-110	5,6	4,2	0,28	0,55	0,02	0,13	0,96	0,32	1,46	2,0	1,0
----- P2 – Cambissolo Háptico Tb Distrófico argissólico -----												
A1	0-11	5,1	4,4	4,53	2,71	0,17	0,31	7,71	0,10	6,24	14,0	8,0
AB	11-22	4,9	4,0	0,91	1,58	0,04	0,13	2,66	0,06	5,72	8,0	3,0
BA	22-36	4,8	4,0	0,47	1,42	0,03	0,13	2,05	1,21	3,95	6,0	3,0
Bi1	36-68	5,1	4,3	0,17	1,78	0,02	0,16	2,13	0,48	2,60	5,0	3,0

Bi2	68-83	5,5	4,8	0,13	2,16	0,02	0,18	2,49	0,10	1,77	4,0	3,0
C	85-110	5,5	4,9	0,17	2,31	0,02	0,19	2,69	0,10	1,98	5,0	3,0
----- P3 – Gleissolo Melânico Distrófico hístico -----												
A	0-15	4,4	4,1	1,29	1,01	0,26	0,40	2,94	2,09	15,91	19,0	5,0
Cg1	15-40	4,6	3,9	1,70	1,36	0,05	0,20	3,31	1,93	9,26	13,0	5,0
Cg2	40-60	4,6	3,9	1,59	1,39	0,06	0,24	3,27	2,35	14,04	17,0	6,0
----- P4 – Organossolo Fólico Tb distrófico -----												
H1	0-20	4,6	4,0	5,23	2,38	0,43	0,54	8,57	1,26	25,17	34,0	10,0
H2	20-55	5,1	4,6	2,34	1,71	0,25	0,37	4,66	0,37	12,38	17,0	5,0
Cg	55+	5,2	4,7	1,88	1,24	0,36	0,50	3,96	0,37	9,68	14,0	4,0
Mat	55	5,0	4,2	3,28	2,53	0,16	0,36	6,33	0,84	12,80	19,0	7,0
----- P5 – Neossolo Flúvico Psamítico solódico -----												
Cam 1	0-20	5,7	5,0	1,24	0,54	0,12	0,23	2,12	-	1,66	4,0	2,0
Cam 2	20-60	6,1	5,4	0,74	0,28	0,08	0,19	1,28	-	0,73	2,0	1,0
----- P6 – Cambissolo Háptico Tb distrófico -----												
Ap	0-20	4,9	4,0	-	0,84	0,09	0,10	0,94	0,37	7,05	8,0	1,0
B1	20-60	5,0	4,3	0,15	0,18	0,02	0,03	0,36	0,69	2,35	3,0	1,0
B2	60-100+	5,2	4,6	0,13	0,36	0,02	0,02	0,51	0,27	1,41	2,0	1,0
----- P7 – Gleissolo Tiomórfico Húmico típico -----												
Ag	0-25	4,7	4,2	0,69	4,79	0,12	0,19	5,68	2,25	11,28	17,0	8,0
Cgt	25+	4,2	4,1	0,26	3,21	0,02	0,05	3,53	2,87	6,89	10,0	6,0
----- P8 – Neossolo Quartzarênico Órtico -----												
Cam 1	0-20	4,0	3,4	0,30	1,96	0,05	0,05	2,31	0,48	3,92	6,0	3,0
Cam 2	20-50+	4,3	4,0	0,07	0,63	0,02	0,01	0,71	0,37	0,63	1,0	1,0
----- P9 – Espodossolo Cárbico Órtico arênico -----												
A1	0-20	5,0	4,6	0,31	0,29	0,04	0,04	0,64	0,27	2,04	3,0	1,0
Ab	20-25	4,6	4,2	1,22	0,25	0,08	0,09	1,56	0,69	6,27	8,0	2,0
Ah3	25-35	4,8	4,2	0,36	0,11	0,10	0,10	0,57	0,48	2,19	3,0	1,0
E	35-50	4,8	4,6	0,11	0,07	0,02	0,02	0,20	0,37	1,10	1,0	1,0
Bhs1	50-60	4,7	4,6	0,17	0,07	0,03	0,10	0,34	1,00	7,20	8,0	1,0
Bhs2	60-80	4,7	4,7	0,15	0,06	0,01	0,02	0,23	1,10	4,23	4,0	1,0
----- P10 – Gleissolo Melânico A hístico -----												
Ap	0-10	5,3	4,6	1,64	2,03	0,79	0,72	4,40	0,17	4,70	9,0	5,0
Cg 1	10-30	5,2	4,5	1,34	1,68	0,81	0,74	3,76	0,37	4,07	8,0	4,0
Cg2	30-80+	5,0	4,5	0,82	1,16	0,69	0,70	2,68	0,37	3,13	6,0	3,0
----- P11 – Neossolo Quartzarênico Hidromórfico -----												
Cam 1	0-5	4,5	4,3	0,79	0,55	0,05	0,07	1,42	1,00	8,77	10,0	2,0
Cam 2	5-25	4,6	4,1	0,80	0,40	0,08	0,09	1,29	1,62	11,90	13,0	3,0
Cam 3	25-45+	4,7	4,5	0,13	0,08	0,02	0,03	0,24	0,58	3,45	4,0	1,0
----- P12 – Neossolo Flúvico Eutrófico -----												
Ap	0-20	5,1	4,1	2,70	0,50	0,25	0,10	3,56	0,10	2,10	6,0	
C1	20-60	5,8	4,9	2,10	0,40	0,09	0,07	2,66	0,10	2,40	5,0	

Continua...

Quadro 10. Cont.,

Horiz.	Prof.	V	m	ISNa	CO	CE	P		Fe	Mn	Zn	Cu
							disp	rem				
	cm	-----	%	-----	dag kg ⁻¹	Ds m ⁻¹	mg dm ⁻³	mg L ⁻¹	-----	mg dm ⁻³	-----	
----- P1 - Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico -----												
A	0-10	26,4	29,6	3,7	5,7	0,20	18,73	12,85	654,3	20,5	3,0	2,5
C1	10-35	36,4	27,2	4,2	1,7	0,18	26,08	60,01	101,6	3,1	0,5	1,8
C2	36-52	36,4	25,4	3,9	1,8	0,10	13,26	78,80	90,8	2,9	0,4	3,2
C3	52-65	26,6	39,1	2,7	2,0	0,12	31,26	87,88	246,9	6,2	0,6	6,4
Cg4	65-90	32,1	41,7	3,3	1,8	0,09	38,61	13,51	255,3	6,1	0,6	4,1
Cg5	60-110	40,2	24,8	5,3	1,0	0,05	33,89	46,38	142,0	3,3	0,5	1,9
----- P2 – Cambissolo Háptico Tb Distrófico argissólico -----												
A1	0-11	55,3	1,3	2,2	4,7	0,16	28,63	33,37	125,6	109,3	7,7	3,0
AB	11-22	31,8	2,2	1,6	1,9	0,07	3,77	12,63	90,3	24,4	1,6	1,5
BA	22-36	34,1	37,2	2,2	1,8	0,07	1,93	9,45	70,6	13,6	1,4	1,2

Bi1	36-68	45,0	18,4	3,4	1,5	0,04	2,57	6,01	48,4	7,6	1,1	0,9
Bi2	68-83	58,5	3,9	4,3	1,5	0,05	2,80	6,44	42,1	3,9	1,0	0,9
C	85-110	57,7	3,6	4,1	1,1	0,05	4,89	8,35	44,1	4,6	1,0	1,0
----- P3 – Gleissolo Melânico Distrófico hístico -----												
A	0-15	15,6	41,5	2,1	18,9	0,57	10,14	5,92	294,6	13,6	3,3	3,1
Cg1	15-40	26,3	36,9	1,6	7,7	0,21	5,98	10,28	321,0	6,1	0,9	7,1
Cg2	40-60	18,9	41,8	1,4	7,6	0,22	1,89	6,31	540,3	7,8	2,1	6,0
----- P4 – Organossolo Fólico Tb distrófico -----												
H1	0-20	25,4	12,8	1,6	30,4	0,50	8,67	7,59	406,2	49,9	6,2	2,9
H2	20-55	27,3	7,4	2,2	7,9	0,33	24,45	2,31	47,0	7,8	3,2	6,9
Cg	55+	29,1	8,5	3,6	7,1	0,38	25,27	1,77	345,3	27,6	5,1	3,1
Mat	55	33,1	11,7	1,9	16,1	0,38	10,21	8,11	33,9	12,9	3,2	8,5
----- P5 – Neossolo Flúvico Psamítico solódico -----												
Cam 1	0-20	56,1	-	6,2	2,0	0,09	3,07	62,69	24,0	17,5	2,0	0,1
Cam 2	20-60	64,0	-	9,5	-	0,08	0,73	58,46	282,0	6,6	0,3	-
----- P6 – Cambissolo Háptico Tb distrófico -----												
Ap	0-20	11,8	28,2	1,3	1,1	0,10	3,32	46,00	148,2	47,9	1,4	1,2
B1	20-60	13,2	65,9	1,0	0,2	0,06	1,74	32,70	63,8	17,5	-	0,7
B2	60-100+	26,5	34,7	0,9	0,2	0,05	2,62	30,20	58,9	2,8	0,1	0,5
----- P7 – Gleissolo Tiomórfico Húmico típico -----												
Ag	0-25	33,5	28,4	1,1	7,0	0,21	4,82	13,00	1018,7	7,7	0,1	1,5
Cgt	25+	33,9	44,8	0,5	1,6	0,16	3,21	17,70	234,9	-	-	3,8
----- P8 – Neossolo Quartzarênico Órtico -----												
Cam 1	0-20	37,1	17,2	0,8	1,4	0,15	5,21	59,70	60,3	-	-	-
Cam 2	20-50+	53,2	34,1	1,0	0,1	0,05	2,60	61,30	6,1	-	-	-
----- P9 – Espodossolo Carbônico Órtico arênico -----												
A1	0-20	24,0	29,5	1,6	0,5	0,09	11,89	11,80	147,4	2,7	2,1	2,6
Ab	20-25	19,9	30,7	1,1	2,7	0,17	6,34	47,90	326,8	34,1	2,7	0,4
Ah3	25-35	20,5	45,9	3,5	3,4	0,06	3,91	43,10	164,6	0,1	-	0,1
E	35-50	15,2	65,2	1,3	0,4	0,04	2,64	50,90	74,4	-	-	0,1
Bhs1	50-60	4,5	74,9	1,3	1,6	0,04	10,74	57,00	278,8	-	-	0,2
Bhs2	60-80	5,1	82,9	0,4	0,7	0,05	19,85	18,30	188,2	-	-	0,5
----- P10 – Gleissolo Melânico A hístico -----												
Ap	0-10	48,3	3,7	7,9	2,5	0,11	6,86	32,70	597,8	10,1	1,2	1,0
Cg 1	10-30	48,0	9,0	9,4	2,0	0,10	5,15	30,00	865,8	8,1	1,0	0,9
Cg2	30-80+	46,1	12,1	12,0	1,1	0,21	2,16	24,90	572,4	-	0,1	1,5
----- P11 – Neossolo Quartzarênico Hidromórfico -----												
Cam 1	0-5	13,9	41,4	0,7	4,5	0,18	8,01	32,80	357,5	15,9	1,5	0,2
Cam 2	5-25	9,8	55,6	0,7	4,5	0,15	8,70	22,90	504,7	17,3	0,8	0,2
Cam 3	25-45+	6,5	70,7	0,8	0,6	0,07	13,26	31,60	129,1	-	-	0,1
----- P12 – Neossolo Flúvico Eutrófico -----												
Ap	0-20	63,0	2,7	1,7			44,00		108,0	309,0	5,0	13,6
C1	20-60	53,0	3,6	1,4			36,00		106,0	259,0	4,0	12,2

pH em água, KCl - relação 1:2,5; Ca, Mg, Al³⁺ – extrator KCl 1mol L⁻¹; SB= Soma de bases trocáveis; H+Al – extrator acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0; CTC(t)- Capacidade de troca catiônica efetiva; CTC(T) – Capacidade de troca catiônica a pH 7,0.

V = Índice de saturação por bases; m = Índice de saturação por alumínio; ISNa = 100*Na⁺/T; CO – Carbono orgânico (Yeomans e Bremner, 1988); CE – Condutividade hidráulica; P disp., K-extrator Mehlich 1; P-rem = Fósforo Remanescente.

4.2.1. Neossolo Quartzarênico

Possuem seqüência de horizontes A-C, sem contato lítico dentro de 50 cm de profundidade, sendo o horizonte C normalmente bastante espesso. Praticamente não apresentam estrutura, podendo apenas conter alguma estrutura fraca granular no horizonte A. Quanto a consistência, o solo apresenta-se solto quando seco ou úmido, não plástico e não pegajoso quando molhado.

Como unidade isolada ocupa uma área aproximada de 1.940 ha, que

corresponde a 9% da área de estudo (Figura 25). Ocorre também associado com Gleissolos Melânicos. Quando ocorre associado com solos tiomórficos, ocupa as pequenas elevações do terreno e recebe a denominação de hidromórfico em substituição ao órtico no terceiro nível categórico. Está presente principalmente na área correspondente ao paleocanal do rio Doce, situado a sudoeste do atual curso. Apesar de sua origem aluvial, apresenta-se como típico.

Seu ambiente corresponde às Restingas atuais dos Terraços Marinheiros Holocênicos e Pleistocênicos. A alta permeabilidade típica deste solo e o baixo tamponamento energético tornam o reciclo de nutrientes essencial na manutenção da sua pouca fertilidade. Assim, a reserva de água para as plantas, principalmente anuais, depende muito da altura do nível freático.

No período chuvoso, em algumas partes do ambiente de ocorrência destes solos o nível freático aflora, o que é evidenciado pela cor escura da água, devido a presença dos ácidos orgânicos oriundos do processo de desenvolvimento do solo (podzolização) (Figura 26 D, E e Quadro 11.). São solos muito pobres, moderado a fortemente ácidos com baixa saturação de bases.

Em razão da baixa capacidade de troca de cátions (CTC), os Neossolos Quartzarênicos são solos muito suscetíveis à poluição, principalmente a veiculada pela água. Além disso, quando sem vegetação, mesmo em pequenos declives são muito vulneráveis à erosão (REZENDE et al., 2001).

Houve intenso desmatamento neste solo para o cultivo de pastagem (*Paspalum* sp.) de baixa capacidade de suporte e para eucalipto (Figura 27). O pisoteio intensivo do gado provoca, ainda, o aparecimento descontínuo de “reboleiras” destituídas de vegetação. Conquanto estes aspectos negativos, alguns pecuaristas consideram este solo como um bom ambiente para a criação do gado (LANI, 1998). Alegam que o ambiente é propício devido à salinização das pastagens pelos ventos marinhos. Além disso, os animais não são atacados pela mosca do berne, no entanto, o são pela do chifre, segundo alguns pecuaristas e também pela observação local.

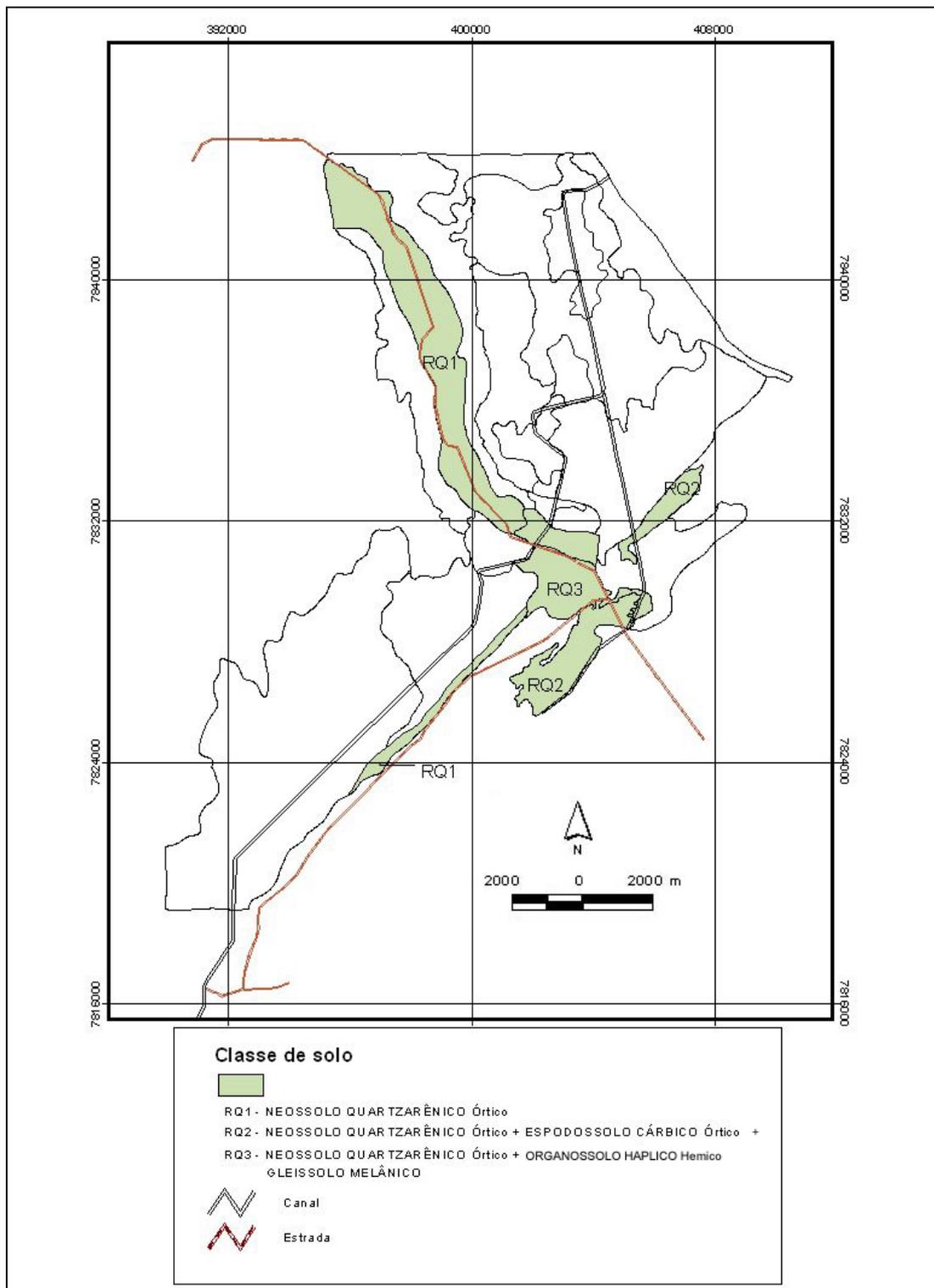


Figura 25. Domínios dos Neossolos Quartzarênicos na área de estudo.

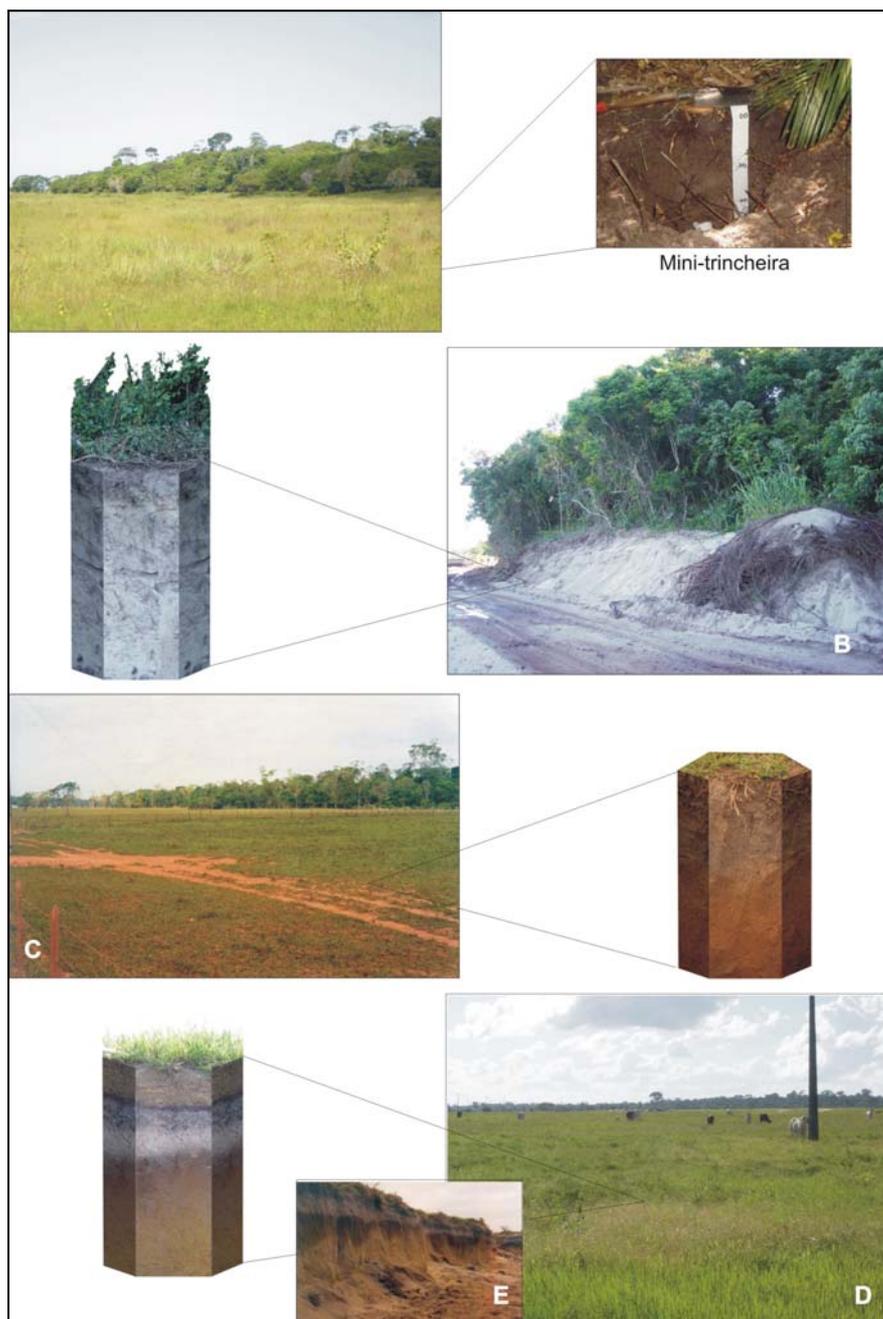


Figura 26. Alguns ambientes com a predominância de Neossolo Quartzarênico.

Quadro 11. Descrição detalhada da Figura 26.

Imagem	Comentário
A	Paisagem de ocorrência e mini-trincheira.
B	Mata de restinga com destaque para perfil de solo.
C	Pastagem degradada (período seco).
D	Neossolo em processo de podzolização. Próximo à ponte que corta o Canal Caboclo Bernardo, na estrada municipal Bebedouro-Regência.
E	Detalhe em barranco exposto do ambiente D.



Figura 27. Plantação de eucalipto em Neossolo Quartzarênico próximo à Aracruz Celulose, Vila do Riacho, Espírito Santo.

No Estudo feito por ROBERTSON-SCHULTZ (1973), estimou-se que as áreas de pastagens nos Neossolos Quartzarênicos apresentavam uma capacidade de suporte das pastagens de 1UA/ha. Já nas pastagens cultivadas, esses autores estimaram uma capacidade de suporte de 2 UA/ha, cujos valores provavelmente foram superestimados para viabilizar a parte econômica do projeto, à época.

Na parte sul, uma faixa acompanha paralelamente a área dos solos tiomórficos (RQ1). A transição de área com Neossolo Quartzarênico para os domínios dos solos Tiomórficos ocorre após pequeno desnível (aproximadamente 2 metros) do terreno no sentido SE-NO (Figura 28 e 29).

4.2.2. Organossolo

São solos constituídos por material orgânico, que apresentam horizonte O ou H hístico com teor de matéria orgânica $\geq 0,2$ kg/kg de solo, com espessura mínima de 40 cm (EMBRAPA, 1999).

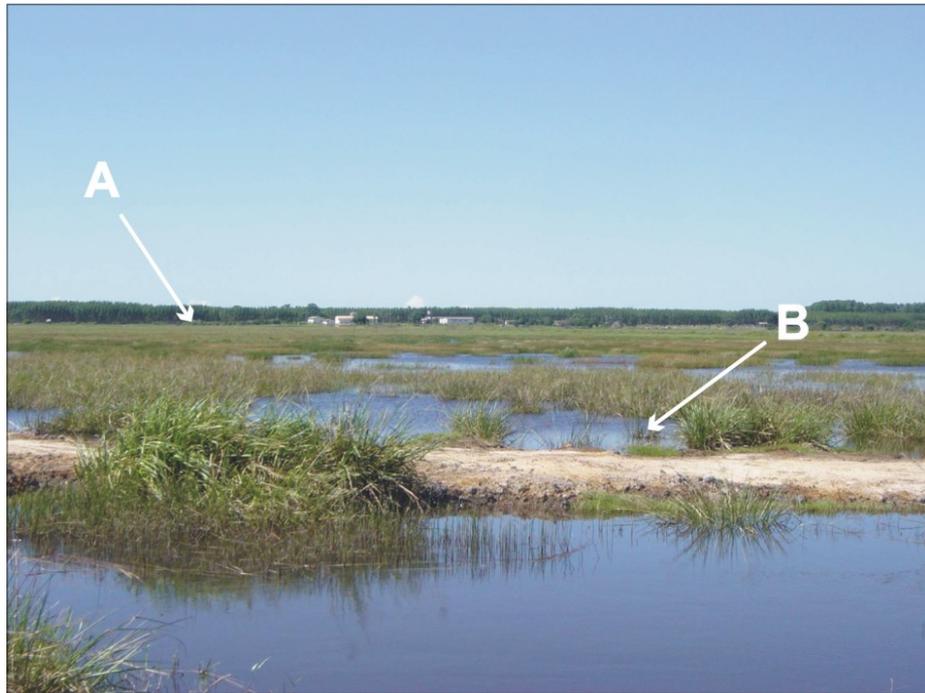


Figura 28. (A) Área de Neossolos Quartzarênicos ocupada por eucalipto ao fundo. Após desnível de aproximadamente 2 metros inicia o domínio de solos tiomórficos (B), que no mapa está representado pela unidade OX3 (Figura 25). Região da Fazenda Agril (vide Figura 29).



Figura 29. (A) Em segundo plano, ambiente de solos sob influência do tiomorfismo, mostrado na Figura 28 B; (B) Em primeiro plano, ambiente de Neossolo Quartzarênico sob eucalipto.

Esta unidade ocorre na área de estudo como solo único (OX1) e como componente das associações com Gleissolo Melânico (OX2), Gleissolo Tiomórfico (OX3) e Neossolo Quartzarênico (OX4) (Figura 30). É uma das classes mais presente, ocupando cerca de 40% da área quando incluso as associações.

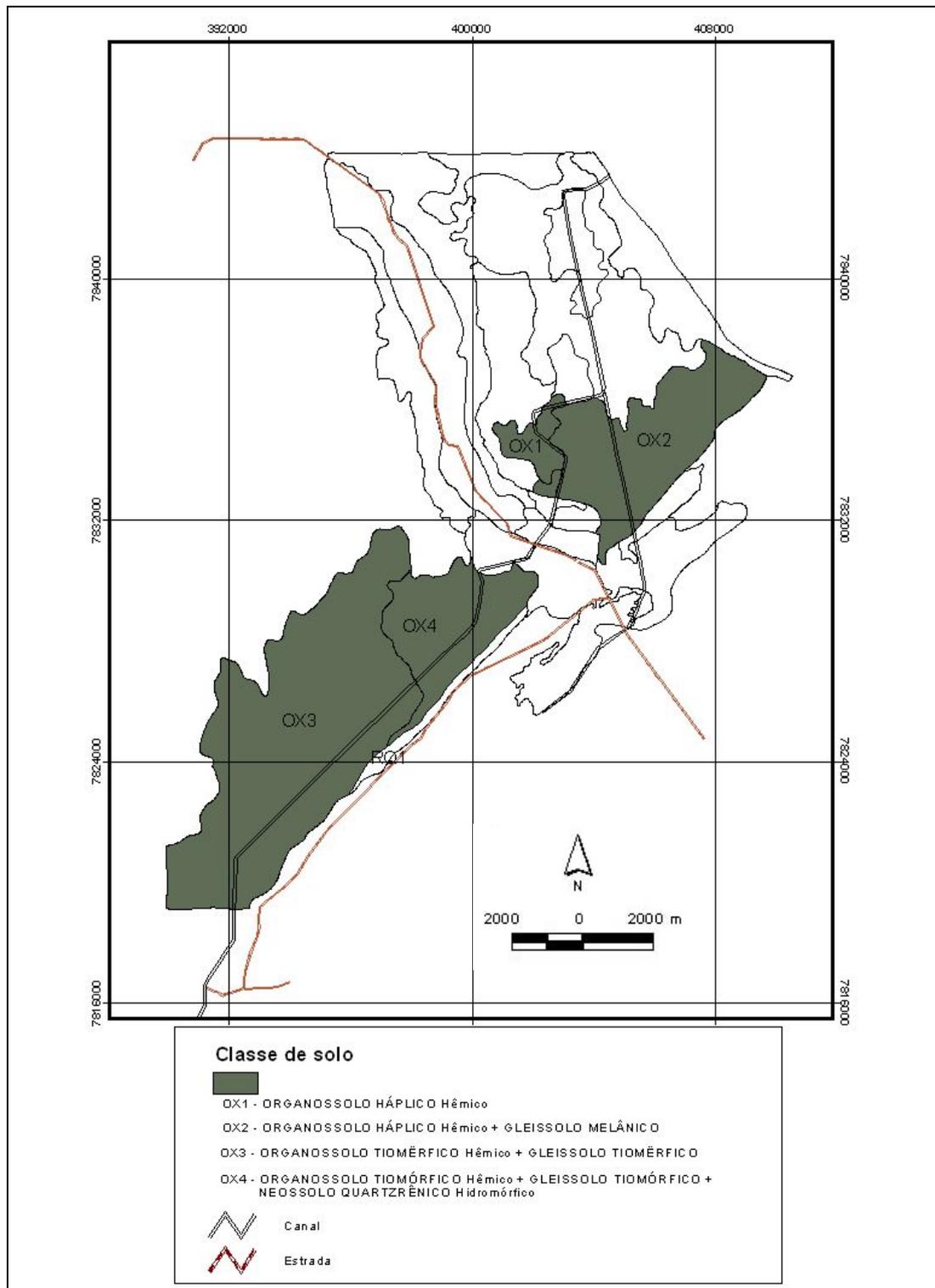


Figura 30. Domínios dos Organossolos na área de estudo.

Além da seção de controle, foram amostrados diversos pontos por meio de tradagem. Em razão da prática de queima indiscriminada e subsidência (Figura 31 H e Quadro 12), este solo pode ter sido algumas vezes mapeado como Gleissolo, em razão da impossibilidade de verificação do que restou do horizonte hístico. Porém, para grande parte dos efeitos, a paisagem é tipicamente de Organossolo devido ao ambiente de drenagem restrita e vegetação graminóide abundante (ver Figura 31).

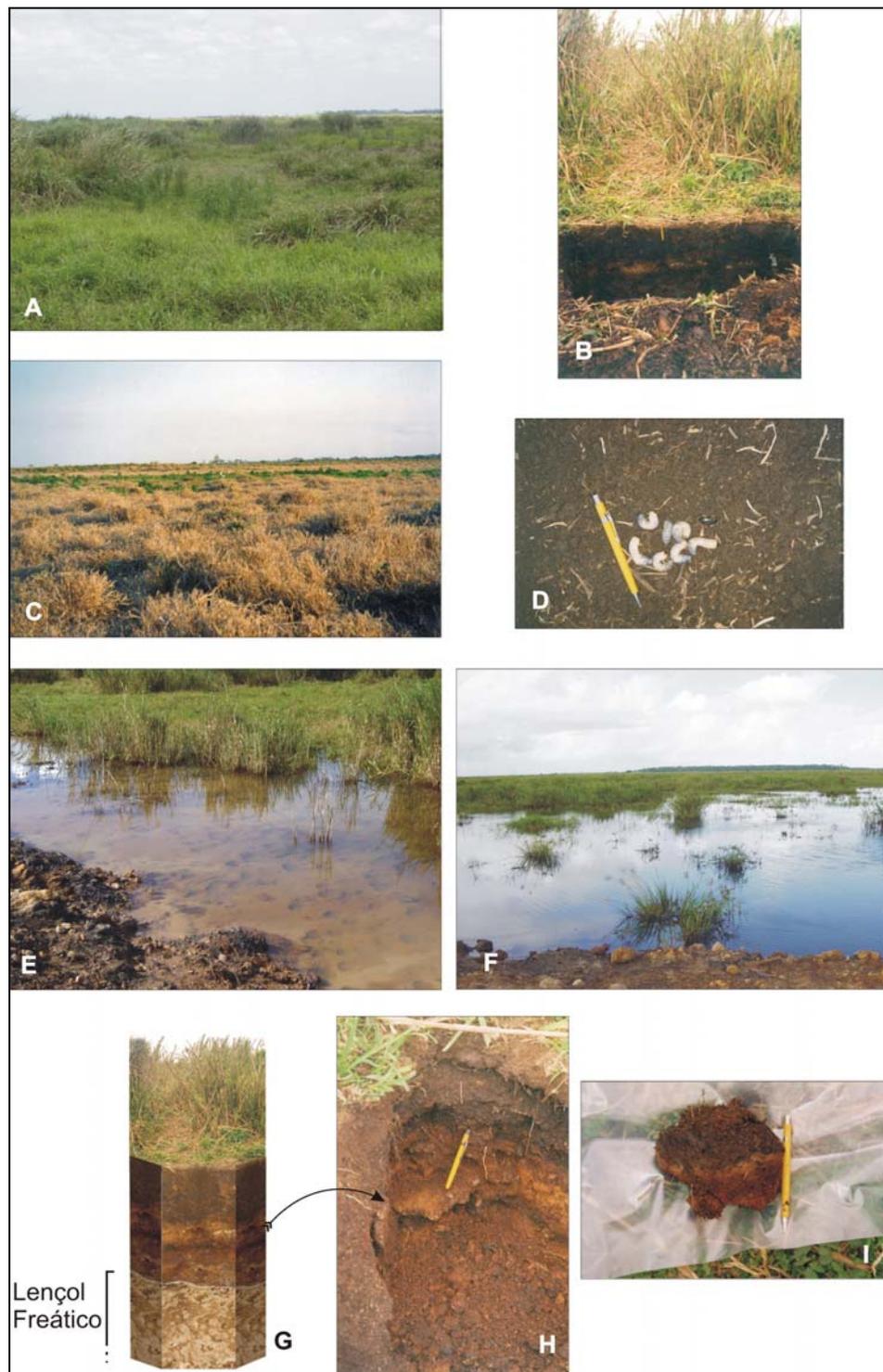


Figura 31. Alguns ambientes com a predominância de Organossolos.

Quadro 12. Descrição detalhada da Figura 31.

Foto	Comentário
A	Ambiente de ocorrência dos Organossolos;
B	Pastagem de canaveira em Organossolo (vista de um perfil). Fazenda Goianazes;
C	Pastagem morta em grandes reboleiras em função do ataque da praga conhecida como mofofô;
D	Coleóptero mofofô ou pão-de-galinha (<i>Eutheola humilis</i>);
E	Água ácida (pH=3,3) e límpida (transparente) em área com tiomorfismo. Fazenda Santa Lúcia;
F	Paisagem alagada com ocorrência de Organossolo tiomórfico. Fazenda Santa Lúcia;
G	Perfil de um Organossolo;
H	Detalhe da figura G: cinzas na forma de material concrecionário advindo da queima de parte da camada orgânica;
I	Detalhe do material concrecionário da foto H.

Foram também encontrados Organossolos com marcante tiomorfismo (Figura 31 E, F), entretanto, como os demais solos afetados por esse fenômeno, serão tratados num item específico. Como observado (Figura 30) a linha do paleocanal do rio Doce secciona as unidades dos Organossolos, separando a área afetada pelo tiomorfismo (SO) da não tiomórfica (NE) pelo menos à superfície, podendo ocorrer à profundidades maiores.

Esses solos estão localizados nas zonas depressionadas da paisagem, onde ocorrem mais comumente os alagamentos (Figura 32). O ambiente redutor (falta de oxigênio) favorece a formação da camada orgânica.

A água livre presente nas turfas tiomórficas são particularmente muito ácidas e às vezes muito límpidas (Figura 31 E). Apresentam um cheiro característico ovo de podre, o enxofre volátil (LANI, 1998).

Problemas relativos à toxidez, possibilidade de contaminação e outros, são comuns nos Organossolos Tiomórficos, podendo ser agravados em razão do risco de subsidência, combustão e degradação do meio ambiente – para todos os efeitos, irreversíveis. É que o subsolo uma vez exposto, neste processo, desenvolve um pH tão baixo que nada mais pode crescer no local, apenas crostas algo “litificadas” cobrem a superfície estéril (REZENDE et al., 2001).

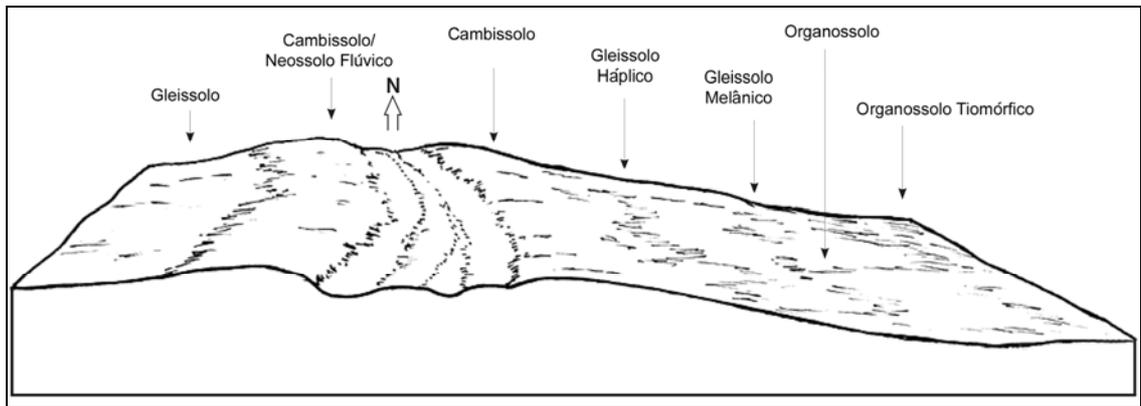


Figura 32. Representação esquemática de uma topossequência entre um Neossolo Flúvico Tb e um Organossolo (REZENDE et al., 2001)

4.2.3. Cambissolo Háptico

Esta classe compreende solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B incipiente subjacente ao horizonte A de qualquer tipo, excluído o chernozêmico quando a argila do horizonte Bi for de atividade alta (CAMARGO et al., 1987). São solos pouco evoluídos, de características bastante variáveis, mas em geral, pouco profundos ou rasos e às vezes com teores de silte relativamente elevados. Apresentam seqüência de horizontes do tipo A, Bi, C, com modesta diferenciação entre eles. Em razão de seu desenvolvimento ainda incipiente, suas características estão em consonância com o material de origem.

O horizonte A é predominantemente moderado cujos teores de argila encontram-se dentro das classes texturais argila e muito argilosa, o mesmo verificando-se com o horizonte Bi, com pequena variação textural ao longo do perfil.

O horizonte B apresenta estrutura com blocos subangulares com grau de desenvolvimento fraco ou moderado.

Esta unidade é emoldurada pelos principais paleocanais e é como que seccionada pelo atual canal do rio Doce (Figura 33 e 34). Desenvolveu-se nos sedimentos mais finos, em locais de águas mais calmas numa planície de inundação pretérita que, em relação aos outros sedimentos, ocupa uma posição “interfluvial” na condição de terraço aluvial antigo (REZENDE et al., 2001) (Figura 35).

Atualmente este solo está sendo utilizado em sua quase totalidade com cacau. Em razão da sua localização próxima ao rio Doce, facilita a irrigação e ao seu potencial agrícola, esta unidade pode ter outros usos alternativos. Entretanto, a textura argilosa e a mineralogia caulínítica pressupõem cuidados extras no que se refere ao seu uso.

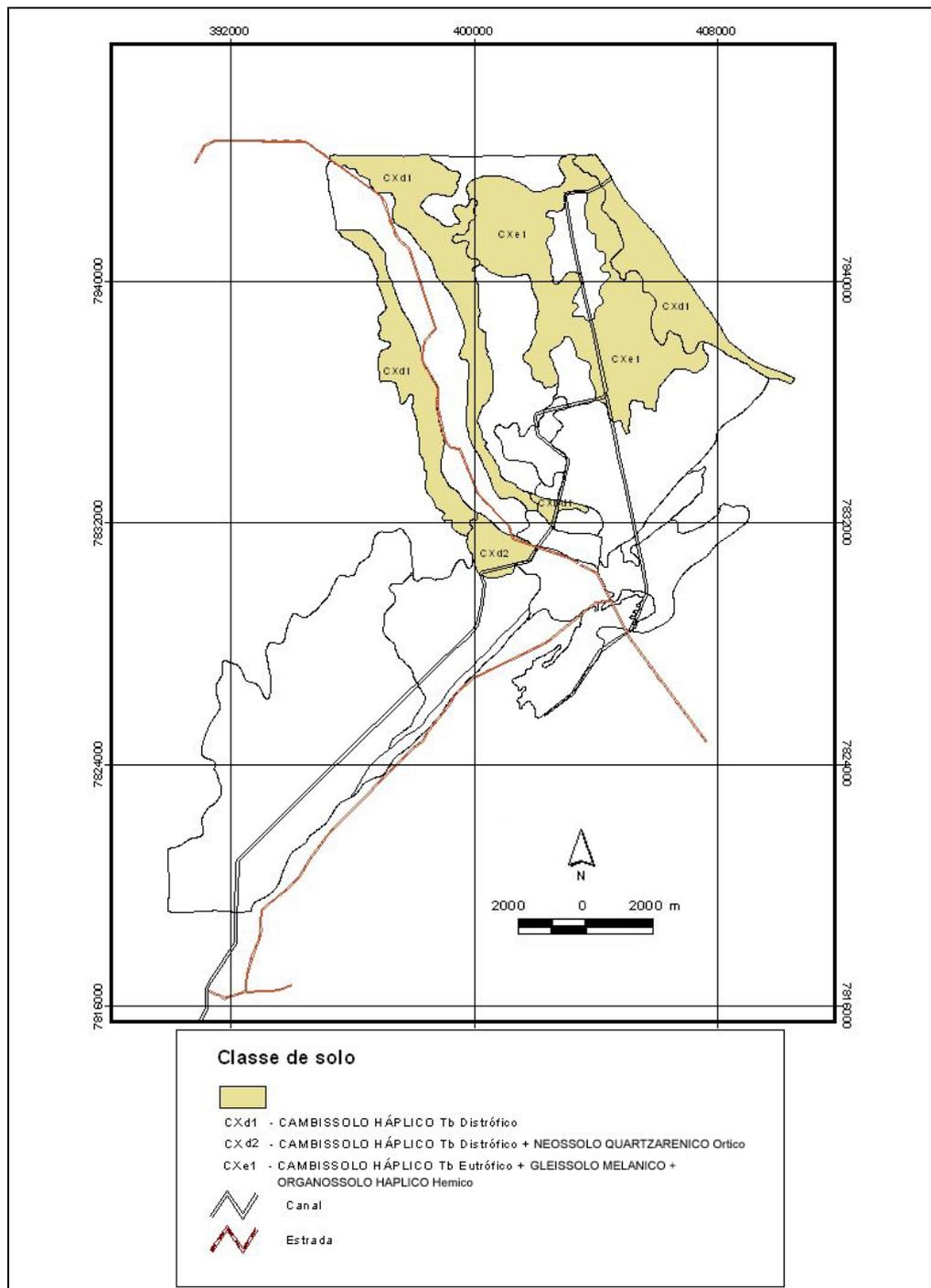


Figura 33. Domínios dos Cambissolos Háplicos na área de estudo.

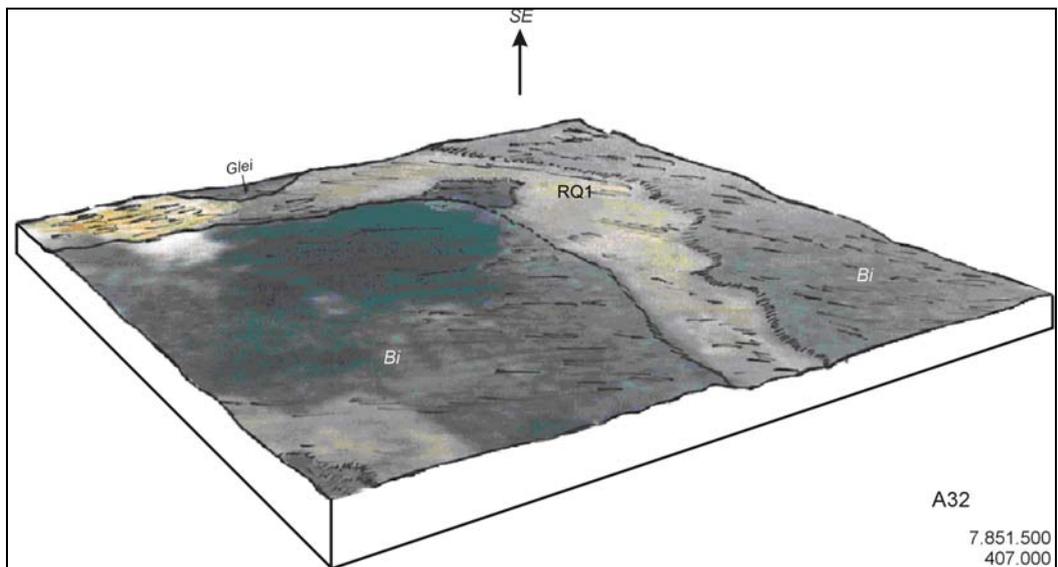


Figura 34. Bloco-diagrama com área de ocorrência de Cambissolo Háplico (Bi), seccionada pelo paleocanal do rio Doce (RQ1). Adaptado de REZENDE et al., 2001.

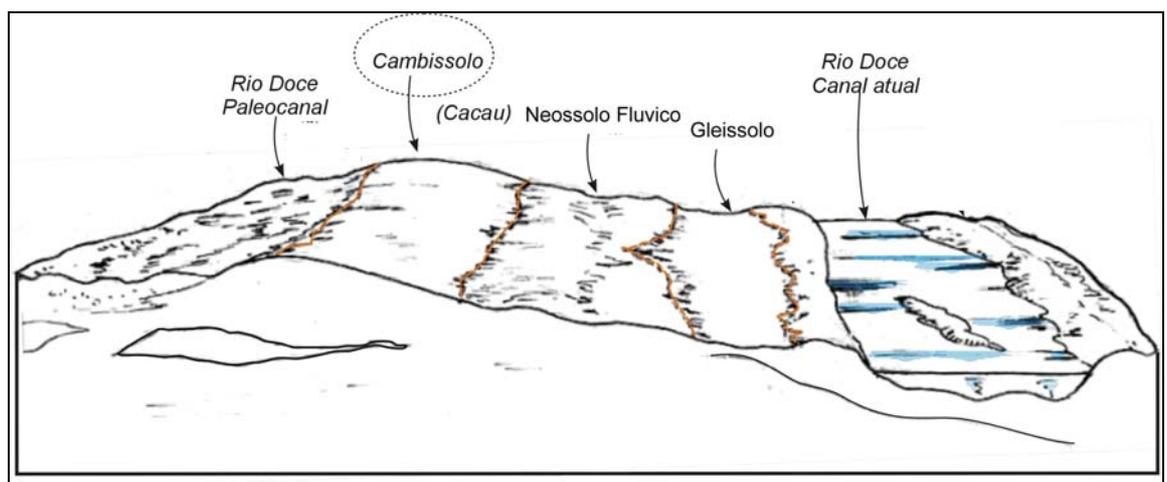


Figura 35. Bloco-diagrama esquemático transversal ao paleocanal e ao canal atual do rio Doce com a localização “interfluvial” do Cambissolo. Fonte: REZENDE et al., 2001.

Não ocorre neles a formação do horizonte húmico. Isto é, não foram submetidos à inundação prolongada.

O cultivo do cacau de certa forma tem preservado estes ambientes, uma vez que os cacaveiros são sombreados pelos remanescentes da Mata Atlântica ou por espécies introduzidas. Entretanto, nos últimos anos, com a ocorrência de doenças e preços baixos da amêndoa do cacau, estas áreas estão ameaçadas de serem utilizadas como pastagem.

É interessante notar que os fazendeiros reconhecem dois tipos de Cambissolos, no que se refere ao potencial de água interna: aqueles situados mais próximos ao rio (com mais umidade) e os mais distantes (menos umidade).

A Figura 36 E, F e Quadro 13 representam a seção de controle e a paisagem correspondente.

Esta unidade é a mais homogênea, apresentando associações apenas com Gleissolo Melânico e uma área menor com inclusão de Neossolo Quartzarênico. A soma de todas as unidades soma cerca de 28% da área de estudo (Figura 33).

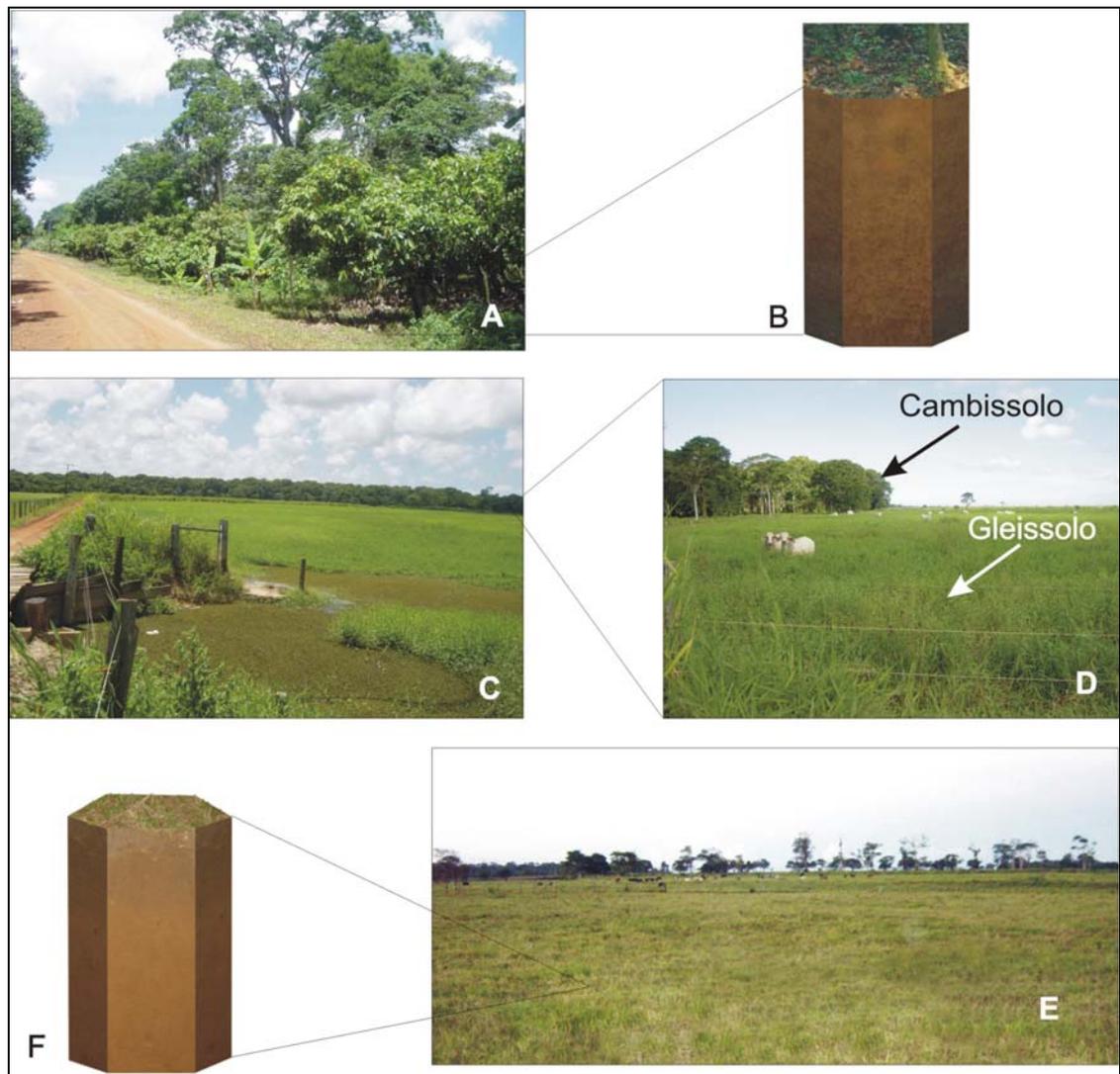


Figura 36. Alguns ambientes com predominância de Cambissolo.

Quadro 13. Descrição detalhada da Figura 36

Foto	Comentário
A	Plantio de cacau sob mata cabrocada às margens do rio Doce. Ambiente de ocorrência do Cambissolo Háplico;
B	Perfil de um Cambissolo Háplico em uso com cacauzeiros;
C	Ambiente de Gleissolo (1º plano) e em aclave, Cambissolo (2º plano);
D	Detalhe da estratificação dos dois ambientes em função do desnível do micro relevo local;
E	Paisagem de ocorrência do Cambissolo Háplico, Fazenda Santa Lúcia;
F	Perfil de um Cambissolo Háplico.

4.2.4. Neossolos Flúvicos

Estão presentes na área associado com os Gleissolos Melânicos, ocupando aproximadamente 1.500 ha, equivalente a 7% da área total (Figura 37).

Compreendem solos minerais, pouco evoluídos, com seqüência de horizonte do tipo A, C ou horizonte A sobre camadas estratificadas sem relação pedogenética entre si.

Este solo corresponde em grande parte aos sedimentos mais recentes dos paleocanais principais do rio Doce, podendo também ocorrer em outros locais aonde as águas de deposição foram mais turbulentas e que, por dificuldade de separação no campo, entrou como componente das unidades de mapeamento, principalmente em associação com Gleissolo Háplico e Cambissolos.

Apresentam um micro relevo irregular, são distróficos, num ambiente de equilíbrio delicado, em que as pastagens de capim *Brachiaria* e Pernambuco (*Paspalum* sp.) são fracas. O micro relevo irregular (“encalombado”) decorre do processo da sedimentação em águas mais turbulentas (REZENDE et al., 2001).

Estes solos são normalmente utilizados como pastagens.

Não raro este solo grada, em aclave suave, para os Cambissolos, sendo por vezes difícil, no campo, distingui-lo somente pelo relevo. Sazonalmente estes solos estão sujeitos à inundação.

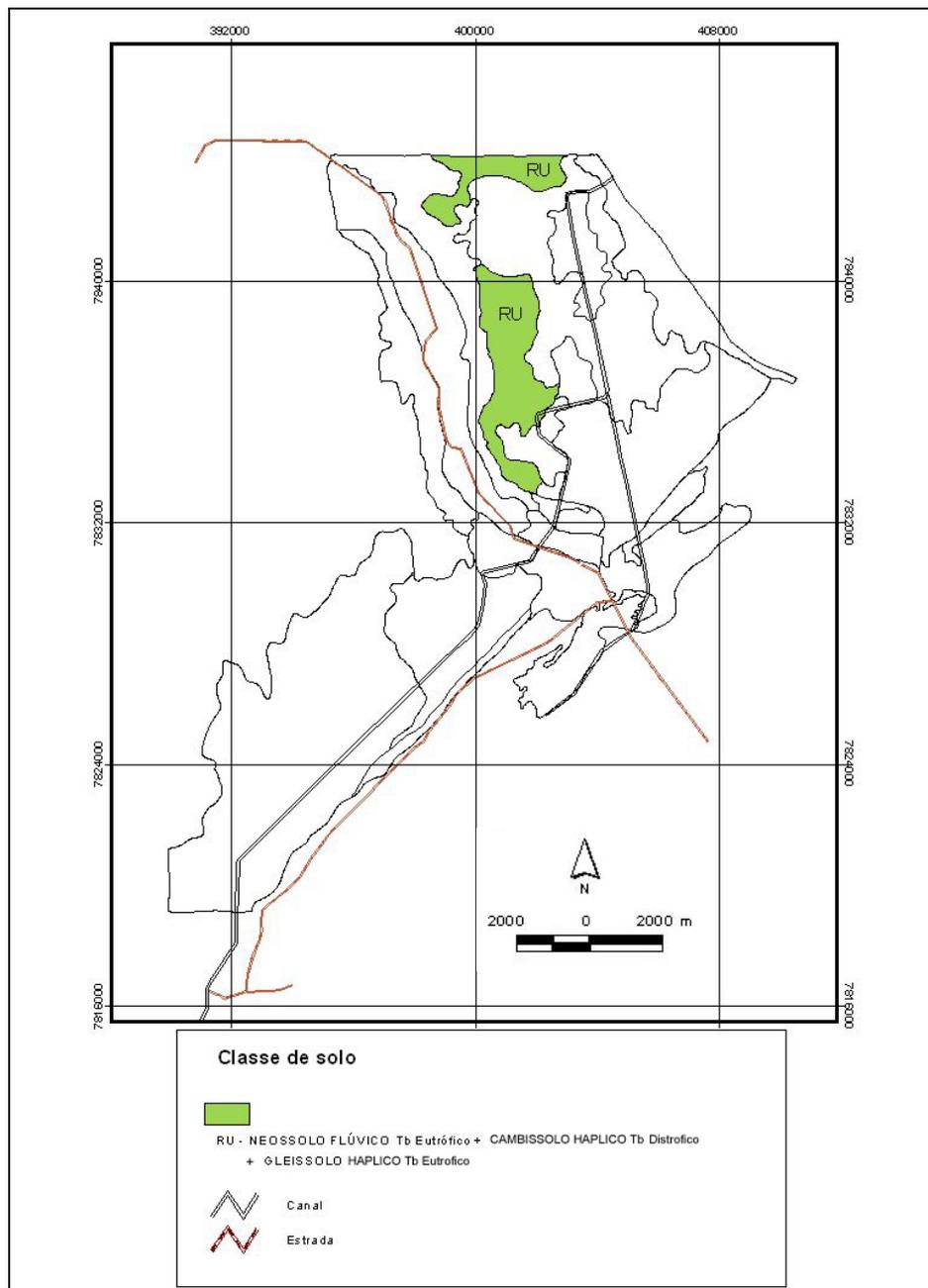


Figura 37. Domínios dos Neossolos Flúvicos na área de estudo.

A presença desta classe foi observada no campo através de tradagem.

4.2.5. Gleissolos

Trata-se do solo mais comum na área de estudo, ocupando de forma isolada ou associada, aproximadamente 70% da área. Além da seção de controle, foi amostrado por diversas tradagens.

Esta unidade em decorrência das dificuldades próprias de detalhamento devido aos padrões mais complexos de articulação dos solos, inclui indistintamente vários tipos de Gleissolos. São estes: Gleissolos Melânicos, Háplicos e Tiomórficos.

Este solo foi mapeado como único componente da unidade em uma área de apenas 870 ha (4% da área). Entretanto, ocorre, também, em associações praticamente com todos os demais solos.

Em razão da importância das características e conseqüências do tiomorfismo em algumas áreas de ocorrência dos Gleissolos, estes foram mapeados como Gleissolos Tiomórficos. Em razão da drenagem artificial, o uso e manejo desses solos é problemático, além de um risco, sempre presente, de contaminação de outras áreas. Na Figura 38 observa-se somente as unidades onde este solo ocorre isolado (GM1) ou como elemento principal da associação (GM2). As demais associações encontram-se hachuradas. Já a Figura 39 G e Quadro 14 mostram a paisagem de um Gleissolo Tiomórfico.

A mineralização da matéria orgânica nas turfas em conseqüência do abaixamento do nível freático e manejo inadequado deste ambiente, vêm transformando áreas antes de Organossolos em Gleissolos.

4.3. Legenda do mapa

Neste item são apresentadas a legenda de identificação de solos e a extensão e percentagem das unidades de mapeamento que compõem o Mapa de Reconhecimento de Solos (Figura 40) da área de estudo. De conformidade com a escala do mapa e o nível do mapeamento executado, as unidades de mapeamento que compõem a legenda de identificação dos solos, num total de 14 unidades, são constituídas, em parte, por associações compostas usualmente por duas ou três classes de solos.

Nas associações, figuram em primeiro lugar as classes de solos que ocupam maior extensão, ou, no caso de equivalência, o componente mais importante para a utilização agrícola. Os demais componentes estão em ordem decrescente em termos de extensão.

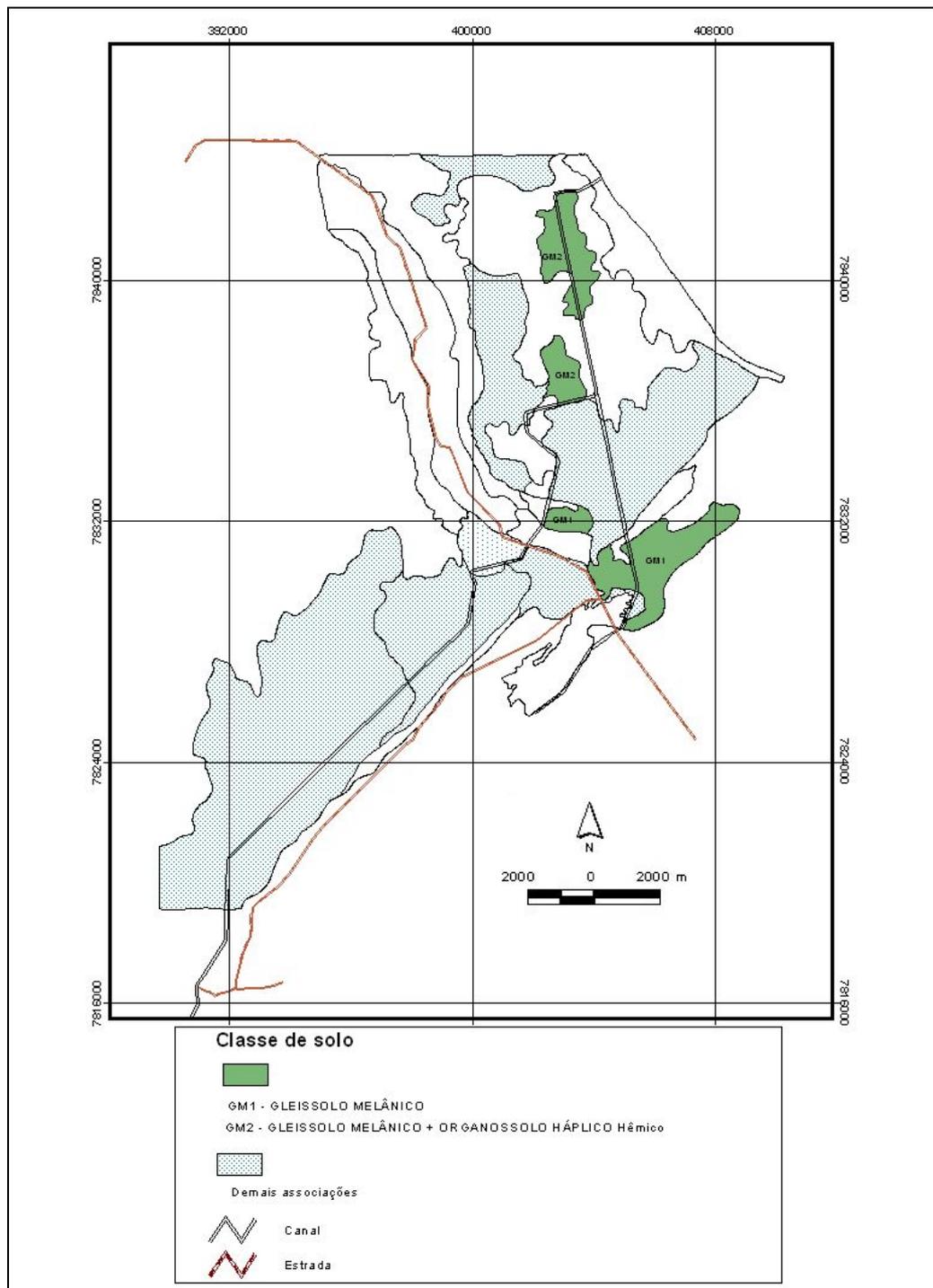


Figura 38. Domínios dos Gleissolos na área de estudo.

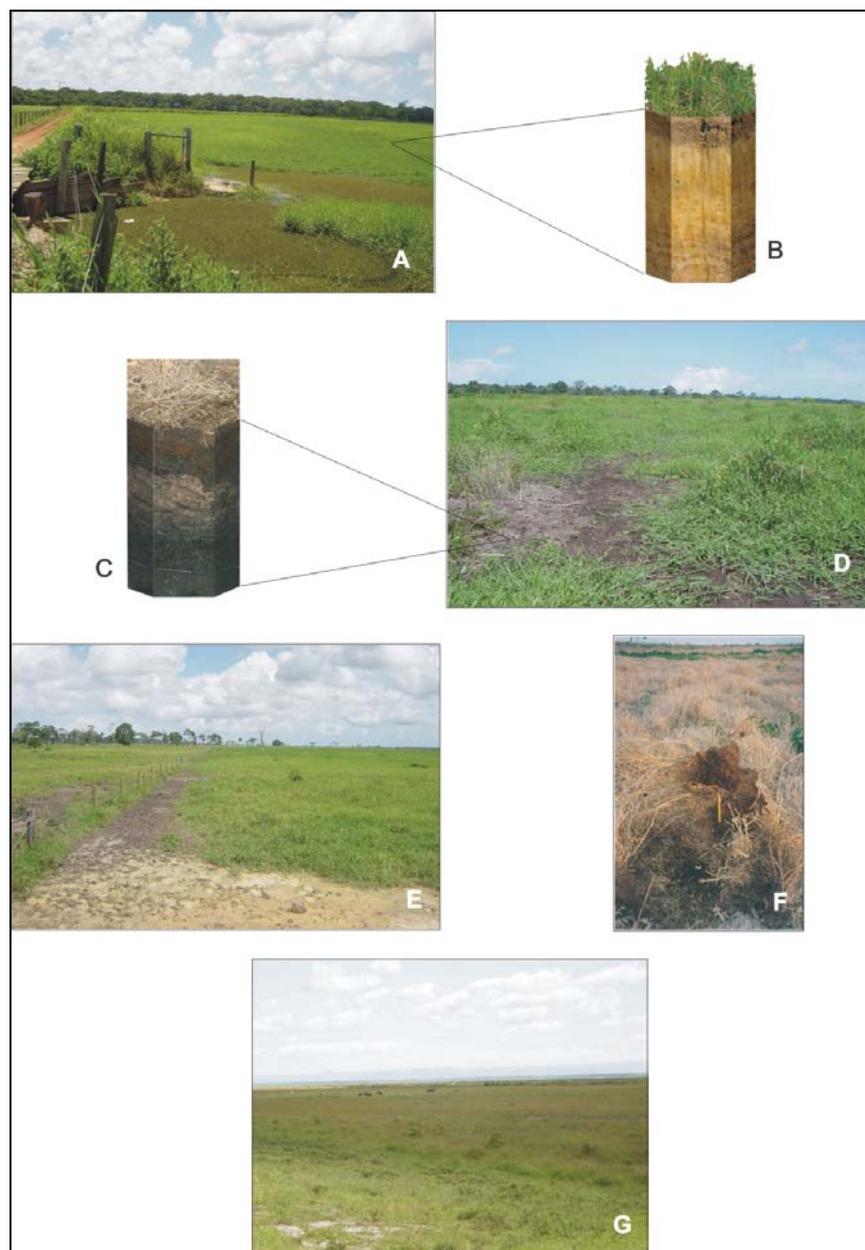


Figura 39. Ambientes com predominância de Gleissolos.

Quadro 14. Descrição detalhada da Figura 39

Foto	Comentário
A	Paisagem de ocorrência de Gleissolo. Nota-se ao fundo em alicive, mata sobre Cambissolo. Fazenda Goianazes;
B	Perfil esquemático de um Gleissolo Háplico;
C	Perfil esquemático de um Gleissolo Melânico;
D	Pastagem em Gleissolo Melânico, degradada em função do ataque da praga mofofô (<i>Eutheola humilis</i>) no período seco. Fazenda Goianazes;
E	Pastagem em Gleissolo Melânico. Ênfase no tom escuro do horizonte A;
F	Pastagem morta sobre Gleissolo Melânico. Ataque do Mofofô;
G	Ambiente de Gleissolo Tiomórfico em profundidade. Fazenda Pontal do Papagaio.

Em cada unidade de mapeamento constam os nomes das classes de solos em nível categórico mais elevado, acompanhadas de especificações referentes às características adotadas como critérios de distinção em níveis subseqüentes, conforme descrito anteriormente. Adotou-se a nomenclatura preconizada na última versão do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999). O Quadro 15 sintetiza as classes de solos encontradas na região de estudo e legenda do mapa confeccionado (Figura 40) está reproduzida no Quadro 16. A localização dos perfis coletados no campo está descrita no Anexo 01.

Quadro 15. Classes de solos presentes na área de estudo e suas respectivas áreas e unidades

Classe de solo	Legenda	Área	
		ha	%
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico	CXd1	3200,3	14,8
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO	CXd2	287,3	1,3
CAMBISSOLO HÁPLICO Eutrófico + GLEISSOLO MELÂNICO + ORGANOSSOLO HÁPLICO Hêmico	CXe	2651,1	12,2
GLEISSOLO MELÂNICO	GM1	868,8	4,0
GLEISSOLO MELÂNICO + ORGANOSSOLO HÁPLICO Hêmico	GM2	686,4	3,2
NEOSSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico + GLEISSOLO MELÂNICO	RU	1501,0	6,9
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO ÓRTICO	RQ1	1938,8	8,9
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico + ESPODOSSOLO CÁRBICO Órtico	RQ2	1004,1	4,6
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico + GLEISSOLO MELÂNICO	RQ3	517,5	2,4
ORGANOSSOLO HÁPLICO Hêmico	OX1	369,0	1,7
ORGANOSSOLO HÁPLICO Hêmico + GLEISSOLO MELÂNICO	OX2	2169,9	10,0
ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Hêmico + GLEISSOLO TIOMÓRFICO Hístico	OX3	5067,2	23,4
ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Hêmico + GLEISSOLO TIOMÓRFICO Hístico + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico	OX4	1419,9	6,5
Total		21681,4	100

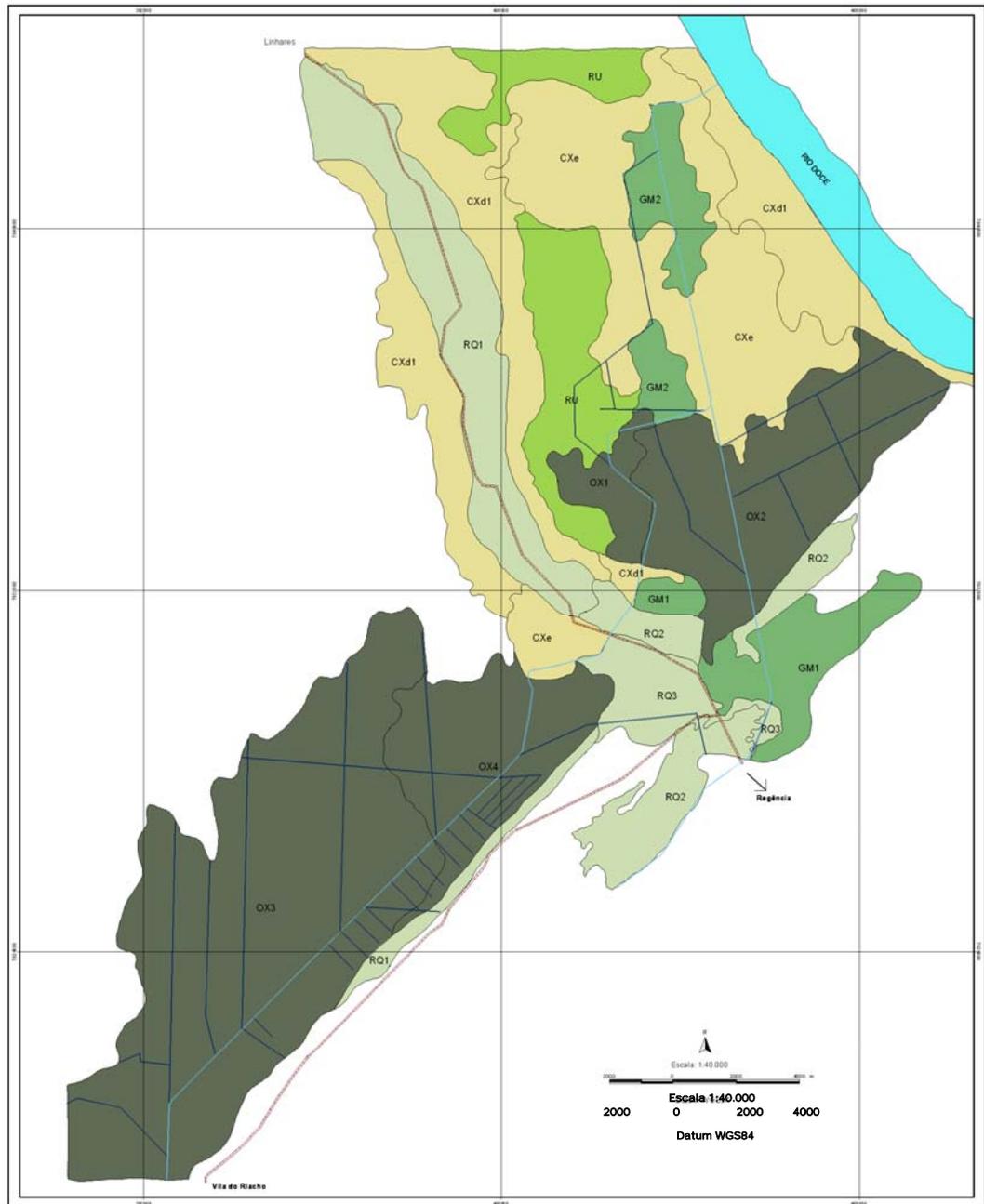


Figura 40. Mapa de reconhecimento de solos da margem sul do rio Doce, Linhares, Espírito Santo.

Quadro 16. Simbologia empregada como legenda do mapa

CXd1	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico A moderado textura média fase floresta tropical subperenifólia relevo plano;
CXd2	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico A moderado textura média fase floresta tropical subperenifólia relevo plano + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico A moderado fase floresta tropical subperenifólia de restinga relevo plano;
CXe1	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico A moderado textura média fase floresta tropical subperenifólia relevo plano + GLEISSOLO MELÂNICO A hístico textura argilosa fase floresta perenifólia de várzea relevo plano + ORGANOSSOLO HÁPLICO Hêmico A hístico campo de várzea relevo plano;
GM1	GLEISSOLO MELÂNICO A hístico argilosa campo de várzea relevo plano;
GM2	GLEISSOLO MELÂNICO A hístico argilosa fase campo de várzea relevo plano + ORGANOSSOLO HÁPLICO Hêmico A hístico campo de várzea relevo plano;
OX1	ORGANOSSOLO HÁPLICO Hêmico A hístico campo de várzea relevo plano;
OX2	ORGANOSSOLO HÁPLICO Hêmico A hístico campo de várzea relevo plano + GLEISSOLO MELÂNICO A hístico argilosa fase campo de várzea relevo plano;
OX3	ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Hêmico A hístico fase campo halófilo relevo plano + GLEISSOLO TIOMÓRFICO Hístico A hístico muito argilosa relevo plano;
OX4	ORGANOSSOLO TIOMÓRFICO Hêmico A hístico fase campo halófilo relevo plano + GLEISSOLO TIOMÓRFICO Hístico A hístico muito argilosa relevo plano + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico fase campo halófilo relevo plano;
RQ1	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico A moderado fase floresta tropical subperenifólia de restinga relevo plano;
RQ2	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico A moderado fase floresta tropical subperenifólia de restinga relevo plano + ESPODOSSOLO CÁRBICO Órtico arênico A moderado fase floresta tropical subperenifólia de restinga relevo plano;
RQ3	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico A moderado fase floresta tropical perenifólia de restinga relevo plano + ORGANOSSOLO HÁPLICO Hêmico A hístico campo de várzea relevo plano + GLEISSOLO MELÂNICO A hístico argilosa fase campo de várzea relevo plano + GLEISSOLO MELÂNICO A hístico argilosa fase floresta tropical perenifólia de restinga relevo plano;
RU	NEOSSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico A fraco textura média floresta tropical subperenifólia relevo plano + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico A fraco textura média fase floresta tropical subperenifólia relevo plano + GLEISSOLO HÁPLICO A fraco textura argilosa fase floresta subperenifólia de várzea relevo plano.

4.4. Hidrografia

A rede hídrica que corta a área de influência do Canal, é constituída por diversos cursos de água de pequena extensão, destacando-se os rios Riacho, Gimuhuna e Comboios. A perenidade desses cursos de água, mesmo na ocorrência de secas é mantida pelo escoamento de base alimentado pelo nível de água subterrânea que por sua vez é abastecida principalmente pelo rio Doce.

A bacia do rio Riacho tem uma área de drenagem aproximada de 1.400 km². Possui 60% de sua área em zona de baixada e até 40% em zona topográfica suavemente ondulada. Seu principal afluente é o rio Gimuhuna que possui uma área de drenagem de 250 km². Identificam-se na bacia diversos afluentes naturais pela margem direita, de pequena extensão, tais como o Santa Joana, Araraquara e as acumulações da Lagoa do Aguiar e a Lagoa de Baixo.

Os rios Riacho e Comboios correm paralelos ao litoral, unindo seus leitos próximos à foz, em Barra do Riacho, distrito de Aracruz. Logo após a união dos leitos, se encontra uma barragem móvel (Figura 41 e Quadro 17). Foi construída com o objetivo de contenção da entrada da água do mar devido à variação das marés na bacia do rio Riacho. Sua estrutura permite o controle das águas dos rios Comboios, Riacho e Gimuhuna. Esta medida faz com que a qualidade das águas destes rios se mantenha sem influência da alta salinidade do mar.

A barragem móvel encontra-se em ponto estratégico por controlar praticamente toda a rede de escoamento de água da margem sul do rio Doce. O rio Riacho, exerce a função de coletor principal de toda a rede de drenagem associada ao Canal Caboclo Bernardo. Na verdade, este canal foi construído aproveitando-se do leito do rio Riacho, o qual corre paralelo ao rio Comboios desembocando neste, próximo à foz. Ao final do seu percurso, recebe também as águas rio Gimuhuna, conhecido também como Mãe-Boa. Ao longo da parte mais litorânea, o rio Comboios drena parte do antigo sistema de drenagem executado pelo antigo DNOS, não utilizado pelo Canal Caboclo Bernardo.

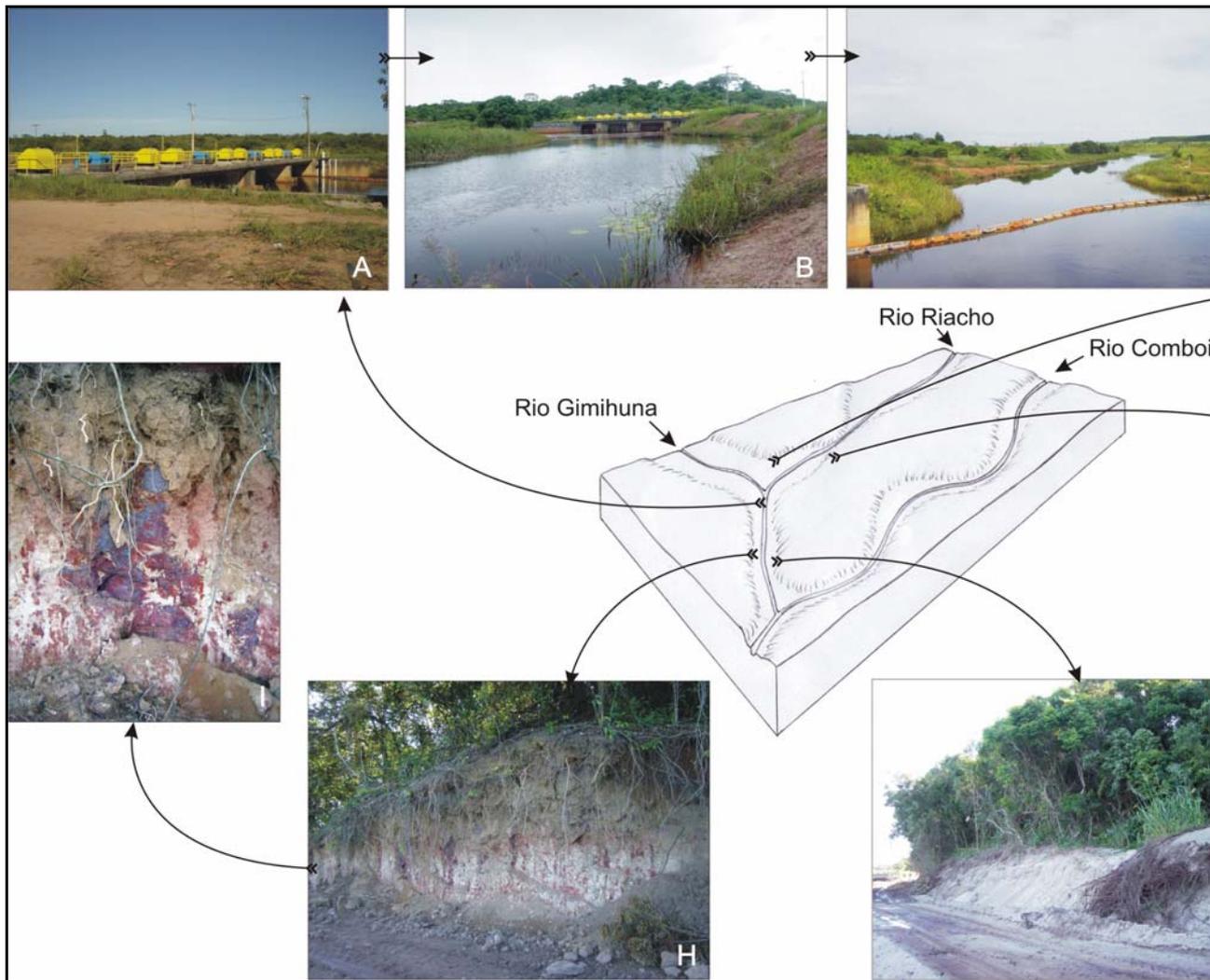


Figura 41. Imagens da região em torno da barragem móvel. Rio Riacho, Espírito Santo. Vide Quadro 17.

Quadro 17. Descrição das fotos da Figura 41.

Foto	Comentário
A	Vista de frente da barragem móvel. Barra do Riacho;
B	Leito do Canal Caboclo Bernardo antes de encontrar o rio Comboios;
C	Vista de frente do Canal Caboclo Bernardo;
D	Rio Comboios, vista de uma margem submetida à inundação;
E	Perfil do Neossolo Flúvico Psamítico. Margem do rio Comboios;
F	Micro-ambiente das depressões entre os diques de cordões arenosos;
G	Mata de restinga sobre Neossolo Flúvico Psamítico;
H	Remanescentes do Grupo Barreiras endopl�ntico sob mata de restinga;
I	Detalhe do material do Barreiras. Concre�es ferruginosas.

De acordo com a geomorfologia, os cordões arenosos litorâneos formam um barramento que restringe grande parte da drenagem regional ao extremo sul do rio Doce. Este impedimento favorece a acumula o fluvio-marinha localizada entre os depósitos marinhos e os Tabuleiros Costeiros, o que favorece a condi o de hidromorfismo pelo qual, a região estudada está condicionada.

Toda esta região   considerada plana, isto  , com declividade menor que 3%. A falta de gradiente pode ser verificada no esquema que realça a altimetria da região (Figura 42), onde se percebe claramente o alinhamento do antigo leito do rio Doce, por se mostrar numa altitude mais elevada. Na mesma figura, ao sul do delta, visualiza-se também o evidente hidromorfismo da região, devido   restri o ao escoamento da  gua.

Na zona de baixada ocorrem extensas áreas de terrenos alagadiços e a rede de drenagem presente   insuficiente, permitindo que os terrenos permaneçam alagados após a ocorrência de enchentes. Na zona suave-ondulada a rede de drenagem natural mostra-se mais efetiva, podendo ser melhorada com a remo o per dica da abundante vegeta o que se forma em suas margens.

Os rios da rede natural apresentam, em geral, calha de pequena se o e baixa declividade, resultando na inunda o de suas planícies aluviais por ocasião da ocorrência de enchentes.

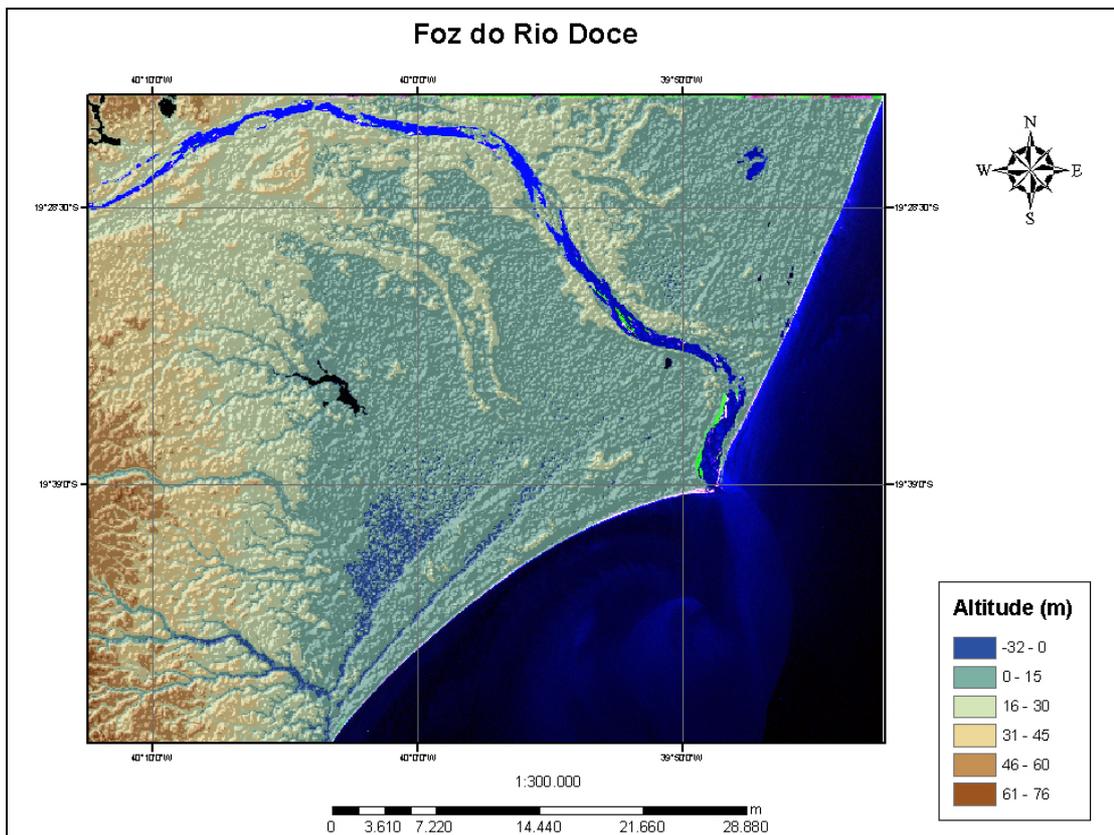


Figura 42. Altimetria da margem sul do delta do rio Doce, município de Linhares, Espírito Santo.

A Figura 43 ajuda a visualizar a influência dos diferentes fatores ambientais, como por exemplo: a drenagem, o relevo e os materiais geológicos de deposição, na vegetação da margem sul do delta do rio Doce.

4.5. Solos tiomórficos

Para melhor compreensão dos problemas ambientais ocasionados pela intervenção humana nas várzeas do lado sul do delta rio Doce, torna-se necessário entender alguns mecanismos característicos que ocorrem no compartimento pedológico submetido a condições redutoras e posteriormente drenado. O processo que mais chama atenção é o tiomorfismo, tanto pelo seu dinamismo como pela sua abrangência. Na região de estudo verifica-se um limite claro entre as zonas as quais esse fenômeno ocorre ou não (Figura 44).

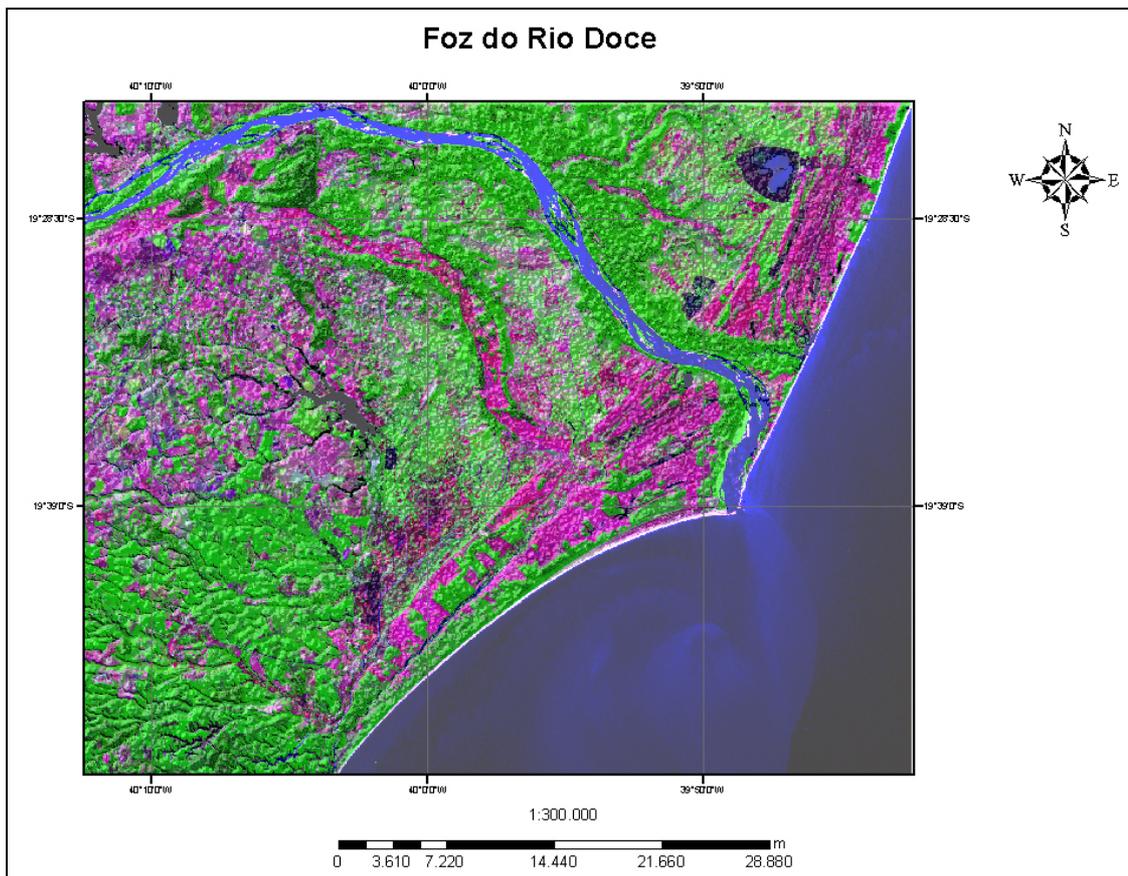


Figura 43. Imagem de satélite Landsat com textura realçada para a visualização de aspectos gerais da vegetação local. A vegetação mais abundante está sendo registrada pelos tons verdes e as áreas com pouca vegetação, tons avermelhados. Margem sul do delta do rio Doce. Município de Linhares, Espírito Santo.

A Figura 45 C mostra a mortandade de peixes ocorrida em abril de 2004 após enchente na área próxima da Empresa Arapeixe, referente à unidade de mapeamento OX3.

Após pequeno desnível (aproximadamente 2 metros) do terreno no sentido SE-NO, ocorre a transição da área com Neossolo Quartzarênico sob mata de restinga (com uso mais recente com eucalipto mas comumente pastagens extensivas) para os domínios dos solos hidromórficos (Figura 45 E, B).

Os solos existentes neste domínio apresentam características peculiares como valores de pH menores que 4, altos teores de alumínio trocável, além de um odor forte do H_2S .

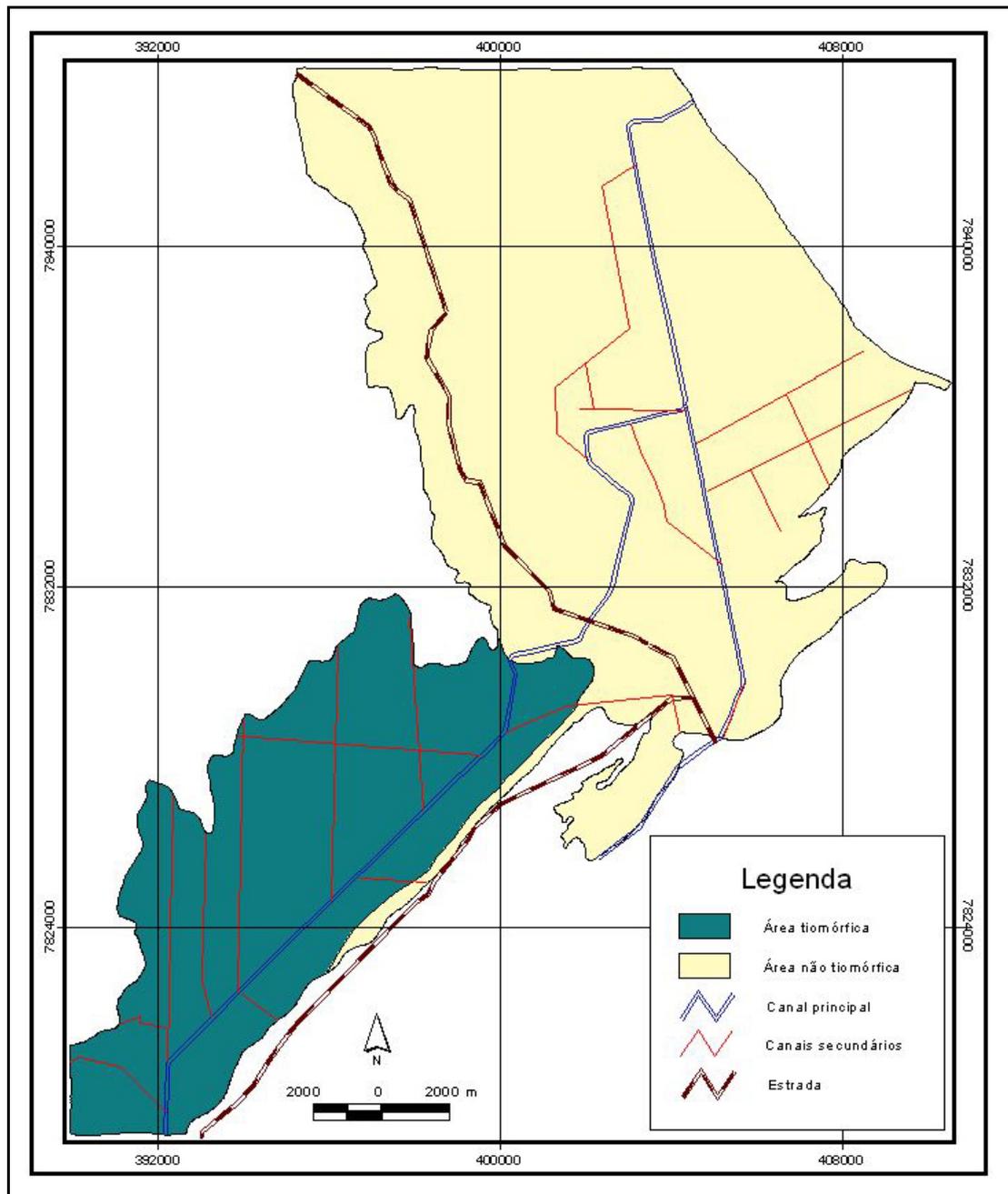


Figura 44. Limites de ocorrência do tiomorfismo na área de estudo. É possível que na área não tiomórfica haja tiomorfismo a uma maior profundidade.

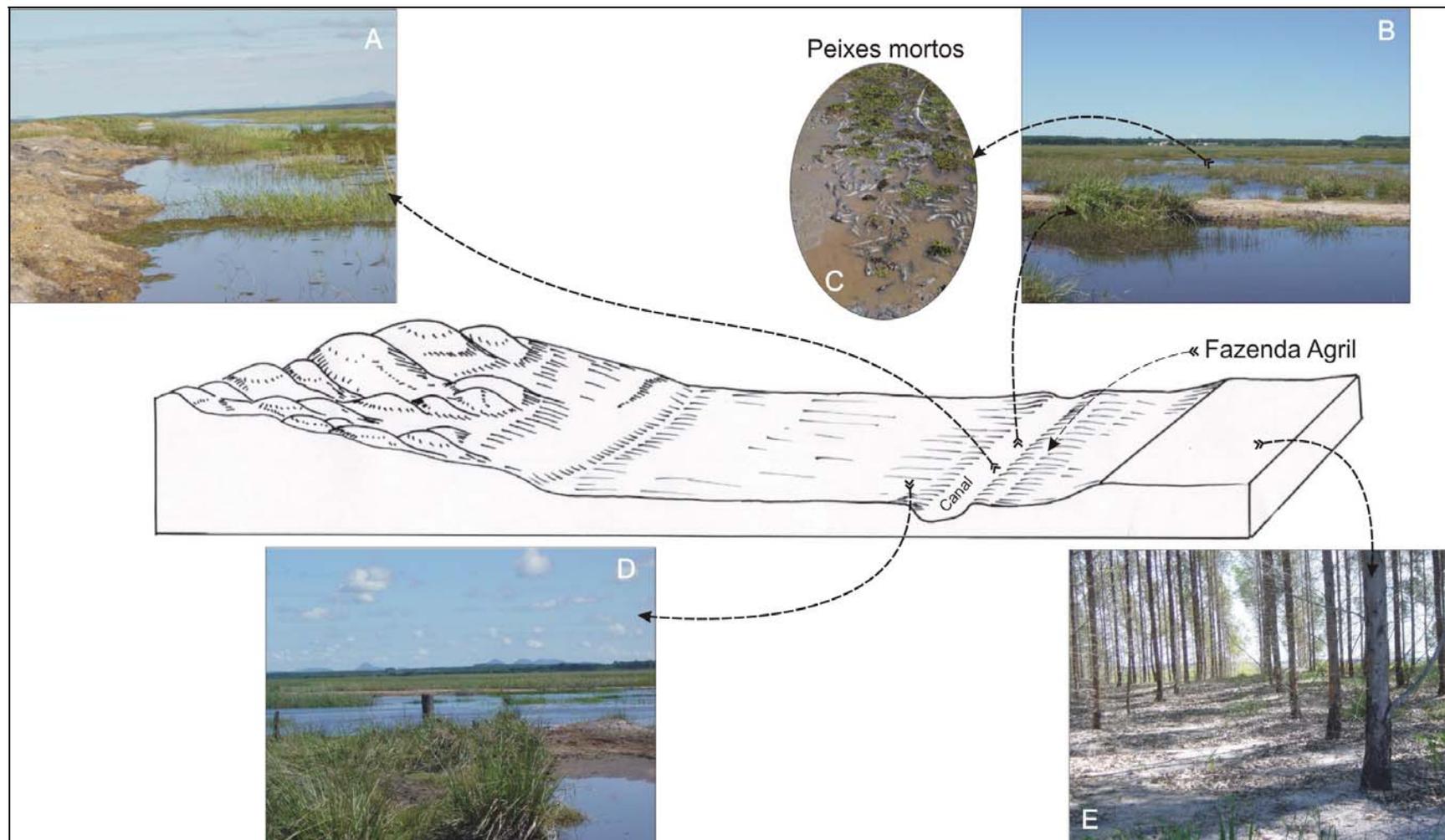


Figura 45. Esquema de transição dos domínios do Neossolo Quartzarênico para os solos hidromórficos, mostrando área de alagamento onde ocorreu a morte dos peixes (Vide maiores detalhes no Quadro 18).

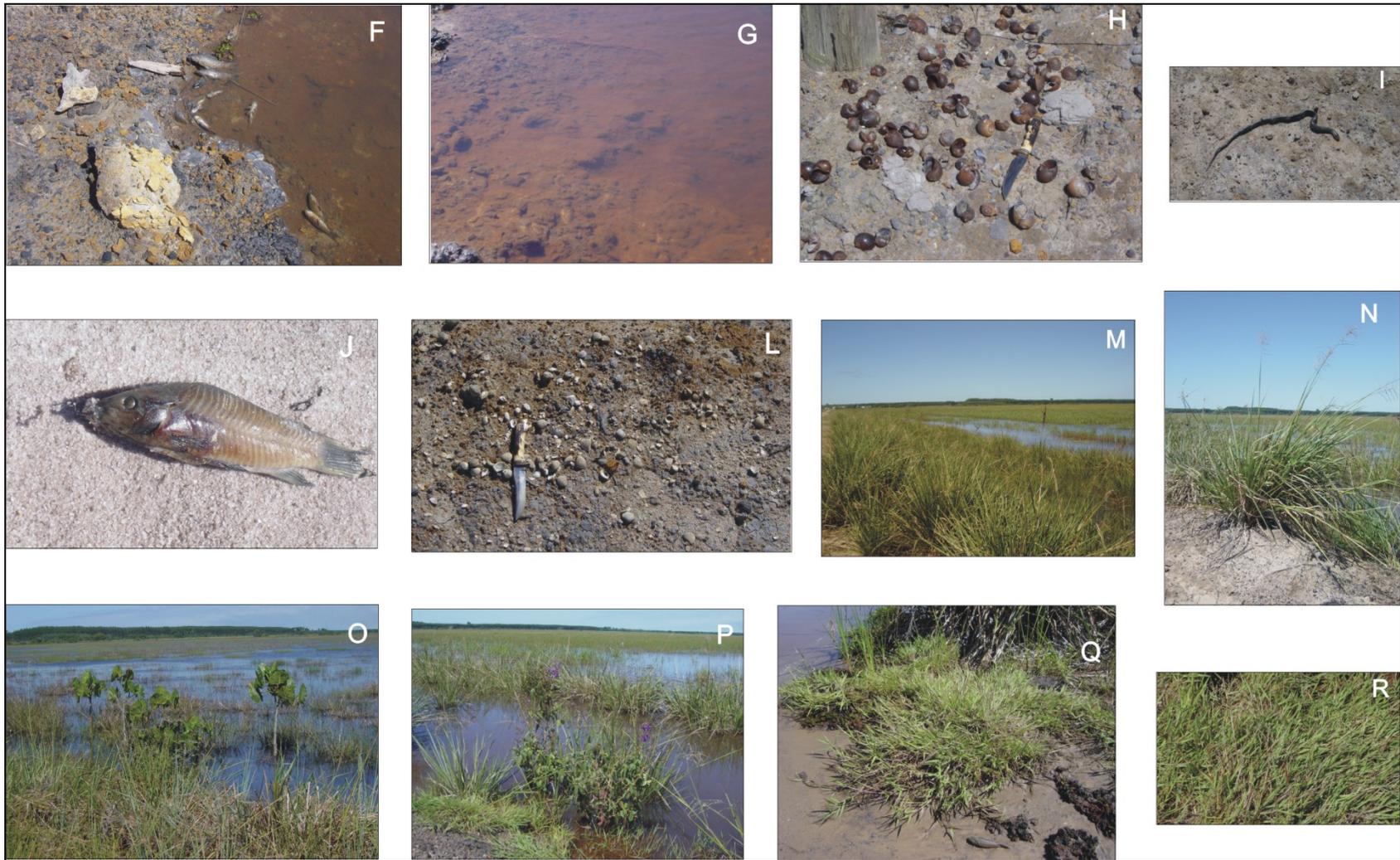


Figura 46. Ambiente inundado na Fazenda Agril e próximo à Arapeixe (Veja detalhes no Quadro 18).

Quadro 18. Descrição detalhada da Figura 45 e 46

Imagem	Comentário
A	Vista do canal Caboclo Bernardo na Fazenda Agril. Observa-se à esquerda o tom amarelado do talude, material rico em enxofre;
B	Ambiente hidromórfico inundado em 1º plano, ao fundo em aclave, plantio de eucalipto em solo arenoso (Neossolo Quartzarênico);
C	Presença de peixes mortos na área inundada;
D	Em 1º plano, vista da área inundada, em 2º, plantio de eucalipto e em 3º, o Grupo Barreiras;
E	Eucalipto plantado em ambiente de restinga, ao fundo, área alagada;
F	Material rico em enxofre (tiomorfismo) retirado do fundo do canal. Detalhe do item A;
G	Águas límpidas (transparentes) devido ao baixo pH;
H	Presença de conchas de caramujos indicadores de águas eutróficas (Lani, 1998);
I	Exemplo de fauna local morta devido à inundação e alteração do pH da água;
J	Exemplar de peixe (Cambuto) morto devido ao tiomorfismo;
L	Presença de conchas marinhas no material retirado do fundo do canal;
M	Vegetação sobrevivente ao ambiente tiomórfico;
N	Detalhe do capim cabeçudinho ou beijo-de-égua;
O	Ao centro da imagem, Aninga (<i>Montrichardia</i> sp) se mostra resistente ao stress ambiental;
P	Quaresmeira-mirim (<i>Tibouchina</i> sp.);
Q	Capim cabeludinho ou beijo-de-égua;
R	Detalhe do capim beijo-de-égua.

Esta forte acidez desenvolve-se como resultado da drenagem de materiais de origem ricos em pirita (FeS_2). Esta pirita é formada em ambiente de redução (encharcado), na presença de matéria orgânica, Fe^{3+} e atividade biológica (*Thiobacillus ferrooxidans*) (RICKARD, 1973) (Figura 47). A principal fonte de enxofre é a água do mar que contém em média $27,10 \text{ mg L}^{-1}$ (DREVER, 1982). Se a capacidade de neutralização (tampão) do solo é ultrapassada, forma-se ácido sulfúrico, o que abaixa o pH a nível < 4 , conforme equação abaixo.

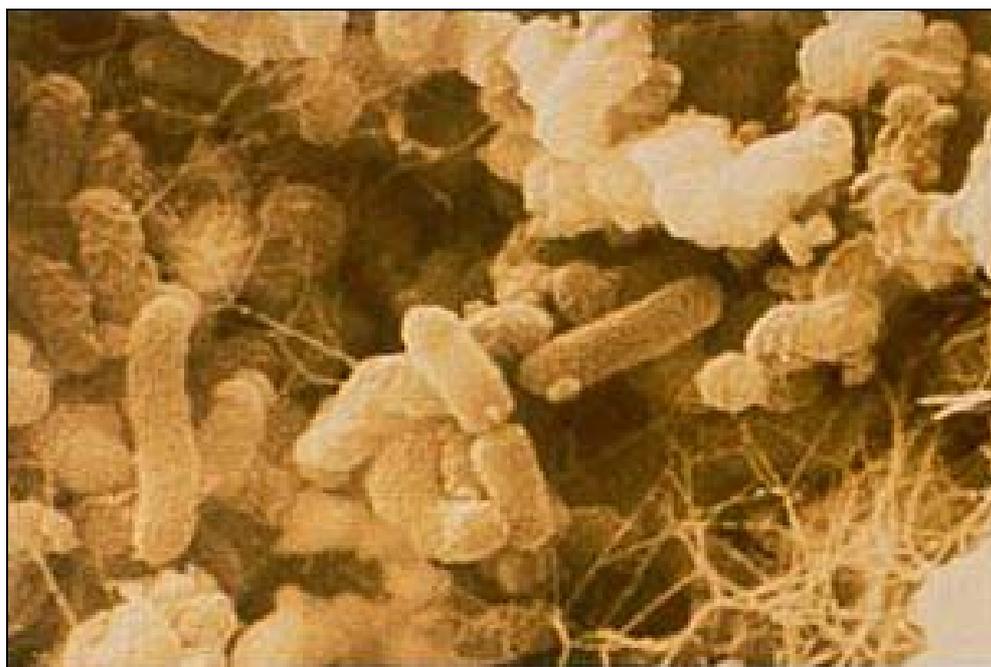
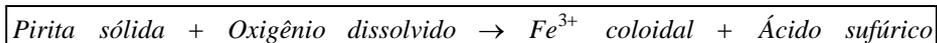


Figura 47. Bact\u00e9ria quimiolitotr\u00f3fica *Acidithiobacillus ferrooxidans*.

A influ\u00eancia marinha na \u00e1rea estudada pode ser verificada pela presen\u00e7a de conchas no material retirado pela dragagem do fundo do canal Caboclo Bernardo, Fazenda Agril (Figura 46 L).

Sob estas condi\u00e7\u00f5es, o desenvolvimento de qualquer tipo de vida \u00e9 seriamente comprometido, provocando graves efeitos ecol\u00f3gicos.

A \u00e1gua do canal da Aracruz somente apresenta pH baixo a partir do ponto A41, quando entra nos dom\u00ednios tiom\u00f3rficos, a cerca de 19 km ap\u00f3s o ponto de capta\u00e7\u00e3o de \u00e1gua do rio Doce (Quadro 19 e Figura 48).

O grande volume de chuvas no m\u00eas de mar\u00e7o, que foi de 250 mm, cerca de 112% superior ao registrado no mesmo per\u00edodo de 2003, excedendo em 50 mm a m\u00e9dia hist\u00f3rica da regi\u00e3o (CPTEC/INPE), ocasionou inunda\u00e7\u00e3o na \u00e1rea tiom\u00f3rfica, fazendo com que a ictifauna local ficasse exposta ao ambiente excessivamente \u00e1cido.

Quadro 19. Valores das leituras de pH

Ponto	pH	Observações
A1-1	3,8	Rio Gimuhuna
A1-2	4,5	Rio Riacho
A03	3,8	Rio Riacho após Vila do Riacho
A05	3,7	Canal nos fundos da Fazenda Agril
A10	6,0	Canal Caboclo Bernardo, Fazenda Santa Lúcia
A15	6,0	Canal 31 de março
A15	6,1	Canal Caboclo Bernardo
-	7,0	Captação da água do rio Doce
A20	6,6	Canal Bananal do Sul
A27	6,3	Ponte sobre o Canal da Aracruz
A28	6,4	Entrada de canal secundário após a Fazenda Santa Lúcia
A31	5,9	Estrada entre Vila do Riacho e Regência (no ponto onde o canal corta a estrada)
A40	5,9	Limite do Cambissolo para turfa tiomórfica. Fazenda Santa Lúcia
A41	3,3	Ambiente tiomórfico. Fazenda Santa Lúcia
A44	5,8	Ponte sobre o canal. Estrada municipal Bebedouro/Regência (provável início da área tiomórfica)

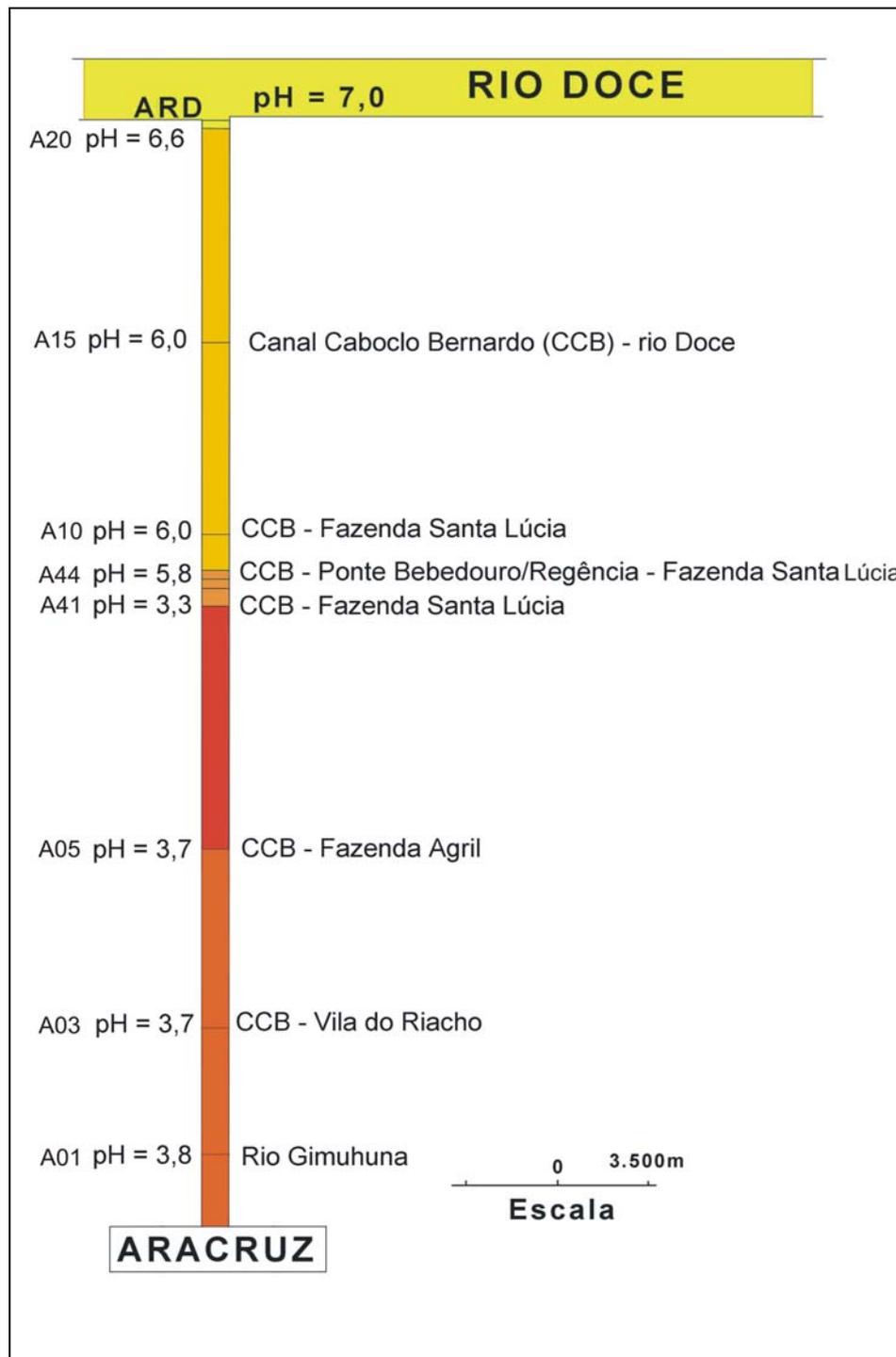


Figura 48. Valores de pH ao longo do Canal Caboclo Bernardo.

4.6. Relação solo-água

Outro aspecto crítico no ambiente estudado é a relação solo-água, particularmente nos solos hidromórficos, mas, também nos Neossolos Quartzarênicos no que se refere à preservação do ambiente natural. Assim, os Organossolos, Gleissolos e particularmente os Tíomórficos podem sofrer uma

rápida e irreversível degradação caso sua relação com a água não seja bem compreendida. Por outro lado, os aluviais argilosos, no período das chuvas, podem estar sujeitos a um ambiente parcialmente hidromórfico, que permite a redução do ferro e manganês (formas amorfas), o que pode ser tóxico às culturas mais sensíveis, em especial, àquelas situadas nas micro-depressões. As Figuras 49 e 50 mostram o efeito do encharcamento do solo no período chuvoso sobre a cultura do mamoeiro, onde se verifica a morte de várias plantas, e na pastagem, base de uma das principais atividades econômicas da região. Entretanto, nos meses de abril a outubro pode ocorrer déficit hídrico, acentuando a necessidade de irrigação, principalmente para aquelas culturas sob solos mais argilosos, como o cacau, comum na região (Figura 51). No período das chuvas, encontrou-se área de cacau com sérias restrições na drenagem (Figura 52).



Figura 49. Mamoeiros afetados pelo encharcamento do solo. Próximo às “Nove Casas”. Fazenda Goianazes.



Figura 50. Pastagem alagada no período chuvoso.



Figura 51. Cacaueiro irrigado sobre área de Cambissolo.



Figura 52. Cacaueiro alagado (época das chuvas).

A produtividade da cultura do cacau está estreitamente relacionada com a distribuição das precipitações ao longo dos anos, como pode ser observado na Figura 53.

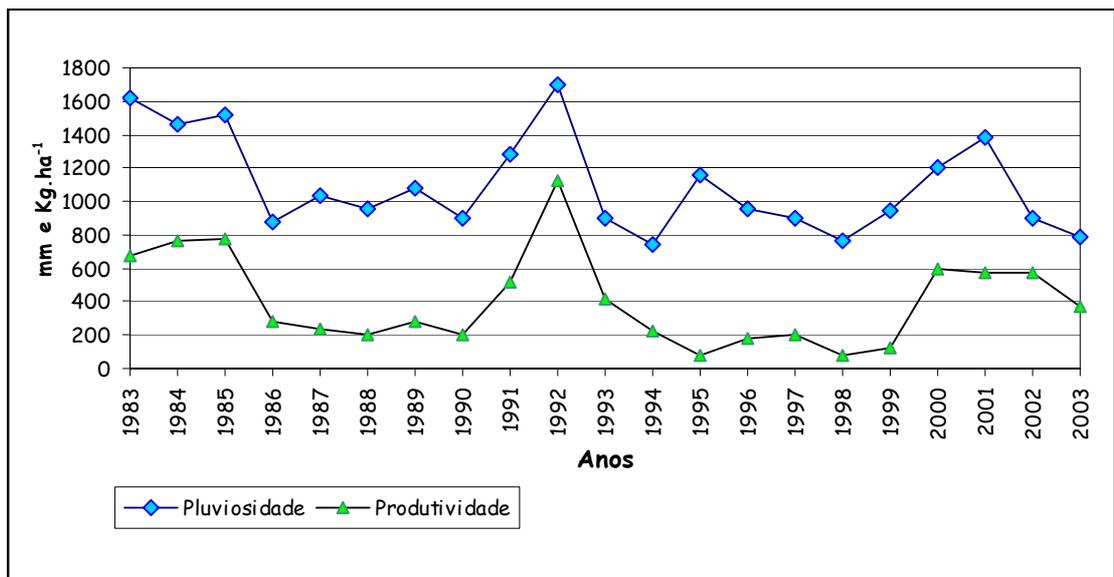


Figura 53. Comportamento da precipitação pluviométrica (mm) e produtividade do cacau (kg ha⁻¹) em Linhares-ES no período de 1983 a 2003.

Este aparente antagonismo da manutenção do teor de água adequado nos solos da região retrata a dificuldade de manejar adequadamente aquele ambiente, o que é acentuado por fatores naturais (tiomorfismo, precipitações irregulares ao longo do ano e ao longo dos anos e outros) e antrópicos (drenagem excessiva, queima da turfa e outros).

4.7. Radargramas

Antes de discutir o item que tratará sobre nível freático, condutividade hidráulica e drenagem, torna-se necessário apresentar os resultados do uso do radar penetrante no solo (Ground-Penetrating Radar - GPR), pois auxiliará na compreensão do comportamento da água em alguns dos solos estudados.

As linhas foram distribuídas na área de estudo ao longo do canal principal e de alguns canais secundários (Figura 54). Na Figura 55 observa-se um exemplo da distribuição dos perfis no campo.

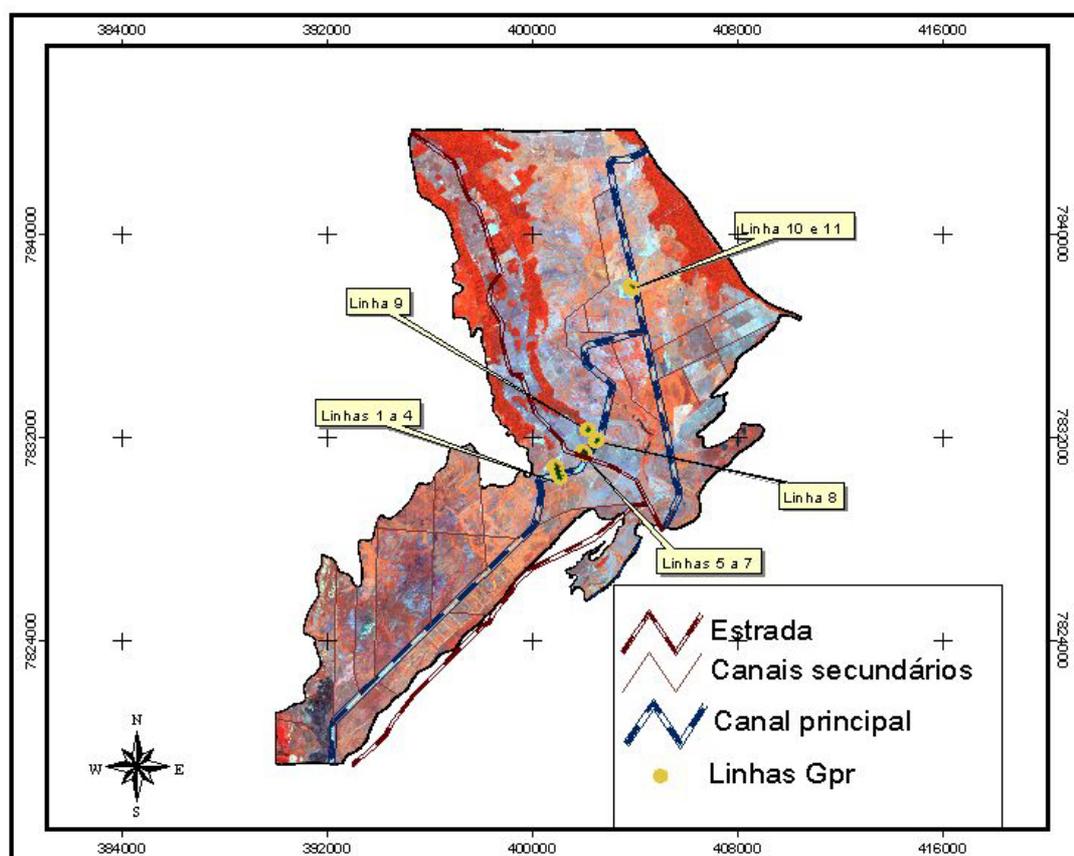


Figura 54. Distribuição das linhas de leitura com o GPR.

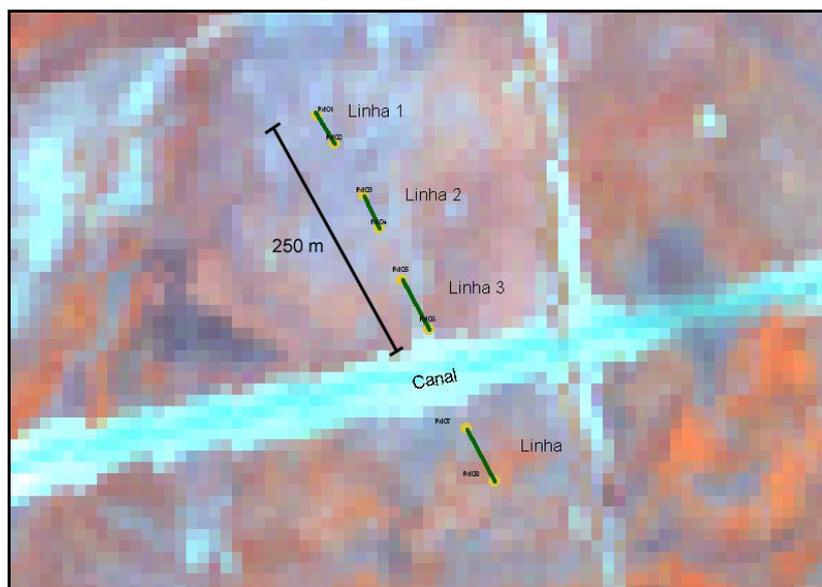


Figura 55. Distribuição dos perfis no campo. Fazenda Santa Lúcia. Coordenadas UTM 24K 400087 7828622. Linhares, ES.

De maneira geral, nos radargramas gerados na área, foi possível observar a profundidade do nível freático em cada perfil percorrido e confirmar a presença do horizonte arenoso sub-superficial.

No procedimento de campo, partiu-se de uma distância de 250 metros do canal (início da linha 1) (Figura 54). Após dois intervalos de 50 metros cada, o final da linha 3 já estava na borda do mesmo.

A linha 1 foi obtida em área próxima da sede da Fazenda Santa Lúcia, em pastagem sob Cambissolo Háplico. Verifica-se na Figura 56 que o refletor plano (provavelmente o nível do lençol freático) encontra-se posicionado a aproximadamente 4 metros de profundidade.

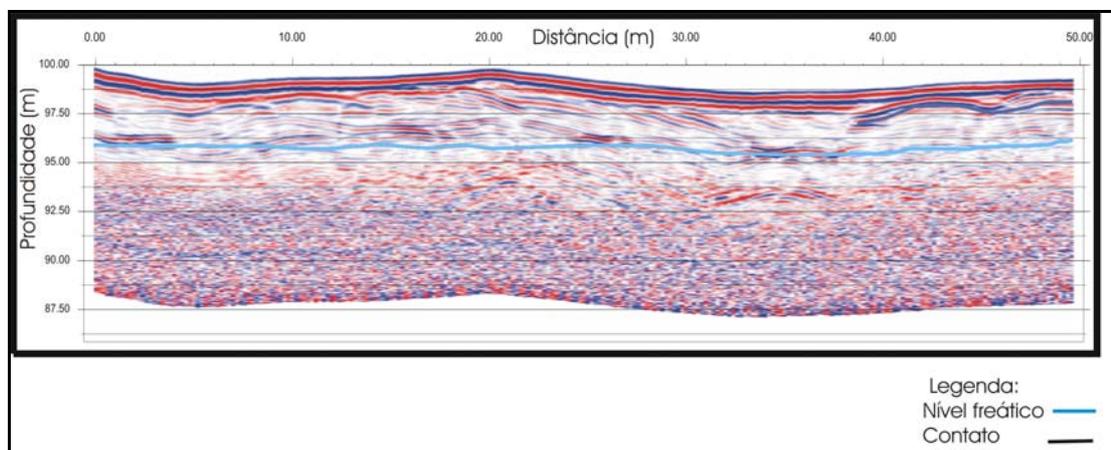


Figura 56. Linha 1 do perfil de GPR. A linha azul identifica o nível do lençol freático.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Vegetação

A vegetação natural da região foi completamente modificada pela atividade agropecuária. Lani (1998) afirma que intensa foi a alteração devido à drenagem excessiva, o uso do fogo, a introdução de espécies exóticas, em especial, a *brachiaria*.

O principal extrato arbóreo da área encontra-se na margem direita do rio Doce em pequenos fragmentos isolados junto às partes mais altas do relevo (Figura 1). Trata-se de remanescentes da Mata Atlântica que são utilizadas como sombreadoras da cultura de cacau (cabrocada).

As principais vegetações ainda podem ser identificadas em pequenos remanescentes, e, através delas, pode-se inferir o regime hídrico do solo, como por exemplo, os campos de várzea e as florestas de várzea que indicam o excesso de umidade (RUSCHI, 1950; RADAMBRASIL, 1987).

Floresta perenifólia de várzea

Esta vegetação ocorre, junto às margens dos rios, riachos e córregos, estando mais preservada no lado direito do rio Doce; sempre-verde. É uma floresta densa com árvores de 30 a 40 metros de altura, cobertas por comunidades epífitas de bromeliáceas, orquídeas, aráceas e pteridófitas (Figuras 2 e 3). Apresenta bom número de palmeiras, onde se destacam o *Astrocarium aculeatissium* e o *Euterpe edulis* (palmito doce).



Figura 1. Cultivo de cacau no sistema de mata cabrocada onde se utiliza remanescentes da Mata Atlântica como sombreadoras para a cultura.



Figura 2. Tronco com Bromeliácea epífita, em ambiente de restinga, na entrada para a Aldeia Indígena de Comboios, Espírito Santo.

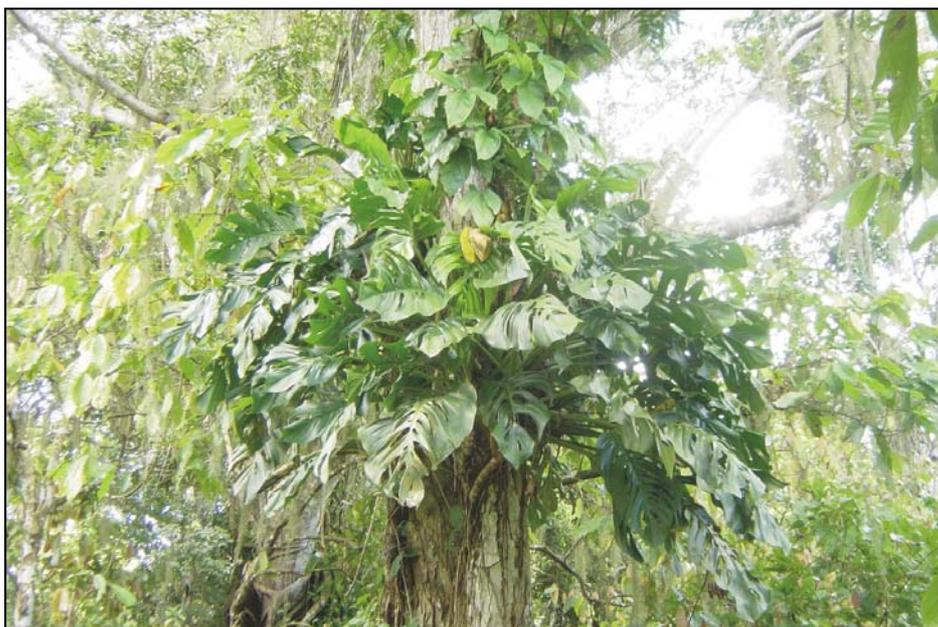


Figura 3. Arácea em tronco de árvore da mata cabrocada (plantio de cacau).

Floresta hidrófila

Caracteriza-se por pequeno número de espécies e pelo porte das árvores com 6 a 8 metros de altura. É uma floresta densa cujo estrato superior é constituído predominantemente pela tabebuia ou pau de tamanco (*Tabebuia cassinoides*) e a imbaúba do brejo (*Cecropia liratiloba*). No estrato médio tem-se a aninga (*Montrichardia linifera* Schott e Arruda), taboa (*Typhia sominquensis*) (Figuras 4 e 5), arco de barril, guaximbão e gramíneas. No extrato inferior, têm-se as pontederiáceas e lemáceas.

Campos de várzea

Podem ser higrófilos e hidrófilos, de acordo com o menor ou maior encharcamento das áreas. O relevo é plano, ocorrendo localmente nas áreas de cotas mais baixas, com altitudes inferiores a 20 metros. O fator que mais influi no seu aparecimento é o relevo, condicionando a drenagem.

a) Higrófilas

São as formações graminóides das várzeas úmidas com drenagens imperfeitas que ocorrem às margens de alguns cursos d'água e faixas contíguas, não sujeitas à grandes flutuações do nível de água. Estas formações são constituídas predominantemente por gramíneas que podem atingir um metro ou mais de altura, algumas vezes densas, outras vezes mais esparsas, podendo apresentar espaços intercalares sem vegetação. Em alguns

locais no meio das gramíneas, ocorrem arbustos esparsos, moitas de uma leguminosa espinhosa (*Mimosa* sp.) orelha-de-mico e grama cresciuna.



Figura 4. Taboa (*Typhia dominguensis*). Típico de ambiente hidromórfico.

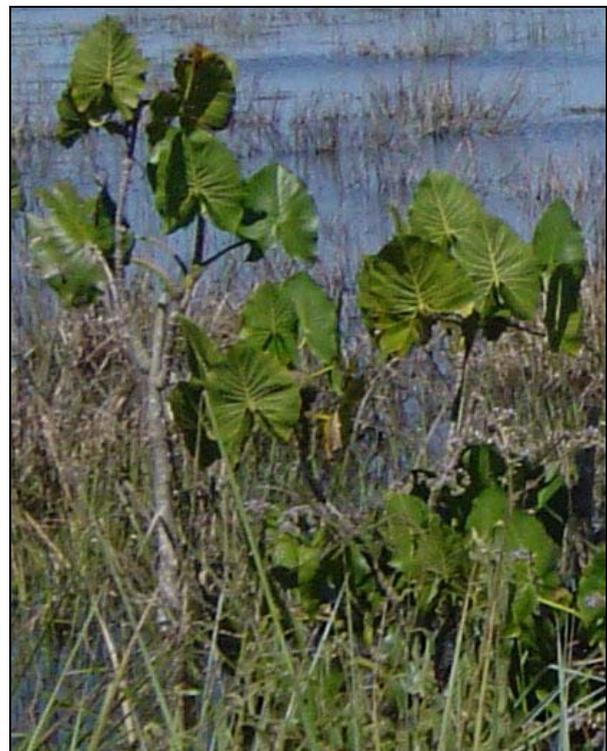


Figura 5. Exemplos de aninga (*Montrichardia* sp.). Caracterizam ambientes hidromórficos, geralmente Organossolos.

b) Hidrófilas

Ocorrem nas várzeas mal drenadas e muito mal drenadas dos brejos e banhados. Esta vegetação é constituída por diversas comunidades facilmente distinguíveis pela estrutura e composição florística, apresentando características graminóides, com feições bem individualizadas, tais como a *Comunidade papiróide*, *Comunidade dominada pela taboa* e *Comunidades relativamente densas*.

Têm-se ainda comunidades flutuantes constituídas principalmente por lemáceas, pontederiáceas e salviniáceas.

Nas várzeas alagadas, ainda aparecem dois tipos de consorciações vegetais: uma formada pela taboa, embaúba-do-brejo, cana-do-brejo (*Costus spiralisigneus* E. Brow), lírio-do-brejo (*Hedrychium coronarium* koen var. *maximum* Eichl), bananeirinha de flores amarelas (*Cana nepalensis* Hort) e quaresmeira do pântano de flores de cor roxa e rosa (*Tibouchina urceolaris* Cong. *Tibouchina gracilis*, *Tibouchina taxifolia* e *Clidemia hirta*), pontederiáceas e lemáceas. A outra consorciação é constituída por: taboa (*Typhia sominquensis*), aninga (*Montrichardia linifera* Schott e Arruda), imbaúba-do-brejo (*Cecropia liratiloba*), pteridófitas (*Asplenium cerratum*), pontederiáceas e lemáceas.

Restinga

São facilmente identificadas e estão associadas aos Neossolos Quartzarênicos e aos Espodossolos (Figura 6). Na sua maioria, esta vegetação está significativamente alterada pela ação antrópica, através da implantação de pastagens de baixa capacidade de suporte e pelo uso da madeira para serraria e carvão.

Há um grande gradiente de melhoria no tamanho e no maior número de espécies de plantas, à medida que se distância do Mar. Nas posições côncavas de relevo (normalmente onde ocorrem os Espodossolos), com a proximidade do nível freático e com a maior proteção dos ventos marinhos, a vegetação apresenta-se bem mais desenvolvida.

Verifica-se a substituição desta vegetação em algumas áreas, pelo cultivo do eucalipto. As pastagens instaladas são de baixa capacidade de suporte.



Figura 6. Vegetação de restinga sobre Neossolo Quartzarênico.

A floresta subperenifolia de restinga é aberta, com árvores que alcançam em média 20 metros de altura. O sub-bosque é ralo, caracterizado pela predominância de bromeliáceas, aráceas e marantáceas, sendo o estrato inferior herbáceo constituído de poucos indivíduos. As espécies que ocorrem frequentemente são: jatobá (*Hymenaea parviflora*), copaíba (*Gallesia gorazema* Moq.), batinga (*Eugenia prasima* Berg.), sapucaia (*Lecythis* sp.), caixeta (*Tabebuia cassinoides* DC.), entre outras.

À beira da estrada Riacho/Regência, ao lado da entrada para a sede da Fazenda Pontal do Papagaio, há uma área bem preservada com vegetação exuberante que deve ser estudada com maior profundidade (Figura 6).

Campos Halófilos

Predomina o capim cebola ou cebolinha do brejo (*Spartnea* sp.), ou comunidades onde há a predominância da taboa (*Typha sominguensis*), ou por consorciação destas duas espécies e mais a aninga. É comum a presença de áreas desprovidas de vegetação.

Nos locais onde ocorrem os solos com tiomorfismo, com a drenagem excessiva, toda a vegetação é eliminada, sendo que as que mais resistem são a quaresmeira mirim (*Tibouchina* sp.) e uma gramínea entouceirada, baixa, com pêlos em suas folhas, ainda não identificada, mas com uma alta resistência a elevados teores de alumínio, ferro e sódio, vulgarmente conhecida por “beicho-de-égua” ou “cabeludinho” (Figura 7 e 8). Esta planta, embora não seja palatável aos bovinos, é

segundo alguns fazendeiros, pastejada por equinos. Deve-se fazer maiores estudos para a compreensão de sua fisiologia o que a torna tão resistente a um ambiente tão inóspito.



Figura 7. Gramínea vulgarmente conhecida como “beijo-de-égua” ou “cabeludinho”. Sobrevive em ambiente tiomórfico, altamente inóspito com altos teores de sódio e baixos valores de pH.



Figura 8. Quaresmeira mirim (*Tibouchina* sp.), sobrevive a ambientes onde ocorrem os solos tiomórficos.

2.2. Cacau

O cacauero (*Theobroma cacao* L.) pertence à família Esterculiaceae. É nativo da floresta tropical úmida americana, sendo encontrado de forma espontânea e dispersa entre os paralelos 18° N e 15° S (CUATRECASAS, 1964). A área de confluência dos rios Napo, Putumayo e Caquetá, entre o Equador e a Colômbia, é considerada por CHEESMAN (1944) o centro de origem desta espécie.

Dentre as 22 espécies do gênero *Theobroma*, *T. cacao* é a única explorada economicamente (CUATRECASAS, 1964). De suas amêndoas extrai-se a matéria-prima para a produção de chocolate, de manteiga de cacau e de outros derivados. Do material mucilaginoso que reveste as sementes, podem-se fabricar geléia, vinagre e destilados. Além disso, a casca e a polpa, que constituem mais de 90% do fruto maduro, ficam disponíveis para uso na produção de energia (biogás) e de alimentos (geléia, sorvete, suco, etc.) ou na reciclagem de matéria orgânica do solo (FREIRE et al., 1992). Existem duas variedades principais de cacauero, o criollo nativo da América Central e o forasteiro, originário da América do Sul. O sabor e o aroma da semente do criollo são superiores às do forastero, sendo este último mais resistente e mais amplamente cultivado no Brasil (COE & COE, 2000).

Os registros históricos revelam que o cacauero era cultivado desde os tempos pré-colombianos, na área compreendida entre o sul do México e a atual fronteira entre Costa Rica e Panamá. Na América do Sul, seu cultivo foi introduzido posteriormente pelos espanhóis (ALMEIDA, 1996). Atualmente, o cacau é cultivado em todos os países localizados nos trópicos que dispõem de terras úmidas (BAEZ, 1984).

As maiores plantações de cacau do mundo encontram-se na África, especialmente na Costa do Marfim e em Gana, que são os maiores produtores mundiais, seguidos de Indonésia, Brasil, Nigéria, República dos Camarões e Malásia (FAO, 1997).

No Brasil, o seu cultivo ocupa uma área em torno de 738.334 ha, que se estende por seis estados da Federação. A Bahia participa com cerca de 83% da população nacional, seguida dos estados da Amazônia, com 15,5%, dentre os quais se destacam Pará com 10% e Rondônia com 5%. Os demais estados são Espírito Santo, Amazonas e Mato Grosso. Em 1995 a produção

brasileira foi de 296.491 toneladas, equivalente a 10% da produção mundial. Neste mesmo ano, a produtividade média alcançou 402 kg de amêndoas secas por hectare (ANUÁRIO, 1996).

O cacaueteiro é uma das plantas mais sensíveis à deficiência hídrica. As oscilações climáticas, principalmente a insuficiência de chuva, têm sido uma das causas principais das variações de produtividade do cacaueteiro (ALVIM 1960, 1988; MACHADO e ALVIM, 1981; ALMEIDA, 1986; BALASIMHA, 1988; SCERNE, 1988). Além de exigir elevada precipitação pluvial anual, requer que o fornecimento dessa água seja distribuído ao longo do ano, de modo a satisfazer às suas necessidades em suas diferentes fases (ALVIM, 1977; CORAL, 1987). Afora a disponibilidade de água, a temperatura do ambiente é outro fator importante no processo produtivo, pois afeta expressivamente a atividade metabólica, a evapotranspiração e, conseqüentemente, o consumo de água pela planta. Sabe-se que a precipitação pluvial requerida é geralmente em torno de 1.400 – 2.500 mm, bem distribuído durante o ano, e a temperatura média anual oscilando entre 22,4 a 26,7°C (ALVIN, 1977a).

De acordo com MIRANDA et al. (1994), a precipitação apresenta também um papel importante por estar associada à queda instantânea da temperatura e, também, ao aumento dos padrões de umidade do ar dentro do dossel da cultura, uma a duas horas mais tarde nos diferentes níveis da copa do cacaueteiro.

LEITE & VALLE (2000) concluíram que a sazonalidade da precipitação pluvial, em abril e maio no ano anterior ao das colheitas, são determinantes para safras anuais elevadas. Esses meses se situam, aproximadamente 12 meses antes do início da safra temporã, em abril do ano seguinte. No mesmo trabalho verificaram que as precipitações e a safra principal, de outubro a março, não apresentaram correlação. Os mesmos autores citam Alvim (1988) que considera que as colheitas podem ser influenciadas pela distribuição das chuvas ocorridas seis meses antes do seu início, relação esta válida para a Bahia, Gana, Costa do Marfim e Malásia.

RAJA HARUN & HARDWICK (1987b), trabalhando com mudas de 5 meses de idade, em casa de vegetação na Inglaterra, encontraram que a resistência estomática obtida foi relativamente alta devido à baixa intensidade luminosa utilizada. Entretanto, puderam observar que a resistência estomática aumenta, de maneira aproximadamente linear, à medida que o déficit de

pressão de vapor (DPV) na atmosfera se torna maior. O fechamento estomático devido ao aumento DPV, ou à redução da umidade relativa é uma resposta hidroativa ao estresse hídrico da epiderme foliar, por outro lado, as taxas de transpiração não variaram consideravelmente, ao contrário da resistência estomática, indicando que o mecanismo de fechamento estomático das folhas do cacau não seria totalmente efetivo no controle de perdas de água, havendo perdas pela cutícula. O cacau não teria, então, desenvolvido, do ponto de vista evolutivo, uma eficiente estratégia de resistir ao estresse imposto por uma atmosfera seca, condição essa, raramente, existente na floresta tropical de onde é originário. As taxas de fotossíntese, com o aumento do DPV, são decrescentes, no intervalo de temperatura foliar entre 20 e 30°C, em razão do aumento da resistência estomática, resultado do fechamento dos estômatos. Os autores concluem que com o fechamento estomático em resposta ao aumento do DPV, com conseqüente redução da taxa fotossintética, em locais muito ensolarados, não sombreados, os resultados podem se ainda mais deletérios com a fotodestruição da clorofila.

ORCHARD (1984) menciona que os efeitos de prolongadas estações secas apresentam diferentes impactos na produção de cacau, nas diferentes regiões do mundo onde é cultivado, dependendo da demanda evaporativa e da capacidade de retenção e fornecimento de água pelo solo. Cita que em Malawi, Equador, a combinação de uma longa estação seca, acrescida simultaneamente por ventos quentes e secos torna obrigatória a utilização de irrigação para o cultivo do cacau.

Em um experimento com irrigação suplementar por gotejamento em Belize, na América Central, KHAN et al. (1987) encontraram indícios de que o decréscimo da água disponível do solo pode reduzir área foliar total. Perceberam também que a taxa de fotossíntese decresceu significativamente apenas quando a água disponível do solo reduziu-se a níveis abaixo de 60 a 70%, tornando-se quase insignificante quando próximo do ponto de murchamento permanente. Com relação ao experimento com a irrigação fornecendo diversas lâminas de água, como percentuais da evapotranspiração potencial, os resultados não foram muito consistentes, variando de ano a ano, e dentro de cada ano. De maneira geral, produziram mais que a testemunha, não irrigada, exceto quando o estresse hídrico não foi pronunciado.

Do ponto de vista fisiológico, o cacauero é bastante sensível ao estresse hídrico. Entretanto, como a cultura é conduzida em locais onde outras variáveis meteorológicas não apresentam, normalmente, grande amplitude de valores, o fator água, e suas irregularidades nas distribuições no espaço, apresenta conseqüente heterogeneidade nas épocas quando ocorrem as diversas fenofases; e no tempo, provoca oscilações nas produtividades. No oeste africano, por exemplo, onde a estação seca é relativamente longa, cerca de 80% da safra é colhida num período de dois a três meses. Na Bahia, por sua vez, a colheita é mais uniforme durante o ano, estendendo-se a colheita por um período de oito a dez meses. Esses intervalos variam, diga-se, conforme as oscilações na distribuição das precipitações (ALVIM, 1977).

AUGUSTO (1997), citando relatório anual da ESFIP – Estação Experimental Filogônio Peixoto pertencente ao Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), órgão de pesquisa da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), em Linhares, estado do Espírito Santo, de 1996, relata que no ano de 1988 choveu apenas 943 mm, ocorrendo precipitação superior a 5 mm em apenas 54 dias. Nesse ano a produtividade foi de 201 kg de cacau/ha. Em 1992, com precipitação de 1.698 mm, e precipitações superiores a 5 mm em 98 dias, a produtividade atingiu 1.120 kg de cacau/ha. Entretanto, para demonstrar os efeitos da má distribuição temporal das chuvas, menciona que no ano de 1995, o total de precipitação foi de 1.167 mm. No entanto, como as precipitações superiores 5 mm ocorreram em apenas 53 dias, a produtividade neste ano reduziu-se a 70 kg de cacau/ha, com a agravante da morte de 20% dos cacaueros. O mesmo autor reforça a ênfase que deve ser dada ao binômio (total de precipitação)/(distribuição ao longo do ano), atribuindo, ainda os baixíssimos níveis de produção de 1995, à época em que ocorreram os períodos de seca e chuvas.

Os melhores solos para o cacauero são argilosos ou argilo-arenoso (SMYTH, 1966). Em regiões onde a precipitação pluvial é bem distribuída, como por exemplo, na Bahia, o sistema radicular raramente atinge uma profundidade de 120 cm e seu cultivo tem se estabelecido em solos férteis com 60-70 cm de profundidade (SILVA, 1969).

O desenvolvimento do sistema radicular é, provavelmente, influenciado pelas características físicas dos solos. Em Argissolos Vermelho-Amarelo em Pariquera-Açu, estado de São Paulo, o sistema radicular do cacauero

encontra-se 61,6% nos primeiros 30 cm; 21,4% de 30-60 cm; 13,6% entre 60-90 cm e 3,4% de 90-120 cm (CADIMA & CORAL, 1972).

Solos de textura argilosa dificultam o crescimento das raízes, devido à baixa aeração. Por outro lado, os solos de textura arenosa, que permitem a penetração das raízes, geralmente, têm baixa capacidade de retenção de umidade e são recomendados para o cacauero somente nos locais com alta e bem distribuída precipitação pluvial (ALVIM & ALVIM, 1980).

Existem poucos trabalhos sobre a influência da umidade do solo em lavouras cacaueras, talvez em decorrência de o cacauero ser cultivado principalmente em regiões que, caracteristicamente, possuem um total de precipitação anual que excede as perdas anuais de água por evapotranspiração. De acordo com ALVIM (1975), onde a precipitação anual for menor que 1.200 mm, o cacauero somente poderá se desenvolver com sucesso com o uso da irrigação, como no norte da Venezuela, onde a precipitação gira em torno de 700 a 800 mm por ano.

Cacau no Espírito Santo

A região cacauera do Estado do Espírito Santo, estabelecida em torno de 90% em solos aluviais (Neossolos Flúvicos) (MELO et al., 1971), na região do Baixo rio Doce, no Município de Linhares, Estado do Espírito Santo, é caracterizada por uma estação seca bem definida entre abril e setembro e uma estação chuvosa, que contribui com cerca de 70% do total de chuvas anuais, de outubro a março. A precipitação anual apresenta-se bastante variável nessa região, desde 592 mm no ano de 1963 a 1.699 mm em 1992, com precipitação normal de 1.200 mm anual (DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – DNMET, 1992).

Essa irregularidade, tanto no total das precipitações quanto na sua distribuição, constitui-se num dos principais fatores responsáveis pelas oscilações da produção regional, tornando-se determinante na expansão da cacauicultura nesse estado. Desse modo, a irrigação do cacauero é vista como uma prática necessária nessa região, principalmente considerando os resultados de CASTRO & SCÁRDUA (1985). Estes autores afirmam, com 75% de probabilidade de acerto, que, na região do Baixo Rio Doce, apenas no mês de novembro não seria necessária uma complementação hídrica para as culturas. A baixa quantidade e a má distribuição das precipitações,

principalmente no período de 1985 a 1990, provocaram grande interesse dos produtores pela irrigação na lavoura cacaueteira, no Espírito Santo.

2.3. Geologia

Os terraços arenosos do Pleistoceno presentes na região estão relacionados à parte final da penúltima transgressão marinha e regressão correspondente (Quadro 1 e 2). A origem litorânea desses depósitos é atestada pela presença de tubos fósseis de *Callianassa* – um artrópode marinho que vive na parte inferior da zona de intermaré (MARTIN et al., 1980). PIAZZA et al. (1974) subdividiram os sedimentos Quaternários da foz do rio Doce em duas formações que constituem as unidades superiores da Bacia do Espírito Santo. A Formação Monsarás – nome que provém da lagoa homônima - de idade pleistocênica é constituída por argila, que se sobrepõem discordantemente ao Grupo Barreiras. A outra unidade, denominada Formação Linhares, está relacionada ao Quaternário Superior (Holoceno), sendo formado por areias grosseiras da frente deltáica e sedimentos areno-siltíco-argilosos de origem fluviodeltáica, que compõem a planície costeira (RADAMBRASIL, 1987).

Quadro 1. Seqüência de eventos geológicos na Era Cenozóica

Era	Período	Época	Início (ma)	Fim (ma)	
Cenozóico	Quaternário	Holoceno	0,01	0	
		Pleistoceno	1,81	0,01	
	Neógeno	Plioceno	5,23	1,81	
		Mioceno	23,8	5,32	
	Paleógeno	Oligoceno		33,7	23,8
			Eoceno	55	33,7
		Paleoceno	65,5	55	

Fonte: International Stratigraphic Chart, 2001.

Quadro 2. Seqüência de eventos do Pleistoceno ao Holoceno na formação do delta do rio Doce, ES

Data (anos A. P.)	Eventos
----- Pleistoceno -----	
123.000	<p>Nível marinho mais alto; erosão do Grupo Barreiras com formação de falésias. Os amplos vales escavados no Barreiras foram afogados; curso inferior do rio Doce foi transformado em estuário. Altura do mar: 8 m acima do atual.</p> <p>Deposição das areias pleistocênicas ao sopé das falésias entalhadas no Barreiras. As entradas dos vales afogados foram fechadas por barreiras arenosas que propiciaram a formação das atuais lagoas. O estuário do rio Doce foi colmatado, formando uma ampla planície sedimentar (situação atual).</p>
----- Holoceno -----	
Antes de 5.100	Estádio A – Formação de ilhas-barreiras/laguna (nível máximo do mar).
5.100 a 4.200	Estádio B – Modificações hidrodinâmicas por ondas do setor sul com sucessivas deposições e erosão com a mudança de direção das ondas provenientes do Sul – construção ou deposição; Norte – erosão.
4.200 a 3.900	Estádio C – Rápido abaixamento do nível do mar de 2 a 3 m com a formação de cinco desembocaduras recortando a Areia Quartzosa Marinha. Ondas do setor sul; aporte arenoso do rio Doce e areias fornecidas pelo abaixamento relativo do nível do mar passou a formar a segunda zona de progradação.
3.900 a 3.600	Estádio D – Erosão dos depósitos arenosos; rápida subida do nível relativo do mar; afogamento das cinco desembocaduras; formação de um único canal. Os paleocanais foram abandonados.
3.600 a 2.700	Estádio E – Formação de dois braços na desembocadura em razão dos sedimentos.
2.700 a 2.500	Estádio F – Erosão, afetando ambas as desembocaduras pela inversão no sentido das ondas e, ou, subida do nível relativo do mar.
2.500 até hoje	Estádio G – Diversas fases de deposição e erosão que culminaram com o fechamento da desembocadura norte (H) e sedimentação acelerada da desembocadura do rio São Mateus.
Subatual e atual	Depósitos de areia em ambos os lados da foz com o abandono da desembocadura norte – ondas setor sul.

Fonte: REZENDE et al., 2001.

Já os terraços arenosos Holocênicos encontram-se geralmente dispostos na parte externa da costa, posicionando-se em cotas menos elevadas em relação ao terraços Pleistocênicos, com topo situando-se desde alguns centímetros a mais de 4 metros acima do nível atual do mar (Figura 9).

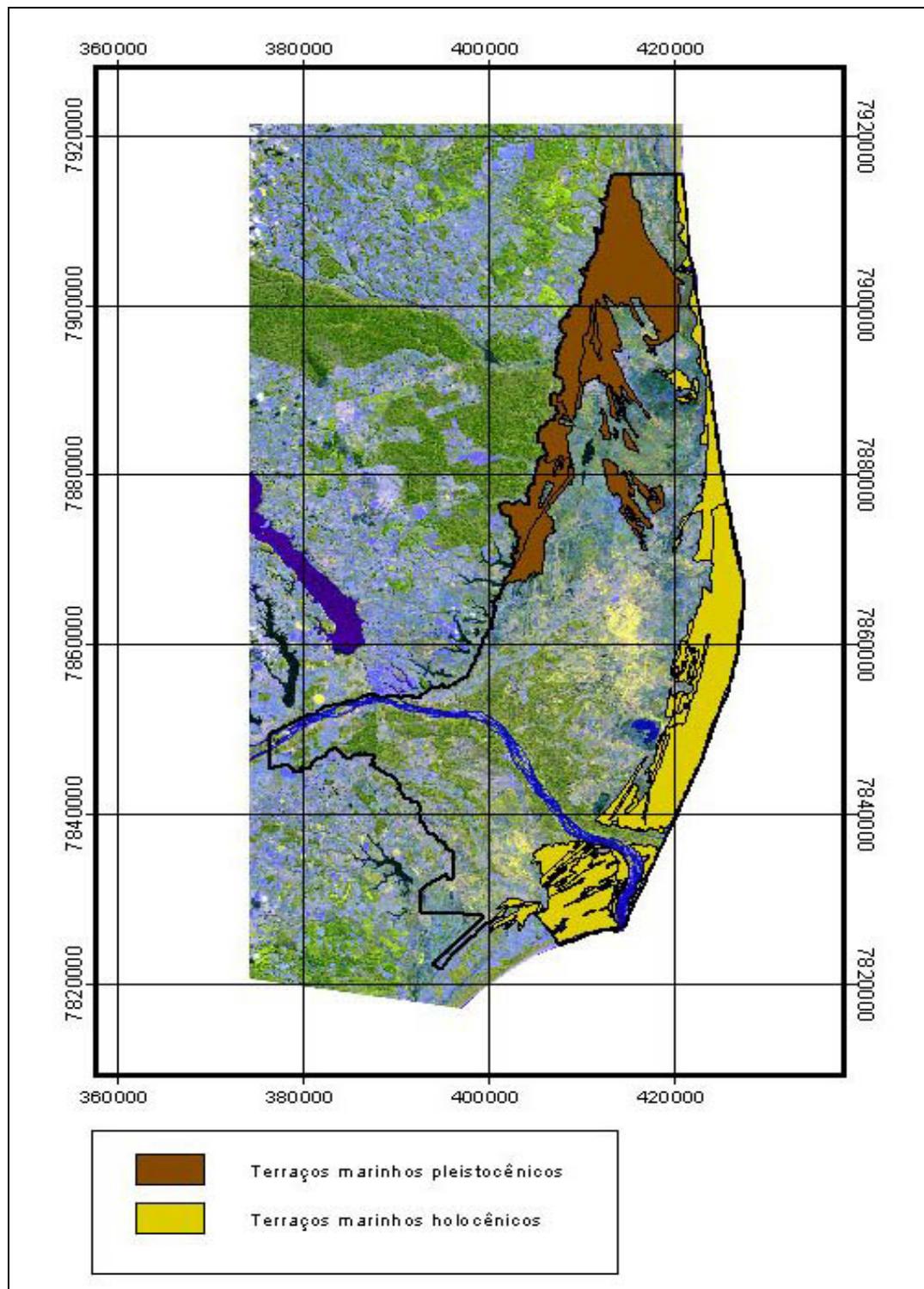


Figura 9. Localização dos terraços marinhos no delta do rio Doce. Fonte: REZENDE et al., 2001.

Os cordões litorâneos formados são constituídos de material mais fino que os terraços arenosos do Pleistoceno, além de serem mais próximos e paralelos entre si (Figura 10).

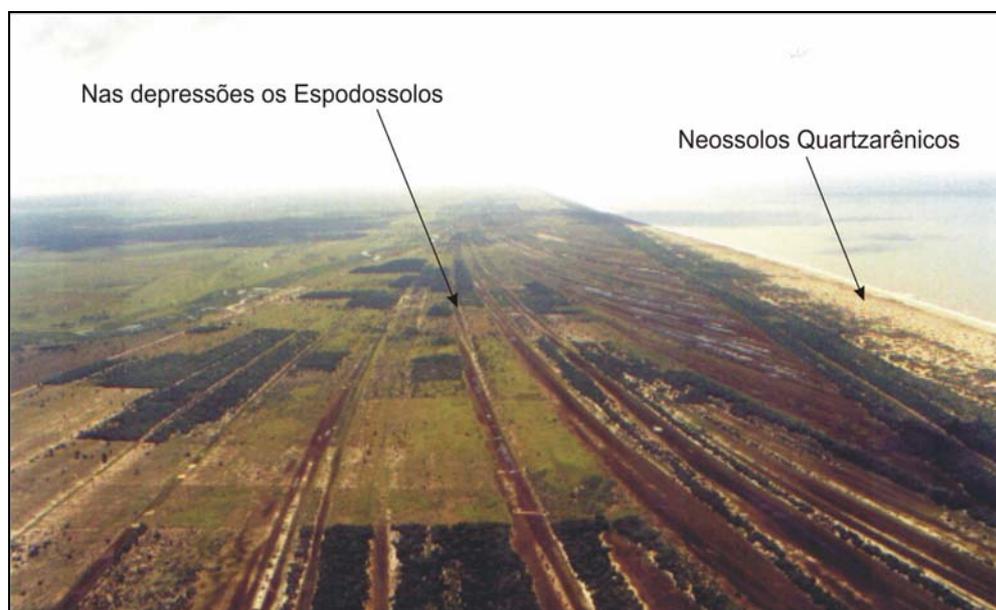


Figura 10. Cordões arenosos do Quaternário Superior (Holoceno) próximo à foz do rio Doce. Fonte: REZENDE et al., 2001.

Os pântanos e mangues do Holoceno são constituídos predominantemente de sedimentos de planície deltáica que inclui áreas de inundações, pântanos, lagoas, diques naturais e canais fluviais. Nestes são encontrados Neossolos Quartzarênicos, mal a regularmente selecionadas, além dos Organossolos (turfas).

2.4. Geomorfologia

O delta do rio Doce, onde está localizado parte do Canal Caboclo Bernardo, é um dos mais importantes do litoral brasileiro, excedendo a 2.500 km² de área (BACOCOLI, 1971). Tem as características de delta destrutivo dominado por ondas, cuspidato, com franca predominância das fácies de influência marinha.

O rio Doce próximo da sua foz possui vale largo com fundo chato preenchido por aluviões (solos Aluviais, atualmente são classificados como Neossolos Flúvicos) (EMBRAPA, 1999), que formam meandros e ilhas,

constituindo-se as planícies aluviais, com a ocorrência de lagoas, braços mortos de rios e estuários afogados (rias). Isto resulta da erosão provocada pelo nível de base oscilante, que atingiu a mais baixa posição numa fase precedente à atual (REZENDE, 2001).

O canal fluvial atual, praticamente destituído de meandros e tributários, lança ao mar um jato carregado de clásticos da intensa erosão a montante. Com a perda da velocidade da corrente do rio ao penetrar no mar, o material mais grosseiro é imediatamente depositado em forma de barra de desembocadura, forçando o rio a mudar a sua foz de tempos em tempos.

O mar, na condição de alta energia, remove de imediato os materiais finos e redeposita os grosseiros na praia, sob a forma de cordões litorâneos, formando um dique natural (Areia Quartzosa Marinha, atualmente são classificados como Neossolos Quartzarênicos) (EMBRAPA, 1999). Na planície deltáica, sobre os antigos cordões e paleocanais, formam-se lagoas e pântanos (Lagoa Zacarias, Durão e outras) e nesses desenvolvem-se os depósitos biogênicos (Gleissolos e Organossolos).

RESENDE et al. (2001) relacionam as posições da paisagem no delta do rio Doce aos solos presentes. Assim, aos cordões arenosos formados pelo movimento marítimo estão relacionados as Areias Quartzosas (atualmente Neossolos Quartzarênicos) e em menor escala, os Podzóis (atualmente denominado de Espodossolos); às áreas de menor cota estão relacionadas à ocorrência de Gleissolos e Organossolos; enquanto a margem dos rios, principalmente o rio Doce, está ocupada por solos Aluviais (Neossolos Flúvicos). A estabilização dos sedimentos nesta última posição permitiu no solo o desenvolvimento de estrutura mais evidente e de cor caracterizando a ocorrência inicial de processos pedogenéticos. Neste caso, os solos são classificados como Cambissolos (EMBRAPA, 1999).

O delta do rio Doce compreende a parte dos domínios dos depósitos sedimentares, englobando os aspectos marinhos, eólicos e fluviomarinhos que retratam diversas fases de evolução geomorfológica no decorrer do Quaternário (Figura 11).

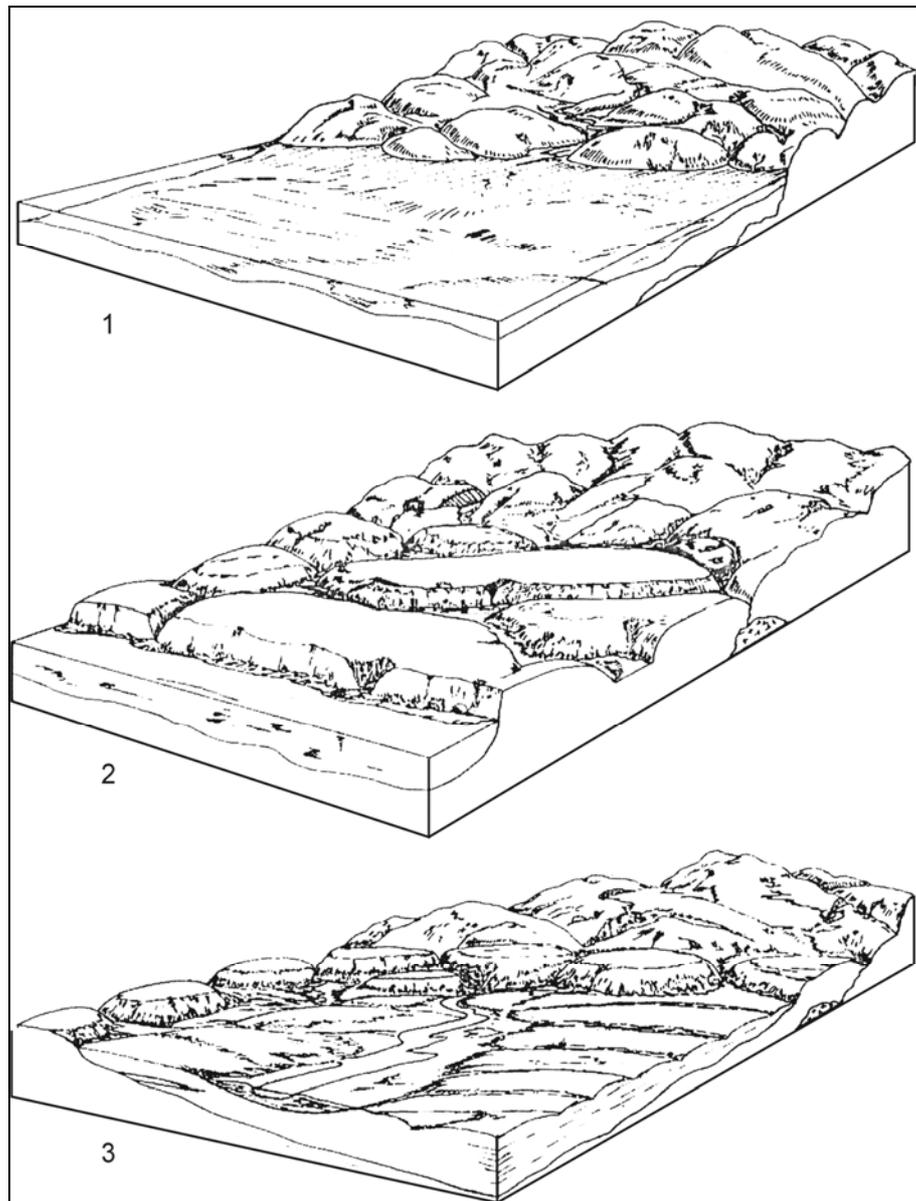


Figura 11. Esquema da evolução da planície costeira do delta do rio Doce: (1) fim do Terciário (sedimentação de leques aluviais coalescentes do Grupo Barreiras); (2) dissecação do Grupo Barreiras com a regressão do Mar; (3) formação de cristas praias regressivas, máximo da penúltima transgressão no Pleistoceno Superior. Fonte: LANI, 1998.

2.5. Solos Hidromórficos

Solos hidromórficos são aqueles em que as condições de relevo e drenagem promovem uma saturação permanente ou temporária em água, resultando em mudanças físicas, químicas e físico-químicas nos solos. Em geral, solos hidromórficos ocorrem em relevo plano a suave ondulado, com declive de até 3%

(CAMPOS, 1999). A saturação do solo com água, em consequência do encharcamento dos terrenos, altera, a princípio, a disponibilidade de O₂ no solo. O esgotamento deste acontece a partir da atividade microbológica, e a reposição passa a não acontecer em mesma taxa, em virtude da dificuldade da difusão do O₂, que acontece em meio aquoso em velocidade 10.000 vezes menor que no ar (PATRICK & REEDY, 1978). Estes autores destacam, a partir deste esgotamento, a mudança de condições do ambiente, em que se podem citar 2 pontos:

- A diminuição das taxas de decomposição da matéria orgânica do solo;
- A necessidade de utilização de outros compostos como receptores de (e-) no processo, tendo-se como principais o NO³⁻, MnO₂, óxidos de Fe (Fe₂O₃, FeOOH), e em condições de extrema redução o SO₄⁻².

O arejamento deficiente condiciona uma decomposição lenta da matéria orgânica, provocando seu acúmulo e um ambiente de redução (baixo potencial de oxi-redução), que transforma Fe e Mn em formas reduzidas (solúveis), facilitando sua migração ou a toxidez para as plantas. A ausência de Fe oxidado ou a presença de Fe reduzido faz com que o solo tenha o aspecto acinzentado, esverdeado ou azulado (gleizado) abaixo da camada de matéria orgânica. A coloração esverdeada ou azulada quase sempre implica na presença de Fe (II) (RESENDE et al., 2002).

As características morfológicas destes solos advêm, principalmente, dos processos de redução e oxidação do ferro e manganês, que ainda lhes conferem cores distintas. O estado de oxidação do ferro e manganês influencia fortemente sua solubilidade e cor, conferindo-lhes os mosqueados de coloração marrom, cinza, azul, preto e amarelo, freqüentemente observados em solos hidromórficos (FANNING et al., 1989; VAN BREEMEN et al., 1998). A ocorrência de manchas (mosqueados), segundo STTOOPS et al. (1985), é o principal indicador macro e micromorfológico do hidromorfismo.

O estado de oxi-redução pode ser avaliado pelo potencial de oxi-redução (Eh) ou pela estimativa da atividade dos elétrons no meio (pe, ou $\log[e^-]$). A identificação desta característica a campo pode ser feita, segundo EMBRAPA (1999), pela presença de coloração pouco cromática nos horizontes que passaram pelo processo de gleização, bem como pela reação positiva em utilização de substâncias como alfa, alfa dipiridil e ferrocianato de potássio, indicadores de presença de Ferro na condição reduzida (Fe^{2+}).

Os horizontes podem também ser escurecidos devido à acumulação de matéria orgânica, pois os organismos anaeróbios são menos eficientes na mineralização da matéria orgânica que os aeróbios. Além disso, os processos de redução envolvem, freqüentemente, a produção ou o consumo de H^+ e assim, têm também importante efeito sobre o pH do solo (PONNAMPERUMA, 1972; LINDSAY, 1979; VAN BREEMEN et al., 1998).

Conforme descrito por LINDSAY (1979) as reações de redução consomem H^+ e contribuem para o aumento nos valores de pH. PONNAMPERUMA (1972) e LINDSAY (1979) destacam algumas conseqüências importantes da reação de redução: a) a concentração de ferro solúvel na água aumenta; b) o pH eleva-se; c) cátions são deslocados dos sítios de troca; d) as solubilidades do fósforo, molibdênio, manganês e da sílica aumentam; e) a solubilidade de alumínio, zinco e boro diminuem; e f) novos minerais são formados.

Um processo importante em ambientes hidromórficos parece ser a ferrólise, pois ela é comum em horizontes A ou E ácidos sobre horizontes de baixa permeabilidade de solos hidromórficos. A teoria da ferrólise foi proposta por BRINKMAN (1970), sendo sustentada em dados provenientes de análises químicas, experimentos de laboratório e investigações mineralógicas e micromorfológicas. Neste processo, os argilominerais são destruídos devido às reações de troca

envolvendo o ferro (Fe^{2+}), em ciclos de redução ou oxidação sazonalmente alternados. Além da destruição, são atribuídas ao processo de ferrólise as intercalações dos argilominerais e, também, o gradiente textural, predominando neste horizonte o branqueamento (desferrificação) e mosqueamento (BRINKMAN, 1970).

Por outro lado RANST et al. (2002), avaliando o processo da ferrólise na formação de solos hidromórficos, fazem várias críticas ao trabalho de BRINKMAN (1970), ressaltando que a neoformação de quartzo e de minerais secundários, consequência do processo de ferrólise proposta por BRINKMAN, parecem improváveis. Os autores apontam que o quartzo e os minerais trioctaédricos identificados na fração argila dos solos, assumidos como sendo formados na ferrólise, na verdade provém da diminuição de partículas maiores de minerais herdados.

Em relação ao gradiente textural atribuído ao processo de ferrólise RANST et al. (2002) comentam que a destruição dos minerais de argila nos horizontes superficiais dificilmente é o principal processo responsável. As propriedades químicas e morfológicas mostram, na verdade, que a principal razão da presença do gradiente textural é a translocação de argila e não a destruição de minerais de argila pelo processo de ferrólise.

As classes de solos de maior ocorrência nestes ambientes (hidromórficos) são os Gleissolos e Organossolos (EMBRAPA, 1999). Eles se distribuem de forma bastante abrangentes, associados às áreas de relevo plano e cotas baixas, como em planícies fluviais, vales e regiões próximas da costa litorânea, em que aparece, às vezes, a influência marítima (MUEHE, 1995; PASSOS & BIGARELLA, 1998).

As condições de ocorrência de Organossolos e Gleissolos, (EMBRAPA, 1999), fazem com que tenham ampla distribuição em todo o país. No Estado do Espírito Santo as unidades de mapeamento compostas por estes

solos como classe principal totalizam uma área de 1.110 km², ou cerca de 2,43% do território do Estado (EMBRAPA, 1978), não se computando a ocorrência destas classes de solos em unidades de mapeamento dominadas por outras classes (especialmente Solos Aluviais, ou Neossolos Flúvicos). A influência das características do ambiente é perceptível na formação destes solos. Assim, os solos distróficos estão presentes em distribuição por todo o Estado, tendo relação principalmente com a posição da costa litorânea, formados sob sedimentos Quaternários com influência marítima, e também em posição continental, sob influência da formação Barreiras (bacias do rio Itapemirim e Itabapoana, entre outros). Estes solos podem apresentar variações representadas por solos eutróficos, mas no geral predominam solos de baixa saturação por bases, e argilas de atividade baixa (EMBRAPA, 1978).

Os Organossolos e Gleissolos apresentam normalmente algumas diferenças, além das características diagnósticas diferenciais definidas em EMBRAPA (1999). Pode-se citar, para os primeiros, a tendência de maior capacidade de retenção de água em potencial próximo da saturação e menor densidade do solo (FARNHAM & FINNEY, 1965). Os autores atestam ainda características específicas para Organossolos como a coloração e a susceptibilidade à subsidência em condição de drenagem. ANDRIESSE (1984) destaca a necessidade de adaptação de alguns conceitos relativos à fertilidade do solo, especialmente em relação a teores de elementos com base em peso. Ainda nas características químicas, a presença de matéria orgânica pode implicar em aumento da acidez, em função de acúmulo de ácidos orgânicos (ANDRIESSE, 1984; FANNING & FANNING, 1989). Neste aspecto, destaca-se o processo de formação dos Organossolos ou “turfas”. As áreas em posição de menor cota, ou depressão de relevo mais pronunciada recebem o aporte de fluxos laterais de água com presença de elementos nutrientes a partir de posições de maior cota e encostas próximas. Esse fluxo se constitui em suprimento de nutrientes para estas áreas de formação dos Organossolos, formando-se um material enriquecido de nutrientes, as turfas ou solos orgânicos topógenos. O desenvolvimento da vegetação leva ao aumento da cota, por meio de “empilhamento” do material orgânico pouco decomposto, o que interrompe este fluxo, passando os nutrientes a serem reciclados no ambiente. O empobrecimento gradual leva então à constituição de turfas “ombrógenas” (DRIESSEN, 1978; ANDRIESSE, 1984). Fica clara, no primeiro

estágio de desenvolvimento, a influência do ambiente de inserção dos solos, no que diz respeito à hidrologia e a liberação de nutrientes provenientes dos processos de intemperismo do material de origem em posições de maior cota.

2.6. Mineralização da matéria orgânica

As turfas (Organossolos) são muito vulneráveis ao fogo quando a drenagem não é controlada. LANI (1998) observou no “Vale do Suruaca” que o uso do fogo destruiu completamente a camada orgânica do solo numa extensa área. Houve casos em que o fogo perdurou por semanas. Como resultado deste processo, em razão da drenagem ou pelo uso do fogo direto no controle de pragas (cigarrinha e mofofô), as turfas são progressivamente transformadas em Gleissolos e finalmente o subsolo é exposto na forma de tabatinga ou areia. Este processo está representado na Figura 12.

A capacidade de troca catiônica (CTC) nesses solos está estreitamente relacionada à matéria orgânica. ROSADO (2004) num estudo de alterações ocorridas em um Organossolo submetido à drenagem intensiva, verificou que com a drenagem houve, dentre outras modificações a redução do C-org quando comparado à condição natural do solo (Figura 13, solo 1) em que o C-org (prof. 20-40 cm) estava em torno de 52 dag kg^{-1} e o mesmo com a situação 3 (Figura 13, solo 3) reduz-se para $1,7 \text{ dag kg}^{-1}$. Isto implica na alteração das características do solo como a capacidade de retenção de água e de retenção de cátions - CTC (Figura 14), com conseqüências sérias ao ambiente e com implicações na redução da produtividade da área.

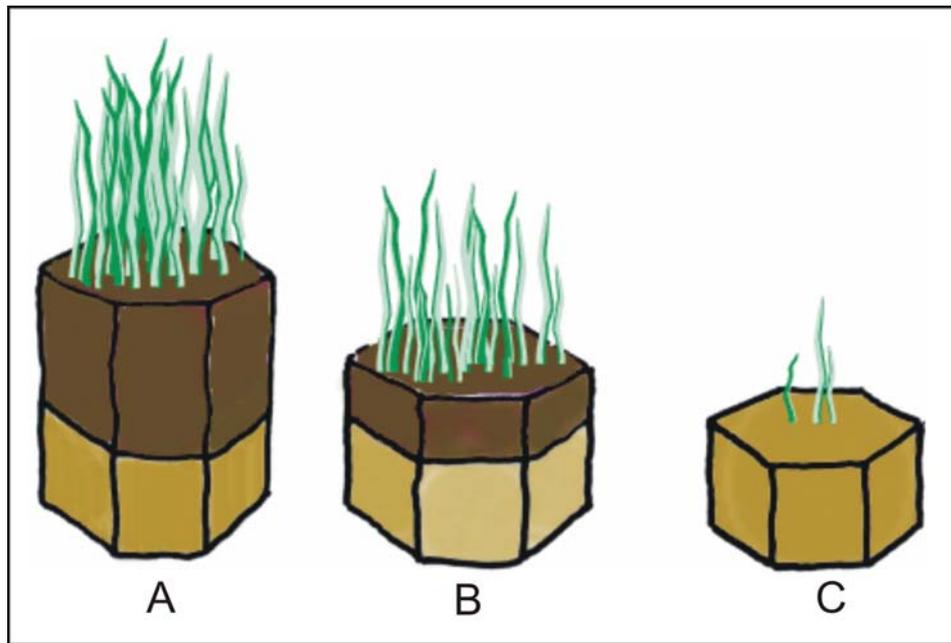


Figura 12. Esquema figurativo da mineralização da Turfa (Organossolos) até sua destruição completa (afloramento do substrato): (A) Turfa original com vegetação; (B) situação intermediária; (C) apenas substrato com vegetação altamente degradada: substrato argiloso (tabatinga) ou arenoso. Fonte: REZENDE et al., 2001.

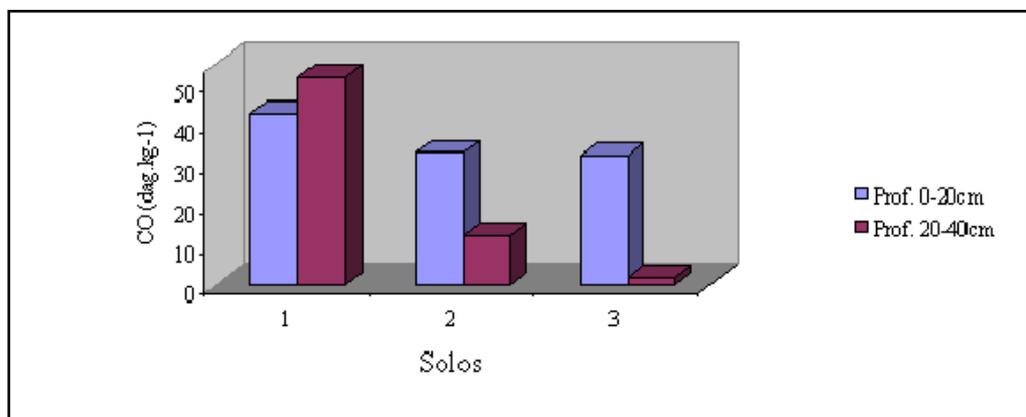


Figura 13. Teores de carbono orgânico em três situações de drenagem em uma mesma toposequência e em duas profundidades. 1 - Organossolo Háplico Sáprico típico; 2 - Organossolo Háplico Sáprico típico, situação intermediária; 3 - Neossolo Quartzarênico. Guarapari-ES. Fonte: ROSADO, 2004.

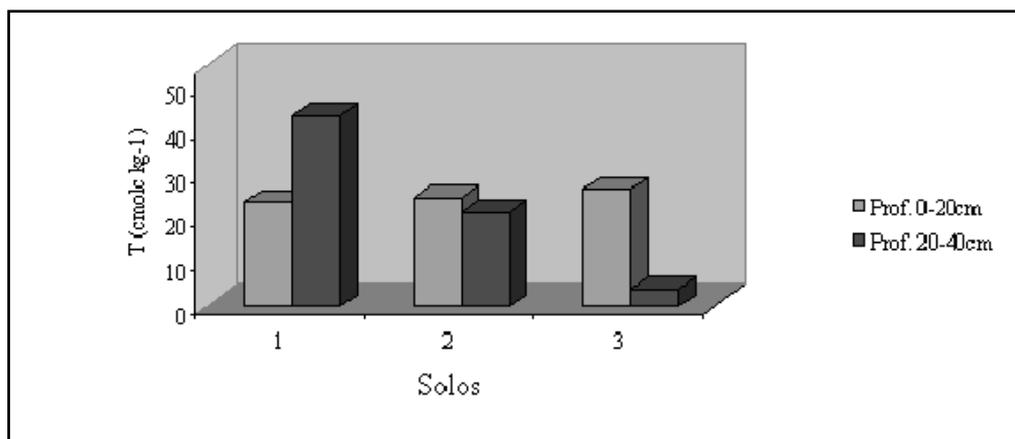


Figura 14. Valores da capacidade de troca de cátions em uma mesma toposequência e nas duas profundidades. 1- Organossolo Háplico Sáprico típico; 2- Organossolo Háplico Sáprico típico, situação intermediária; 3- Neossolo Quartzarênico. Guarapari-ES. Fonte: ROSADO, 2004.

A queima traz resultados imediatos no desenvolvimento das pastagens; com a combustão, tem-se, para alguns elementos, um aumento na disponibilidade ou do efeito de concentração dos elementos que estavam complexados à matéria orgânica (Quadro 3).

Os nutrientes tornam-se então mais disponíveis e em maior quantidade para as plantas (efeito de concentração) melhorando as pastagens em curto prazo. Este efeito, entretanto é temporário, especialmente quando a subsuperfície é arenosa.

Numa observação do Quadro 3, verifica-se que houve um aumento de Ca, K, Na, P, S, Cd, Co, Mn, Mo, Ni, Pb, Si, V, Zn e Hg. Além do efeito no aumento da concentração, a disponibilidade também aumentou. Por outro lado, a disponibilidade de Mg e Cu diminuiu.

Foi também alterada, a relação entre nutrientes, por exemplo: antes da queima, a relação Ca: Mg: Na: K era, 33: 7,5: 2,9: 1. Após a queima esta relação foi alterada para 34: 2,2: 2: 3,5: 1. O maior desequilíbrio foi entre o cálcio e o magnésio.

Com a mineralização da camada orgânica, a reciclagem deve ser mais eficiente, até certo ponto, se o horizonte subsuperficial for argiloso. Neste caso, o ambiente “conservador”, mantém os nutrientes por mais tempo à superfície.

Por outro lado, se o horizonte subsuperficial for arenoso, a lixiviação é intensificada o que empobrece, mais rapidamente o sistema. O solo que assim se modifica de Orgânico para Aluvial eutrófico, é denominado pelos pecuaristas de “areia gorda”. À continuação da lixiviação o solo se degrada para Aluvial distrófico (Neossolo Flúvico), denominado pelos pecuaristas de “areia magra” (REZENDE et al., 2001).

Quadro 3. Resultados das análises químicas do material orgânico (Turfa), na condição natural e após a queima parcial (em condições de campo)

Elementos	Natural	Queima parcial	Acrésc./decrésc. (%)
pH (H ₂ O)	3,9	4,9	26
pH (KCl)	3	4,7	57
Ca (cmol _c dm ⁻³)	4	20,2	405
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,9	1,3	44
K (cmol _c dm ⁻³)	0,12	0,60	400
Na (cmol _c dm ⁻³)	0,35	2,09	497
SB (cmol _c dm ⁻³)	5,37	24,19	350
Al (cmol _c dm ⁻³)	3,3	1,3	-61
H (cmol _c dm ⁻³)	28,8	4,4	-85
V (%)	13	79	508
C (dag dm ⁻³)	47,5	17,5	-63
N (dag dm ⁻³)	2,57	0,67	-74
C/N	18	26	44
P (mg dm ⁻³)	3,6	163,6	4.444
m (%)	40	6	-85
T (cmol _c dm ⁻³)	37,47	29,89	-20
S (dag dm ⁻³)	0,02	0,33	1.550
----- Elementos traços -----			
Cd (mg dm ⁻³)	0,4	1,0	150
Co (mg dm ⁻³)	1,7	4,2	147
Cr (mg dm ⁻³)	0	5,9	590
Cu (mg dm ⁻³)	0,2	0,0	-20
Fe (mg dm ⁻³)	666	645	-3
Mn (mg dm ⁻³)	55	196	256
Mo (mg dm ⁻³)	3	9	200
Ni (mg dm ⁻³)	2	4	100
Pb (mg dm ⁻³)	0	7	700
Si (mg dm ⁻³)	19	370	1847
V (mg dm ⁻³)	3	5	67
Zn (mg dm ⁻³)	4	7	75

Hg (mg dm ⁻³)	1	3	200
Fonte: LANI, 1998.			

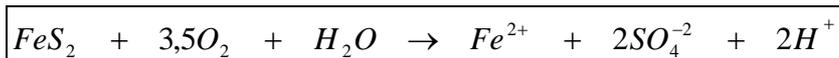
2.7. Solos tiomórficos

Para melhor compreensão dos problemas ambientais ocasionados pela intervenção humana nas várzeas do lado sul do delta rio Doce, torna-se necessário entender alguns mecanismos característicos que ocorrem no compartimento pedológico submetido a condições redutoras e posteriormente drenado. O processo que mais chama atenção é o tiomorfismo, tanto pelo seu dinamismo como pela sua abrangência.

Os solos comuns neste ambiente são os Organossolos e Gleissolos, ambos tiomórficos, que, segundo EMBRAPA (1999) para serem classificados como tal, torna-se necessário a existência de um horizonte sulfúrico com espessura mínima de 15 cm, cujo valor baixo do pH está associado à concentração de jarosita ou de materiais sulfídricos imediatamente subjacentes. Tal horizonte é altamente tóxico tanto para plantas como para animais.

O processo de oxidação do material sulfídrico acontece a partir de práticas de manejo como a drenagem, com o fim de incorporar maiores áreas a atividades como a pecuária extensiva (LANI, 1998). VAN BREEMEN & PONS (1978) citam o processo de oxidação destes materiais como possível de ocorrer naturalmente, a partir de processos geomorfológicos e da fauna, porém a ação do homem pode torná-lo muito mais rápido e impactante.

A entrada de O₂ no sistema desencadeia uma série de alterações que transformam a constituição destes solos. Em primeiro momento, a pirita (Figura 15 e 16), sob condição de maior potencial redox, desestabiliza-se. A reação, descrita por VAN BREEMEN & PONS (1978), é:



A continuidade do aumento do Eh permite a oxidação do Fe²⁺ para Fe³⁺, o aumento da atividade deste último reflete-se na continuidade da oxidação da pirita:

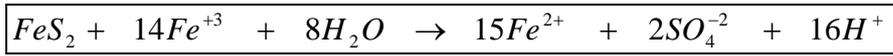


Figura 15. Amostras de pirita (FeS_2) em padrão de museu. Fonte: PINTO, 2005.

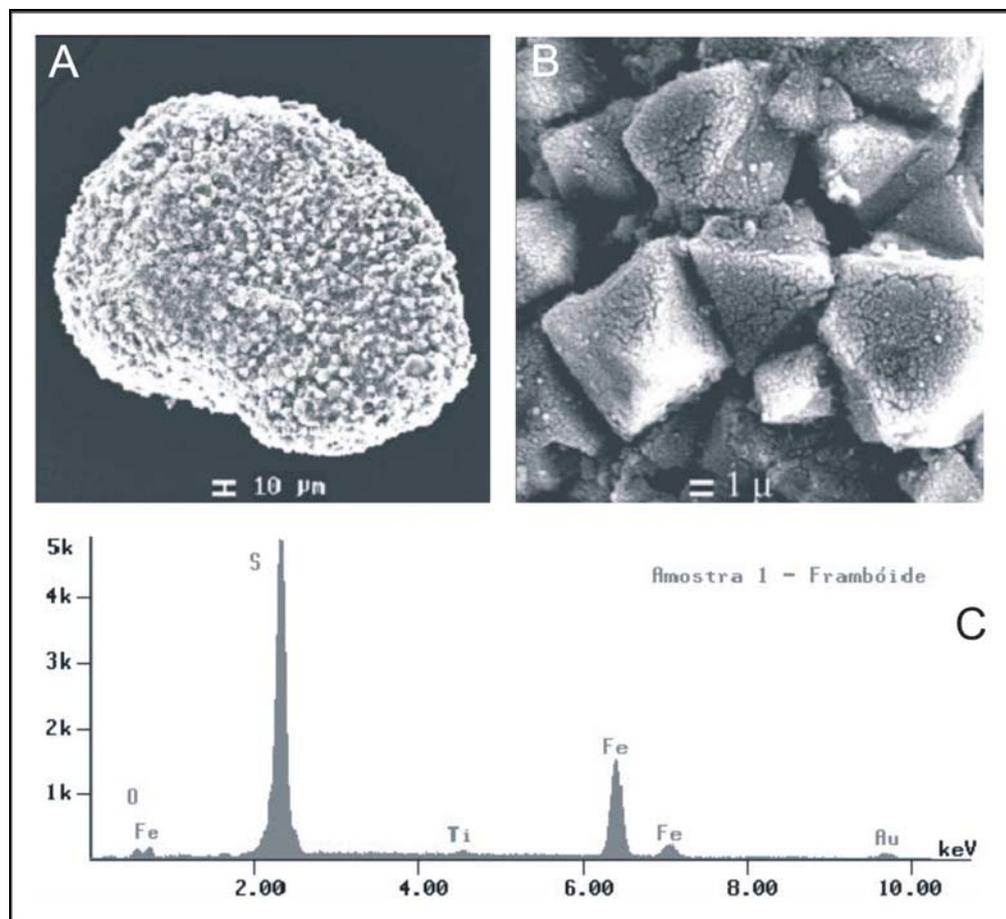
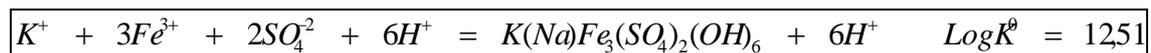


Figura 16. Amostra de pirita de um solo tiomórfico. Município de Aracruz, ES; A) Unidade de pirita de forma frambóide de solo tiomórfico; B) Aglomerado do mineral; C) Mineralogia da pirita mostrando sua constituição química. Fonte: PINTO, 2005.

Esta reação é alimentada pela continuidade da conversão de Fe^{2+} para Fe^{3+} , em razão da maior concentração de oxigênio no ambiente. Os autores destacam o drástico abaixamento do pH, chegando em torno de 3,0 ou até menor em função do teor de pirita existente.

O aumento da atividade de Fe^{3+} , SO_4^{-2} pode ser acompanhado do aumento de atividade de elementos como K^+ , Na^+ e Al^{3+} , a partir da dissolução de minerais de argila em virtude do drástico abaixamento do pH (FANNING & FANNING, 1989). Estas alterações refletem-se em mudanças perceptíveis no perfil do solo (VAN BREEMEN & HARSRMOSEN, 1975; VAN BREEMEN & PONS, 1978). Estes trabalhos indicaram que o perfil do solo, em condição relativamente homogênea em profundidade, quando saturado, passa a apresentar feições decorrentes da oxidação do ambiente, principalmente pela formação de um horizonte oxidado logo após o horizonte superficial. Neste, desenvolve-se uma matriz acinzentada ou mais escura (em função do teor de matéria orgânica), podendo ser observados mosqueados amarelados, decorrência da presença de jarosita e óxidos de Fe.

A reação de formação da jarosita é definida por LINDSAY (1979):



Observa-se a produção de acidez a partir da formação da jarosita, o que permite inferir a sua desestabilização abaixo de um determinado valor de pH, em torno de 3, a partir do qual passa a predominar o Fe em solução (VAN BREEMEN & HASRMTEN, 1975).

Assim, o equilíbrio entre a jarosita e óxidos de Fe dar-se-ia nesta faixa de pH, coincidindo com LINDSAY (1979), que indica um valor entorno de 4,0.

Segundo Lani (1998), os problemas relacionados com o pH baixo são os seguintes:

1. Efeitos diretos:
 - Toxidez pelos íons hidrogênio;
 - Impossibilidade de absorção fisiológica de Ca, Mg e P;
 - Incremento na solubilidade e toxidez de Al, Mn e Fe;

- Decréscimo dos teores de fósforo causado pela interação P x Al-Fe;
- Redução na disponibilidade de Mo.

2. Fatores bióticos:

- Impedimentos no ciclo do N e sua fixação devido a redução da atividade completa ou parcial das micorrizas e incremento no ataque de patógenos do solo.

3. Acumulação de ácidos orgânicos e outros componentes tóxicos.

Numa análise ambiental mais ampla, envolvendo água, solo e planta, as relações entre zinco, ferro e manganês permitem separar os ambientes tiomórficos dos não-tiomórficos (Figura 17.). O ferro é o elemento que se destaca nesta relação pelos seus altos valores nos tiomórficos.

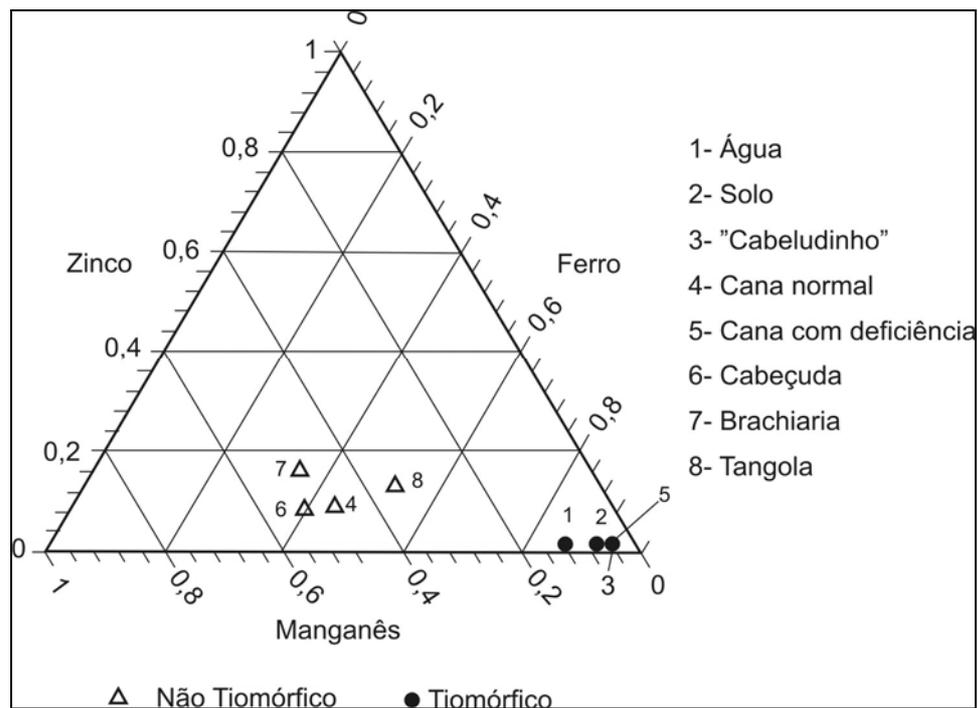


Figura 17. Relação entre zinco, ferro e manganês, em várias gramíneas, solo e água. a: não-tiomórficos; b: tiomórficos (LANI, 1998).

Neste particular, com relação à tolerância a altos teores de ferro, o “cabeludinho” concentra, em suas folhas, cerca de sete vezes mais ferro do

que o limite crítico tóxico sugerido para a cultura do arroz em solos tiomórficos que é de 300 mg.kg⁻¹ de matéria seca (MOORE e PATRICK, 1989).

TURNER (1969) e STEVENSON (1986) mencionam que a tolerância de plantas a elevados teores de determinados elementos no solo envolve um especializado mecanismo em que as paredes internas das células atuam de forma seletiva a determinados elementos nocivos a elas. A tolerância a um determinado elemento não confere capacidade de tolerância a outro elemento mesmo que ambos tenham raios iônicos semelhantes. Além disto, a planta pode exsudar compostos orgânicos pelas raízes que afetam a atividade biológica e também formam quelatos com os elementos traços, tornando-os menos disponíveis.

2.8. Ground-Penetrating Radar (GPR)

O GPR é o método geofísico mais indicado para investigações não destrutivas rasas no solo, apresentando excelentes resultados em determinados tipos de ambientes. As ondas eletromagnéticas empregadas possibilitam a visualização detalhada das camadas próximas à superfície diferenciando-o dos demais métodos geofísicos. Outra característica que destaca este método, frente a outras formas de investigação rasa, é a enorme versatilidade operacional (equipamento leve e portátil) que permite a aquisição de grande quantidade de dados num curto intervalo de tempo, viabilizando desta forma uma amostragem espacial bastante detalhada.

Ele consiste na emissão contínua de ondas eletromagnéticas (espectros variando entre 10 e 2.500 MHz) e recepção dos sinais refletidos nas estruturas ou interfaces em superfície (GLÓRIA, 2002). Os sinais são emitidos e recebidos através de antenas dispostas na superfície do terreno. As medidas de tempo (em nanosegundos) e de percurso das ondas eletromagnéticas são efetuadas ao longo de uma linha e, quando justapostas, fornecem uma imagem detalhada para os primeiros vinte a trinta metros do terreno ao longo do perfil estudado (OLIVEIRA & BRITO, 1998). A propagação deste sinal no solo está condicionada primeiramente pelas propriedades elétricas dos terrenos (condutividade/resistividade elétricas), que são controladas principalmente pela umidade (FISHER et al., 1992). Em situações de baixa condutividade, o sinal de radar pode atingir profundidades superiores a 20 metros; entretanto, no caso de alta condutividade, como a presença de água salgada, não existe

resolução, o que é um fator limitante ao uso do GPR para identificar dutos ou plumas de contaminação nestes casos (BERES e HAENI, 1991).

A propagação de uma onda eletromagnética de alta frequência no terreno pode ser descrita pela sua velocidade e a atenuação sofrida durante o percurso. Em condições de baixa perda do sinal, a velocidade (v) está relacionada com a parte real da constante dielétrica (K) do meio de propagação, sendo dada pela seguinte expressão (DAVIS e ANNAN, 1989):

$$v = \frac{c}{\sqrt{K}}$$

Em que c é velocidade da onda eletromagnética no espaço livre.

As reflexões da energia eletromagnética ocorrem nas interfaces entre materiais ou camadas que apresentem contrastes nos valores de velocidade. A amplitude do sinal refletido será mais intensa quanto maior for o contraste existente entre as velocidades (ou constantes dielétricas) dos correspondentes.

O sistema GPR pode operar com diversas frequências, cada qual correspondendo a uma antena. A escolha da antena a ser utilizada depende do objetivo do levantamento (dimensões e profundidade do alvo) assim como das condições geológicas locais. Sinais de alta frequência produzem alta resolução com pouca penetração, ocorrendo o inverso para sinais de baixa frequência.

Nos estudos dos solos pode auxiliar no entendimento das distribuições e transições entre os tipos de solos e detectar mudanças abruptas no *solum*, como a presença de duripãs e fragipãs, mudanças texturais e profundidade do nível freático. As informações radargramétrica são também úteis no estudo da gênese e transformações do solo dentro de uma análise integrada (UCHOA et al., 2002). Trata-se de uma técnica de baixo custo e de resposta rápida para uma avaliação dessa natureza.

A condutividade hidráulica (K_0) nos Organossolos varia conforme o grau de decomposição da matéria orgânica do solo. BOELTER (1972) estudando um solo orgânico profundo, com fibras não decompostas, verificou que o dreno aberto exerceu influência sobre o nível freático a uma distância de 50 metros do mesmo.

Segundo FEDATTO (1986), os Organossolos apresentam alta capacidade de retenção de água, que também pode variar conforme o estado de decomposição de suas fibras constituintes, que também afeta outras propriedades deste solo como a densidade, a porosidade total e a

condutividade hidráulica (K_o). Todas estas propriedades, porém, pode apresentar grande amplitude devido ao dinamismo decorrente do contínuo processo de amadurecimento do seu componente orgânico.

PAIVANE (1982) encontrou uma variação de K_o entre $2,0 \times 10^{-6}$ a $1,1 \times 10^{-2} \text{ cm.s}^{-1}$. Entretanto, com a presença de fendas, que são comuns neste substrato, fica praticamente impossível determinar um valor confiante. OTTO (1988) estudando solos orgânicos em Aracruz, Espírito Santo, obteve uma leitura média de K_o de $29,43 \text{ cm.dia}^{-1}$ com furo de trado e de $35,43 \text{ cm.dia}^{-1}$ com o método do piezômetro.

A K_o fornece informação indireta da estrutura e da estabilidade estrutural do solo, como também irá influenciar no cálculo do espaçamento correto entre os drenos. O Quadro 4 mostra os valores de K_o determinados através de métodos de campo.

Quadro 4. Valores de condutividade hidráulica em diferentes solos

Tipo de solo	Condutividade hidráulica (cm h^{-1})
Neossolo Quartzarênico	342,00*
	433,12**
Organossolo	22,83*
	29,23**
Cambissolo	1,87*
	7,16**

* PIRES (1980); ** PRATA FILHO (1982).

Para os solos orgânicos, o valor irá depender do grau de decomposição de suas fibras e da presença de fendas, enquanto que para solos minerais depende se sua composição granulométrica.

Como a distância entre os drenos leva em conta a condutividade hidráulica, entre outras características do solo, diversos autores estabeleceram espaçamentos diversos que podem ser observados no Quadro 5.

Quadro 5. Espaçamento entre os drenos em diferentes classes de solos

Tipo de solo	Espaçamento entre os drenos (m)	Autor(ES)
Organossolo	10-20	SEGEREN e SMITS (1973)
	15-61	BRADY (1989)

	25-60	DAKER (1983)
Arenoso	30-90	BRADY (1989)
	60-100	DAKER (1983)
Argiloso	9-18	BRADY (1989)
	10-15	DAKER (1983)

5. CONCLUSÕES

A água é um bem de domínio público, de uso múltiplo e deve ter seu acesso garantido a todos, desde que não comprometa sua disponibilidade e qualidade, de acordo com os padrões estabelecidos e a prioridade ao abastecimento humano, compatibilizando o desenvolvimento econômico e social com a proteção do meio ambiente.

A princípio, os objetivos do projeto de captação de água do rio Doce aproveitando os canais já existentes na região são sócios e economicamente injustificáveis: no período de estiagem, capta água do rio Doce e leva até as regiões afetadas e no período de cheias, realiza em parte a drenagem. Porém, os proprietários das terras que o canal atravessa alegam ter tido prejuízos decorrentes da diminuição da capacidade de suporte das pastagens e da produtividade do cacau. Tais fatos não são aqui contestados, principalmente pela falta de um acompanhamento temporal/espacial sistemático, entretanto, outros fatores devem ser considerados:

1) Considerando o histórico de drenagem e as classes de solos presentes na área de estudo, os problemas de produtividade referem-se muito mais à degradação ambiental devido ao histórico de uso do que a uma ação mais recente, como, a construção do canal Caboclo Bernardo;

2) A faixa de terras afetada pelo Canal Caboclo Bernardo, detectado por esta pesquisa, corresponde apenas a uma pequena parcela da área total de estudo (aproximadamente 5%), 1.158 ha.

3) A manutenção das comportas não tem sido efetivada;

4) O Ground-Penetrating Radar (GPR) foi eficiente na identificação do nível freático e da textura do solo.

5) No manejo das pastagens faz-se a utilização do fogo como meio de controle de ervas e pragas (mofofô e cigarrinha). O fogo, muitas vezes, torna-se incontrolável, atuando por semanas e promovendo a perda da camada orgânica com graves conseqüências ambientais.

6) Alguns agricultores, com aumento da densidade do solo, diminuição da capacidade de suporte das pastagens e presença de plantas invasoras, utilizam a aração ou gradagem pesada e, com isto, misturam o horizonte subsuperficial argiloso ao horizonte superficial já degradado, intensificando, mais ainda, a degradação do ecossistema como um todo

7) A produtividade do cacauzeiro na região parece estar muito mais relacionada com a precipitação pluvial do que com o Canal Caboclo Bernardo. As lavouras encontram-se distantes deste e o efeito da drenagem do Canal não seria efetivo. Deve-se levar em consideração que há na área canais secundários feitos pelos proprietários. Outro fato relevante é que os talhões apresentam produtividades díspares mesmo estando nas mesmas condições de solo e de outros fatores ambientais

8) As águas do Canal Caboclo Bernardo podem melhorar as condições das águas tiomórficas ($\text{pH} < 3,8$) após a Comporta da Rodovia BR 101 a Regência, especialmente no período seco (abril a setembro).

9) Ocorre mortandade de peixes em decorrência do tiomorfismo;

Em razão das mudanças ocorridas na região, novos estudos devem ser feitos sob um projeto mais amplo, controlado por uma instituição pública uma vez que o fluxo da água não pode ser limitado às fronteiras das propriedades. Torna-se necessário estabelecer um planejamento em longo prazo e um contínuo monitoramento dos recursos naturais na região. Neste intento, deve-se concentrar esforços e evitar iniciativas isoladas. A formação de um comitê com representantes dos diversos setores da sociedade poderia gerenciar os conflitos de uso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, H.A. Influência dos elementos meteorológicos no lançamento foliar e frutificação do cacau (Theobroma cacao L). Piracicaba: ESALQ, USP, 1986; 111p. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia).
- ALVIM, P. de T. 1960. Las necesidades de agua del cacao. Turrialba (Costa Rica) 10(1):6-16.
- ALVIM, P. de T. e R. ALVIM, 1980. Environmental requirements of cação with emphasis on responses to shade and moisture stress. In: International Conference on Cocoa and Coconutus, Kuala Lunpur. Proceedings, Kuala, Lunpur, Incorporated Society of planters, p. 93-111.
- ALVIM, P.T. Cacau. In: ALVIM, P.T; KOSLOWSKI, T.T. (eds.) Ecophysiology of tropical crops. New York: Academic Pres, 1977. p.279-313.
- ALVIM, P.T. Ecophysiology of cacao. In: SYMPOSIUM ON ECOPHYSIOLOGY OF TROPICAL CROPS, 1975, Manus. Symposium...Manaus, Amazonas, 1975. 46p.
- ALVIM, P.T. Relações entre fatores climáticos e produção do cacau. In: International cocoa research conference, 10, 1987, Santo Domingos. Proceedings.. Santo Domingos: Cocoa Producer`s Alliance, 1988. p.159-167.
- ANAYA, M.G. & STOLZY, L.H. Wheat response to different soil water-aeration condition. Soil Science Society of American Proceedings, Madison, 26:485-489, 1972.
- ANDRADE, G.O. Os climas. In: AZEVEDO, A. (Ed). Brasil: a terra e o homem. São Paulo: Nacional, 1964. p.397- 457.
- ANDRIESSE, J. Uso de Solos Orgânicos em Condições Tropicais e Subtropicais aliados ás Possibilidades Brasileiras In: Simpósio sobre Solos Orgânicos. EMBRAPA, Brasília (DF), 1984.

- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL, 1996. Rio de Janeiro: IBGE, 1996. v.56.
- AUGUSTO, S. G. Irrigação complementar nos diferentes estádios fenológicos do cacauero (*Theobroma cacao* L.). Viçosa: UFV, 1997. Tese (Doutoramento em engenharia agrícola).
- BACOCOLI, G. Os deltas marinhos holocênicos brasileiros: uma tentativa de classificação. Boletim Técnico da PETROBRÁS, Rio de Janeiro, v.14, n.1/2, p.5-38, 1971.
- BAEZ, O.L. Herencia de ciertos caracteres de la semilla Del cacao (*Theobroma cacao* L.). Turrialba: Universidade da Costa Rica, 1984. 93p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade da Costa Rica, 1984.
- BALASINHA, D., DANIEL, E.V. A screening method for drought tolerance in cocoa. Current Science, India, v. 57, n.7, p.395, 1988.
- BALASINHA, D., RAJAGOPAL, V., DANIEL, E.V., et al. Comparative drought tolerance of cacao accessions. Tropical Agriculture, Trinidad, v.65, n.3, p.271-274, 1988.
- BARCLAY, A.M. & CRAWFORD, R.M.M. The effect of anaerobiosis on carbohydrates levels in storage tissues of wetlands plants. Annals of Botany, London, 251:255-9, february, 1982.
- BARTA, A.L. Regrowth end alcohol dehydrogenase activity in water logged alfafa and birds foot Anefoil. Agronomy Journal, Madison, 72:1017, November-december, 1980.
- BARUQUI, F.M. Inter-relações solo-pastagens nas regiões da Mata e rio Doce do Estado de Minas Gerais. Viçosa: Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, 1982. 119p.
- BERES JR. M. e HAENI, F. P., 1991. Application of ground - penetrating - radar methods. In: National Working Group for the IGCP Project.
- BOELTER, D.H. Physical properties of peats as related to degree of decomposition. Soil Sci. Soc. Am. Proce., 33:p.606-609. 1969.
- BOELTER, D.H. Walter table drawdown around an open ditch in organic soil. Journal of Hidrology. 15: p.329-340. 1972.
- BOLTON, J.L. & MACKENZIE, R.E. The effect of early spring flooding on certain forage crops. Scientific Agriculture, Ottawa, 26: 99, 1946.
- BRADFORD, K.J. & YANG, J.F. Physiological responses of plants to waterlogging. Hortscience Special Insert, 16:25-30, 1981.
- BRADY, N.C. Natureza e propriedades dos solos. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos. 7ª ed. 878p. 1989.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Pesquisas e Experimentação. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Levantamento exploratório dos

- solos da região sob influência da Cia. Vale do Rio Doce. Rio de Janeiro, 1970.154p. (Boletim Técnico nº13)
- BRINDMAN, R. Ferrollysis, a hydromorphic soil forming process. *Geoderma*, v.3. p.199-206, 1970.
- CADIMA Z. A. & CORAL, F.J. Sistema radicular do cacaueteiro em duas unidades de solos do Estado de São Paulo. *Revista Theobroma*, Itabuna, 2(4):16-22, 1972.
- CADIMA Z., A. Variação da absorção de água do solo pelo cacaueteiro (*Theobroma spp*). Piracicaba: ESALQ, USP, 1977. 68P. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas).
- CAMARGO, M.N.; KLAMT, E & KAUFFMAN, J.H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil. *Campinas, SBCS*, 12:11-33, 1987 (Boletim Informativo).
- CAMPOS, C.E.B. Indicadores de campo para solos hidromórficos do Planalto de Viçosa, Minas Gerais. Viçosa: Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, 199.123p.
- CAMPOS, C.E.B. Indicadores de campo para solos hidromórficos do planalto de Viçosa. Viçosa, MG, UFV, Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas) Universidade Federal de Viçosa. 1999.
- CANNEL, R.Q. Soil Aeration and compaction in relation to root growth and soil management. In: *Applied Biology*. Editado by T.H. cooker. New York, Acroleme Press, 1977. Volume II, cap. 3.
- CARDOSO, I.M. Percepção e uso, por pequenos agricultores, dos ambientes de uma microbacia no município de Ervália – MG. Viçosa: Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, 1993. 195p.
- CAVALCANTI, M.A. Estratificação de ambientes, com ênfase no solo, da região de Icaré-BA. Viçosa: Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, 1994. 73p.
- CHEESMAN, E.E. Notes on nomenclature, classification and possible relationships of cacao populations. *Tropical Agriculture*, Trinidad, v.21, n.8, p.144-159, 1944.
- COE, S.D.; COE, M.D. *The true history of chocolate*. Thames and Hudson, 2000. 280p.
- CORAL, F.J. 1987. Ecofisiologia do cacaueteiro. In CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O. e YAMACA, T., eds. *Ecofisiologia da produção agrícola*. Piracicaba, POTAFOS. p. 231-237.
- CPTEC/INPE. www.cptec.inpe.br. Acessado em 12 de dezembro de 2004.
- CRAWFORD, R.M.M. Alcohol dehydrogenase activity in relation to flooding tolerance of roots. *Journal of Experimental Botany*, 18:458, 1967.

- CRAWFORD, R.M.M. The control of anaerobic respiration as a determining factor in the distribution of genus *Senecio* *Journal of Ecology*, 54: 403, 1966.
- CRAWFORD, R.M.M. Tolerance of anoxia and ethanol metabolism in germinating seeds. *New Phytology*, 79:551-517, 1977.
- CRUCIANI, D.E. & MINAMI, K. Efeitos de inundações periódicas sobre a produção de cana-de-açúcar. *Brasil açucareiro*, 2:57-62, 1981.
- CRUCIANI, D.E. A drenagem na agricultura. São Paulo: Nobel, 1980. 333p.
- CUATRECASAS, J. Cacao and its allies; a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. *Contributions from the United States National Herbarium*, Washington, v.35, n.6, p.379-614, 1964.
- DAKER, A.A. A água na agricultura. Rio de Janeiro: Freitas Bastos. 1983.
- DAVIES, D.D. Anaerobic metabolism and the production of organic acids. In: *The Biochemistry of Plants*, ed D.D. Davies. New York, Academic Press, 1980. Vol. II, p. 581-611.
- DAVIS, J.L. e ANNAN, A.P. Ground penetrating radar for high-resolution mapping of soil and rock stratigraphy. *Geophysical Prospecting*. 37(5):531-551. 1989.
- DECLARAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL. Solução do problema crônico da ocorrência de secas cíclicas na região. Projeto de aumento da disponibilidade hídrica nas várzeas do Rio do Riacho nos municípios de Aracruz e Linhares. Prefeitura Municipal de Aracruz. Aracruz, março/1999. 129p.
- DEFELIPO, B. V., RIBEIRO, A. C. Análise Química do Solo. Viçosa, MG, UFV, 1981, 17p. (Boletim de Extensão 29).
- DENMET-DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normais climatológicas (1961-1990). Brasília: SPI/EMBRAPA, 1992. 84p.
- DREW, M.C. & LYNCH, J.N. Soil anaerobiosis, microorganisms, and root function. *Annual Review of Phytopathology*, California, 18:37-66, 1980.
- DRIESSEN, P. M. Peat Soils. In: *Chemical and Electrochemical changes in rice soils*. International Rice Research Institute, Philippines, 1978, p.763 – 778.
- EL-BELTAGY, A.S. & HALE, M.A. Effect of water stress upon endogenous ethylene levels in *Vicia faba*. *New Phytology*, 73:47-60, 1974.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro nacional de pesquisa de solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa. Produção de informações, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 412p. 1999.

- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.
Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Métodos de Análise de Solos. Brasília, 1997.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.
Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado do Espírito Santo. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro (RJ), 1978(Boletim Técnico 45).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA.
Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 1999. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. IV Reunião de Classificação e Aplicação de Levantamento de Solos. Guia de Excursão de Estudos nos Estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia. Ministério da Agricultura e Abastecimento e da Reforma Agrária (MAARA). Rio de Janeiro, 1994.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento de reconhecimento de solos do estado do Espírito Santo. Boletim 45, Rio de Janeiro. 461p. 1978.
- EMPRESA CAPIXABA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMCAPA). Carta agroclimática do Espírito Santo. Esc. 1:400.000. Vitória, 1986.
- ERNESTO SOBRINHO, F.; RESENDE, M.; MOURA, A.R.B.; SHAUN, N.; REZENDE, S.B. Sistema do pequeno agricultor do Seridó Norte-Riograndense: a terra o homem e o uso. Mossoró, Fundação Guimarães Duque, 1983. 200p. (Coleção Mossoroense, 276).
- FANNING, D.S.; FANNING M.C.B. Soil – Morphology, genesis, and classification. University of Maryland. 394p. 1989.
- FANNING, S.D. & FANNING, Soil Genesis. Morphology and classification. Washington, USA, 1989, p.69-80.
- FEDATTO, E. Problemas de drenagem no manejo de solos turfosos. Viçosa, MG: UFV, 1986. 74p. Tese de mestrado. Universidade Federal de Viçosa, 1986.
- FERNANDES, M.M. Caracterização de solos e uso atual com utilização de aerofotos não-convencionais nas sub-bacias Marengo, Palmital e Silibar – Rio Turvo Sujo, MG. Viçosa: Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, 1996. 107p.
- FISHER, E., MCMECHAN, G. A. e ANNAN, A. P. Acquisition and processing of wideaperture ground-penetrating radar data. Geophysics. 57(3):495-504. 1992.

- FREIRE, E.S., ROMEU, A.P., SILVA, R.E.C., SANTANA, M.B.M.
Aproveitamento dos subprodutos do cacau. In: PINHO, A.F.S., MÜLLER, M.W., SANTANA, M.B.M. Sistema de produção no Recôncavo da Bahia. Ilhéus: CEPLAC/CEPEC, 1992. p.61-74.
- FULTON, J.N. & ERICKSON, A.E. Relation between soil aeration and ethylalcohol accumulation in xylem exudates of tomatces. Soil Science Proceedings, Madison, 28:610-614, 1974.
- GANDOLFO, O.C.B.; SOUZA, L. A.P.; TESSLER, M. G. e RODRIGUES, M. Estratigrafia Rasa da Ilha Comprida (SP): Um Exemplo de Aplicação do GPR. Revista Brasileira de Geofísica, Vol. 19(3), p.251-262. 2001
- GILL, C.J. The flooding tolerance of woody species – a review. Forestry Abstracts, Oxford, 31: 671-688, 1970.
- GLÓRIA, K.S. Metodologias Alternativas para Detecção e Localização de Vazamentos Bol. téc. PETROBRAS, Rio de Janeiro, 45(2): abr./jun., 2002.
- HEINRICHS, D.H. Root zone temperature effects on flooding tolerance of legumes. Canadian Journal of Plant Science, Ottawa, 52:985-900, 1972.
- HOOK, D.D. Adaptations to flooding with fresh water. In: Flooding and plant growth. T.T. Kozlowskied, New York, Academic Press, 1984. Cap. 8, p.265-288.
- HOOK, D.D.; DE BELL, D.S.; MCKEE, W.H. & ASKEW, J.L. Responses of loblolly pine (mesophyte) and swamp tupelo (hydrophute) seedlings to soil flooding and phosphorus. Proceedings of a meeting of the International Union of Forestry Research Organization, London, p.387-394, 1983.
- HOSNER, J.F. & LEAF, A.L. The effect of soil saturation upon the dry wigth, ash content and nutrient absortion of various bottom lond tree seedlings. Soil Scientific Society of American Porceedings, Madison, 26(4):401-404, 1962.
- HUMPHREYS, L.R. Environmental adaptation of tropical posture plants. McNillon, London, 1981, 261p.
- International Stratigraphic Chart, International Union of Geological Sciences: International Commission on Stratigraphy, 2001, published by Micropress - <http://micropress.org/stratigraphy/over.htm>.
- JACKSON, M.B. & DREW, M.C. Efect of flooding on growth and metabolism of herbaceous plants. In: Flooding and plant growth. New York, Academic Press, 1984.
- JACKSON, M.S. & CAMPBELL, D.J. Movement of athylene from roots, e factor in the response of tomate plants to waterlogged soil contitions. New Phytology, Cambridge, 74:387-406, 1975.
- KAWASE, N. Effect of flooding on ethylene concentration in horticultural plants. Jounal of American Society of Horticulture, St. Joseph, 97:558-584, 1974.

- KENNEFICK, P.G. Formatin and elimination of ethanol in sugar beet rocts. Plant Physiology, Maryland, 37:434-439, 1962.
- KHAN, M.N.; PATTERSON, G.R.; MATLICK, B.K. Effect of supplemental water supplied through drip irrigation on cocoa yield at hummingbirg, Hershey, Ltd., Belize, C.A. In: International cocoa research conference, 10, 1987, Santo Domingo, Rep. Dominicana. Proceedings... Santo Domingo: 1987. p.185-191.
- KOZLOWSKI, T.T. & PALLARDY, S.G. Effects of flooding on water, carbohydrate and mineral relations. In: Flooding and plant growth. Kozlowsdi, T.T. editor. New York, Academic Press, 1984, cap. 5, p.165-193.
- KOZLOWSKI, T.T. Extent, cause and Impoents of flooding. In: Flooding and plant growth. Kozlowski, T.T. editor. New York, Academic Press, 1984, cap. 1, p.1-5, 345p.
- KRAMER, P.J. & JACKSON. W.T. Causes of injury to flooding of tobacco plants. Plant Physiology, Maryland, 29:241-245, 1954.
- KRAMER, P.J. Causes of injury to plants resulting from flooding of the soil. Plant Physiology, Maryland, 26:722-736, 1981.
- KRAMER, P.J. Water relation of plants. New York, Academic Press, 1983, cap.6, p.166-179.
- LANI, J.A. Estudo pedológico detalhado e classificação das terras das Fazendas Guayanazes e Santa Lúcia, Linhares – ES. Linhares, ES. 2001. 97p.
- LANI, J.L. Deltas dos Rios Doce e Itapemirim: solos, com ênfase nos tiomórficos, água e impacto ambiental do uso. Viçosa, MG: UFV, 1998. 169p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- LANI, J.L. Estratificação de ambientes na Bacia do rio Itapemirim no Sul do Estado do Espírito Santo. Viçosa: Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, 1987. 114p.
- LEITE, J.O.; VALLE, R.R. Relações entre a precipitação,o lençol freático e a produção de cacau na Bahia. Agrotrópica, Ilhéus, v.12, n.2, p.67-74. 2000.
- LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. dos. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 4ª ed. SBCS/SNLCS. Campinas. 45p.1996.
- LEMOS, R.C. de; SANTOS, R.D. dos. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 4ºed. Campinas, Sociedade Brasileira da Ciência do Solo/SNLCS. 2002. 45p.
- LEPSCH, I.F.; QUAGGIO, J.A.; SAKAI, E.; CAMARGO, O.A. & VALADARES, J.M.AS. Caracterização, Classificação e Manejo Agrícola de Solos Orgânicos do Vale do Ribeira de Iguape, SP. Instituto Agrônômico, Campinas (SP), 1990 (Boletim Técnico 131).

- LETEY, J.; STOLZY, L.H. & BLANK, G.D. Effect of duration and timing of low soil oxygen on shoot and root growth. *Agronomy Journal*, Madison, 54:34, 1962.
- LINDSAY, W. L. Chemical equilibria in soils. John Wiley & Sons, New York, 1979, 449p.
- LINDSAY, W.L. Chemical equilibria in soils. New York: John Wiley, 444p. 1979.
- MACHADO, R.C.R., ALVIM, P.T. Efeito da deficiência hídrica no solo sobre a renovação de folhas, floração e estado de água no cacauzeiro. *Revista Theobroma*, Ilhéus, v. 3, n.11, p. 183-191, 1981.
- MARTIN, L. et. al. Mapa geológico do Quaternário costeiro do estado da Bahia, esc. 1:250.000; texto explicativo. Salvador: Séc. das Minas e Energia. 1980. 57p.
- MELO, A. A. O, CARVALHO FILHO, R., SILVA, L. F. Solos da bacia inferior do Rio Doce. Ilhéus: CEPLAC/CEPEC, 1971.28p. (Boletim técnico, 9).
- MENDELSSOHN, I.A.; McKEE, K.L. & PATRICK JR., W.H. Oxygen deficiency in spartime alterniflora roots: metabolic adaptation to anoxia. *Science*, Washington, 214:439, October, 1981.
- MIRANDA, R.A.C.; MILDE, L.C.E.; BICHARA, A.L. & CORNELL, S. Daily characterization of air temperature and relative humidity profiles in a cocoa plantation. *Pesq. Agropec. Bras.* Brasília, v.29, n.3, p.345-353, 1994.
- MUEHE, D. O Litoral Brasileiro e sua compartimentalização. In: *Geomorfologia do Brasil*. Guerra, A . J. T. & CUNHA, S. B. (organizadores). Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1995, p. 273-339.
- NASCIMENTO, P.C. Gênese dos solos hidromórficos do estado do Espírito Santo, com ênfase na matéria orgânica e no enxofre. Viçosa: UFV. 2004, 165p. (Tese de Doutorado)
- OLIVEIRA, A.M. dos S. E BRITO, S.N.A Geologia de Engenharia. ABGE, SP, p.166, 1998.
- ORCHARD, J.E. The effect of the dry season on the water status of T. Cacao in Ecuador. The effects of prolonged exposure to different light intensities on the photosynthesis of cocoa leaves. In: *International cocoa research conference*, 9, 1984, Lomé, Togo. *Proceedings...* Lomé: 1984.p.103-109.
- OTTO, S.R.L. Estimativa da porosidade drenável em função de propriedades de um solo orgânico. Viçosa, MG: UFV, 1988. 89p. (Tese de mestrado). Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- PASSOS, E. & BIGARELLA, J.J. Superfícies de Erosão In: *Geomorfologia do Brasil* Guerra, A . J. T. & CUNHA, S. B. (organizadores). Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1998, p.107 -141.

- PATRICK, W. H. & REEDY, C.N. Chemical Changes in Rice Soils. In: Chemical and Electrochemical changes in rice soils. Internacional Rice Ressearch Institute ,Phillipines, 1978, p.361-379
- PAVAINE, L.C. Evapotranspiração e produtividade de um feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.cv goiano precode). Piracicaba, 171p. 1985. (Tese de mestrado).
- PEARSON, R.W. Soil environment and root development. In:Plant environment and efficient water use. Pierre, W. H. ed. American Society of Agronomy, Madison, cap. 6, p.95-121, 1965.
- PIAZZA, H.D.; ARAÚJO, M.B.; BANDEIRA JÚNIOR, A.N. Litoestratigrafia do Quaternário do estado do Espírito Santo. Rio de Janeiro: Petrobrás. 1974.
- PIRES, E.T. Informações mínimas para drenagem de várzeas. Belo Horizonte: EMATER-MG, 30p. 1982.
- PIRES, E.T. Redes de fluxo de água e dimensionamento de sistema de drenagem, usando três tipos de solos. Viçosa, MG: UFV, 72p. Universidade Federal de Viçosa, 1980. (Tese de mestrado).
- PONNAMPERUMA, F. N. The chemistry of submerged soils. Advances in Agronomy, New York. p.24-29, 1972.
- PRATA FILHO, D.A. Validade de algumas equações de drenagem para drenos abertos em condições de laboratório. Viçosa, MG: UFV, 1982. 100p. Universidade Federal de Viçosa, 1982.
- PROJETO RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. Projeto Radambrasil. Volume 34 (Folha Rio de Janeiro-Vitória). Fundação Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, Rio De Janeiro, 1983.
- PROJETO RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. Projeto Radambrasil. Volume 34 (Folha SE.24 Rio Doce). Fundação Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, Rio De Janeiro, 1987.
- RADAMBRASIL - PROJETO RADAMBRASIL. Levantamento de recursos naturais – folha SE. 24 rio Doce. Rio de Janeiro: 1987. 548p.
- RAJA HARUN, R.M.; HARDWICK, K. The effects of different temperatures and water vapour pressure deficits ons photosynthesis and transpiration of cocoa leaves. International cocoa research conference, 10, 1987, Santo Domingo, Rep. Dominicana. Proceedings... Santo Domingo: 1987b. p.211-214.
- RANS, E.V. & CONINCK, F. Evaluation of ferrolisis in soil formation. Laboratory of Soil Science, Ghent University. European Journal of Soil Science, December (2002), p513-519. 2002.
- REID, D.M.; CROZIER, A. & HARVEY, B.M.R. The effects of flooding on the expont of Gibberelins from the root to the shott. Planta, Heideberg, 89:376-379, 1969.

- REID, D.M. & CROZIER, A. Effects of waterlogging on the gibberelin content and growth of tomato plants. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, 22:39-48, 1971.
- REID, D.M.; CROZIER, A. BRADFORD, K.J. Effects off flooding on hormone relation. In: *Flooding and plant growth*. New York, Academic Press, 1984, cap.6, p.195-219.
- RELATÓRIO DE PRODUTIVIDADE NA AGROPECUÁRIA. Páginas avulsas. Vitória, 12p. 2001.
- RESENDE, M.; CURI, N.; RESENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. *Pedologia: base para distinção de ambientes*. 4. ed. Viçosa, MG, 2002. 338p.
- REZENDE, S.B.; LANI, J.L.; RESENDE, M.; CERQUEIRA, A.F. e FRANCELINO, M.R. *Diagnóstico e mapeamento de ambientes com ênfase nos solos do delta do rio Doce – ES*. Viçosa: NEPUT/UFV. 2001. 89p.
- RICKARD, D.T. Sedimentary iron sulphide formation. In: Dost H., ed. *Acid sulfate soils*. Vol. I. ILRI, Wageningen, The Netherlands: ILRI. Publ. 18, 1973. p.28-65.
- ROBERTSON-SCHULTZ. *Estudo preliminar do potencial para o desenvolvimento do Vale do Suruaca, Estado do Espírito Santo*. São Paulo, 1973. 29p. (Mimeogr.)
- ROSADO, V.B. *Solos orgânicos no sul do estado do Espírito Santo: indicadores, uso e manejo*. Viçosa: UFV, 2004, 76p. (Tese de Mestrado).
- ROUE, R.N. & BEARDSSELL, D.V. Waterlogging of fruit trees. *Horticultural Abstracts*, East Mailing, 43:533-548, 1973.
- RUMPHO, M.E. DENNEDY, R.A. Anaerobic metabolism in germination seeds of *Echinochloa crus-galli* (Barnyard grass). *Plant Physiology*, Maryland, 68:165-168, 1981.
- RUSCHI, A. *Fitogeografia do Estado do Espírito Santo*. Boletim do Museu de Biologia Prof. "Melo Leitão". Santa Teresa, Série Botânica, v.1, p.1-353, 1950.
- SCERNE, R.M.C. *Estudo agroclimático do cacauzeiro (Theobroma caçãõ L.) em Belém, PA*. Viçosa: UFV, 1988. 64p. Tese (Mestrado em meteorologia agrícola).
- SEGEREN, W.A. e SMITS, H. Drenaje de sedimentos arcilosos marino recien recuperados, de suelos turfosos y de suelos sulfúricos ácidos. In: ULZUR, M.D.D. e CASTILLO, F.E. Coord. *Principios y aplicaciones del drenaje*. 16ª ed. Wageningen, ILRI, v.IV. p.304-343. 1973.
- SENA GOMES, A.R. KOZLOWSKI, T.T. Growth responses and adaptations of *Fraxinus pensylvanica* seedlings to flooding. *Plant Physiology*, Maryland, 66:267-278, 1980.
- SILVA, L.F. da, 1969. Solos bons para cacau. *Cacau Atualidades*, 6(2):28-31.

- SMITH, A.M. REES, T. Pathway of carbohydrate fermentation in the roots of marsh plants. *Planta*, Heidelberg, 176:327-334, 1979.
- SMYTH, A.J., 1966. The selection of soil for cacao. FAO, Rome. FAO soils Bulletin nº 5, 75p.
- Soils. *Adv. Agronomy*, New York, 17:115-162, 1965.
- SOJKA, R.E.; SOJKA, I.H.; & KAUFMAN M.R. Weat drowth related to rhizosphere temperature and oxygen level. *Agronomy Journal*, Madison, 67:591-596, 1975.
- STEPHEN, C.G. Soil surveys for land development. Rome: FAO, 1956. 110p.
- STOOPS, G.; ESWARAN, H. Micromorfogy in wetland soil. Wethand soil, characterization, classification and utilization. International Rice Research Institute. Lar Danas. Laguna. Philippines. 1985.
- Sulfate Soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 39:1142-1148, 1975.
- UCHOA, J.M.; BOTELHO, M.A.; VILAS BOAS, G.S.; RIBEIRO, L.P. e SANTANA, P.S. Uso do Radar Penetrante no Solo (GPR) na investigação dos solos dos tabuleiros costeiros no litoral norte do estado da Bahia. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:373-380, 2002.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, UFV. Levantamento exploratório, com intensidade, de solos do Centro-Oeste do Estado do Pará. Viçosa - MG, UFV, 153p, 1984.
- VAN BREEMEN, N. & HASRMSSEN, M. Translocation of iron in Acid Sulfate Soils: I. Soil Morfology and Chemistry and Mineralogy in a Chronossequence of Acid Sulfate Soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 39:1142-1148, 1975.
- VAN BREEMEN, N. & PONS, L. J. Acid Sulfate Soils and Rice. In: *Chemical and Eletrochemical Changes in Rice Soils*. International Rice Ressearch Institute ,Phillipines, 1978, p.739-759.
- VAN BREEMEN, N. & PONS, L.J. Acid Sulfate Soils and Rice. In: *Chemical and electrochemical changes in rice soils*. International Rice Ressearch Institute, Phillipines, 1978, p.739-759.
- VAN BREEMEN, N.; BUBURMAN, P. *Soil Formation*. Kluwer Acad. Pub. Dordrecht. 377p. 1998.
- VARADE, S.B.; STOLZY, L.H. 7 CENTRY, J. Influence of temperature, light intersity and aeration on growth and root parasity of wheat, *triticum sativum*. *Agronomy Journal*, Madison, 62:505-7, 1970.
- WILLIAMSON, R.E. & SPLINTER, W.E. Effect of light intensity, temperature and root gaseuous environment on growth of *Nicotiana tabacum L.*, *Agronomy Journal*, Madison, 61:258-8, 1969.

WILLIAMSON, R.V. & KRIZ, G.J. Response of agricultural crops to flooding depth of water table and soil gaseous composition. Transactions of the ASAE, New York, 13 (2):216-220, 1970.

YOMANS, J.C., BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Communications In: Soil Science and Plant Analysis, n.13, 19:1467-1476, 1988.

ANEXOS

Anexo 01. Localização dos perfis coletados no campo. Margem sul do delta do rio doce

Perfil	Coordenadas UTM	Localização, município, estado	Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil	Uso atual	Vegetação primária
1	24K 403014 7844153	Rodovia ES-101 Linhares-Aracruz, estrada sentido Regência. Entrada para Fazenda Maria Bonita no km 13, segue-se rumo Fazenda Goianazes. Após as sete casas. antes da mata brocada de cacau da beira do rio, pastagem à esquerda da estrada. Município de Linhares, Espírito Santo.	A pastagem está antes do Canal Caboclo Bernardo. A área se encontra em cota altimétrica aproximadamente 1 m menor que a da mata de cacau ao lado, a qual se encontra na beira do rio.	Pastagem de capim angola em boas condições.	Campos de várzea
2	24K 404293 7842973	Rodovia ES-101 Linhares-Aracruz, estrada sentido Regência. Entrada para Fazenda Maria Bonita no km 13, segue-se rumo Fazenda Goianazes. Nesta, seguindo a estrada paralela ao rio Doce, logo após o canal de chamada do Caboclo Bernardo, mata brocada de cacau, lote de extrema direita. Município de Linhares, Espírito Santo.	O perfil está na mata brocada de cacau, talhão localizado entre o canal Caboclo Bernardo e o rio Doce.	Cacauau implantado no sub-bosque da mata primária de forma descontínua e circundada por vegetação natural (sistema Cacau-Cabruca).	Floresta perenifólia de várzea
3	24K 403370 7842820	Rodovia ES-101 Linhares-Aracruz, estrada sentido Regência. Entrada para Fazenda Maria Bonita no km 13, segue-se rumo Fazenda Goianazes. Seguindo estrada paralela ao rio Doce, pegar entrada à direita e seguir pela margem esquerda do canal de chamada do Caboclo Bernardo, até pastagem que está logo após a primeira ponte de cimento. Município de Linhares, Espírito Santo.	Pastagem próxima ao canal Caboclo Bernardo.	Pastagem de capim angola morta em grandes reboleiras.	Campo de várzea
4	24K 403043 7842164	Rodovia ES-101 Linhares-Aracruz, estrada sentido Regência. Entrada para Fazenda Maria Bonita no km 13, segue-se rumo Fazenda Goianazes. Seguindo estrada paralela ao rio Doce, pegar entrada à direita e seguir estrada da margem esquerda do canal de chamada do Caboclo Bernardo, que logo à frente atravessa a pastagem retorna ao canal passando sobre a primeira comporta. Seguir o canal pela margem, pastagem da manga 19. Município de Linhares, Espírito Santo.	Perfil próximo ao canal, pastagem e solo visualmente menos degradados que nas outras mangas.	Pastagem.	Campo de várzea

Continua...

Anexo 01. Cont.,

Perfil	Coordenadas UTM	Localização, município, estado	Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil	Uso atual	Vegetação primária
5	24K 395528 7843811	Rodovia ES-101 Linhares-Aracruz, estrada sentido Regência. Em frente à entrada para Fazenda Maria Bonita, no km 13, pastagem do lado direito da estrada principal. Município de Linhares, ES.	Perfil localizado no antigo leito do rio.	Pastagem	Floresta tropical subperenifólia
6	24K 402114 7831263	Localização: Margem oeste do paleocanal do rio Doce, do lado esquerdo da estrada de acesso à Regência, na Fazenda Santa Lúcia. Município de Linhares, ES.	Trincheira aberta em topo de antigo terraço plano do rio Doce sob pastagem de braquiara.	Pastagem	Floresta tropical subperenifólia
7	24K 7829169 402347	Rodovia Vila do Riacho/Regência. Faz. Pontal do Papagaio. Município de Aracruz, ES.	Amostra tradada	Pastagem	Campos de várzea
8	24K 402285 7828099	Localização: Reserva legal da Fazenda Pontal do Papagaio, município de Aracruz, ES.	Perfil descrito e coletado em mini-trincheira aberta em topo de terraço plano sob floresta fechada.	Reserva legal. Bem preservada	Floresta tropical subperenifólia de restinga
9	24K 402114 7831263	Estrada de acesso Vila do Riacho/ Regência, próximo à fazenda Santa Lúcia. Ponte sobre o canal Caboclo Bernardo, lado esquerdo da estrada, margem oeste do canal. Município de Linhares, ES.	Perfil a margem de canal de drenagem.	Pastagem	Floresta tropical subperenifólia
10	24K 401216 7835471	Margem leste da estrada para Regência, aproximadamente a 2,2 km em estrada secundária. Município de Linhares, ES.	Descrito em mini-trincheira em área plana sob pastagem.	Pastagem	Floresta tropical subperenifólia
11	24K 400206 7829060	Estrada Regência-Linhares, Fazenda Santa Lúcia, próximo do curral. Município de Linhares, ES.		Pastagem	Floresta perenifólia de várzea
12		Rodovia ES-101 Linhares-Aracruz, estrada sentido Regência. Município de Linhares, ES.	Trincheira aberta em topo de antigo leito do rio Doce sob pastagem de braquiara. Estava arado.	Pastagem	Floresta tropical subperenifólia



Anexo 02. Delta do rio Doce há nele um grande potencial para o eco-turismo. Parte dessa área deveria ser institucionalizada como Área de Preservação Permanente (APA).

Anexo 03. Principais problemas, explicação sucinta e sugestões

Questionamento	Explicação	Sugestão
1 Queda da produtividade das pastagens	Este fenômeno é real e há informações de que a produtividade das pastagens tem declinado de 5 UA ha ⁻¹ (Fazenda do Sol) para a média 1,5 a 2,0 UA ha ⁻¹ . Este fato não é somente em decorrência do Canal Caboclo Bernardo, mas iniciou-se desde o projeto implantado pelo DNOS em 1968 quando iniciou a drenagem da área sem um estudo mais sistemático do solo e do manejo do nível freático. Outro fato que corrobora com esta situação, é que na ânsia de aumentar a área de pastagens os drenos têm cada vez mais se expandido inclusive atingido até as lagoas. Deve-se salientar que mesmo na área de influência do Canal Caboclo Bernardo os proprietários têm aberto canais secundários que auxiliam na drenagem da água. Outro ponto importante é a necessidade de um estudo mais detalhado, pois o “Canal” tem a sua área de influência na drenagem que pode ser influenciada por inúmeros fatores: declividade do mesmo, textura do solo etc.	Nesta região necessita ser implantado um projeto de manejo do nível freático onde os proprietários necessitam estarem conscientes da vulnerabilidade dos Organossolos e Gleissolos à degradação. Não havendo consenso, é preciso fazer uma intervenção do poder público. A drenagem descontrolada e individualizada é altamente prejudicial a todos e em especial ao meio ambiente.
2 Queda da produtividade das lavouras de cacau	Esta afirmativa não encontra respaldo técnico na região. Foram avaliados os plantios e a maioria dos mesmos encontra-se longe da influência direta do Canal, dando maior suporte a esta afirmação, verificou-se que a produtividade dos talhões é variável. Há talhões altamente produtivos ao lado de outros com baixíssimas produtividades. Isto demonstra que outras causas como o manejo, idade da lavoura, variação do solo local podem estar sendo mais importante do que suposta drenagem excessiva.	Solicitar a planta dos talhões de cacau e a produtividade de cada talhão.
3 Comportas	Realmente há uma reclamação dos proprietários que as mesmas não foram implantadas e em especial o seu uso adequado. A exceção das comportas principais (tomada d’água, ponte da travessia da estrada municipal Bebedouro-Regência e a barragem móvel), todas as comportas secundárias estão abandonadas (vide capítulo específico). O uso adequado das mesmas seria uma solução para o período das chuvas (escoamento das águas) e o período das secas (represamento e elevação do nível freático). Este uso deve ocasionar reclamações diversas, pois como são vários proprietários ao longo do Canal, os interesses são diversos.	Reunião com os proprietários e estabelecer um projeto de manejo do nível freático e a manutenção das comportas.
4 Secas periódicas	Com a queda na precipitação e a manutenção de canais de drenagem, a saída de água do lençol é facilitada. Em períodos de seca prolongada, no qual o nível freático se encontra abaixo do nível do espelho d’água do canal, este último pode abastecer o aquífero, aumentando seu nível.	Reunião com os proprietários e estabelecer um projeto de manejo do nível freático e a reconstrução das comportas.
5 Subsistência da turfa ou queima direta	Há evidências da queima da turfa diretamente pelo fogo o que leva a diminuição da camada orgânica e com isto a queda da produtividade das pastagens pela aproximação do horizonte C. Este é física e quimicamente pior. Logo, a mineralização da camada orgânica (turfa) não só ocorre pela drenagem, mas também pela combustão direta.	
6 Mofofô	A presença do coleóptero (besouro) <i>Eutheola humilis</i> é grande e um fato que deve aumentar com o passar do tempo. É um inseto que vive da matéria orgânica e com a drenagem excessiva, queima da camada orgânica, o mesmo tem atacado o sistema radicular da braquiária, eliminando-a por completo. O uso do fogo como controle só irá agravar a situação.	Orientação aos proprietários para o manejo correto do solo. Palestras para os proprietários e elaboração de cartilhas ou folders sobre o como manejar os Organossolos.
7 Período chuvoso	No período chuvoso, como foi o caso desse ano (2004), vê-se o benefício do canal. Praticamente toda a área dos Organossolos estava inundada. Isto trás alguns ensinamentos. O Canal neste caso atua beneficiando os pecuaristas.	

Anexo 04. Sugestões e considerações finais

É preciso decidir hoje o que queremos que o ambiente do delta do rio Doce no futuro.

Como há interesses diversos, é preciso estabelecer uma espécie de conselho ou comitê para nortear as ações e também para definir os objetivos conflitantes entre os proprietários das terras baixas e altas e procurar manejar e usar o solo de acordo com a especificidade de cada um.

É preciso procurar algumas alternativas econômicas ao modelo atual de drenagem descontrolada e ao uso das pastagens: drenagem descontrolada → plantio de braquiária → gado → declínio das pastagens.

Sabe-se que um século de drenagem provocou uma verdadeira catástrofe nos alagados da Florida, chamados “Everglades”. Este mesmo fenômeno tem ocorrido em poucas décadas na maior área de pântano do sudeste do Brasil na região do delta do rio Doce.

Um trabalho de conscientização e de esclarecimento deve ser feito. A percepção ambiental, a identificação dos diferentes ambientes, suas potencialidades e limitações precisam ser melhor conhecidas e divulgadas. Além disso, como são ambientes frágeis, com baixa resiliência (capacidade de retornar ao estado anterior quando cessa o estresse) qualquer ação deve ser bem consciente pois as conseqüências podem ser graves, se as mesmas não tiverem um respaldo técnico.

O manejo adequado das águas pela manutenção do nível freático alto na tentativa de preservar ao máximo a camada orgânica deve ser o objetivo de todos que atuam na região para o prolongamento da alta produtividade desses ambientes.

A região do delta do rio Doce apresenta alto potencial para o ecoturismo, onde se destacam os seguintes pontos (Anexo 02):

- É a maior área de pântano contínua do Sudeste brasileiro (mini-pantanal do Sudeste);
- Inúmeras praias ainda sem serem exploradas ou pouco conhecidas como a de Uruçuquara, Barra Nova, Barra Seca, Degredo e outras;
- Praia de nudismo (próximo a foz do rio Barra Seca);
- Canoagem do rio Doce;

- Reserva Biológica de Sooretama;
- Reserva Biológica de Linhares;
- Projeto Tamar – tartarugas marinhas;
- Tribos indígenas;
- Presença de sambaquis;
- Fazendas típicas de cacau (processo de obtenção das amêndoas do cacau, culinária típica e árvores centenárias como o jequitibá, angelim-pedra, perobas, etc.);
- Campos de extração de petróleo;
- Inúmeras lagoas com destaque para a Lagoa Juparanã e Aguiar;
- Fábrica de celulose da Aracruz (Aracruz Celulose S.A).

Deve-se, no entanto, gerenciar adequadamente a atividade turística pois se feita de maneira descontrolada pode acarretar efeitos tão desastrosos quanto o do modelo atual.

A vida nos alagados é regida pelas águas e qualquer alteração no ritmo natural pode ter conseqüências desastrosas como já se percebe em boa parte do delta do rio Doce onde extensas áreas de turfas já se tornaram terras inaproveitáveis, e não recuperáveis ecologicamente em longo prazo.

A causa da degradação iniciou-se com o DNOS em 1974 com a drenagem da área sem completar o planejado que seria a instalação de comportas para controlar o nível d'água. Como a maioria dos investimentos públicos, este não foi concluído e a associação desta situação mais a cultura dos fazendeiros em tentar ampliar as suas terras provocaram uma drenagem excessiva sem levar em consideração as condições de solo, das águas e do meio ambiente. Era o retirar da água pela sua simples retirada, ela era um estorvo, uma inimiga. Ainda há tempo, as áreas mais deprimidas onde ainda existem turfas precisam ser preservadas. As comportas precisam ser instaladas e restauradas ou mesmo práticas simples como o uso de sacos de areia para controlar o nível freático.

Diante dessa situação são levantados os principais pontos que merecem uma reflexão sobre o uso dos solos nesta região.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)