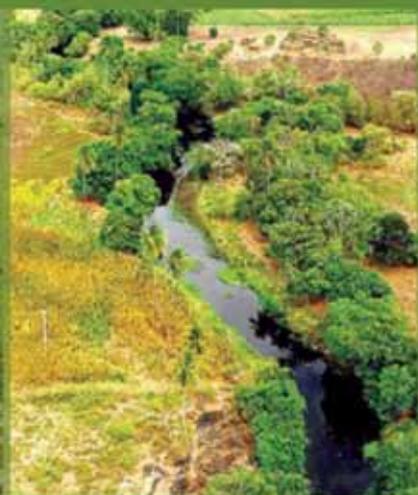




GOVERNO DO  
ESTADO DO CEARÁ  
*Secretaria dos Recursos Hídricos*

## Barragens Sucessivas de Contenção de Sedimentos e seus Impactos Hidroambientais na Microbacia do Rio Cangati, Canindé-CE

Volume 5



**BARRAGENS SUCESSIVAS DE CONTENÇÃO DE  
SEDIMENTOS E SEUS IMPACTOS HIDROAMBIENTAIS  
NA MICROBACIA DO RIO CANGATI, CANINDÉ-CE**

## ***Série: Tecnologias e Práticas Hidroambientais para Convivência com o Semiárido***

*Volume 1 - Bacias Hidrográficas: Aspectos Conceituais, Uso, Manejo e Planejamento*

*Volume 2 - Práticas Inovadoras de Controle Edáfico e Hidroambiental para o Semiárido do Ceará*

*Volume 2 - Innovative Edaphic and Hydroenvironmental Control Practices for Ceará Semiarid Region*

*Volume 3 - Avaliação Geoambiental de Práticas Conservacionistas Implantadas na Microbacia do Rio Cangati, Canindé-CE*

*Volume 3 - Geoenvironmental Evaluation of Conservational Practices Implemented in Cangati River Microbasin, Canindé - CE*

*Volume 4 - Manual Técnico-Operacional do Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental do Ceará (PRODHAM)*

*Volume 5 - Barragens Sucessivas de Contenção de Sedimentos e seus Impactos Hidroambientais na Microbacia do Rio Cangati, Canindé-CE*

*Volume 6 - Avaliação Socioeconômica dos Resultados e Impactos do Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental do Ceará (PRODHAM) e Sugestões de Políticas*

*Volume 6 - Socioeconomic Evaluation of Results and Impacts of Ceará Hydroenvironmental Development Project and Suggested Policies*



**GOVERNO DO  
ESTADO DO CEARÁ**  
*Secretaria dos Recursos Hídricos*

## **BARRAGENS SUCESSIVAS DE CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS E SEUS IMPACTOS HIDROAMBIENTAIS NA MICROBACIA DO RIO CANGATI, CANINDÉ-CE**

**Socorro Liduina Carvalho Costa**

Obra editada no âmbito do PRODHAM – Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental da Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará, integrante do PROGERIRH -Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará, apoiado pelo Banco Mundial por meio do Acordo de Empréstimo 4531-BR/BIRD.

**Fortaleza  
Secretaria dos Recursos Hídricos  
2010**



**Governo do Estado do Ceará**

Cid Ferreira Gomes

*Governador*

**Secretário dos Recursos Hídricos - SRH**

César Augusto Pinheiro

**Superintendente da SOHIDRA**

Leão Humberto Montezuma Filho

**Presidente do COGERH**

Francisco José Coelho Teixeira

**Secretários dos Recursos Hídricos – 1999-2009**

Hypérides Pereira de Macêdo

Edinaldo Ximenes Rodrigues

César Augusto Pinheiro

**Coordenadores do PRODHAM – 1999-2009**

João Bosco de Oliveira

Ricardo Lima de Medeiros Marques

Antônio José Câmara Fernandes

Joaquim Favela Neto

© 2010, publicado pela Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará

Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei nº 9.610, de 19/02/1998.  
Nenhuma parte deste livro, sem autorização prévia por escrito da editora, poderá ser reproduzida ou transmitida sejam quais forem os meios empregados: eletrônicos, mecânicos, fotográficos, gravação ou quaisquer outros.

**Coordenação editorial:** Francisco Mavignier Cavalcante França

**Revisão vernacular:** Floriano Lopes de Jordão

**Normalização bibliográfica:** Paula Pinheiro da Nóbrega

**Capa:** Simone Ferla

**Projeto Gráfico e Editoração:** Simone Ferla

**Arte Finalização:** Bruno Pereira França

Depósito legal junto à Biblioteca Nacional, conforme Decreto nº 1.823, de 20/12/1907.

**Copyright © by Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará**

### Ficha Catalográfica

---

C387e Ceará. Secretaria dos Recursos Hídricos.

Barragens sucessivas de contenção de sedimentos e seus impactos hidroambientais na microbacia do rio Cangati, Canindé-CE / Socorro Liduína Carvalho Costa. – Fortaleza: Secretaria dos Recursos Hídricos, 2010.  
122 p.

1. Agricultura de Subsistência. 2. Microbarramentos. 3. Semiárido. I. Costa, Socorro Liduína Carvalho. II. Título.

ISBN 978-85-63821-02-7

CDD: 630

---

Impresso no Brasil/Printed in Brazil

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

Centro Administrativo. Governador Virgílio Távora

Av. General Afonso Albuquerque Lima, S/N, Edifício SEINFRA/SRH

Bairro Cambéba, CEP 60.822-325, Fortaleza/CE

Fone: (85) 3101.4012 | (85) 3101.3994 - Fax: (85) 3101.4049

## **APRESENTAÇÃO**

A presente obra surge como uma contribuição significativa no estudo dos aspectos hidrossedimentológico e socioeconômico da microbacia do rio Cangati e serve como referência para o desenvolvimento de técnicas de mitigação e proteção de processos dinâmicos comuns no semiárido nordestino. A vegetação caducifólia, típica do sertão, não oferece resistência às chuvas erosivas no início da quadra invernososa, erodindo sedimentos e horizontes superficiais férteis dos solos, conduzindo ao assoreamento de canais fluviais e reservatórios hídricos e provocando grande degradação ambiental.

Concebida dentro da filosofia do PRODHAM, a dissertação de mestrado de Socorro Liduina Carvalho Costa descreve os processos erosivos em região semiárida do município de Canindé, destacando os efeitos positivos dos microbarramentos construídos no riacho Bananeiras para a atividade agrícola local.

Poucas obras, geradas no âmbito das universidades, saem das prateleiras e permeiam a sociedade. Não é o caso da obra de Socorro Liduina, cujos relatos e resultados sugerem soluções práticas e levam a uma reflexão sobre as ações e obras voltadas ao combate à desertificação no semiárido nordestino, sujeito a chuvas erosivas e longos períodos de estiagem e ao melhor aproveitamento dos solos para a agricultura de subsistência.

**César Ulisses Vieira Veríssimo**  
**Prof. Dr. da Universidade Federal do Ceará**

## PREFÁCIO

Este prefácio tem o objetivo de orientar o leitor a visualizar o contexto, a experiência documentada e a importância desta obra, para o conhecimento da vertente hidroambiental do semiárido nordestino. São apresentados os pontos-chave da obra e um breve comparativo dos resultados encontrados com outros estudos similares e, por fim, são feitas as conclusões e recomendações, para efeito de replicação e de subsídios à elaboração de políticas de desenvolvimento do semiárido.

Antes de entrar no âmago da obra prefaciada, é feita uma descrição do Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental (PRODHAM) do Governo do Estado do Ceará, no qual os resultados aqui analisados se inserem.

O Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental (PRODHAM), iniciado em 1999 e finalizado em 2009, tem como uma das suas mais importantes características a inovação tecnológica no domínio hidroambiental de uma microbacia hidrográfica, a participação efetiva das populações envolvidas e a assimilação de novas formas de metodologia, que permitam a essas populações se sentirem plenamente coautoras do processo de recuperação ambiental e socioeconômica.

O objetivo principal do Projeto é a criação de condições hidroambientais favoráveis à recuperação de microbacias hidrográficas, por intermédio da interrupção do processo de esgotamento dos recursos naturais e da degradação da caatinga. Assim, as ações do PRODHAM contribuíram para a redução dos processos de erosão, para a acumulação natural de umidade e de sedimentos, para a produção/autorreprodução de nutrientes, além de proporcionar a experimentação de processos tecnológicos e de gerenciamento dos recursos naturais, permitindo a preparação das microbacias e seus respectivos biomas e sistemas de produção para resistir aos longos períodos de estiagem.

As áreas em que o PRODHAM atuou foram selecionadas com base num diagnóstico participativo realizado em 1999, sendo que as quatro áreas selecionadas foram as microbacias hidrográficas dos rios Cangati, em Canindé; Batoque, em Paramoti; Pesqueiro, em Aratuba e Salgado/Oiticica, nos municípios de Pacoti e Palmácia.

Para os objetivos deste prefácio, as práticas hidroambientais do PRODHAM de maior interesse são: as barragens sucessivas de contenção de sedimentos, as barragens subterrâneas e os cordões de pedra em contorno. O barramento com pedras introduziu uma cultura de ecodesenvolvimento, priorizando o aproveitamento e conservação dos fatores e recursos naturais e ambientais, especialmente os de solo, água e vegetação.

As barragens sucessivas têm suas raízes e consolidação em experiências efetuadas no Projeto Base Zero (1997), Fazenda Caroá - Afogados da Ingazeira - PE. As barragens subterrâneas, por sua vez, foram implementadas nos cursos d'água, em locais em que exista a formação de faixa aluvial, de modo a permitir uma maior disponibilidade hídrica durante os meses secos. Essas obras, além de proporcionarem maior retenção de água no subsolo, permitem maior suprimento hídrico para a construção de cacimbão nas proximidades das áreas de influência das barragens construídas.

Os cordões de pedra em contorno constituem-se uma prática importante para os solos rasos, com a presença de pedras distribuídas na superfície, muito comum em áreas cultivadas da região semiárida do Estado do Ceará. Essa prática edáfica é construída segundo a "linha de nível", estabelecida sobre a superfície do terreno, objetivando a retenção do solo removido pelo processo erosivo, diminuindo as perdas de macro e micronutrientes e matéria orgânica, a partir da movimentação de partículas do solo.

Até o final de 2009, o PRODHAM havia implantado, nas quatro microbacias selecionadas, para servirem de pilotos do Projeto, 2.879 barragens

sucessivas de contenção de sedimentos (microbarramentos), 470 barragens subterrâneas e 68 km de cordões de pedras.

Nesse contexto, em que o estudo de Socorro Liduina Carvalho Costa se insere, procede-se com os comentários sobre os resultados obtidos e a importância da obra, para validação do PRODHAM e para subsidiar políticas públicas voltadas para o semiárido.

A obra em epígrafe é uma dissertação do Curso de Mestrado em Geologia da Universidade Federal do Ceará, defendida em 2004. Seu objetivo principal foi quantificar e qualificar os sedimentos retidos em barragens de contenção, construídas pelo PRODHAM no riacho Bananeiras, microbacia do rio Cangati, localizado no município de Canindé. As barragens, objeto de análise desta obra, foram monitoradas por dois anos, após a sua construção.

Os resultados dos estudos hidrossedimentológicos, realizados nos microbarramentos situados no leito do riacho Bananeiras, possibilitaram avaliar a contenção dos sedimentos, mensurar o volume e a massa, caracterizar a natureza química e física destes sedimentos, como também estimar a erosividade e entender como se processa a acumulação e a deposição dos sedimentos na área em estudo.

Em amostra dos sedimentos acumulados por camadas, foram realizadas análises morfológicas, físicas e químicas. O fator de erosividade para a área foi calculado com o objetivo de identificar os meses de maior precipitação e potencial erosivo, responsáveis pelo maior transporte e deposição dos sedimentos à montante das barragens sucessivas.

Dentre os resultados encontrados, as análises realizadas permitiram concluir que os sedimentos acumulados no período monitorado possuem maior capacidade de água útil e teores adequados de matéria orgânica (>13g/kg). Os teores de micronutrientes foram considerados altos para os períodos úmidos e de boa fertilidade.

O volume de sedimentos retidos pelos microbarramentos é expressivo. Tomando como referência a barragem BA03, foi acumulado um volume de 3,249 m<sup>3</sup>, no período de janeiro a junho de 2002, em uma área de aproximadamente 24 m<sup>2</sup>. A Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME), por sua vez, repetiu esse experimento em 2007 e 2008, obtendo valores médios para oito barragens de 8,37 m<sup>3</sup> para uma área média de 45,6 m<sup>2</sup>. A proximidade dos números e a consistência dos resultados fortalecem a importância e a necessidade de replicação dessa prática hidroambiental em toda região semiárida.

A dimensão socioeconômica mostrou-se satisfatória, visto que foi possível iniciar a recuperação em áreas degradadas e, conseqüentemente, melhorar o solo. Os resultados encontrados indicam um incremento na prática de agricultura de subsistência (feijão, milho, arroz), o ressurgimento da flora e da fauna nas áreas de influência das barragens, a fixação do nitrogênio no solo e a atração de aves, que agilizarão a disseminação de sementes, como também a diminuição da erosão/assoreamento dos açudes à jusante das barragens sucessivas.

Conclui-se, portanto, que as barragens sucessivas de contenção de sedimentos contribuíram efetivamente para a melhoria das condições geoambientais e humanas da microbacia do rio Cangati, podendo, referida experiência, ser extrapolada para outras microbacias hidrográficas do semiárido. Destaca-se, também, como objetivo finalístico a participação da comunidade local na construção e na utilização da infraestrutura hidroambiental, estratégia que fomentou o empoderamento das comunidades locais.

Com base nos resultados apresentados nesta obra e no Relatório de Monitoramento Biofísico em Área Piloto na Microbacia do Rio Cangati-Canindé-Ce, elaborado pela FUNCEME, concluí-se que:

O acúmulo de sedimentos nas barragens sucessivas, construídas no riacho Bananeiras, após a quadra chuvosa, minimizou os impactos dos processos erosivos, promovendo a recomposição do solo e da vegetação nas áreas trabalhadas.

Com relação à qualidade da água retida nos coletores instalados nas barragens sucessivas, conclui-se, pelos estudos, que as mesmas não apresentam risco direto de causar problemas de salinidade ao solo.

O acúmulo de sedimentos, além de minimizar os efeitos negativos do processo erosivo, promoveu uma melhoria das características químicas e físicas dos solos e uma maior disponibilidade de água com baixa condutividade elétrica, o que propicia a ocorrência de solos não salinos e o desenvolvimento de condições favoráveis ao cultivo de diversos tipos de culturas agrícolas.

Foi registrado um repovoamento da vegetação natural, ao longo das margens dos riachos, e um aumento das camadas de solos, com melhor potencial de fertilidade, pelo acúmulo de sedimentos ricos em matéria orgânica.

Apesar dos registros florísticos, feitos durante a realização dos estudos, indicarem que a maior parte das espécies listadas seja típica da caatinga, a presença de espécies exóticas, e até mesmo invasoras, apontam para a ocorrência da ação humana e degradação ambiental na microbacia.

A construção das barragens sucessivas, ao longo dos riachos da região, está ocasionando uma intensa retenção de sedimentos, criando uma área propícia ao crescimento de várias plantas herbáceas e algumas espécies lenhosas pioneiras sobre os sedimentos.

Com base nas espécies identificadas sobre os sedimentos, durante o estudo, pode-se concluir que está ocorrendo um processo de recuperação ambiental na região da microbacia. Com efeito, as espécies herbáceas e

lenhosas (de porte arbóreo) encontradas sobre os sedimentos são espécies pioneiras, típicas da sucessão secundária, e, portanto, indicadoras de processos de (re)colonização ou recuperação ambiental.

- Com relação à fisionomia da vegetação, apesar de classificada como Savana Estépica Arborizada, o predomínio de indivíduos com troncos finos (jovens) e a análise do estrato subarbustivo sugerem que a mesma encontra-se em regeneração, de modo que no futuro provavelmente assumirá uma fisionomia de Savana Estépica Florestada.
- O início tardio do monitoramento da vegetação, a inexistência de dados fenológicos e de cobertura vegetal anteriores à implantação das ações do PRODHAM e a inexistência de um grupo controle, para cada parcela analisada, inviabilizaram inferências a respeito dos possíveis efeitos destas ações sobre qualquer aspecto fenológico das comunidades afetadas, ou sobre qualquer aumento ou redução na cobertura vegetal nas parcelas estudadas.

**Francisco Mavignier Cavalcante França**  
**Economista Rural**



## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela vida, força e poder de lutar quando pensei em desistir.

A minha mãe, meu filho e meu irmão, pelo que representam para mim.

Ao Professor César Veríssimo, pela sabedoria, conhecimento e determinação de avançar no novo.

Ao Professor Fernando Hernandez, pelas contribuições valiosas para execução deste trabalho.

Ao Professor Boanerges Freire de Aquino, representando o Centro de Ciências do Solo – Universidade Federal do Ceará (UFC).

A minha amiga e irmã Anna Paula, pelo apoio e incentivo nos momentos certos.

Ao amigo Luiz Correia, pela colaboração e conhecimento que enriqueceram esta dissertação.

Aos professores, funcionários e alunos do Mestrado de Geologia do Centro de Ciências da UFC.

Ao Engenheiro João Bosco de Oliveira, pelo conhecimento repassado na área agrônômica.

À Dra. Mércia Cristina, pela amizade e compreensão nas ausências de trabalho.

Aos amigos da Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA), Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH) E FUNCEME, pelo apoio nesta pesquisa.

A todos aqueles que, de maneira direta e indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.



# SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b>	<b>7</b>
<b>PREFÁCIO</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE MAPAS</b>	<b>19</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>19</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b>	<b>19</b>
<b>LISTA DE PRANCHAS</b>	<b>20</b>
<b>LISTA DE QUADROS</b>	<b>21</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>21</b>
<b>1- INTRODUÇÃO</b>	<b>24</b>
1.1-Apresentação	24
1.2-Justificativa	25
1.3-Objetivo Geral	25
1.4-Objetivos Específicos	25
1.5-Localização da Área Estudada	26
1.6-Características Fisiográficas e Socioeconômicas do Município de Canindé	26
<b>2-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>30</b>
2.1-Concepções Hidrossedimentológicas	30
2.1.1-Erosão e conservação de solos	30
<b>3-METODOLOGIA DE TRABALHO</b>	<b>40</b>
3.1-Seleção e Construção da Área para o Experimento	40
3.2-Estimativa da Massa de Sedimentos Retidos nos Microbarramentos	42
3.3-Trabalho de Campo	43
3.4-Trabalho de Laboratório	43
3.4.1-Análises físicas e químicas	43
3.5-Estimativa da Erosividade	45

<b>4-CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL</b>	<b>50</b>
4.1-Caracterização Ambiental	50
4.1.1-Contexto geológico	50
4.1.1.1-Rochas plutônicas de posicionamento duvidoso	51
4.1.1.2-Complexo nordestino / pré cambriano inferior a médio (pЄn)	51
4.1.1.3-Complexo Itatira / Pré-Cambriano superior (pЄit)	52
4.1.1.4-Coberturas terció-quaternárias (Qa)	53
4.1.1.5-Estruturas	53
4.1.2-Geomorfologia	53
4.1.2.1-As planícies e os terraços fluviais	54
4.1.2.2-Depressão sertaneja	54
4.1.2.3-Maçços residuais	55
4.1.3-Aspectos climáticos	57
4.1.4-Solos	62
4.1.4.1-Solo podzólico vermelho-amarelo eutrófico	63
4.1.4.2-Solo Não-Cálcico	64
4.1.4.3-Solos aluviais eutróficos	65
4.1.4.4-Solos litólicos eutróficos	66
4.1.4.5-Correlação entre as classes de solos no sistema de classificação utilizado e o atual sistema brasileiro de classificação de solos	67
4.1.5-Vegetação	68
4.1.6-Recursos hídricos	70
<b>5-RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>74</b>
5.1-Atributos Físicos e Químicos dos Sedimentos Acumulados nos Microbarramentos na Área do Riacho Bananeiras	74
5.1.1-Atributos físicos	74
5.1.2-Atributos químicos	78
5.1.3-Deposição dos sedimentos e erosividade	87
<b>6-CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES</b>	<b>96</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>100</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>107</b>
<b>ANEXO A - ANÁLISES DE SOLOS</b>	<b>108</b>
<b>ANEXO B - MAPAS</b>	<b>120</b>

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Mapa de Localização da Bacia do Rio Cangati	28
Mapa 2 – Área do Experimento	41
Mapa 3 – Modelo Digital de Terreno da Bacia do Rio Cangati Elaborado com Programa <i>Surfer 8</i>	56

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema Didático da Montagem de um Microbarramento em Arco Horizontal	41
Figura 2 – Detalhe do Microbarramento BA03 Ilustrando as Camadas de Sedimentos Acumulados no Período Úmido	90

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Análises Granulométricas das Frações Acumuladas nos períodos Úmido 1, Úmido 2 (A e B) e Seco ©.	77
Gráfico 2 – Histograma das Médias dos Teores de Cálcio, Magnésio, Sódio, Potássio, Hidrogênio e Alumínio dos Sedimentos nos Períodos Úmido 1, Seco e Úmido 2	83
Gráfico 3 – Histograma dos Valores de S (Soma de Bases Trocáveis) nos Períodos: Úmido 1, Seco e Úmido 2	83
Gráfico 4 – Histograma de Valores de T (Trocas Cátion Iônica) nos Períodos Úmido 1, Seco e Úmido 2	84
Gráfico 5 – Histograma dos Valores de V (Caráter Eutrófico) nos Períodos Úmido 1, Seco e Úmido 2	84
Gráfico 6 – Histograma dos Valores Médios de Nitrogênio, Carbono e Matéria Orgânica dos Sedimentos, nos Períodos Úmido 1, Seco e Úmido 2	85
Gráfico 7 – Histograma dos Valores de Ferro (ppm), nos Períodos Úmido 1, Seco e Úmido 2	85

Gráfico 8 – Histograma dos Valores de Manganês (ppm), nos Períodos Úmido 1, Seco e Úmido 2	86
Gráfico 9 – Histograma dos Valores de Cobre (ppm), nos Períodos Úmido 1, Seco e Úmido 2	86
Gráfico 10 – Histograma dos Valores de Zinco (ppm), nos Períodos Úmido 1, Seco e Úmido 2	87
Gráfico 11 – Histograma de Frequência de Erosividade (mj.cm/ha.h.) e Pluviosidade (mm) em 2002 e 2003	91

## **LISTA DE PRANCHAS**

Prancha 1 - Aspectos Construtivos dos Microbarramentos	47
Prancha 2 - Aferição de Campo e Medição das Áreas e Volume dos Sedimentos Acumulados	48
Fonte: Socorro Liduina Carvalho Costa	48
Prancha 3 - Aspectos da Geologia, Geomorfologia, Solos e Vegetação da Área	72
Prancha 4 - Perfis e Cortes Estatigráficos dos Sedimentos Acumulados na Microbacia	82
Prancha 5 - Aspectos dos Microbarramentos BA02 E BA04 nos Períodos Seco e Úmido	92
Fonte: Socorro Liduina Carvalho Costa	92
Prancha 6 - Aspectos dos Microbarramentos nos Períodos Seco e Úmido e Aproveitamento Agrícola	93
Prancha 7 - Resultados Positivos na Área do Riacho Bananeiras com a Técnica dos Microbarramentos e Cordões de Pedra, Mostrando o Aproveitamento Agrícola Diversificado	94

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Relações entre as Classes de Solos e Respectiveas Fases	68
--	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classes de Erosividade da Chuva Média Anual	46
Tabela 2 – Precipitação Total (em mm) / Período: 1974-2003 / Posto Canindé	60
Tabela 3 – Balanço Hídrico de Canindé, segundo Thornthwaite e Mather (1955)	61
Tabela 4 – Atributos Físicos dos Sedimentos Acumulados nos Períodos Seco e Úmido 1 e 2	76
Tabela 5 – Classes de Interpretação dos Resultados dos Micronutrientes das Análises de Solo	79
Tabela 6 – Atributos Químicos dos Sedimentos Acumulados nos Períodos Seco e Úmido 1 e 2	81
Tabela 7 – Resultados Obtidos nos Cálculos de Volume, Densidade e Massas dos Materiais Retidos nos Microbarramentos	88
Tabela 8 – Média Mensal da Precipitação e Fator R, de 2002 a 2003	89



# Introdução 1

---

---

# 1- INTRODUÇÃO

## 1.1-Apresentação

Embora a temática ambiental ocupe crescente espaço em discussões técnicas e políticas, a idéia de preservação e conservação ainda é muito frágil. O sistema solo dentro de uma perspectiva ambiental é definido como uma unidade ecológica funcional da superfície da terra que inclui sedimentos, rochas permeáveis e águas subterrâneas. O solo desempenha neste enfoque várias funções. Quando mal manejadas, deixam o solo sujeito à degradação que podem ou não apresentar caráter irreversível. Uma das consequências diretas dessa degradação é a erosão. (SILVA *et al.*, 1999).

As práticas de conservação do solo e da água são entendidas, na maioria das vezes, como tecnologia de controle à erosão que requer altos investimentos à sua implantação e produz resultados em longo prazo. Esta conceituação, ainda arraigada na mentalidade de técnicos e usuários dos solos, foi e tem sido um dos principais obstáculos à adoção de medidas para o uso e o manejo racional do solo e da água. (SERVIÇO NACIONAL..., 1983).

A técnica dos microbarramentos é constituída por enrocamentos sem argamassa e funciona como uma barreira antierosiva em trechos de pequenos talwegues, forçando a deposição de sedimentos transportados pela corrente, cuja alternância de fluxos permite uma composição de partículas multivariadas em sua granulometria, impedindo o desgaste do solo provocado pela exportação de sedimentos, nutrientes e matérias orgânicas.

Nessa dissertação os estudos hidrossedimentológicos realizados nos microbarramentos situados no leito do riacho Bananeiras possibilitaram avaliar a contenção dos sedimentos, calcular seu volume e massa, caracterizar a natureza química e física destes sedimentos como também estimar a erosividade e entender como se processa a acumulação e a deposição dos sedimentos na área em estudo.

## **1.2-Justificativa**

Os microbarramentos constituem a ação básica do Programa de Desenvolvimento Hidroambiental das Microbacias Hidrográficas do Estado do Ceará (PRODHAM), que tem suas raízes em experiências efetuadas pelo Projeto Base Zero (1997), Fazenda Carotá - Afogados da Ingazeira - PE, cujos primeiros ensaios a metodologia se consagrou em resultados surpreendentes no processo de contenção dos sedimentos e na recuperação das microbacias hidrográficas do ambiente semiárido nordestino.

Esta técnica é também popular entre os aldeões da África Ocidental, precisamente em Burkina Faso, onde o interesse neste tipo de barramento cresceu substancialmente no final dos anos 80, por ser uma técnica de baixo custo e de fácil construção.

Os “diques filtrantes”, como são chamados pelos franceses, seguem as mesmas especificações de construção dos nossos barramentos no semiárido.

Os benefícios dos microbarramentos na redução da sedimentação e assoreamentos dos rios e barragens são conhecidos. Entretanto, são necessários estudos mais abrangentes sobre a formação desses depósitos e da qualidade de seus constituintes minerais e orgânicos.

## **1.3-Objetivo Geral**

A pesquisa apresentada nesta dissertação teve como objetivo geral analisar os efeitos da implantação dos microbarramentos na agricultura de subsistência da área do entorno do riacho Bananeiras.

## **1.4-Objetivos Específicos**

- Estudar tipos de materiais acumulados quantificando seu volume e massa, correlacionando estas informações com intensidade de chuvas.

- Analisar qualitativamente os sedimentos acumulados, pautados nos princípios de análises química e física.
- Estimar a erosividade e o transporte de sedimentos no riacho Bananeiras, na microbacia do Cangati.
- Subsidiar políticas, planos e projetos para o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos e da conservação ambiental.

## 1.5-Localização da Área Estudada

A área em estudo está localizada na porção norte-central do Estado do Ceará a 149 km da capital, limitada pelas coordenadas 04°36'13" de latitude Sul/ 39°24'19" de longitude WG e 04°36'52" de latitude Sul/; 39°22'59" de longitude WG, na microrregião dos Sertões de Canindé. (Mapa 1).

## 1.6-Características Fisiográficas e Socioeconômicas do Município de Canindé

O município de Canindé possui uma área de 3.205 km<sup>2</sup> e está situado no semiárido na região Centro-Norte a uma latitude de 4°21'32" norte e longitude 39°18'42" oeste de *Greenwich*, numa altitude de 149,73 m.

O município limita-se ao:

Norte - Caridade, Paramoti, General Sampaio, Tejuçuoca e Irauçuba;

Sul - Itatira, Madalena e Choró;

Leste - Itapiúna, Aratuba, Mulungu e Caridade;

Oeste - Irauçuba, Sobral e Santa Quitéria.

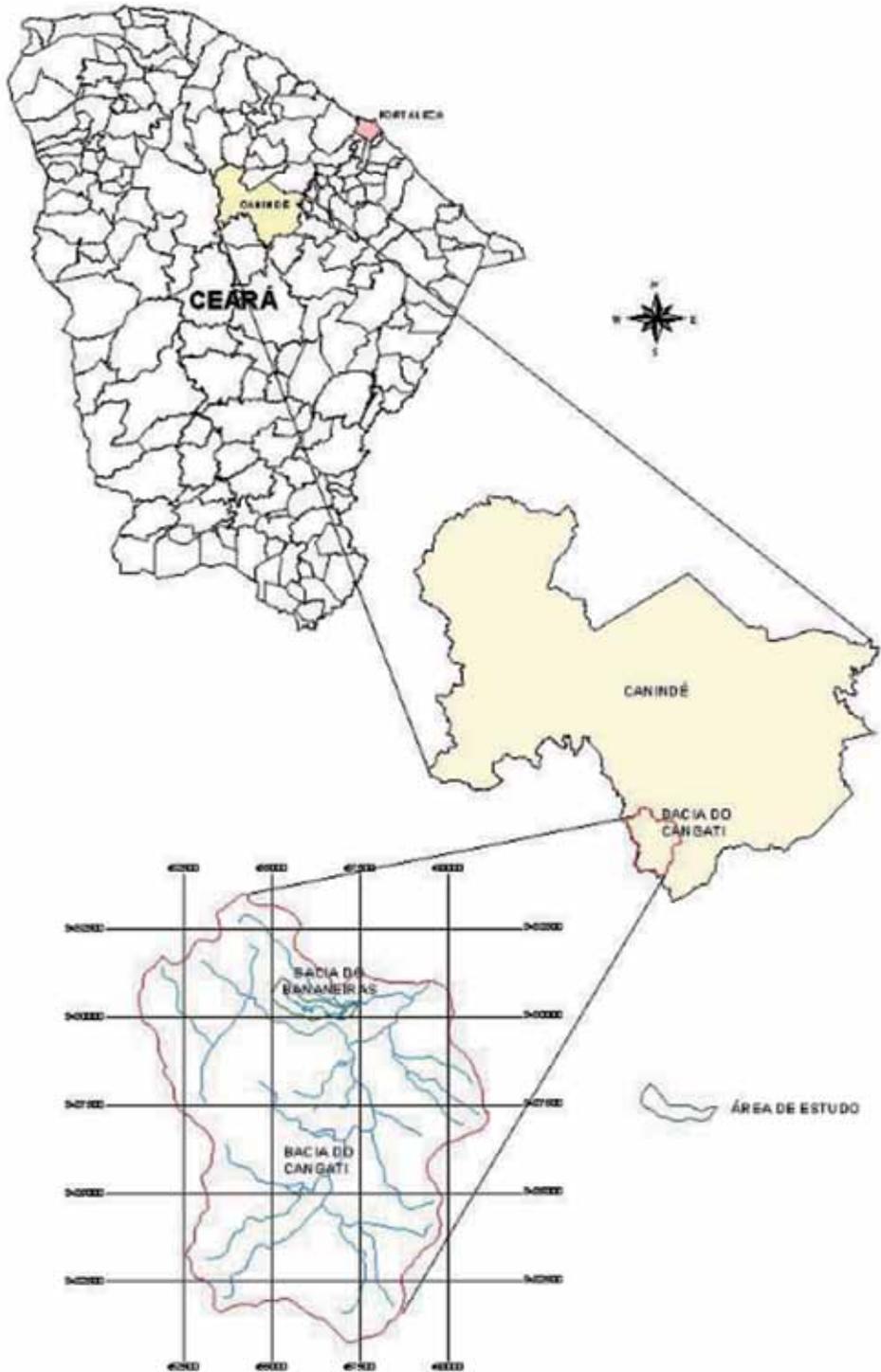
O município possui cerca de 936 km de estradas municipais sem pavimentação, em estado de conservação regular.

Segundo dados fornecidos pelo Censo de 1998 publicado pelo IBGE, a população de Canindé é de 68.345 habitantes: 58,51% (39.989 hab.) estão na zona urbana e 41,49% (28.356 hab.) se localizam na zona rural. (IBGE, 1998).

O relevo é constituído de superfícies planas, onduladas e fortemente onduladas. O solo possui baixa fertilidade.

Quanto à hidrografia, a superfície do município está compreendida pelas Bacias do Curu 78,4%, Metropolitana 19,2%, Acaraú 2,16% e Banabuiú 0,23%.

Para efeito de planejamento estadual, Canindé integra a microrregião de Canindé, composta pelos municípios de Canindé, Caridade, Itatira e Paramoti.



**Mapa 1 – Mapa de Localização da Bacia do Rio Cangati**  
Fonte: Liduina Carvalho Costa

# Revisão Bibliográfica 2

---

---

## 2-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1-Concepções Hidrossedimentológicas

#### 2.1.1-Erosão e conservação de solos

A erosão do solo é um fenômeno de desgaste das rochas e do solo, com desagregação, deslocamento ou transporte das partículas por ação da água ou outros agentes como o vento, depositando-se nas áreas topograficamente mais baixas, originando os depósitos sedimentares. Por isso pequenas bacias estão mais sujeitas à erosão, devido à condição de seus terrenos em declives de médio a forte, havendo necessidade de maior controle. A ocorrência da erosão se dá em duas formas, a “geológica” ou “natural” e a “acelerada”, também chamada de “induzida” ou causada pelo homem. Quanto aos tipos de erosão, ela pode ser classificada em “eólica”, “fluvial”, “remoção em massa” e “hídrica superficial.” (CARVALHO, 1994).

Já Coelho Neto (1998) menciona que a erosão pode ser concebida como um fenômeno de natureza fundamentalmente hidrológica, sendo desencadeada pela ação de escoamentos superficiais e subsuperficiais, ou, ainda, pela ação gravitacional diante do decréscimo da resistência dos minerais sob saturação ou próximo à saturação de água. Trata-se de um produto do comportamento das águas pluviais frente à resistência dos minerais disponíveis nos domínios fluviais e das encostas.

A magnitude da ação da chuva é determinada pela erosividade, ou seja, a capacidade que a chuva apresenta de provocar erosão. O solo, por sua vez, possui diferentes graus de suscetibilidade à erosão (ou capacidade de resistir à ação erosiva da chuva), os quais são determinados pelos atributos de superfície (comprimento e grau do declive, cobertura e manejo do solo e práticas conservacionistas complementares) e pela erodibilidade do solo. (WISCHMEIER; SMITH, 1965).

A ação das chuvas é extremamente importante na erosão do solo e há uma tendência para o aumento da perda de terra com o crescimento das quantidades anuais de precipitação. Como a erosão está associada não só ao total de água tombada, mas também à intensidade da precipitação e à umidade do terreno, pode-se inferir que nos anos de maior pluviosidade há um maior encharcamento do solo, que assim é mais facilmente carregado. (TAVARES; VITTE, 1993).

A distribuição temporal das chuvas é um parâmetro fundamental no processo erosivo, de forma que eventos isolados de chuva intensa têm poder erosivo muito maior do que chuvas uniformemente distribuídas para uma mesma pluviosidade total.

O impacto das gotas de chuva sobre o solo desloca as partículas que podem ser carregadas para os sulcos e microcanais, caso o deflúvio superficial tenha energia suficiente para transportá-las. Tanto o deflúvio como os escoamentos pelos canais utilizam a energia gravitacional para manter o escoamento, vencer as resistências encontradas e transportar os sedimentos destacados. (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Nas regiões semiáridas, como a estudada nesta dissertação, são observadas como características básicas, estações secas e chuvosas bem definidas, solos rasos e vegetação de caatinga. Ao longo da estação seca, a vegetação perde sua folhagem desprotegendo os solos do ataque das chuvas. Com as primeiras precipitações, os solos desprotegidos são facilmente carregados, havendo perdas significativas das camadas superficiais. No período chuvoso, a vegetação recupera sua folhagem e executa uma interceptação mais eficiente das chuvas.

As tensões de cisalhamento da água em movimento sobre o solo provocam o destacamento das partículas e estas são transportadas pelas enxurradas. A ação destas é governada pela sua velocidade (que depende da quantidade de água em movimento e declividade do terreno), turbulência (em razão das irregularidades da superfície, formam-se correntes ascendentes que arrancam

e transportam partículas) além da quantidade e tipo de material carreado. (FERNANDES, 2000).

Estando o solo descoberto, as gotas da chuva destroem os agregados no ponto de impacto e fornecem energia para a água de escoamento superficial, na forma de turbulência, aumentando, assim, sua capacidade de desagregação e transporte. Em consequência da destruição dos agregados, ocorre a formação de uma fina camada superficial de solo superficial com baixa condutividade hidráulica saturada, que diminui substancialmente a capacidade de infiltração de água no solo. No momento em que a taxa de precipitação passa a ser maior que a taxa de infiltração de água no solo, inicia o escoamento superficial de água ou enxurrada, o qual também apresenta capacidade de provocar erosão. A capacidade que a chuva apresenta de provocar erosão é denominada de erosividade e a medição desse fator deve incluir, necessariamente, o efeito do impacto das gotas e o da enxurrada. (DULEY, 1939).

Uma das graves consequências da erosão do solo é a degradação da sua fertilidade. Normalmente, quando um solo está sob processo de erosão, a sua parte mais fértil, aquela que possui maior teor de matéria orgânica e maior conteúdo de nutrientes, é perdida, é o que acontece com o nitrogênio por ser mais solúvel e o fósforo por ser absorvido pelas partículas mais finas do solo. (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1985).

Outro grave problema que a erosão do solo causa é a acumulação de sedimentos mais grosseiros nas partes mais baixas dos terrenos. Os mais finos, porém, em muito maior volume, são transportados pelas enxurradas, ocasionando problemas nos córregos, rios, canais e acumulações de água, tipo: redução da capacidade dos córregos e reservatórios, aumento dos custos das fontes de suprimento d'água, danos à fauna silvestre e aquática, acréscimo de manutenção dos canais e rios navegáveis, diminuição do potencial de energia, questões de irrigação e drenagem, acréscimo dos custos dos caminhos e estradas, prejuízos em casas e cidades. (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1985).

Para Correia (1994), a erosão dos solos acarreta danos a outros recursos naturais, destacadamente à água presente nos rios, reservatórios e lençóis freáticos, pelo assoreamento com terra carregada com fertilizantes e pesticidas químicos transportados. Diz ainda que a enchente dos rios pode provocar a inundação das cidades e áreas ribeirinhas, ocasionando estragos e sérios prejuízos econômicos.

Munn *et al.* (1973), ao analisarem o efeito dos fatores solo, cobertura, declive e chuva sobre o solo e o movimento do fósforo sob condições de chuva simulada, verificaram que a quantidade de água drenada de sólidos erodidos e fósforo na drenagem superficial aumentou com o grau de declive e intensidade da chuva, e que as concentrações de fósforo solúvel foram suficientes para eutrofizar a água.

No processo de erosão hídrica alguns nutrientes apresentam maiores concentrações no sedimento e outros na solução. Os sedimentos erodidos são mais ricos em fósforo, cálcio, magnésio, potássio e matéria orgânica do que o solo original. Isto ocorre devido ao material transportado ser mais rico em silte e argila do que o solo de onde se originou o sedimento. (SEGANFREDO; ELTZ; BRUM, 1997).

Vieira; Cogo e Cassol (1978), afirmam que o material erodido é mais rico em nutrientes e matéria orgânica do que o solo que permanece, principalmente quando as perdas de solo são pequenas. Os autores confirmaram que as perdas de nutrientes como fósforo, potássio, cálcio e magnésio e de matéria orgânica, geralmente acompanham proporcionalmente as perdas de solo.

As áreas de maior declividade apresentam perdas nas enxurradas as quais começam a aparecer sempre que a intensidade de precipitação ultrapassa a capacidade de infiltração do solo. Durante o inverno, chuvas de grande intensidade caindo sobre as áreas com declividade, cultivadas e sem proteção conservacionistas, originam a desagregação, transporte e deposição das partículas de solo, conseqüentemente promovem a decapitação de seus

horizontes e a poluição por sedimentos nos rios, açudes, estradas e áreas em cultivo. (OLIVEIRA, 1981).

Outro aspecto a ser considerado é o tempo de formação do solo. Diversos autores estimam a taxa de sua formação, entre eles Hudson (1981). Ele calcula que uma camada de 1cm de solo leva cerca de 120 a 400 anos para se formar. Em outras palavras, são necessários de 12.000 a 40.000 anos para a formação de 1 m de solo.

A adoção de medidas efetivas de controle preventivo e corretivo da erosão depende do entendimento correto dos processos relacionados com a dinâmica de funcionamento hídrico sobre o terreno. As práticas conservacionistas que controlam a erosão são muito efetivas na redução das perdas de nitrogênio desde que a maior parte desse nutriente perdido está associado aos sedimentos, verificando-se que as perdas em áreas terraceadas eram cerca de 33% daqueles que ocorriam em áreas com simples cultivos em curvas de nível. Nessas áreas determinaram-se perdas de 57 kg/ha de N; a maior parte deste estava sob a forma orgânica, portanto, não disponível para uso imediato pelas plantas. Já o fósforo, as perdas totais nos sedimentos e em solução não excederam 1,9 kg/ha, sendo que 90% deste estavam nos sedimentos. Com estes resultados, Alberts; Schuman e Burwell (1978) concluíram que o terraceamento reduziu as perdas de N e P aproximadamente dez vezes, quando comparadas com as perdas ocorridas em áreas com simples plantio em nível.

O assoreamento dos reservatórios não pode ser evitado, mas pode ser retardado por meio de técnicas de conservação do solo na bacia de drenagem, reduzindo a erosão através da construção de terraços, de cultivo e aração em curvas de nível e métodos similares como os cordões em contorno de pedra, que são construídos nas áreas com alta pedregosidade para o controle da erosão dos solos. Estes cordões, além de protegerem o solo de perdas por escorrimento superficial de água tem a vantagem de facilitar as práticas de manejo dos solos e das culturas, após a remoção das pedras. (KLANT; STAMMEL, 1983).

Em áreas de declividade de até 15%, num período de 1,5 ano, os cordões impediram o carreamento de mais de uma tonelada de terra por ano, em cada cem metros lineares de seu comprimento, evitando o comprometimento da qualidade da água e aumentando a vida útil de uma barragem. (SILVA; PAIVA, 1985).

Muitos programas de conservação tem falhado porque a tecnologia foi inapropriada, desviada ou porque não foi levada em conta a situação social e porque não houve envolvimento da população. O relatório de conservação de solo no norte da África diz que, em grandes programas de conservação do solo na Argélia, Marrocos e Tunísia, de 1950 a 1975, foram baseados em tecnologias inadequadas importadas de condições totalmente diferentes nos Estados Unidos e todos os esforços foram um engano que não poderia ser repetido. (REIJ, 1987).

Em regiões semiáridas o objetivo mais comum é reduzir a velocidade do escoamento superficial e aumentar a infiltração e deposição de silte. Isto requer estruturas de simples e de baixo custo dos clássicos sistemas de drenos, terraços em nível e outros dispositivos para águas pluviais. Para regiões semiáridas devem ser adaptadas técnicas simples que podem ser executadas em trabalhos de extensão e pelos próprios agricultores. (HUDSON, 1987).

As “barragens de pedras”, também denominadas de “barragens sucessivas”, são construídas em formato de arco romano deitado com pedras soltas, arrumadas em “cunha”, nos tributários (riachos) de largura inferior a 15 metros a partir da 5ª ordem de hierarquização dentro da bacia hidrográfica. Esta obra é fundamentada em experiência concreta vivenciada já por vários anos no Projeto Base Zero da Fazenda Caroá, em Afogados da Ingazeira, Pernambuco (PADILHA, 1997) e em pesquisas da *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. (FAO, 1991).

## 2.1.2-Depósito aluvial

Os cursos de água, rios ou riachos que escoam na região semiárida do nordeste do Brasil são quase todos, à exceção do São Francisco e Parnaíba, de caráter temporário, também chamado de intermitentes por secarem durante a maior parte do ano.

O escoamento da água na superfície das encostas, nas canaletas de drenagem, riachos, rios e reservatórios constituem um dos processos fundamentais na dinâmica hidrossedimentológica de uma bacia.

Riccomini; Gianini e Mancini (2000) consideram que os quatro padrões fundamentais de rios podem ser desmembrados em tipos intermediários com base no regime predominante de transporte da carga sedimentar em suspensão, por tração ou misto. Os fatores que controlam a variação na descarga e o tipo de carga sedimentar são variáveis. Nas regiões semiáridas, onde a vegetação é esparsa como a estudada, o escoamento superficial pode ocorrer apenas a intervalos de meses ou até anos (chuvas esporádicas) com o consequente transporte de clastos de granulação grossa resultante dos processos de desagregação mecânica.

O depósito aluvial possui constituição, largura e espessura muito variáveis em função de vários fatores como: constituição e resistência da rocha que é erodida; força viva do rio que, por sua vez, depende da inclinação do leito do rio e da largura do vale; volume de água escoado que depende das taxas de precipitação pluviométrica, chuvas que caem na bacia hidrográfica; condicionantes geoestruturais como falhas, fraturas e dobras do embasamento rochoso, dentre outros fatores de menor importância como a vegetação, a ação do homem, os ventos, a umidade relativa e outros. O transporte dos sedimentos gerados a partir dos processos erosivos é realizado predominantemente pelos cursos d'água, mais frequentemente na estação chuvosa, quando se verifica a ocorrência de 70 a 90% de todo o sedimento transportado pelos cursos d'água. (FERNANDES, 2000).

Ao cessar completamente o escoamento de base do rio, a água continua a escoar subsuperficialmente, dentro do “pacote” de sedimentos detríticos - cascalho, areia, silte e argila – que, no conjunto, constitui o aluvião ou depósito aluvial. Esses sedimentos são originados pela sequência de processos que atuam na superfície da bacia hidrográfica, iniciando-se com o intemperismo que é o desgaste das rochas existentes, seguindo-se do transporte através das águas do rio e, finalmente, pela sedimentação ou deposição desse material no próprio leito, mais abaixo da fonte de erosão. A unidade de sedimentação nas quais existe gradação de granulação, de grossa a fina, em geral da base para o topo da unidade, é chamada estrutura gradacional. A passagem de uma camada com estratificação gradacional para outra, com características sedimentares similares, faz-se por um contato brusco. Neste caso, os níveis grosseiros de camada superior jazem diretamente sobre os sedimentos finos da camada inferior, evidenciando, dessa maneira, uma ciclicidade no processo deposicional. (SUGUIO, 1980).

A natureza procura um equilíbrio próprio. Desta forma, se há mudança na quantidade de descarga sólida, o rio responde, reagindo conforme as alterações impostas. Caso a carga sólida seja grande haverá uma tendência de depósitos, ocorrendo a “agração” do leito do rio. Ao contrário, se a carga sólida é pequena, o rio responde com a “degradação” do leito. (CARVALHO, 1994).



# Metodologia de Trabalho 3

---

---

## 3-METODOLOGIA DE TRABALHO

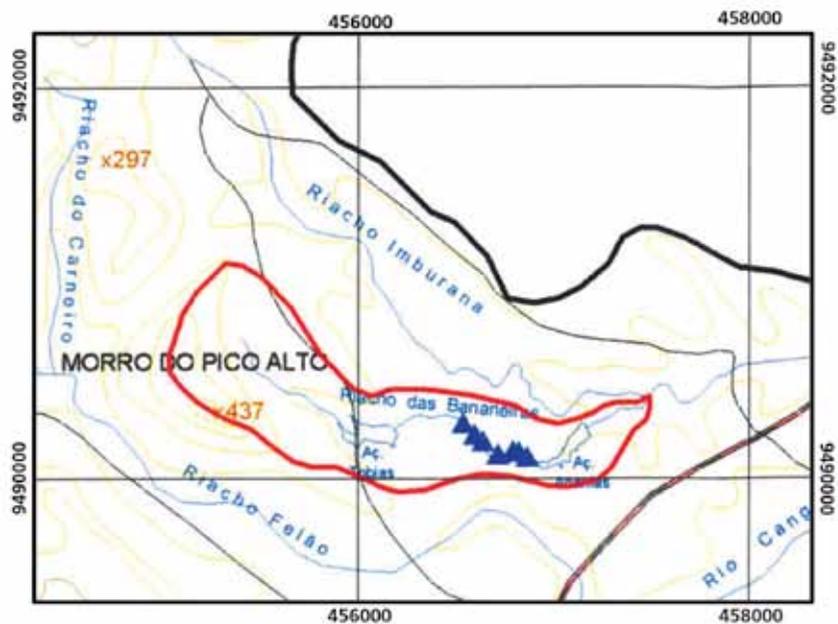
Os procedimentos metodológicos operacionais constituem um conjunto de procedimentos adotados para se atingir o conhecimento e a veracidade dos fatos.

Neste trabalho foram adotadas técnicas experimentais, observacionais e comparativas distribuídas em etapas diversas, que possibilitaram a elaboração desta pesquisa.

### 3.1-Seleção e Construção da Área para o Experimento

Inicialmente, selecionou-se uma área de aproximadamente 430 metros dentro do riacho Bananeiras, na microbacia do Cangati, para construção dos microbarramentos que foram denominados de montante para jusante de BA01, BA02, ... BA07. A operação de construção foi executada de jusante para montante do fluxo d'água. (Mapa 2). Em seguida, foram instaladas réguas graduadas em centímetros marcando o nível inicial na instalação da barragem juntamente com a data da medição. (Prancha 1).

Os microbarramentos foram construídos em forma de arco circular deitado, com um ângulo de aproximadamente  $120^\circ$  no plano horizontal, com pedras soltas e arrumadas em forma de “cunha”, tendo como dimensões básicas do corpo da barragem as seções de um trapézio, numa relação aproximada de 1,5/1 entre a base e a altura do triângulo da seção transversal do talude de jusante e 0,5/1 entre a base e a altura do triângulo transversal do talude de montante. A Figura 1 indica a cota máxima da crista de cada barramento, de 20 a 30 cm por cerca de 1/5 da altura, sendo menor que a cota da ombreira mais baixa. Na construção, a extensão máxima de ombreira a ombreira foi cerca de 30 m e a altura máxima da crista até a base do barramento atingiu até 2,5 m.



Mapa 2 – Área do Experimento

Fonte: Elaboração do autor

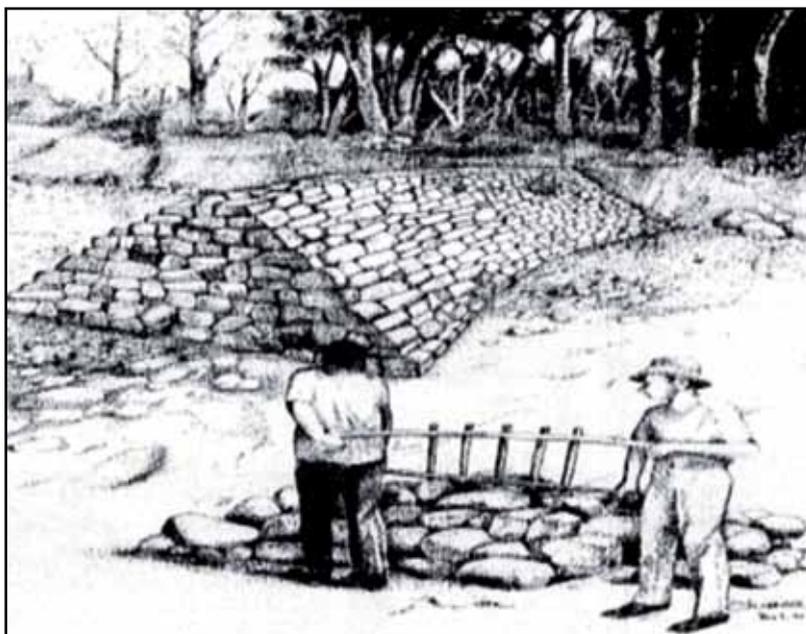


Figura 1 – Esquema Didático da Montagem de um Microbarramento em Arco Horizontal

Fonte: PRODHAM.

### 3.2-Estimativa da Massa de Sedimentos Retidos nos Microbarramentos

A massa de sedimentos, t/ha, retida pelos microbarramentos, foi estimada pelo cálculo do volume de terra da secção transversal da camada de acumulação de sedimentos, após um ano de sua construção.

Para limitação do seu volume demarcou-se a zona de acumulação de sedimentos, utilizando piquetes para definir os limites extremos. Para isso foram realizadas leituras de direção com bússola e tomadas medidas com trena entre os piquetes. A área total ficou compartimentada em triângulos onde o vértice coincide com os piquetes. A espessura foi determinada em cada piquete e, posteriormente, multiplicada pelas subáreas para determinação do volume de sedimentos acumulado. Em função das variações de espessura ao longo da área de acúmulo de sedimentos (irregularidade na topografia e assimetria dos vales fluviais (seções transversais) utilizou-se um valor médio considerando as espessuras observadas em cada piquete (vértice das áreas triangulares).

A densidade do solo foi determinada com o emprego da técnica (NBR7185-ABNT), utilizando-se o frasco de areia, onde o solo extraído do furo é colocado em recipientes e secados em estufas; em seguida pesa-se em balança de mola. (Prancha 2 - Fotos 1 e 2). A densidade seca foi obtida dividindo-se o peso da amostra seca pelo volume determinado “in situ”; já a densidade úmida é obtida calculando-se o peso da água contida num centímetro cúbico de amostra e adicionando à densidade da amostra seca.

Os dados coletados foram levados para meio digital onde foram calculadas as subáreas triangulares e a área total utilizando o *software* AutoCAD 2.0. A área desse triângulo ( $m^2$ ) multiplicada pela espessura média dos sedimentos acumulado em metros, forneceu o volume de terra acumulada, o qual multiplicado pela média da densidade seca e densidade úmida dessa camada

determinada indicou a massa de terra retida. (Prancha 2 - Fotos 3 e 4).

### **3.3-Trabalho de Campo**

Para análise e observação dos sedimentos acumulados foram feitas trincheiras a montante dos microbarramentos para descrição e posterior análise em laboratório.

Foram realizadas três coletas de sedimentos para cada barramento: a primeira na estação chuvosa 2002 (úmido 1), a segunda no verão 2002 (seco) e a terceira na estação chuvosa 2003 (úmido 2).

Em cada trincheira foram determinadas as camadas de sedimentação denominadas por letras (A, B... H), conforme aumentava a profundidade e analisadas separadamente para os seus atributos físicos e químicos.

A coleta deste material foi realizada tomando-se todos os cuidados necessários para não haver contaminação e a menor perda possível de umidade; para isso foram armazenadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório.

### **3.4-Trabalho de Laboratório**

Nas amostras de sedimentos, coletadas em campo, foram determinadas as características químicas ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ , P, C, N,  $\text{Al}^{+3}$ , MO, pH) e físicas (granulometria, grau de floculação, densidade, umidade, CE) do solo, com a metodologia empregada pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS) (EMBRAPA, 1979) no laboratório do Departamento de Solos da Universidade Federal do Ceará (UFC).

#### **3.4.1-Análises físicas e químicas**

A seguir observam-se as determinações físicas e químicas executadas no Laboratório de Solos e Água (UFC):

- Granulometria - determinada pelo método da pipeta, usando-se como dispersante hidróxido de sódio 1N (NaOH 1N); para argila natural, usou-se como agente dispersante água destilada.
- Classificação textural - obtida pelo triângulo textural, baseado nas percentagens de areia, silte e argila, U.S.D.A. (LEMOS; SANTOS, 1996).
- Grau de floculação (GF)- determinada pela fórmula:
- $GF = \frac{\text{Argila total} - \text{Argila natural} \times 100}{\text{Argila total}}$
- Densidade de partícula - método do balão volumétrico, com emprego de álcool etílico.
- Densidade global do solo - determinada em terra fina, segundo o método da proveta.
- Umidade a 1/3 de atmosfera - determinada em amostra pré - saturada sobre placa de cerâmica, sob pressão de 1/3 de atmosfera, em “painel de pressão”.
- Umidade a 15 atmosferas - determinada em amostra pré-saturada sobre placa de cerâmica, sob pressão de 15 atmosferas, utilizando-se o extrator de Richards.
- Água útil: obtida pela diferença entre umidade a 1/3 atm e 15 atm.
- pH em água - determinado potenciométricamente através do eletrodo de vidro, numa suspensão sólida-líquida, na relação 1:2,5.
- Condutividade elétrica - determinada no extrato de saturação.
- Potássio - extraído com HCl (0,05 N) + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,025 N) e dosado por fotometria de chama.
- Cálcio e magnésio trocáveis - extraídos com acetato de amônio normal, pH 7,0 e titulados com EDTA.
- Potássio e sódio trocáveis - extraídos pelo acetato de amônia normal, pH 7,0, dosado por fotometria de chama.

- Hidrogênio e alumínio trocáveis - extraídos pelo acetato de cálcio normal, pH 7,0 e titulado com hidróxido de sódio 0,1 N, usando-se a fenolftaleína como indicador.
- Valor S (bases trocáveis) - obtidas pela soma de  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $K^{+}$  e  $Na^{+}$  trocáveis.
- Valor V (saturação de bases) - calculado pela fórmula  $(100 \cdot (S/T))$ .
- Valor T (capacidade de troca de cátions) - obtido pela soma de S,  $H^{+}$  e  $Al^{+3}$  trocáveis.
- Percentagem de saturação com sódio (PST): Obtida pela fórmula:
  - $PST = (Sódio/CTC) \cdot 100$
- Carbono orgânico - determinado por oxidação da matéria orgânica com dicromato de potássico e titulado o excesso de oxidante com solução de sulfato ferroso amoniacal;
- Nitrogênio total - (Kjedahl) - digestão com mistura ácida, destilação e titulação do  $NH_3$  com HCl 0,01 N.
- Percentagem de saturação com alumínio - calculada pela fórmula  $(100 \cdot Al^{+3}) / (Al^{+3} + S)$ .
- Matéria orgânica - determinada multiplicando-se o resultado do carbono orgânico por 1,724, fator utilizado em virtude de se admitir que na composição média do húmus o carbono participa com 58%.
- Fósforo disponível - extraído com uma solução de HCl 0,05 N e em  $H_2SO_4$  0,025 N e obtido por calorimetria.

Os resultados das análises físicas e químicas encontram-se no Anexo A.

### 3.5-Estimativa da Erosividade

O valor da erosividade da chuva é um índice numérico que expressa a capacidade da chuva, esperada em dado local, de causar erosão em uma área sem proteção. (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1985).

Para o cálculo da erosividade (R) na microbacia do Cangati foram utilizados dados de precipitação, fornecidos pela FUNCEME, do posto pluviométrico localizado no município de Canindé, referentes aos anos de 1974 - 2003, abrangendo 29 anos.

Adotou-se uma modificação da equação original de Wischmeier e Smith (1965) adaptada por Araújo et al. (2003), para as condições locais do semiárido expresso por:

$$R = 67,355 (EIm)^{0,85}$$

Onde: EIm = índice de erosão médio mensal (mm); calculado pela fórmula:

$$EIm = p^2/P$$

p = precipitação média mensal (mm);

P = precipitação média anual (mm).

Os índices obtidos foram hierarquizados conforme Tabela 1. (CARVALHO, 1994).

**Tabela 1 – Classes de Erosividade da Chuva Média Anual**

Classes de erosividade	Valores de R (tm.mm/ha.h.ano)
1 – Muito fraca	R<250
2- Moderada	250<R<500
3 – Moderada e fraca	500<R<750
4 - Forte	750<R<1.000
5 – Muito forte	R>1.000

**Fonte:** Adaptado de Carvalho, 1994.



Foto 1 – Local selecionado no riacho Bananeiras para a construção de um dos microbarramentos.



Foto 2 – Material de construção constituído de pedras soltas localizadas no leito e na margem do riacho.



Foto 3 – Utilização da mão-de-obra local na construção dos microbarramentos.



Foto 4 – Visualização do processo de sedimentação pelo transporte de matéria orgânica do riacho.



Foto 5 – Instalação da régua a montante do microbarramento para medir o volume de sedimentos.



Foto 6 – Vista do microbarramento concluído com visão do acúmulo de água e o ressurgimento da vegetação herbácea espontânea do riacho.

### Prancha 1 - Aspectos Construtivos dos Microbarramentos

Fonte: Socorro Liduina Carvalho Costa



Foto 1 – Ensaio da densidade “in situ” utilizando o frasco de areia com densidade conhecida.

Foto 2 – Pesagem do frasco após preenchimento da cavidade no solo.



Foto 3 e 4 – Aferição das áreas e volumes dos sedimentos acumulados nos microbarramentos BA02 E BA03.

**Prancha 2 - Aferição de Campo e Medição das Áreas e Volume dos Sedimentos Acumulados**

Fonte: Socorro Liduina Carvalho Costa

# Caracterização Geoambiental 4

---

---

## **4-CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL**

### **4.1-Caracterização Ambiental**

A região em estudo está localizada na microrregião definida como Sertão de Canindé, onde as características morfológicas, os constituintes geológicos, as condições climáticas e a cobertura vegetal definem um geossistema complexo, com processos morfogenéticos regendo as transformações e a evolução natural da paisagem.

A predominância do intemperismo físico, o transporte sedimentar relacionado com o escoamento superficial, os depósitos sedimentares aluviais e coluviais derivados, a presença de rochas do embasamento cristalino com um estreito manto de material inconsolidado possibilitam a formação de solos que necessitam de implementos e técnicas especiais para elevar a produção agropecuária da região.

#### **4.1.1-Contexto geológico**

Os trabalhos publicados relativos aos terrenos cristalinos nos domínios de Canindé são todos em escala regional. As unidades definidas estão inseridas num contexto geológico amplo, definido pelo embasamento cristalino, formado por rochas pré-cambrianas e por materiais inconsolidados de cobertura superficial, representados por aluviões e colúvios existentes nos canais fluviais e rampas de dissecação.

Regionalmente, os tipos litológicos definidos de acordo com Brito Neves (1975), Nascimento e Gava (1977), alternam-se em seqüências de micaxistos, quartzitos micáceos, paragnáisses, migmatitos e mármore. Ocorrem também intrusões de diques que compõem a suíte magmática do Pré-Cambriano Superior (posicionamento duvidoso), encaixados predominantemente nas rochas do Complexo Itatira. Na Bacia Hidrográfica do rio Cangati, os migmatitos e gnaisses do Complexo Nordestino/Pré-Cambriano Inferior a Médio, predominam e influenciam na composição básica do manto de intemperismo

e na compartimentação morfológica do relevo local. (MAPA GEOLÓGICO ANEXO B).

Segundo Nascimento e Gava (1977), segue-se uma descrição dos componentes litológicos utilizada para melhor compreensão da dinâmica dos processos relacionados com erosão, transporte e deposição de materiais.

#### **4.1.1.1-Rochas plutônicas de posicionamento duvidoso**

Os corpos aqui representados podem ser definidos como olivina gabro, com aspecto maciço e de granulação média. São geralmente pequenos, subcirculares e quase sempre mostrando evidências de granitização. Foram considerados como de posicionamento duvidoso, devido à carência ou inexistência de dados, principalmente geocronológico, com base em datação K/Ar.

#### **4.1.1.2-Complexo nordestino / pré cambriano inferior a médio (pCn)**

Compreende os migmatitos homogêneos e heterogêneos, gnaisses variados e núcleos granitoides, além de ocorrências menores de quartzitos, xistos, mármore calcossilicáticos e, mais raramente, rochas metabásicas e metaultrabásicas.

O Complexo Nordeste, juntamente com outras áreas pré-cambrianas, encontram-se posicionados como substrato das sequências supracrustais.

O padrão geocronológico obtido demonstra um envolvimento das rochas deste complexo nos eventos do Pré-Cambriano Superior, tendo sido, entretanto, o evento transamazônico o mais atuante na formação dos migmatitos e gnaisses, segundo os valores radiométricos (Isócrona Rb/Sr).

As Fotos 1 e 2 (Prancha 3) evidenciam o principal tipo de rocha da região. Trata-se de rocha migmatítica representante do embasamento cristalino. São rochas constituídas basicamente por feldspato alcalino, biotita e quartzo, com presença de minerais opacos e presença de granada piropo em diferentes níveis de oxidação. São comuns zonas de intensa migmatização e presença de veios feldspáticos, normalmente acompanhando o bandejamento da rocha.

#### **4.1.1.3-Complexo Itatira / Pré-Cambriano superior (p€it)**

Inclui um conjunto de gnaisses paraderivados, com intercalações de xistos, mármore e quartzitos. Os gnaisses aparecem em uma coloração cinza-claro, granulação média, com textura gnáissica. O bandejamento é nítido e regular, onde alternam níveis mais claros quartzo-feldspáticos, com níveis mais escuros ricos em biotita.

Esta unidade metassedimentar apresenta-se sobreposta ao Complexo Nordeste. O seu grau de metamorfismo, aliado ao tipo litológico, também difere sobremaneira deste complexo, já que nela é observada anatexia profunda com aparecimento de migmatitos homogêneos, anatexitos e núcleos graníticos. As rochas do Complexo Itatira apresentam um padrão de deformação baseado em estruturas sinformes e antiformes e dobramentos holomórficos, distintos da sequência que lhe serve de embasamento.

Os seus contatos com o Complexo Nordeste são eminentemente gradacionais e difusos, eventualmente de natureza tectônica. Localmente podem surgir zonas de intensa granitização a litológicas basais. Porém, via de regra, o que se manifesta é uma verticalização progressiva das atitudes das camadas, em direção ao Complexo Nordeste, com o aumento da intensidade dos mergulhos e o desaparecimento paulatino das estruturas acamadas e foliadas.

#### **4.1.1.4-Coberturas terció-quaternárias (Qa)**

Segundo Macedo (1977), os depósitos aluviais são formados por material detrítico incluindo seixos, matacões e calhaus angulosos de rochas, comumente representados por quartzitos, migmatitos e arenitos. São comumente mal classificados e angulosos, o que aponta para rochas de fontes nas proximidades do depósito. Junto com o material detrítico, aparecem grãos de areia e até argila impura com coloração variegada. Este material é proveniente basicamente de rochas que compõem o Complexo Nordestino e o Complexo Itatira. O transporte fluvial atua de modo a remobilizar sedimentos mal retrabalhados, angulosos e predominantemente grosseiros, apesar da existência de granulação de sedimentos silte-argilosos, associados diretamente aos terraços fluviais e a planícies de inundação.

#### **4.1.1.5-Estruturas**

As principais estruturas da região estão representadas por falhamentos com direção predominante NE-SW, representando lineamentos dispostos de acordo com a direção preferencial dos esforços rúpteis. Os sistemas de dobramentos, expostos tanto no Complexo Nordestino como no Complexo Itatira, mostram uma complexidade estrutural gerada em condições dúcteis entre o Pré-Cambriano Inferior e Superior. Na região de Canindé aparece uma sequência de dobras antiformes e sinformes, formando um padrão de dobramentos em “domo” e “bacia”, com eixo apresentando duplo caimento. Nos arredores de Canindé, a direção geral da foliação e, conseqüentemente, destas estruturas sofre uma inflexão para a direção NW-SE.

#### **4.1.2-Geomorfologia**

A análise dos aspectos geomorfológicos evidencia a atuação dinâmica dos fatores geológicos, paleoclimáticos e morfodinâmicos atuais e pretéritos que ocorreram na área, ao longo de sua evolução geoambiental. Os processos

morfo genéticos predominam, pois as condições climáticas locais, associadas ao regime de escoamento superficial, ao relevo e a cobertura vegetal representam os principais agentes desnudacionais, em detrimento dos processos químicos, associados a climas mais úmidos. (Mapa 3).

#### **4.1.2.1-As planícies e os terraços fluviais**

Estas são as formas mais características de acumulação fluvial que acompanham longitudinalmente os cursos dos rios e riachos. São áreas que abrigam melhores condições de solo e disponibilidade hídrica, constituindo-se, portanto, zonas de diferenciação geoambiental no contexto dos sertões semiáridos. No âmbito da superfície sertaneja (terrenos cristalinos), os cursos d'água formam depósitos aluvionares estreitos. Esta unidade não apresenta grande representatividade espacial. Na área, são representadas pelas vazantes e várzeas, com relevo plano e suave ondulado.

#### **4.1.2.2-Depressão sertaneja**

Corresponde a uma superfície de aplainamento, desenvolvida sobre rochas cristalinas, onde o trabalho erosivo truncou indistintamente variados tipos litológicos. A morfologia da depressão sertaneja é marcada por uma topografia plana ou levemente ondulada, nas altitudes médias em torno de 130 - 150 m. Em níveis mais elevados, superiores a 300 m, a dissecação é mais evidente, isolando interflúvios de feições convexas, formando relevos colinosos, tabuliformes ou lombadas. (SOUZA, 1988).

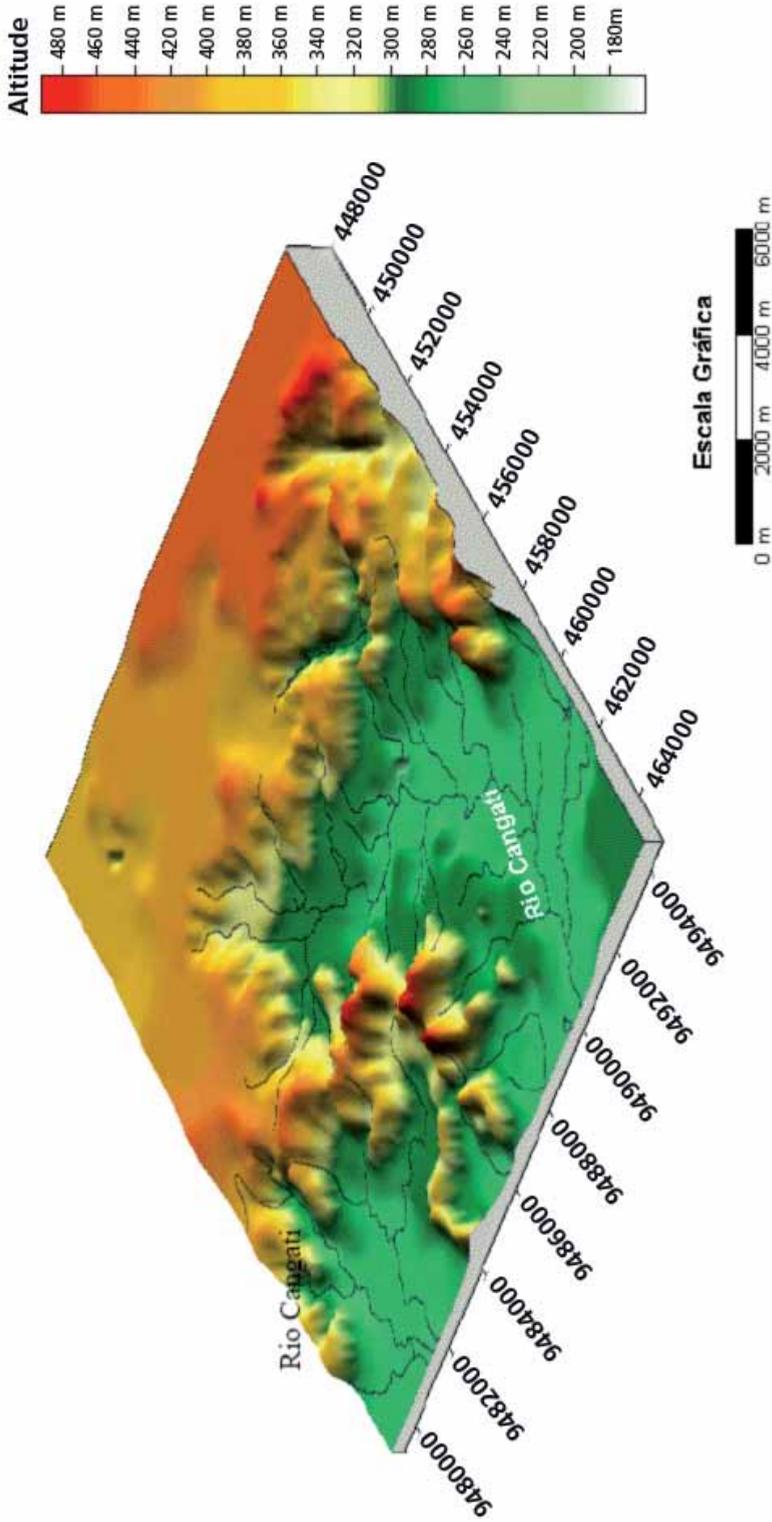
A região em estudo representa um dos setores mais característicos da Depressão Sertaneja, definida como Depressão Periférica. Suas características mais importantes são: a pronunciada diversificação litológica, isto devido à ocorrência de rochas cristalinas e sedimentares de diferentes origens e idades, papéis destacados de processos de intemperismo físico e da remoção dos detritos pelo escoamento difuso e concentrado; truncamento indistinto de litologias e estruturas pela erosão, com o conseqüente desenvolvimento de superfícies

pediplanadas; revestimento generalizado de caatinga, com mudança eventual de fisionomia e de flora em consequência de mudanças de clima e de solo e pequena espessura do manto de alteração das rochas. (SOUZA, 1988).

#### **4.1.2.3-Maçiços residuais**

A monotonia das formas planas a suavemente onduladas da depressão sertaneja, vez por outra é interrompida pela forte ruptura de declive das serras e morros residuais. Esses relevos são constituídos, predominantemente, por rochas granítico-migmáticas e foram formados a partir do rebaixamento das áreas circundantes (menos resistentes – litologia gnáissica), pela erosão diferencial. Apresentam-se dissecados em feições de topos aguçados, formando as serras secas e em forma de *inselbergs*.

Representados na área por um relevo com altitude que varia de 500 a 800 m e atua na área como um divisor para a bacia hidrográfica Na microbacia do Cangati, o relevo se apresenta ondulado, com morros arredondados cortados por ravinas (escavações, canaletas) provocadas pelas chuvas, formando riachos intermitentes. Os topos dos morros são aplainados e as encostas têm declives que oscilam em torno dos 4%. (Prancha 3 – Fotos 3 e 4).



Mapa 3 – Modelo Digital de Terreno da Bacia do Rio Cangati Elaborado com Programa Surfer 8  
Fonte: Socorro Liduina Carvalho Costa

### 4.1.3-Aspectos climáticos

A maior parte dos processos naturais é influenciada pelo clima. Relevo, solo, vegetação, recursos hídricos e, principalmente, a vida humana, são ajustados às condições atmosféricas e climáticas. O Estado do Ceará apresenta aproximadamente 92% de sua área influenciada pelo clima semiárido, com períodos prolongados de seca, em que as atividades socioeconômicas são profundamente modificadas, através da queda da produção, êxodo rural, crescimento da miséria etc.

A região semiárida cearense ocupa áreas correspondentes à latitude subequatorial, apresentando, de modo geral, as seguintes características:

- altas temperaturas ao longo de todo o ano;
- alta insolação durante todo o ano;
- baixos índices pluviométricos, em geral inferiores a 800mm anuais, concentrados em curtos períodos, com acentuada irregularidade espacial e temporal;
- altas taxas de evapotranspiração em virtude do elevado coeficiente térmico e pequena quantidade de água disponível para o desenvolvimento das plantas;
- pequena capacidade de retenção de água no solo, em razão da predominância de terrenos cristalinos (cerca de 92% da área do estado);
- baixo potencial de natureza hídrica superficial e subterrânea;
- pequena parcela de terras que reúnem condições favoráveis de clima, solos férteis e topografia favorável (terrenos sedimentares).

Estas condições climáticas desfavoráveis, aliadas à retirada da cobertura vegetal nativa, sem qualquer critério, aceleram os processos de intemperismo dos solos, contribuindo para a degradação ambiental no Estado, principalmente nas

regiões mais interioranas.

Segundo a classificação de Koppen (BRASIL, 1973), a microbacia do Cangati pode se enquadrar no tipo climático BSw'h' (clima quente, semiárido), onde a estação chuvosa se atrasa para o outono, observando-se temperatura superior a 18° C no mês mais frio.

A classificação bioclimática de Gaussen (GALVÃO, 1967) fundamenta-se na determinação do período seco e índice xerotérmico, relacionando o ritmo das temperaturas e precipitações durante o ano e considerando os estados favoráveis e desfavoráveis à vegetação. A curta duração da estação chuvosa é consequência das penetrações da Massa Equatorial Continental (Emc) e das descidas da Frente Intertropical (FIT).

No Nordeste brasileiro a circulação atmosférica gira em torno de quatro sistemas meteorológicos: dos Alísios de SE, da Convergência Intertropical (CIT), do Equatorial Amazônico (EC) e da Frente Polar Atlântica (FPA). Estando o município de Canindé localizado na porção central do Ceará, as primeiras precipitações ocorrem no período de dezembro a fevereiro (início do verão), a exemplo do que ocorre no restante do Estado.

O sistema da Convergência Intertropical (CIT) atua nessa região com menor intensidade do que verificada no litoral e nas serras, onde é influenciado, respectivamente, pelos alísios e pelo relevo. Na zona correspondente à Depressão Sertaneja (sertão), a influência deve-se ao maior aquecimento do continente em relação ao oceano, o que causa o encurtamento da faixa dos *doldrums* para essa área.

A irradiação solar é alta, girando em torno de 2.640h/ano. Por sua localização próxima à linha do Equador, a incidência de raios solares é praticamente uniforme durante o ano.

A temperatura média é de cerca de 27° C, com máxima próxima de 34° C e mínima em torno de 22° C. As precipitações anuais giram em torno dos

756,1mm. O trimestre mais seco vai de agosto a outubro e o mais úmido se estende de fevereiro a abril, podendo prolongar-se até maio.

O histórico geral das precipitações na bacia hidrográfica, desde o ano de 1974 a junho de 2003, pode ser visto na Tabela 2, evidenciando as precipitações acumuladas anuais. Estes valores foram utilizados para cálculo de fator “R” de erosividade da chuva, constante no Capítulo 5.

O balanço hídrico consiste do confronto entre as necessidades das plantas e a quantidade de chuvas que ocorre numa determinada região. Em outras palavras, representa a contabilidade da entrada e saída de água no solo.

Para a caracterização do balanço hídrico de Canindé (Tabela 3), levando-se em conta que este município não possui estação meteorológica e sim postos pluviométricos, tomaram-se por base os valores reais de temperatura e precipitação, estimando-se os demais parâmetros. (VAREJÃO-SILVA, 1990).

ANO	JAN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1974	139,5	208,2	329,8	309,8	230,2	28,8	2,6	0	5	1,6	4,2	8,6	1268,3
1975	72,4	110,0	189,6	176	153,6	39,2	107,8	0	0	5,6	1,2	21	876,4
1976	19,6	185,6	156,2	44,8	38,6	0	0	1,6	0	1,8	0	7,8	456,0
1977	120,8	75,2	153,5	137,4	69,2	74,4	46,8	0	0	0	0	0	677,3
1978	10,1	154,7	173	180	109,8	13,8	6,6	0	0	0	38	36,5	722,5
1979	63,5	59,6	51,4	58,6	0	0	0	0	0	0	13	12,2	258,3
1980	38,0	208,7	116,6	74,2	34,5	24,2	0	0	0	0	0	0	496,2
1981	20,9	19,6	311,6	61,3	48,1	0	0	0	0	0	0	43,3	504,8
1982	9,0	68,6	192,2	131	53,4	38,3	3,8	3	1,2	0	0	0	500,5
1983	2,8	94,5	96,1	81	15,7	0	0	0	0	0	0	0	290,1
1984	21,8	92,5	150	159,3	189,7	29,8	23,7	5,1	4,4	2,8	5,2	0	684,3
1985	217,2	315,6	446,1	450,9	116,7	91,5	34,4	0	1,5	0	0	3,9	1677,8
1987	3,4	30,9	278,2	79,4	25,1	141,2	2,6	0	0	0	0	0	560,8
1988	35,6	144,7	284,6	282,4	102,2	48,2	17	0	12	2,6	1,6	44,9	975,8
1989	102,4	9,7	187,9	236,9	173,2	84,8	43,7	0	0	0	0	149,4	988,0
1990	0,0	46,3	27,8	47,4	69,7	2,6	3,8	21,2	0	0	0	0	218,8
1991	74,0	104,8	155,5	81,5	7,3	13,9	0	0	0	6,5	0	0	509,2
1992	67,2	125,0	119,8	55,7	0	12,2	6	0	0	0	0	0	385,9
1993	9,8	8,4	40	45,5	69,3	7	10,5	0	0	0	0	0	190,5
1994	176,7	115,8	133,4	141,6	40,1	133,3	34,3	0	0	0	0	51,2	826,4
1995	30,5	107,2	200,8	218,2	60	10,2	23,7	0	0	0	0	0	650,6
1996	114,2	109,6	401,7	286,4	48,2	2,2	0	21,6	0	5,4	5,6	0	994,9
1997	73,7	26,8	121,2	80,4	0	0	0	0	0	0	0	32,8	334,9
1998	122,7	37,2	61	13	2,2	0	0	0	0	0	0	0	236,1
1999	8,8	32,0	152,9	28,4	67,2	17,2	0	0	0	0	18,5	45	370,0
2000	124,4	120,9	122,3	154,5	38,5	56	45,4	59,2	0	0	0	9,2	730,4
2001	23,9	6,4	113,5	220,2	5	0	0	0	0	0	0	0	369,0
2002	224,1	19,6	91,5	153,6	70,8	13,2	15,6	0	0	0	0	0	588,4
2003	36,8	119,4	276	132,1	86,8	0	0	0	0	0	0	0	651,1

Tabela 2 – Precipitação Total (em mm) / Período: 1974-2003 / Posto Canindé  
 Fonte: FUNCEME (2003).

Local: Canindé									
Lat: 4° 21' S      Long: 39° 18' W									
Capacidade de armazenamento do solo: 125mm.									
MÊS	T °C	P mm	Eto mm	P-Eto mm	ARM Mm	ALT mm	ER mm	EXC mm	DEF mm
Jan.	27,6	83,3	153	-70	0	0	83	0	70
Fev.	27,0	146,8	131	16	16	16	131	0	0
Mar.	26,5	185,6	137	49	64	49	137	0	0
Abr.	26,3	169,7	129	41	105	41	129	0	0
Mai.	26,2	89,0	130	-41	77	-28	117	0	13
Jun.	26,1	42,5	123	-81	40	-37	80	0	44
Jul.	26,3	13,4	131	-118	16	-24	37	0	94
Ago.	26,8	5,6	142	-136	5	-11	17	0	15
Set.	27,2	0,3	142	-142	2	-3	3	0	139
Out.	27,5	0,6	151	-150	1		2	0	149
Nov.	27,6	3,4	148	-145	0		4	0	144
Dez.	27,8	15,9	156	-140	0	0	16	0	140
ANO	26,9	756,1	1673	-917	326	0	756	0	917

**Tabela 3 – Balanço Hídrico de Canindé, segundo Thornthwaite e Mather (1955)**

Fonte: Dados de 1996 Fornecidos pela FUNCEME.

LEGENDA DOS SÍMBOLOS

T – temperatura °C;

P – precipitação mm;

Eto – evotranspiração de referência;

ARM – armazenamento de água pelo solo;

ER – estimativa da evotranspiração real;

EXC – excedente hídrico;

DEF – deficiência hídrica.

Os resultados indicam que o clima é do tipo Dr, semiárido, sem excedente hídrico, apresentando Índice de Aridez de 54,81, Índice de Umidade igual a zero e Índice Hídrico de -54,81. A diferença P-Eto é positiva, isto é, durante 9 meses do ano há déficit hídrico.

O que se pode constatar no semiárido, é que o regime pluviométrico tem sua especificidade e que deve ser assimilado por toda população, tendo em vista o melhor aproveitamento e manejo deste recurso.

#### 4.1.4-Solos

O conhecimento dos solos constitui uma das principais bases nos trabalhos de planejamento territorial.

A heterogeneidade de características ambientais a que o Ceará está submetido proporciona extensa variação de solos.

Analisando o contexto pedológico da bacia hidrográfica em estudo, observa-se o predomínio de ambientes típicos de depressão sertaneja, caracterizados por uma associação de solos bastante diversificados (Prancha 3 – Foto 5), normalmente rasos ou medianamente profundos, com incidência de afloramentos rochosos e pavimentos detríticos. Por suas características físicas pouco favoráveis, apresenta restrições acentuadas quanto à mecanização, pouca profundidade efetiva, baixa capacidade de retenção d'água, risco de inundação e salinização, além da deficiência hídrica em razão do clima semiárido dominante. (MAPA DE SOLOS ANEXO B).

O plantio morro abaixo é uma prática corrente na agricultura cearense e um dos principais fatores na degradação dos solos. Anexam-se a esta outras práticas corriqueiras como brocas, queimadas, destocamentos, desmatamentos para abertura de áreas de plantio e/ou para aproveitamento da madeira nas mais diversas finalidades (construção de moradias e prédios, lenha, cercas, currais, etc.) que também comprometem sobremaneira a sustentabilidade do ecossistema das microbacias e da caatinga.

A derrubada ou inexistência da mata ciliar ao longo dos cursos d'água da microbacia prejudica o solo carregando matéria orgânica e nutrientes minerais, afeta a qualidade da água, como também induz o assoreamento das calhas desses cursos e as bacias hidráulicas dos reservatórios, diminuindo-lhes a capacidade de acumulação d'água.

A descrição e os critérios utilizados neste estudo, a conceituação das classes de solos e respectivas fases estão de acordo com as normas adotadas pelo Centro

Nacional de Pesquisa de Solos da EMBRAPA (1988b); Brasil (1973) e também com Lemos e Santos (1996) e seguem, relativamente, os critérios expostos no *Soil Survey Manual* (ESTADOS UNIDOS, 1951) e *Soil Taxonomy*. (ESTADOS UNIDOS, 1975). É importante ressaltar a nova classificação dos solos brasileiros produzida pela EMBRAPA (1999), através da publicação “Sistema Brasileiro de Classificação de Solos”.

#### **4.1.4.1-Solo podzólico vermelho-amarelo eutrófico**

Compreendem solos com B textural não hidromórficos, baixa saturação com alumínio, ácidos com quantidade significativa de minerais primários facilmente decomponíveis, os quais constituem fontes de nutrientes para as plantas. Apresentam média a alta fertilidade natural. (JACOMINE et al., 1973).

Segundo os mesmos autores, encontram perfis bem diferenciados, textura normalmente arenosa ou média no horizonte A e argilosa ou média no B, frequentemente cascalhenta. Figuram ainda mudança textural abrupta do A para B. São normalmente solos bem drenados, com exceção dos solos rasos que apresentam drenagem moderada/imperfeita. São de moderadamente ácidos a ácidos, raramente neutros, ou mesmo ligeiramente alcalinos. Nas frações de areia e cascalho destes solos observa-se a dominância de quartzo (que decresce seus teores em profundidade), além da presença de feldspato potássico e sódico, às vezes com aderência ferruginosa, atingindo percentuais de até 40 %, bem como teores elevados de biotita e muscovita nos horizontes Bt e C.

De modo geral, esses solos possuem de médio a alto potencial agrícola, dependendo da disponibilidade hídrica e das condições de relevo.

Dentro dessa unidade ocorrem as variações cascalhamento, abrupto, plíntico e fase pedregosa.

O controle da erosão deve ser intensivo, com práticas conservacionistas adequadas, com o fim de manter sua capacidade produtiva. Nos locais onde ocorre pedregosidade, podem-se utilizar as pedras na confecção de cordões de contorno.

É recomendado o uso de implementos agrícolas muito leves, de preferência à tração animal. É conveniente a adoção do sistema de plantio direto.

Na área da bacia do rio Cangati, estes solos apresentam argila de atividade alta, ou seja, capacidade de troca de cátions após correção para carbono acima de 24 cmolc/kg de argila. Caráter eutrófico (valor V maior que 50%) e são solos pouco profundos.

O solo Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico ocupa 22,17% da bacia estudada, situando-se em manchas localizadas no centro da bacia.

De acordo com sua ocorrência na bacia do Cangati, esta classe de solo foi agrupada, segundo Braga *et al.* (2001), nas seguintes associações: PE1. PE2.

#### **4.1.4.2-Solo Não-Cálcico**

São solos minerais não hidromórficos, com argila de atividade alta, saturação e soma de bases altas, reação moderadamente ácida e praticamente neutra, ou mesmo moderadamente alcalina, de alta fertilidade natural, possuindo, em sua composição mineralógica, elevados teores de minerais primários, facilmente decomponíveis, os quais constituem fonte de nutrientes para as plantas.

São solos rasos ou pouco profundos, com sequência de horizontes At Bt e C. Os horizontes A e Bt apresentam espessuras que variam normalmente entre 30 e 90cm, com textura arenosa ou média no horizonte a e média ou argilosa no horizonte Bt. Ocorrem mudanças texturais abruptas do A para o Bt e frequentemente apresentando descontinuidade quanto à natureza do seu material originário, entre os horizontes superficiais e subsuperficiais.

Ocupam extensas áreas de relevo plano a suavemente ondulado, nos domínios da depressão sertaneja, onde predominam rochas gnáissico-migmáticas. Apresentam fortes limitações ao uso agrícola pela falta d'água, além da frequente pedregosidade superficial natural. Geralmente, estes solos

são amplamente aproveitados com pecuária realizada de modo extensivo em meio à vegetação natural de caatinga. A erosão laminar atua de forma bastante severa, com a formação de sulcos, necessitando controle intensivo. A irrigação deve ser direcionada às áreas pouco erodidas, com pequena declividade, procurando-se remover a pedregosidade superficial.

Esta classe de solo está situada ao centro da bacia constituindo o segundo componente da unidade de mapeamento PE1, de acordo com Braga *et al.* (2001), equivalendo a 2,71% da área.

#### **4.1.4.3-Solos aluviais eutróficos**

Compreende solos minerais pouco desenvolvidos, provenientes de deposições fluviais recentes, predominantemente não hidromórficos, apresentando apenas um horizonte A, superficial diferenciado, seguido de uma sucessão de camadas estratificadas, as quais, geralmente, não guardam relação pedogenética entre si. (JACOMINE *et al.*, 1973).

Segundo os autores supracitados, são solos que variam de moderadamente profundos a muito profundos, de textura as mais diversas, drenagem comumente imperfeita ou moderada, apresentando, em geral, grande potencialidade agrícola.

As características destes solos variam principalmente em função da natureza do material originário, proveniente de deposições recentes.

Devido à posição que ocupam, o risco de inundação constitui a principal limitação destes solos, além da prolongada estação seca nos locais onde ocorrem. Todavia, vista das qualidades que apresentam, tais como sua alta fertilidade natural e profundidade, podem os mesmos ser cultivados, aproveitando-se o período de chuvas, com as mais diversas culturas de ciclo curto, tais como algodão herbáceo, feijão, milho, além de culturas de ciclo longo como fruteiras e cana de açúcar.

Podem ainda ser usados com diferentes pastagens para alimentação de gado vacum, bem como ovinos e caprinos. Recomenda-se também o cultivo de arroz nas áreas que apresentam textura mais argilosa.

No caso de serem irrigados, cuidados especiais devem ser observados quanto ao risco de salinização, bem como referentes à drenagem.

Segundo Braga *et al.* (2001), são classificados com a simbologia Ae e encontram-se situados ao longo dos rios da bacia do Cangati, perfazendo um total de 3,51% da área.

#### **4.1.4.4-Solos litólicos eutróficos**

De acordo com Jacomine *et al.* (1973), são solos pouco desenvolvidos, de rasos a muito rasos, possuindo apenas um horizonte A, ocorrente diretamente sobre a rocha ou sobre materiais desta rocha em grau mais adiantado de “intemperização”, constituindo-se um horizonte C com muitos materiais primários e blocos de rocha semi-intemperizadas de vários tamanhos sobre a rocha subjacente coerente e dura. São, portanto, solos com sequência de horizontes A-C-R ou A - R.

Estes solos podem ser eutróficos ou distróficos, quase sempre apresentando bastante pedregosidade e rochiosidade na superfície. O horizonte A apresenta-se comumente fraco ou moderado, com espessuras variando entre 15 a 40 cm e tonalidades diversas. Possuem drenagem variando de moderada à acentuada e são, comumente, bastante susceptíveis à erosão em decorrência de sua reduzida espessura.

O material originário é representado, em grande parte, por saprolito de ganisses, migmatitos e de granitos, ocorrendo também solos derivados de quartzitos, arenitos, filitos e xistos. O relevo varia de plano a montanhoso, com vegetação de transição mata/caatinga e mata seca.

As limitações ao uso destes solos dizem respeito a sua pouca profundidade,

além das consequências decorrentes da declividade e relevo das áreas onde se encontram.

A pouca utilização agrícola destes solos decorre das limitações fortes a muito fortes pela deficiência d'água, pedregosidade, rochiosidade e pequena profundidade, somente praticáveis com a utilização de sistemas agrícolas primitivos, com uso de implementos manuais. A pecuária pode ser praticada em algumas áreas destes solos, devendo-se apenas escolher trechos de relevo plano, suave ondulado, ou mesmo ondulado, onde as declividades não sejam acentuadas, bem como áreas com menor pedregosidade e rochiosidade. As áreas mais acidentadas devem ser destinadas à preservação da fauna e flora regionais.

Na área em estudo, tais solos apresentam-se com caráter eutrófico, horizonte A fraco ou moderado e textura arenosa ou média, em relevo montanhoso, forte ondulado e ondulado.

Segundo Braga *et al.* (2001), na bacia hidrográfica do rio Cangati foram feitas as seguintes associações de solos Litólicos Eutróficos: Re1, Re2.

Esta classe de solo está situada no sul, sudeste e sudoeste da bacia, como também associado ao PE2, equivalendo a 71,30% da área.

#### **4.1.4.5-Correlação entre as classes de solos no sistema de classificação utilizado e o atual sistema brasileiro de classificação de solos**

O Quadro 1 abaixo assinala as relações entre a nomenclatura empregada na identificação das classes de solos constantes neste estudo e a utilizada pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. (EMBRAPA, 1999).

SISTEMA UTILIZADO	SBCS
PODZOLICO VERMELHO-AMARELADO Ta EUTROFICO pouco profundo, horizonte A moderado, textura arenosa/medi, fase caatinga, hiperxerófila, relevo ondulado.	LUVISSOLO CRÔMICO Ta Ortico típico, horizonte A moderado, textura arenosa/média, fase caatinga hiperxerófila, relevo ondulado.
PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO Ta EUTROFICO pouco profundo abruptico, horizonte A moderado, textura arenosa/média, fase caatinga hiperxerófila, relevo ondulado.	LUVISSOLO CRÔMICO Ta Ortico típico abruptico, horizonte A moderado, textura arenosa/média, fase caatinga, hiperxerófila, a relevo ondulado.
BRUNO NÃO CÁLCICO horizonte A moderado, textura arenosa/argilosa, fase caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado.	LUVISSOLO CRÔMICO Ortico típico abruptico, horizonte A moderado, textura arenosa/argilosa, fase caatinga hiperxerófila, relevo ondulado.
SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS horizonte A moderado, textura indiscriminada, fase caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado.	NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Eutróficos típicos, horizonte A moderada, textura indiscriminada, fase caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado.
SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS horizonte A fraco e moderado, textura média, fase caatinga hiperxerófila, relevo forte ondulado e montanhoso, substrato gnaiss e granito.	NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos típicos horizonte A fraco e moderado, textura média, fase caatinga hiperxerófila, relevo forte ondulado e montanhoso, substrato gnaiss e granito.
SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS horizonte A fraco, textura média, fase caatinga hiperxerófila, relevo forte ondulado e montanhoso, substrato gnaiss e granito.	NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos típicos horizonte A fraco, textura média, fase caatinga hiperxerófila, relevo ondulado, substrato gnaiss e granito.

**Quadro 1 – Relações entre as Classes de Solos e Respectivas Fases**

Fonte: EMBRAPA (1999)

### 4.1.5-Vegetação

O Estado do Ceará apresenta diversos tipos vegetacionais. Entre estes predomina a caatinga. Isto se deve ao regime de semiaridez, às condições de solos pedregosos, à deficiência hídrica e por grande parte do Estado encontrar-se em níveis altimétricos abaixo de 500 m.

As variações desses fatores climáticos, edáficos e geomorfológicos exercem grande importância nos padrões fisionômicos e de distribuição da flora.

O frutíceto estacional caducifólio xeromórfico (Caatinga Arbustiva) recobre grande parte do território semiárido estadual, representado por espécies vegetais caducifólias, com adaptações morfológicas e fisiológicas ajustadas ao ambiente seco.

Segundo a descrição de Duque (1980), a caatinga é um conjunto de árvores e/ou arbustos de fisionomia densa ou aberta, em geral de porte e esgalhamentos baixos, com diversa variação florística, apresentando na caducidade e no pequeno tamanho das folhas características que, juntamente com outras formas adaptativas como órgãos de reserva, permite-lhe desenvolver-se em ambientes com condições semiáridas.

A cobertura vegetal dominante na bacia do Cangati é a Caatinga Baixa (FERNANDES, 2001) que corresponde a uma vegetação xerófita onde predominam espécies com fisionomia e fisiologia arbustiva de porte entre 2 e 4 metros. Dado o antropismo existente, a paisagem original encontra-se bastante alterada com perda de grande de seus componentes florísticos originais. (Prancha 3 - Foto 6).

A ação antrópica para exploração agrícola e pecuária transformou grande parte da vegetação, notando-se, no entanto, a existência de áreas originais remanescentes, principalmente nas partes mais elevadas e de maior declividade, em determinados casos, já anteriormente utilizados, ora em pousio, tendo muitas vezes recuperado seu aspecto original.

As principais espécies verificadas na área são: marmeleiro (*Croton sonderianus*), jurema preta (*Mimosa hostilis*), aroeira (*Astronium urundeuva*), pereiro (*Aspidosperma pirifolium*), pau branco (*A u x e m a onconcalyx*), umburuna de espinheiro (*Bursera leptophlocos*), angico (*Anadenanthera macroarpa*), jurema preta (*Mimosa hostilis*), mofumbo (*Cobretum leprosum*), oiticica (*Licania rigida*), carnaúba (*Copernicia prunifera*), pereiro (*Aspidosperma pirifolium*), pitia (*Aspidosperma ulei*), mororó (*Bauhinia forficata*), catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), canafistula (*Cassia ferruginea*), juazeiro (*Ziziphus joazeiro*).

#### 4.1.6-Recursos hídricos

O estudo da rede hidrográfica de uma determinada região permite a identificação da ocorrência e disponibilidade de seus recursos hídricos, além de diagnosticar o estado de degradação das áreas adjacentes em função da produção, transporte e deposição de sedimentos (processos hidrossedimentológicos) nas calhas fluviais e faixas intermediárias (encostas e interflúvios tabulares).

Segundo Souza (1988 *apud* TORQUATO *et al.*, 1989), as chuvas caem em breves pancadas com aguaceiros torrenciais ampliando a sua eficiência erosiva e escoam segundo o caimento difuso que passa a representar o principal agente de transporte das alterações oriundas da desagregação física das rochas. A continuidade do processo conduz à concentração do escoamento laminar e em decorrência da competência dos processos, o transporte e a deposição dos materiais passam a ser seletivos, o material mais grosseiro permanece para montante dos pedimentos, constituindo os chãos pedregosos. Os pedimentos de menor calibre vão sendo transportados para jusante, na direção dos fundos de vales ou das pequenas depressões que constituem as áreas de acumulação inundáveis.

O arranjo da rede de drenagem é função do conjunto de variáveis físicas (substrato rochoso, relevo, clima e solos), biológicas (cobertura vegetal) e não menos importantes - socioeconômicas, através dos diversos graus de intervenção do homem sobre a área.

A ordenação dos cursos d'água, de Horton (1945 *apud* CRISTOFOLETTI, 1980), relata que os rios de primeira ordem são aqueles que não possuem tributários; os de segunda ordem apenas recebem tributários de primeira ordem; os de terceira ordem podem receber um ou mais tributários de segunda ordem, podendo receber também da primeira ordem; os de quarta ordem recebem tributários de terceira e também os de ordem inferior, assim sucessivamente. O rio principal, entretanto, é consignado pelo mesmo número de ordem desde sua nascente.

Os mananciais hídricos superficiais do Estado são constituídos por parte das bacias hidrográficas dos rios Acaraú, Curu, Pacoti, Choró, Pirangi e Jaguaribe. O município de Canindé é compreendido pelas bacias do Curu 78,4%, Metropolitana 19,2%, Acaraú 2,16% e Banabuiú 0,23%.

A microbacia do Cangati possui uma área de 75 km<sup>2</sup> e compreende as margens direita e esquerda da nascente do rio Cangati, sendo este classificado de 2ª ordem na hierarquia hidrográfica do rio Choró, componente da Bacia Metropolitana. (MAPA HIDROGRÁFICO ANEXO B).

O rio Cangati tem como divisores d'água de sua nascente a Serra da Pintada e a Serrinha, próximos à localidade de Cachoeira no município de Canindé, à margem da BR-020.

O sistema hidrográfico está constituído por pequenos riachos e córregos temporários e dependentes do regime pluviométrico.

Destacam-se como principais tributários do rio Cangati, pela sua margem esquerda, os riachos Imburana, Carneiro, Compasso, Felão Camuru e Arapuá e, pela margem esquerda, os riachos do Boqueirão, Macacos, Maiba, Boi Pombo, das Minas, Salgadinho e Preá.

A derrubada ou inexistência da mata ciliar ao longo dos cursos d'água da microbacia prejudica o solo carreando matéria orgânica e nutrientes minerais, afeta a qualidade da água, como também induz o assoreamento das calhas desses cursos e as bacias hidráulicas dos reservatórios, diminuindo-lhes a capacidade de acumulação d'água.

Em função da presença de um substrato litológico cristalino, o padrão de drenagem é dedrítica, superconcentrada, possuindo ainda a área um fraco potencial de acúmulo hídrico subterrâneo. Os aquíferos são quantitativamente reduzidos em função da litologia cristalina e sobre o embasamento uma pequena espessura do material permeável, o que reduz a infiltração hídrica (principalmente pela inexistência de bacias sedimentares) e, conseqüentemente, a acumulação das águas no substrato.



Foto 1 – Rocha migmatítica representante do embasamento cristalino, localmente definido como Complexo Nordestino.



Foto 2 – Dobras pitigmáticas, mostrando o elevado grau de complexidade da área.



Foto 3 e 4 – Cordões de pedra e o aspecto morfológico mostrando ao fundo as vertentes da serra Talhada divisor da microbacia.



Foto 5 – Solos bastante diversificados, normalmente rasos ou mediamente profundos, com incidência de afloramentos rochosos.



Foto 6 – Ressurgimento da caatinga arbustiva nas margens do riacho barrado.

**Prancha 3 - Aspectos da Geologia, Geomorfologia, Solos e Vegetação da Área**

Fonte: Socorro Liduina Carvalho Costa

# Resultados e Discussão 5

---

---

## 5-RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1-Atributos Físicos e Químicos dos Sedimentos Acumulados nos Microbarramentos na Área do Riacho Bananeiras

#### 5.1.1-Atributos físicos

As análises granulométricas dos sedimentos acumulados nos períodos úmido 1, úmido 2 e seco mostraram que a fração predominante foi a areia, principalmente a areia grossa com percentagem superior a 50% . (Gráfico 1).

As classes texturais variaram de areia, areia franca à franco-arenosa. (Tabela 4). A predominância da fração areia nos sedimentos é explicada pela proximidade entre a zona de deposição (microbarramentos) e a área fonte (cabeceras e encostas). Após a erosão e o transporte, as partículas maiores são as primeiras a se depositarem, enquanto as partículas menores (silte e argila) permanecem em suspensão depositando-se quando reduz a energia do agente transportador, assim que as águas entram em repouso.

Os materiais acumulados nos microbarramentos são, em sua totalidade, representados por camadas estratificadas de sedimentos detríticos intercaladas com sedimentos pelíticos ricos em matéria orgânica.

Em relação à densidade de partículas, as camadas apresentaram valores que variaram de 2,51 a 2,7 com média de 2,6 g/cm<sup>3</sup>. Valores muito próximos aos observados na maioria dos solos, 2,65 g/cm<sup>3</sup>. (Tabela 2). Este fato é ser atribuído à predominância de partículas de quartzo ( $d=2,65$  g/cm<sup>3</sup>), biotita (3,0 g/cm<sup>3</sup>) e feldspato (2,69 g/cm<sup>3</sup>) nas camadas detríticas.

No microbarramento BA03, as camadas A, B, C, E e G, analisadas em lupa binocular, apresentaram composição mineralógica semelhante constituída, principalmente, de quartzo, biotita e feldspato. A camada D, apesar de detrítica, apresenta níveis significativos de matéria orgânica. As demais camadas F e H

são constituídas de sedimentos arenosos e argilosos com grande quantidade de matéria orgânica com média de 35,22 g/kg.

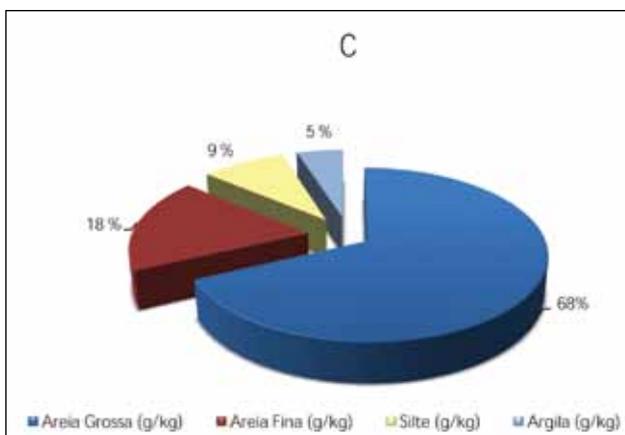
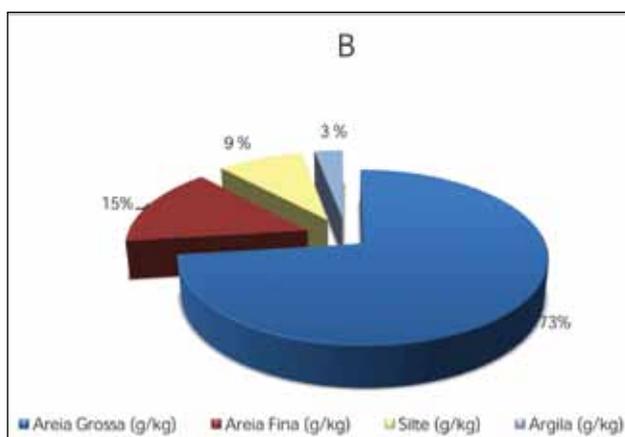
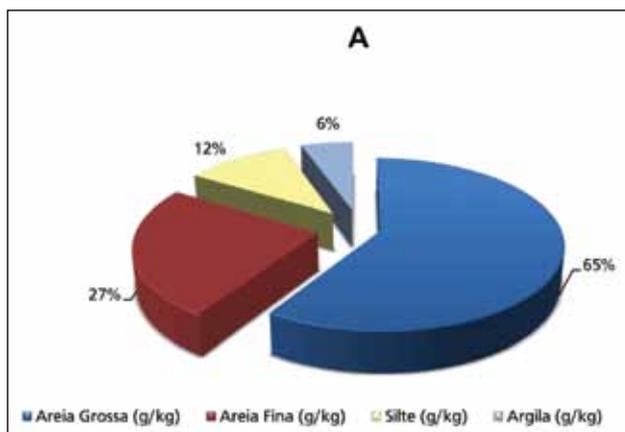
Em geral, o quartzo ocorre em grãos angulosos a subangulosos, de tamanhos variados, com baixo grau de esfericidade, o que indica a imaturidade dos sedimentos ou a proximidade da área fonte. Os cristais nem sempre são límpidos e incolores apresentando, com frequência, inclusões de turmalina e cobertura ferruginosa na superfície. Além de grãos individuais de quartzo, ocorrem, ainda, nas camadas detríticas grãos mistos constituídos de quartzo, feldspato, microclina e mais raramente biotita, resultantes da decomposição das rochas gnáissicas do embasamento.

Período	ÚMIDO 1								SECO								ÚMIDO 2								MV	
	MV				MV				MV				MV				MV									
	A	B	C	D	E	F	G	H	A	B	C	D	E	F	G	H	A	B	C	D	E	F	G	H		
<b>Camadas</b>																										
<b>Atributos Físicos</b>																										
Areia Grossa (g/kg)	860	650	260	840	140	-	-	-	550	930	510	780	-	920	360	910	350	680	570	650	880	-	830	-	-	732,5
Areia Fina (g/kg)	80	200	420	110	520	-	-	-	266	30	280	160	-	50	350	60	320	178,57	230	180	70	-	110	-	-	147,5
Silte (g/kg)	40	100	220	30	220	-	-	-	122	20	140	40	-	10	210	10	230	94,29	150	130	30	-	40	-	-	87,5
Argila (g/kg)	20	50	100	20	120	-	-	-	62	20	70	20	-	20	80	20	100	47,14	50	40	20	-	20	-	-	32,5
Argila Natural (g/kg)	10	20	30	10	60	-	-	-	26	10	20	10	-	10	20	10	20	14,29	10	10	10	-	10	-	-	10
Class. Textural	A	FA	FA	A	FA	-	-	-	-	A	AF	A	-	A	FA	A	FA	A	A	AF	AF	A	-	A	-	A
Grau de Floculação (g/100g)	50	60	-	70	50	50	50	71	401	50	71	50	-	50	75	50	80	61	80	75	50	-	50	-	-	63,75
Densidade Global (g/cm³)	1,36	1,49	-	1,35	1,4	1,25	1,44	1,39	9,68	1,37	1,35	1,41	1,33	1,53	1,3	1,4	1,35	1,38	1,4	1,32	1,43	-	1,42	-	-	1,393
Densidade Partícula (g/cm³)	2,62	2,57	-	2,51	2,66	2,51	2,62	2,7	18,19	2,58	2,51	2,7	-	2,70	2,48	2,56	2,55	2,58	2,63	2,57	2,63	-	2,62	-	-	2,613
Umidade 0,033 Mpa (g/100g)	3,42	8,79	-	23,7	2,47	24,7	2,05	19,8	85,03	3,04	8,7	2,89	16,3	2,33	13,7	2,15	15	8,01	12,7	13,80	2,52	-	2,42	-	-	7,86
Umidade 1,5 Mpa (g/100g)	2,80	3,34	-	7,02	8,5	8,5	1,51	5,52	30,48	2,2	7,15	1,92	9,98	1,77	8,45	1,31	9,14	5,24	5,79	7,1	1,8	-	1,75	-	-	4,11
Umidade Água Útil (g/100g)	0,62	5,45	-	16,7	0,68	16,2	0,54	14,3	54,55	0,84	1,56	0,97	6,31	0,56	5,27	0,84	5,83	2,77	6,87	6,74	0,72	-	0,67	-	-	3,75

Tabela 4 – Atributos Físicos dos Sedimentos Acumulados nos Períodos Seco e Úmido 1 e 2

Fonte: Socorro Liduina Carvalho Costa

MV – Média dos Valores das Camadas A – Areia FA – Franco Arenosa AF – Areia Franca



**Gráfico 1 – Análises Granulométricas das Frações Acumuladas nos períodos Úmido 1, Úmido 2 (A e B) e Seco.**

Fonte: Socorro Liduina Carvalho Costa

## 5.1.2-Atributos químicos

Os resultados dos atributos químicos das diversas camadas de sedimentos analisados nos períodos úmido 1, seco e úmido 2 são apresentados na Tabela 5.

O pH das camadas apresenta-se neutro, valores que variam em média de 6,71 no período úmido 1; 5,81 no período seco e 7,03 no período úmido 2. O motivo da reação do solo estar próximo à neutralidade pode ser atribuído ao fato dos sedimentos mais recentes não terem sido submetidos ao processo de lixiviação interna. O maiores valores de pH observados nos períodos úmidos estão de acordo com o indicado por Luchese; Bortotti e Lenzi (2001), de que em épocas de menor precipitação (seca), o pH é inferior ao pH dos períodos de maior precipitação. Segundo Patella (1976), em condições de alagamento o pH se aproxima da neutralidade.

Os valores de condutividade elétrica em todas as camadas variaram de 0,11 a 1,30 dS m<sup>-1</sup>, indicando que as mesmas não apresentaram problemas de salinidade ( $CE_{es} < 4$  dS m<sup>-1</sup>). Entretanto foi verificada uma tendência de aumento no período úmido 1 (CE média de 0,30 dS m<sup>-1</sup>) em relação ao período úmido 2 (CE média de 0,73 dS m<sup>-1</sup>).

Do ponto de vista da fertilidade, o cálcio e o magnésio trocáveis variaram de médio a alto para a maioria das camadas. (Gráfico 2). Com valores para o cálcio com média 4,58 cmolc/kg, 3,58 cmolc/kg, 3,75 cmolc/kg, para os períodos úmido 1 seco e úmido 2, respectivamente. Já o magnésio variou em média de 1,36 cmolc/kg, 1,69 cmolc/kg e 1,85 cmolc/kg para os mesmos períodos analisados do cálcio em concordância com Fernandes (1993).

A capacidade de troca de cátions (T) entre as camadas variou de baixa (1,3 cmolc/kg) a alta (16,9 cmolc/kg), segundo valores indicados por Kiel (1979), correspondendo os maiores valores às camadas com maior conteúdo de argila, matéria orgânica e maior capacidade de retenção de água útil. (Tabela 5 e Gráfico 4).

Os sedimentos apresentam alta saturação de bases, com valores de V ( $V=100S/T$ ) em média acima de 80%, mostrando-se eutrófico, ou seja, de boa fertilidade.

O teor de nitrogênio variou entre 0,18 e 4,46 g/kg, com diferenças relativamente grandes entre as camadas, em média de 1,6 g/kg, 0,78 g/kg, 1,7 g/kg, respectivamente, para os períodos úmido 1, seco e úmido 2. Entretanto, em todos os casos a relação C/N ficou em torno de 10 (Gráfico 10), indicando que o estado da matéria orgânica está estável (equilíbrio). Conforme dados publicados por Kiel (1979), o húmus apresenta uma relação C/N variando entre 12:1 a 8:1, com valor médio de 10.

Nas observações de campo pode-se observar as raízes em busca das camadas com matéria orgânica, devido à maior presença de água e micronutrientes. (Prancha 4 - Fotos 1 e 2).

Os teores de potássio variaram de médio a alto com valores maiores nos períodos úmidos. Já o fósforo assimilável variou de alto a muito alto com acentuado acréscimo no período úmido 2 (61,25 mg/kg).

Os teores dos micronutrientes Fe, Mn, Cu e Zn são apresentados, respectivamente, nas Gráficos 7, 8, 9 e 10 para todas as camadas estudadas e interpretadas tomando como base os valores críticos definidos por Raij e Bataglia (1991), conforme Tabela 5.

**Tabela 5 – Classes de Interpretação dos Resultados dos Micronutrientes das Análises de Solo**

<b>ELEMENTOS</b>	<b>BAIXO</b>	<b>MÉDIO</b>	<b>ALTO</b>
Cu (mg/kg)	00,0-0,3	00,8-0,12	>>1,8
Fe (mg/kg)	00,0-8	119-30	>>45
Mn (mg/kg)	00,0-2	66-8	>>12
Zn (mg/kg)	00,0-0,4	11,0-1,5	>>2,2

Fonte: Raij; Bataglia (1991)

O ferro extraível teve uma variação de 15 mg/kg a 343,44 mg/kg, com média de 154,72 mg/kg, 24,37 mg/kg e 288,80 mg/kg, para o período úmido 1, seco e úmido 2, respectivamente. O manganês teve uma variação de 5,2 mg/kg a 304,14 mg/kg, com média de 66,45 mg/kg, 25,47 mg/kg e 130,82 mg/kg, para o período úmido 1, seco e úmido 2, respectivamente. O cobre teve a sua variação de 0,1 mg/kg a 3,7 mg/kg com média de 2,55 mg/kg, 0,65 mg/kg e 1,68, respectivamente para os períodos úmido 1, seco e úmido 2. Já o zinco teve a sua variação de 0,6 mg/kg a 6,1 mg/kg com média de 3,0 mg/kg, 1,92 mg/kg e 3,74 mg/kg para os respectivos períodos; úmido 1, seco e úmido 2.

Em todos os casos os teores desses micronutrientes foram maiores nas amostras coletadas nos períodos úmidos em relação às coletadas no período seco e considerados altos em relação à fertilidade. O aumento dos valores no período úmido é possivelmente causado pelo aumento da mineralização da matéria orgânica neste período. (Prancha 4 - Fotos 3 e 4). No caso do ferro e manganês pela suas reduções às formas solúveis ( $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ) segundo Havlin et al. (1999).





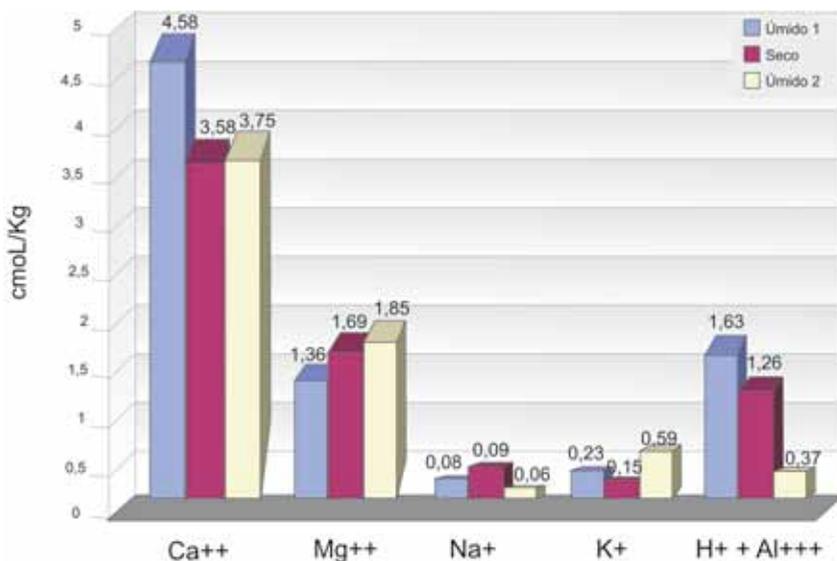
Foto 1 – Perfil das camadas de sedimentos do microbarramento Ba03 no período úmido 1, Observando o acúmulo de água a 33cm da camada A.

Foto 2 – Perfil das camadas de sedimentos do microbarramento Ba03 no período seco. Não se consegue diferenciar as camadas com matéria orgânica (processo de mineralização).

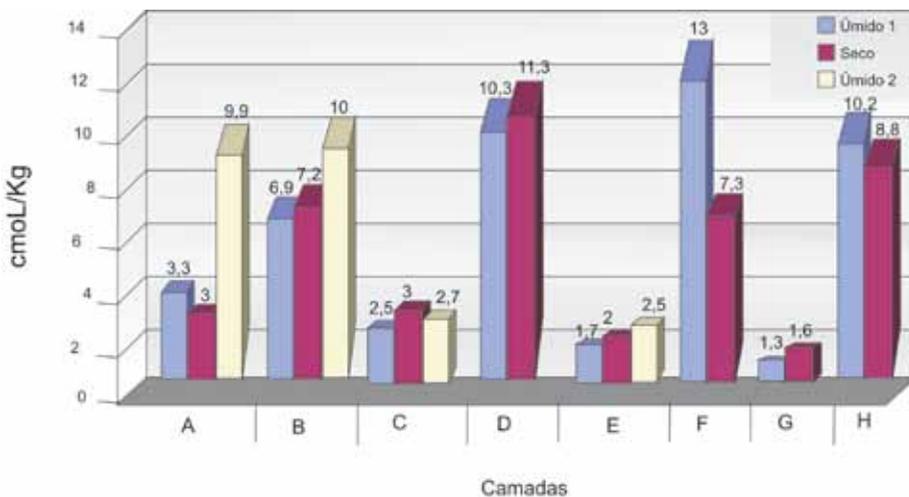
Foto 3 - Perfil das camadas de sedimentos do microbarramento Ba01 no período úmido 1.

Foto 4 - Perfil das camadas de sedimentos do microbarramento Ba02 no período úmido

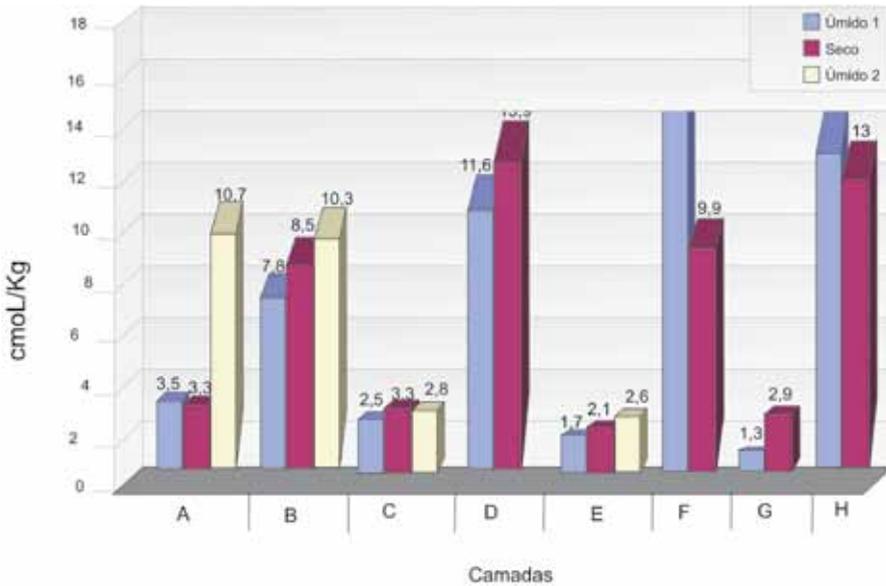
**Prancha 4 - Perfis e Cortes Estratigráficos dos Sedimentos Acumulados na Microbacia**  
 Fonte: Socorro Liduina Carvalho Costa



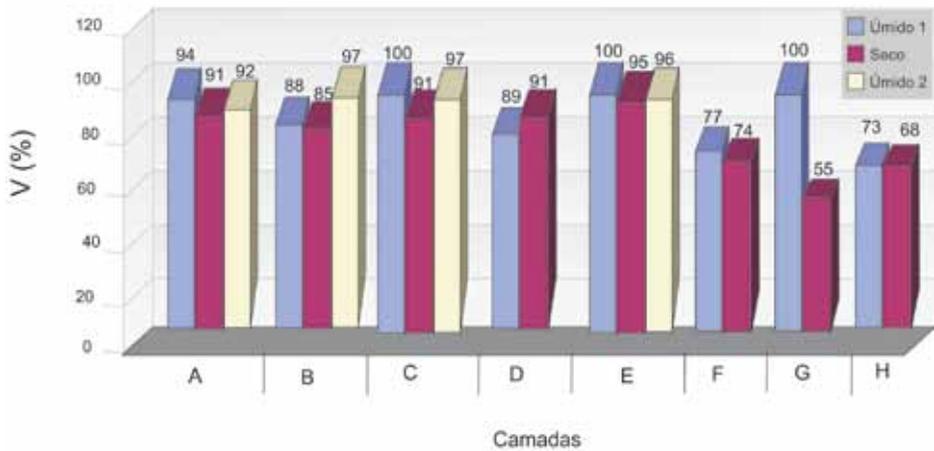
**Gráfico 2 – Histograma das Médias dos Teores de Cálcio, Magnésio, Sódio, Potássio, Hidrogênio e Alumínio dos Sedimentos nos Períodos Úmido 1, Seco e Úmido 2**  
 Fonte: Socorro Liduina Carvalho Costa



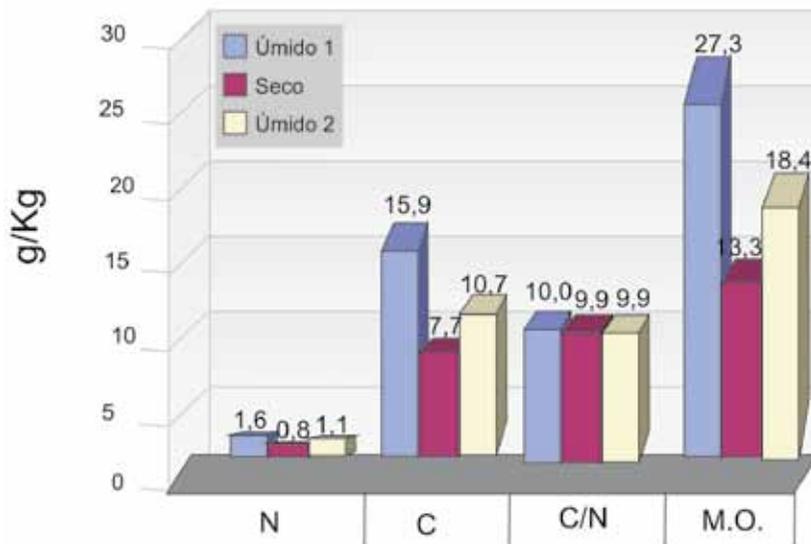
**Gráfico 3 – Histograma dos Valores de S (Soma de Bases Trocáveis) nos Períodos: Úmido 1, Seco e Úmido 2**  
 Fonte: Socorro Liduina Carvalho Costa



**Gráfico 4 – Histograma de Valores de T (Trocas Cation Iônica) nos Períodos Úmido 1, Seco e Úmido 2**  
 Fonte: Socorro Liduna Carvalho Costa

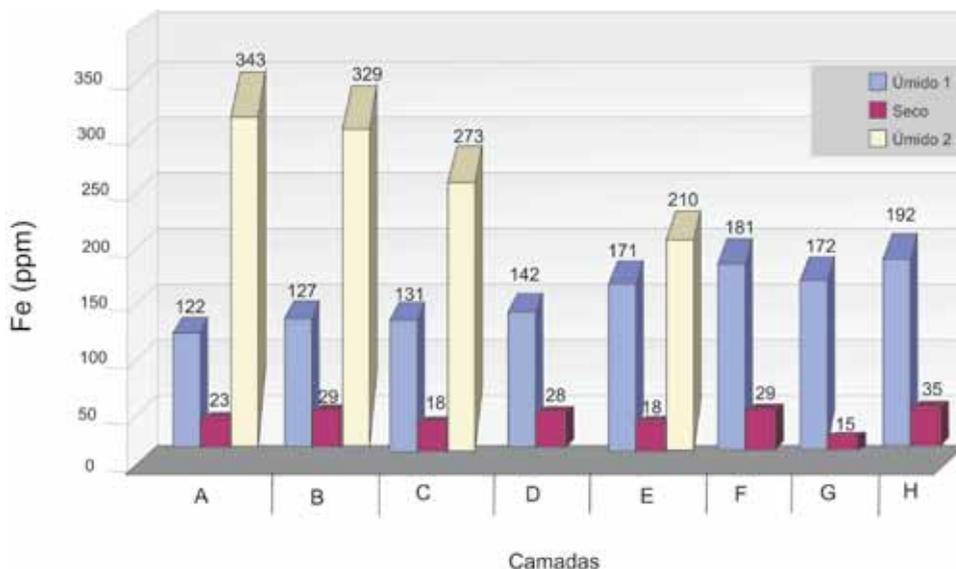


**Gráfico 5 – Histograma dos Valores de V (Caráter Eutrófico) nos Períodos Úmido 1, Seco e Úmido 2**  
 Fonte: Socorro Liduna Carvalho Costa



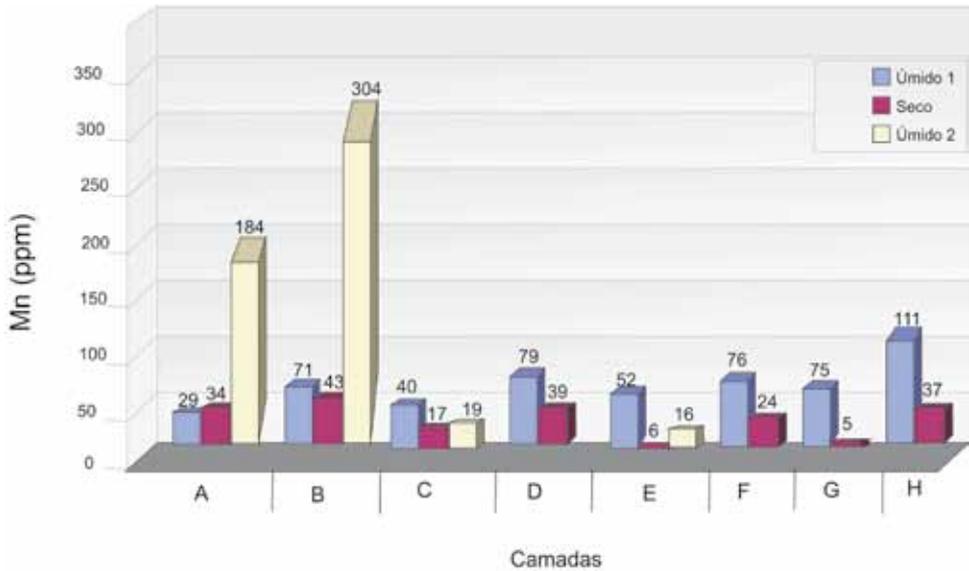
**Gráfico 6– Histograma dos Valores Médios de Nitrogênio, Carbono e Matéria Orgânica dos Sedimentos, nos Períodos Úmido 1, Seco e Úmido 2**

Fonte: Socorro Liduina Carvalho Costa



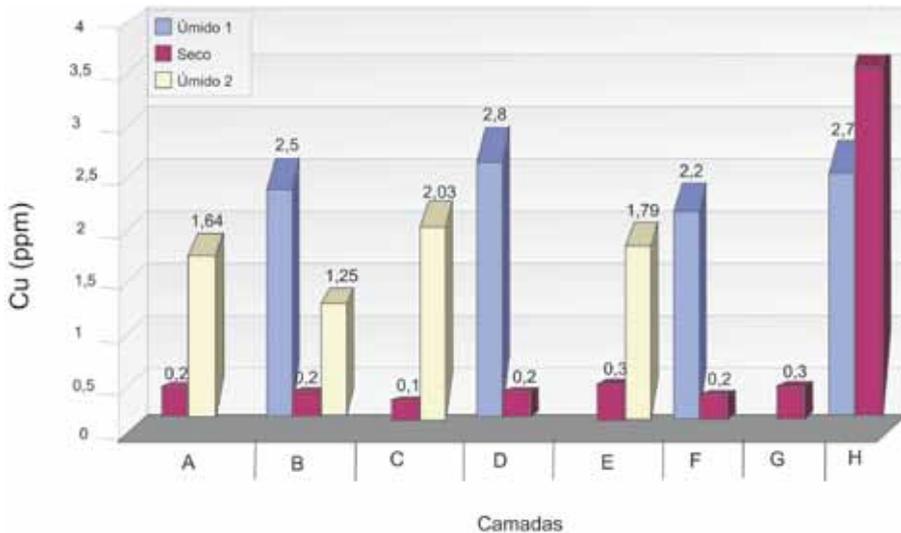
**Gráfico 7 – Histograma dos Valores de Ferro (ppm), nos Períodos Úmido 1, Seco e Úmido 2**

Fonte: Socorro Liduina Carvalho Costa



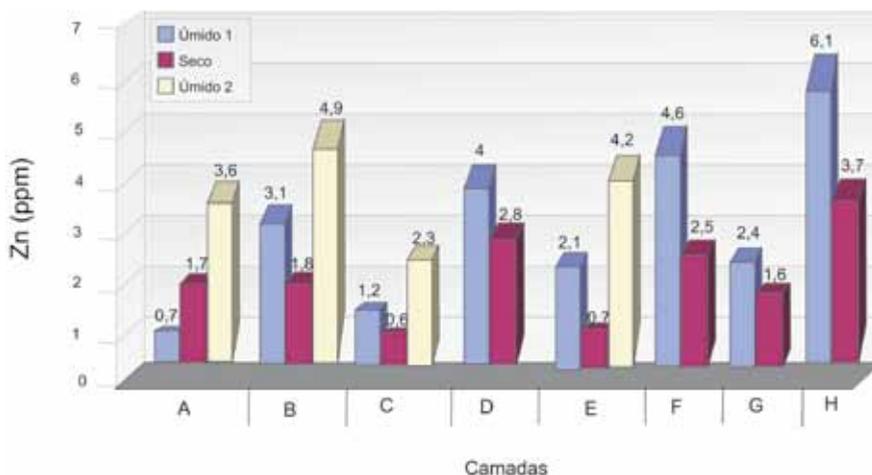
**Gráfico 8 – Histograma dos Valores de Manganês (ppm), nos Períodos Úmido 1, Seco e Úmido 2**

Fonte: Socorro Liduina Carvalho Costa



**Gráfico 9 – Histograma dos Valores de Cobre (ppm), nos Períodos Úmido 1, Seco e Úmido 2**

Fonte: Socorro Liduina Carvalho Costa



**Gráfico 10 – Histograma dos Valores de Zinco (ppm), nos Períodos Úmido 1, Seco e Úmido 2**  
 Fonte: Socorro Liduina Carvalho Costa

### 5.1.3-Deposição dos sedimentos e erosividade

Na área experimental, considerando a primeira estação chuvosa de 2002, observou-se a deposição e a retenção de uma massa de sedimentos que, em contato com os microbarramentos, atingia uma altura máxima de 10 cm, 12 cm, 33 cm e 50 cm, respectivamente, nos microbarramentos BA01, BA02, BA03 e BA04 (Prancha 5 – Fotos 1 e 2). Não foi possível dimensionar o volume e a massa do microbarramento BA04, em função da área do entorno e o próprio depósito sedimentar ter sofrido interferência antrópica, o agricultor plantou na área sedimentada. (Prancha 5 – Fotos 3 e 4). Em campo através de medidas em régua, observou-se um maior acúmulo de sedimentos nos microbarramentos BA03 e BA04, decorrentes provavelmente aos seus vales em forma de “V” e as suas declividades mais acentuadas juntamente com o perfil de suas encostas, onde se construíram os cordões de pedra. (Prancha 6).

Conforme descrito no capítulo 3, a secção transversal triangular ( $m^2$ ), formada pela deposição de sedimentos ao longo dos três microbarramentos estudados no riacho Bananeiras, permitiu o cálculo do volume de terra retido, conforme ilustrado na Tabela 7.

**Tabela 7 – Resultados Obtidos nos Cálculos de Volume, Densidade e Massas dos Materiais Retidos nos Microbarramentos**

Microbarramentos	Volume (m <sup>3</sup> )	Densidade úmida (g/cm <sup>3</sup> )	Densidade seca (g/cm <sup>3</sup> )	Massa úmida (t)	Massa seca (t)
BA01	0,735	1,587	1,328	1,166	0,976
BA02	0,851	1,587	1,328	1,351	1,13
BA03	3,249	1,509	1,437	4,903	4,669

Fonte: Socorro Liduina Carvalho Costa

Analisando o cálculo de massa transportada e assoreada no período de uma quadra invernososa (úmido 1), percebe-se o crescimento expressivo de massa erodida feito a sua contenção quase que na totalidade através dos microbarramentos.

A Figura 02 do microbarramento BA03 mostra os ciclos de sedimentação representados por camadas estratificadas de sedimentos detríticos, intercalados por sedimentos pelitos com matéria orgânica. A espessura dessas camadas varia de 4,0 cm a 10 cm nos sedimentos detríticos e de 0,5 cm a 6,0 cm nos pelitos. A predominância da fração areia é devido à sedimentação em primeiro lugar das partículas maiores e ao transporte em suspensão das frações silte e argila, cuja sedimentação ocorre principalmente quando as águas entram em repouso.

O cálculo do fator R para os anos de 2002 e 2003, em valores médios mensais, é expresso pela Tabela 8, cujos valores foram obtidos a partir do cálculo dos dados de chuva listados na Tabela 2 (pluviometria) do item 4.1.3

MESES	ANO2002		ANO 2003	
	Precipitação	Fator R	Precipitação	Fator R
Janeiro	224,1	2950,5	36,8	125,5
Fevereiro	19,6	46,9	119,4	928,3
Março	91,5	643,5	276,0	3857,6
Abril	153,6	1552,4	132,1	1102,3
Mai	70,8	416,1	86,8	539,8
Junho	13,02	23,9	0,0	0,0
julho	15,6	31,8	0,0	0,0
Agosto	0,0	0,0	0,0	0,0
Setembro	0,0	0,0	0,0	0,0
Outubro	0,0	0,0	0,0	0,0
Novembro	0,0	0,0	0,0	0,0
Dezembro	0,0	0,0	0,0	0,0

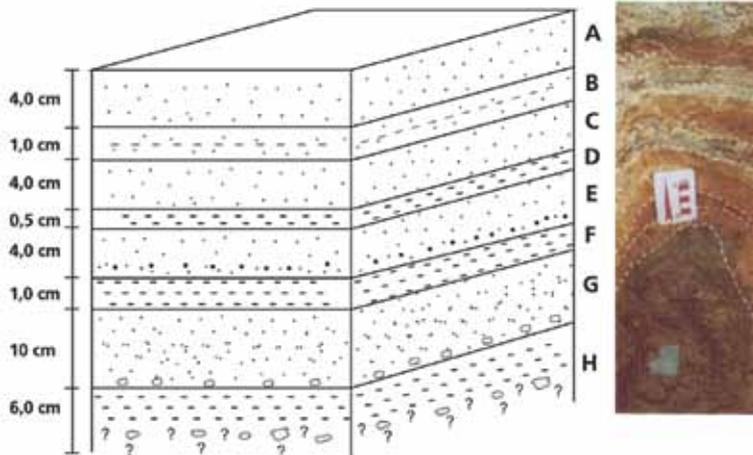
**Tabela 8 – Média Mensal da Precipitação e Fator R, de 2002 a 2003**

Fonte: Socorro Liduina Carvalho Costa

Analisando o Gráfico 11 que descreve a distribuição do percentual da erosividade e da precipitação mensal em relação aos totais anuais, constatou-se que ambos mantêm um mesmo padrão de comportamento, comprovando a ação da chuva (intensidade e frequência) no fenômeno da erosão. Em janeiro de 2002 foram registrados os maiores valores de erosividade (2950,5 mj.cm/ha.h) e precipitação (224,1 mm/h) decrescendo simultaneamente até atingir o valor zero no período de agosto a dezembro. No ano de 2003 os maiores valores de erosividade (3.857,6 mj.cm/ha.h) e precipitação (276,0 mm/h) foram registrados no mês de março, decrescendo simultaneamente chegando a zero no período de junho a dezembro.

O efeito benéfico dos microbarramentos no aproveitamento dos solos recuperados para agricultura foi evidenciado pelo rendimento do arroz, feijão e milho cultivados na área de deposição dos sedimentos (195,75 m<sup>3</sup>), entre os microbarramentos BA03 e BA04. No ano de 2003, sem nenhuma orientação técnica, o agricultor obteve nesta mesma área uma produtividade de 125 kg de arroz. Já no ano de 2004, com as chuvas do primeiro trimestre e com a devida orientação técnica, ele obteve uma produtividade de 210 kg de arroz.

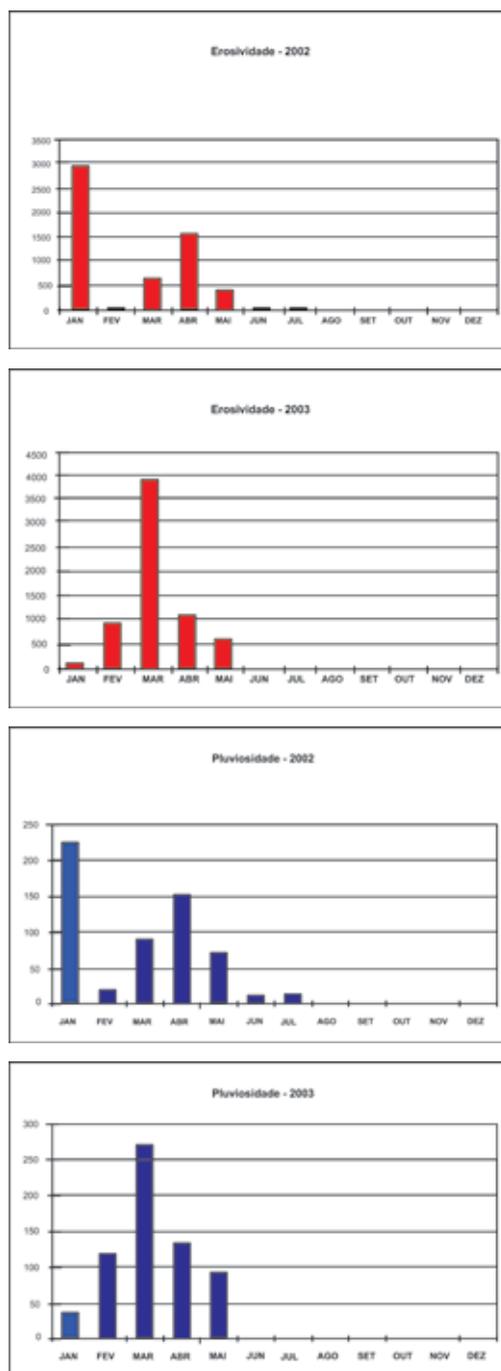
Caracterizando dessa forma, o início da recuperação dos sedimentos e melhoria nas propriedades do solo através de uma técnica simples de conservação e de baixo custo. (Prancha 8).



- A - Areia grossa com pouca matéria orgânica.
- B - Areia grossa com manchas de matéria orgânica e material micáceo.
- C - Areia grossa
- D - Níveis finos de matéria orgânica. Argila-micácea.
- E - Areia fina no topo com grãos de quartzo arredondados e biotita.
- F - Argila com raízes capilares. Nível de matéria orgânica.
- G - Areia fina com grãos de seixos nos últimos 1 cm.
- H - Matéria orgânica junto com material argiloso, raízes em decomposição, minhocas. Na base ocorrem seixos e cascalho de quartzo.

**Figura 2 – Detalhe do Microbarramento BA03 Ilustrando as Camadas de Sedimentos Acumulados no Período Úmido**

Fonte: Socorro Liduina Carvalho Costa



**Gráfico 11 – Histograma de Frequência de Erosividade (mj.cm/ha.h.) e Pluviosidade (mm) em 2002 e 2003**

Fonte: Socorro Liduína Carvalho Costa



Foto 1 e 2 – Aspectos do Microbarramento BA02 nos Períodos Seco e Úmido, Mostrando o Acúmulo de Água à Jusante

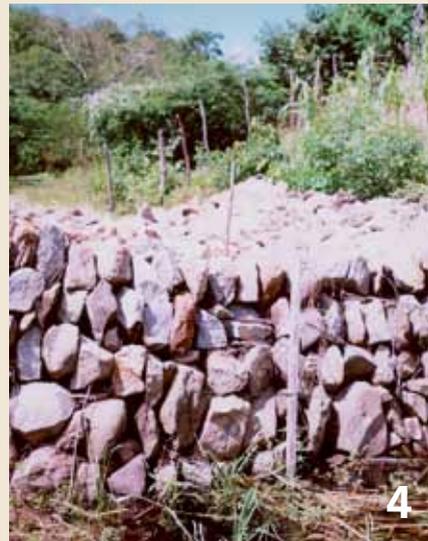


Foto 3 e 4 – Visão a Montante do Microbarramento BA04 nos Períodos Seco e Úmido, Observando-se o Desenvolvimento da Vegetação do Período Úmido

**Prancha 5 - Aspectos dos Microbarramentos BA02 E BA04 nos Períodos Seco e Úmido**

Fonte: Socorro Liduina Carvalho Costa



Foto 1 e 2 – Aspectos do microbarramento BA04 nas estações seca e úmida, observando o ressurgimento da vegetação no período úmido.



Foto 3 e 4 – Aspectos do microbarramento BA03 no riacho Bananeiras nas estações seca e úmida.



Foto 5 e 6 – Visão dos cordões de pedra com o aproveitamento agrícola nas encostas e no leito do riacho Bananeiras, no período úmido.

### Prancha 6 - Aspectos dos Microbarramentos nos Períodos Seco e Úmido e Aproveitamento Agrícola

Fonte: Socorro Liduína Carvalho Costa



Foto 1 - Milho



Foto 2 - Arroz



Foto 3 - feijão



Foto 4 - Mamão



Foto 5 - Mata Ciliar e vegetação arbustiva



Foto 6 - Tubérculos (batatas)

**Prancha 7 - Resultados Positivos na Área do Riacho Bananeiras com a Técnica dos Microbarramentos e Cordões de Pedra, Mostrando o Aproveitamento Agrícola Diversificado**

Fonte: Socorro Liduna Carvalho Costa

# **Considerações Finais e Recomendações**

# 6

---

---

## 6-CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A partir dos estudos, levantamentos e interpretações desenvolvidas através desta pesquisa, foi possível tecer as seguintes considerações finais e recomendações:

- a) O volume de sedimentos retidos pelos microbarramentos é expressivo. Tomando como referência o microbarramento BA03, foi acumulado um volume de 3,249 m<sup>2</sup>, no período de janeiro a junho de 2002 em uma área de aproximadamente 24 m<sup>2</sup>.
- b) Os atributos químicos e físicos dos sedimentos acumulados nos microbarramentos no riacho Bananeiras apresentaram condições favoráveis no que se refere à nutrição das plantas, destacando-se o PH, o aumento da profundidade efetiva, a porosidade, a água disponível nas camadas com maior conteúdo de argila e a matéria orgânica como também o teor de agregados.
- c) As condutividades elétricas que dizem respeito às concentrações de sais solúveis no solo mostraram-se baixas denotando solos não salinos.
- d) A densidade do solo foi considerada boa, visto não haver camada de impedimento ou compactação. Há um predomínio dos íons cálcio e magnésio para todas os períodos analisados, como também apresentaram alta saturação de bases, com valor de  $V=(100.S/T)$  em média de 80%, mostrando-se, portanto, eutróficos, ou seja, de boa fertilidade.
- e) O estudo da erosividade na região permitiu classificar a área de acordo com Carvalho (1994), como de alta erosão hídrica, verificando-se a importância de técnicas de conservação, como os microbarramentos e cordões de pedras executados na microbacia.
- f) Com relação ao fator socioeconômico nos microbarramentos do riacho Bananeiras mostrou-se satisfatório, quando, através destes, foi possível iniciar a recuperação em áreas degradadas e, conseqüentemente, a melhoria do solo. Os resultados foram um incremento na prática de agricultura de subsistência (feijão, milho, arroz), o ressurgimento da flora e da fauna nas áreas de influência das barragens, a fixação do

nitrogênio no solo e a atração de aves que agilizarão a disseminação de sementes, como também a diminuição da erosão/assoreamento dos açudes a jusante destes.

g) Sugere-se como diretrizes futuras uma prévia delimitação da área de acumulação dos sedimentos, através de uma topografia de detalhe, pois somente dessa forma será possível monitorar precisamente a massa de sedimentos acumulados.

h) Também se faz necessária uma melhor fixação com concretagem da régua previamente demarcada e colocada a montante dos barramentos para evitar a sua retirada e como consequência a perda de dados.

i) Recomenda-se aprimorar melhor o planejamento conservacionista da área com uma maior participação das comunidades locais, reforçando-se, assim, os laços culturais capazes de promover o desenvolvimento sustentável dessas comunidades.



# Referências

---

---

## REFERÊNCIAS

ALBERTS, E. E.; SCHUMAN, G. E.; BURWELL, R. E. Seasonal runoff losses of nitrogen and phosphorus from Missouri Valley Loess Watersheds. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.7, n. 2, p. 203-212, 1978.

ARAÚJO, J. C. *et al.* Mathematical modeling of erosion and reservoir sedimentation in Brazilian semi-arid. In: INTERNATIONAL WAVES WORKSHOP, 3., 2003, Freising. **Proceeding...** Freising, 2003.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livroceres, 1985.

\_\_\_\_\_. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999.

BRAGA, E. L.; LEITE, F. R. B.; BARRETO, M. M. S. (org.). **Levantamento semidetalhado dos solos e avaliação da capacidade de uso das terras da microbacia hidrográfica do rio Cangati, Canindé-Ceará**. Fortaleza: SRH/FUNCEME, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório de reconhecimento de solos do Estado do Ceará**. Recife: Divisão de Pesquisa Pedológica, 1973. 310 p. (Série Pedologia, 16).

BRITO NEVES, B. B. **Regionalização geotectônica do pré-cambriano nordestino**. 1975. 198 f. Tese (Doutorado) – Universidade, Instituto de Geociências, São Paulo, 1975.

CARVALHO, N. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1994.

COELHO NETO, A. L. Diagnóstico de erosão para o planejamento regional: subsídios metodológicos sob enfoque geo-hidrológico. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 6., 1998, Presidente Prudente. **Anais...** Presidente Prudente, 1998. CD ROM.

CORREIA, A. A. M. Brasil no rumo do inabitável. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 38-43, 1994.

CRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Blucher, 1980.

DULEY, F. L. Surface factors affecting the rate of intake of water by soils. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 3, p. 60-64, 1939.

DUQUE, J. G. **Solo e água no polígono das secas**. 5. ed. Fortaleza: DNOCS, 1980.

EMBRAPA. **Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento**: normas em uso pelo SNCLS. Rio de Janeiro, 1988a.

\_\_\_\_\_. **Definições e notações de horizontes e camadas do solo**. Rio de Janeiro, 1988b.

\_\_\_\_\_. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro, 1979. v. 1.

\_\_\_\_\_. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 1999. 412 p.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture Soil Survey Staff. **Soil survey manual**. Washington, DC, 1951. 503 p. (USDA. Agriculture Handbook, 435).

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Soil conservation service**: soil survey staff: soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Washington, DC, 1975. 754 p. (USDA. Agriculture Handbook, 436).

FAO. **La erosión del suelo el agua**: algunas medidas para combatirla. Roma, 1991. (Cuadernos de Fomento Agropecuario).

FERNANDES, A. G. **Relatório do levantamento das espécies das microbacias hidrográficas dos rios Cangati e Pesqueiro**. Fortaleza: [s.n.], 2001.

FERNANDES, L. **Processos hidrossedimentológicos na Bacia do Açude Acarape do Meio, Ceará**. 2000. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos)

- Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

FERNANDES, V. L. B. (Coord.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. [S.l.: s.n.], 1993.

FUNCEME. **Relatório de pluviometria por faixas de anos do Estado do Ceará**. Fortaleza, 2003.

GALVÃO, M. V. Regiões bioclimáticas do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, n. 1, p. 2-36, 1967.

HAVLIN, J. L. *et al.* **Soil fertility and fertilizers**. New Jersey: [s.n.], 1999.

HUDSON, N. W. **Soil and water conservation in semi-arid areas**. Rome: FAO, 1987. (FAO Soils Bulletin, n. 57).

\_\_\_\_\_. The universal soil-loss equation. In: \_\_\_\_\_. **Soil conservation**. Ithaca: Cornell University Press, 1981.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of America, Colorado**, v. 56, n. 3, 1945.

IBGE. **Censo demográfico 1998**. Rio de Janeiro, 1998.

JACOMINE, P. K. T. *et al.* (Org.). **Levantamento exploratório: reconhecimento de solos do estado do Ceará**. Recife: Ministério da Agricultura, 1973.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: [s.n.], 1979.

KLANT, E.; STAMMEL, J. G. Manejo adequado dos solos das encostas basálticas. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1., SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DE SOLOS DO PLANALTO, 3., 1983, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo, 1983.

LEMOS, R. C. de; SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 2. ed. Campinas: SBCS, 1996.

LOMBARDI NETO. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., 1980, Recife. **Anais...** Recife, 1980.

LUCHESE, E. B.; BORTOTTI, L. O.; LENZI, F. E. **Fundamentos da química do solo**. Rio Janeiro: [s.n.], 2001.

MACEDO, M. V. A. **Características físicas e técnicas dos açudes públicos do estado do Ceará**. Fortaleza: DNOCS, 1977.

MUNN, D. A. *et al.* Effect of soil, cover slope, and rainfall factors on soil and phosphorus movement under simulated rainfall conditions. **Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 37, n. 3, p. 428-431, 1973.

NASCIMENTO, D. A. do; GAVA, A. **Geologia da folha AS.24-Z-C: Fortaleza e parte do extremo sudeste da Folha contígua AS.24-Y-D. Sobral: Projeto RADAMBRASIL, 1977. (Relatório Interno RADAMBRASIL, 229-G).**

OLIVEIRA, J. B. **Efeitos do manejo do solo na erosão de podzólico vermelho-amarelo equivalente eutrófico e planossolo solódico de microrregião homogênea 68 do Ceará**. 1981. 97 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1981.

PADILHA, A. J. **Tecnologia base zero-TBZs**. Recife: Sistema Técnicos Racionais, 1997. Tomo 3.

PATELLA, J. F. **Arroz em solo inundado**. São Paulo: [s.n.], 1976.

PRODHAM. **Plano técnico operativo do PRODHAM**. Fortaleza, 2001.

RAIJ, B. V.; BATAGLIA, O. C. Análise química do solo. In: \_\_\_\_\_. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: [s.n.], 1991.

REIJ, C. **The Agro-Forestry Project in Burkina Faso: an analysis of popular participation in soil and water conservation in Sub-Saharan Africa.** [S.l.: s.n.], 1987.

RICOCOMINI, C.; GIANINI, P. C. F.; MANCINI, F. **Decifrando a Terra: rios e processos aluviais.** São Paulo: [s.n.], 2000.

SEGANFREDO, M. L.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Pedras de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 287-291, 1997.

SERVIÇO NACIONAL DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL RURAL (Brasil). **Produtor de mandioca.** 3. ed. Brasília, DF, 1983. v. 1. (SENAR. Coleção Básica Rural, 5).

SILVA, J. R. C.; PAIVA, J. B. Retenção de sedimentos por cordões de pedra em contorno em uma encosta de solo litólico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 1, p. 77-80, 1985.

SILVA, M. L. N. *et al.* Proposição de modelos para estimativa da erodibilidade de latossolos brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 12, p. 2287-2298, dez. 1999.

SOUZA, M. J. N. **Análise geoambiental e ecodinâmica das paisagens do estado do Ceará.** 1998. 65 f. Monografia (Graduação em Geologia) - Departamento de Geociências, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 1998.

\_\_\_\_\_. Contribuição ao estudo das unidades morfoestruturais do Estado do Ceará. **Revista de Geologia**, Fortaleza, v. 9, n. 1, p. 73-91, 1988.

SUGUIO, K. **Rochas sedimentares.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1980.

TAVARES, A. C.; VITTE, A. C. Erosão do solo e assoreamento de represas: o caso de Monte Aprásivel - SP. **Geografia**, Rio Claro, v. 18, n. 1, p. 51-95, abr. 1993.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance:** publications in climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955.

TORQUATO, J. R. F. *et al.* (Org.). Granitóides do Ceará. **Revista de Geologia**, Fortaleza, v. 9, n. 1/2, p. 9-81, 1989.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Programa Balanço Hídrico**. Recife: UFRPE, 1990.

VIEIRA, M. J.; COGO, N. P.; CASSOL, E. A. Perda por erosão, em diferentes sistemas de preparo do solo, para a cultura da soja (*Glycine Max.* (L0 Merr.) em condições de chuva simulada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 2, n. 3, p. 209-214, 1978.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses from cropland East of the rocky Mountains**. Washington, DC: Department of Agriculture, 1965.



# **ANEXOS**

---

---

## ANEXO A - ANÁLISES DE SOLOS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO				GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SRH / FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME						
LABORATÓRIO DE SOLOS/ÁGUA										
CAMPUS DO PICI - BLOCO 807 - CAIXA POSTAL 12168 - CEP 60021-970 - FORTALEZA-CE (Fones: 288-9689; FAX 288-9690).										
INTERESSADO: PRODHAM/FUNCEME/TESTE EROSIVIDADE										
PROCEDÊNCIA: Cangati - Bananeiras (Seca)			LAT (UTM) 9490188		LONG (UTM) 456640		PERFIL: 01		DATA: 19/06/2002	
RESULTADOS DA ANÁLISE DE SOLO										
Amostra	Horizonte		Composição Granulométrica (g/kg)					Classificação Textural		
	Símbolo	Prof (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural			
2002-348	BA01 (A)	Úmido	-	-	-	-	-	-		
2002-349	BA01 (B)	Úmido	-	-	-	-	-	-		
2002-350	BA01 (C)	Úmido	-	-	-	-	-	-		
2002-351	BA01 (D)	Úmido	-	-	-	-	-	-		
Grau de Floculação (g/100g)			Umidade (g/100g)			PH		C.E. (dS/m)		
	Global	Partícula	0,033 MPa	1,5 MPa	Água Útil	Água	KCl			
-	-	-	-	-	-	6,4	-	1,26		
-	-	-	-	-	-	6,7	-	0,34		
-	-	-	-	-	-	5,9	-	1,00		
-	-	-	-	-	-	6,2	-	0,15		
Complexo Sortivo (Cmol/kg)										
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	S	T	V (%)	M (%)	PST
5,20	3,10	0,07	0,27	0,66	0,00	8,6	9,3	92	-	1
2,30	1,70	0,04	0,14	0,82	0,00	4,2	5,0	84	-	1
15,60	4,20	0,19	0,49	0,99	0,20	20,5	21,5	96	1	1
2,10	1,20	0,05	0,12	0,66	0,05	3,5	4,1	85	1	1
C (g/kg)	N (g/kg)	C / N	M O (g/kg)	P Assimilável (mg/kg)	Micronutrientes					
					Fe	Cu	Zn	Mn		
18,48	1,85	10	31,86	143						
5,04	0,51	10	8,69	123						
44,88	4,50	10	77,37	25						
8,28	0,83	10	14,27	84						

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO				GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SRH / FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME						
LABORATÓRIO DE SOLOS/ÁGUA										
CAMPUS DO PICI - BLOCO 807 - CAIXA POSTAL 12168 - CEP 60021-970 - FORTALEZA-CE (Fones: 288-9689; FAX 288-9690).										
INTERESSADO: PRODHAM/FUNCEME										
PROCEDÊNCIA: Cangati - Bananeiras (Seca)			LAT (UTM) 9490160		LONG (UTM) 456756		PERFIL:		DATA: 08/08/2002	
RESULTADOS DA ANÁLISE DE SOLO										
Amostra	Horizonte		Composição Granulométrica (g/kg)					Classificação Textural		
	Símbolo	Prof (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural			
2002-1316	BA02 (A)	SECA	100	460	330	110	20	Franco arenoso		
2002-1317	BA02 (B)	SECA	570	300	90	40	10	Areia franca		
Grau de Floculação (g/100g)				Umidade (g/100g)			PH		C.E. (dS/m)	
		Global	Particula	0,033 MPa	1,5 MPa	Água Útil	Água	KCl		
82		1,28	2,56	22,82	9,61	13,21	6,7	-	0,74	
74		1,46	2,61	6,12	3,91	2,21	6,1	-	0,23	
Complexo Sortivo (Cmol/kg)										
Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>++</sup>	Al <sup>++</sup>	S	T	V (%)	M (%)	PST
8,40	9,50	0,12	0,28	3,96	0,00	18,3	22,3	82	-	1
3,30	2,40	0,04	0,11	1,32	0,05	5,9	7,2	82	1	1
C (g/kg)		N (g/kg)	C / N	M O (g/kg)	P Assimilável (mg/kg)		Micronutrientes			
							Fe	Cu	Zn	Mn
20,4		2,00	10	34,55	30		25,8	0,6	2,7	300,3
7,44		0,75	10	12,83	103		28,1	0,6	0,8	68,2

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO					GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SRH / FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME					
LABORATÓRIO DE SOLOS/ÁGUA										
CAMPUS DO PICI - BLOCO 807 - CAIXA POSTAL 12168 - CEP 60021-970 - FORTALEZA-CE (Fones: 288-9689; FAX 288-9690).										
INTERESSADO: PRODHAM/FUNCEME										
PROCEDÊNCIA: Cangati - Bananeiras			LAT (UTM)		LONG (UTM)		PERFIL:		DATA: 19/06/2002	
			9490160		456756					
RESULTADOS DA ANÁLISE DE SOLO										
Amostra	Horizonte		Composição Granulométrica (g/kg)					Classificação Textural		
	Símbolo	Prof (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural			
2002-338	BA02 (A)	Úmido	60	390	410	140	70	Franco		
2002-339	BA02 (B)	Úmido	660	100	160	80	20	Franco arenoso		
Grau de Floculação (g/100g)			Umidade (g/100g)			PH		C.E. (dS/m)		
	Global	Partícula	0,033 MPa	1,5 MPa	Água Útil	Água	KCl			
50	1,12	2,46	34,30	11,06	23,24	6,0	-	0,63		
75	1,55	2,67	14,65	4,38	10,27	5,9	-	0,24		
Complexo Sortivo (Cmol/kg)										
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	S	T	V (%)	M (%)	PST
10,10	4,10	0,14	0,38	5,61	0,15	14,7	20,3	72	1	1
5,40	2,10	0,08	0,23	5,11	0,15	7,8	12,9	60	2	1
C (g/kg)	N (g/kg)	C / N	M O (g/kg)	P Assimilável (mg/kg)	Micronutrientes					
					Fe	Cu	Zn	Mn		
33,10	3,32	10	57,06	22	215,3	3,2	5,6	267,1		
19,20	1,93	10	33,10	84						

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO				GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SRH / FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME						
LABORATÓRIO DE SOLOS/ÁGUA										
CAMPUS DO PICI - BLOCO 807 - CAIXA POSTAL 12168 - CEP 60021-970 - FORTALEZA-CE (Fones: 288-9689; FAX 288-9690).										
INTERESSADO: PRODHAM/FUNCEME										
PROCEDÊNCIA: Cangati - Bananeiras (Seca)			LAT (UTM) 9490160		LONG (UTM) 456756		PERFIL:		DATA: 04/12/2002	
RESULTADOS DA ANÁLISE DE SOLO										
Amostra	Horizonte		Composição Granulométrica (g/kg)					Classificação Textural		
	Símbolo	Prof (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural			
2002-1316	BA02 (A)	SECA	100	460	330	110	20	Franco arenoso		
2002-1317	BA02 (B)	SECA	570	300	90	40	10	Areia franca		
Grau de Floculação (g/100g)		Umidade (g/100g)				PH		C.E. (dS/m)		
		Global	Particula	0,033 MPa	1,5 MPa	Água Útil	Água			KCl
82		1,28	2,56	22,82	9,61	13,21	6,7	-	0,74	
74		1,46	2,61	6,12	3,91	2,21	6,1	-	0,23	
Complexo Sortivo (Cmol/kg)										
Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>++</sup>	Al <sup>++</sup>	S	T	V (%)	M (%)	PST
8,40	9,50	0,12	0,28	3,96	0,00	18,3	22,3	82	-	1
3,30	2,40	0,04	0,11	1,32	0,05	5,9	7,2	82	1	1
C (g/kg)	N (g/kg)	C / N	M O (g/kg)	P Assimilável (mg/kg)	Micronutrientes					
					Fe	Cu	Zn	Mn		
20,4	2,00	10	34,55	30	25,8	0,6	2,7	300,3		
7,44	0,75	10	12,83	103	28,1	0,6	0,8	68,2		

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO				GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SRH / FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME						
LABORATÓRIO DE SOLOS/ÁGUA										
CAMPUS DO PICI - BLOCO 807 - CAIXA POSTAL 12168 - CEP 60021-970 - FORTALEZA-CE (Fones: 288-9689; FAX 288-9690).										
INTERESSADO: PRODHAM/FUNCEME										
PROCEDÊNCIA: Riacho Bananeiras (Úmido 1)			LAT (UTM) 9490140		LONG (UTM) 456794		PERFIL:		DATA: 19/06/2002	
RESULTADOS DA ANÁLISE DE SOLO										
Amostra	Horizonte		Composição Granulométrica (g/kg)					Classificação Textural		
	Símbolo	Prof (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural			
2002-340	BA03 (A)	-	860	80	40	20	10	Areia		
2002-341	BA03 (B)	-	650	200	100	50	20	Franco arenoso		
2002-342	BA03 (C)	-	260	420	220	100	30	Franco arenoso		
2002-343	BA03 (D)	-	860	110	30	20	10	Areia		
2002-344	BA03 (E)	-	140	520	220	120	60	Franco arenoso		
Grau de Floculação (g/100g)			Umidade (g/100g)			PH		C.E. (dS/m)		
	Global	Partícula	0,033 MPa	1,5 MPa	Água Útil	Água	KCl			
50	1,36	2,62	3,42	2,80	0,62	7,2	-	0,25		
60	1,49	2,57	8,79	3,34	5,45	6,2	-	0,33		
70	1,35	2,51	23,73	7,02	16,71	7,1	-	0,17		
50	1,40	2,66	2,47	1,79	0,68	6,8	-	0,64		
50	1,25	2,51	24,74	8,50	16,24	6,9	-	0,14		
Complexo Sortivo (Cmol/kg)										
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	S	T	V (%)	M (%)	PST
2,00	1,20	0,04	0,11	0,16	0,00	3,3	3,5	94	-	1
5,10	1,60	0,07	0,18	0,82	0,00	6,9	7,8	88	-	1
1,30	1,10	0,04	0,08	0,00	0,00	2,5	2,5	100	-	2
7,90	2,00	0,11	0,26	1,32	0,00	10,3	11,6	89	-	1
1,00	0,60	0,03	0,07	0,00	0,00	1,7	1,7	100	-	2
C (g/kg)	N (g/kg)	C / N	M O (g/kg)	P Assimilável (mg/kg)	Micronutrientes					
					Fe	Cu	Zn	Mn		
3,72	0,37	10	5,44	89						
10,68	1,07	10	18,41	87	127,4	2,5	3,1	71,0		
2,94	0,30	10	5,07	26						
20,76	2,08	10	35,79	27	141,8	2,8	4,0	76,7		
2,82	0,28	10	4,86	18						

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO				GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SRH / FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME						
LABORATÓRIO DE SOLOS/ÁGUA										
CAMPUS DO PICI - BLOCO 807 - CAIXA POSTAL 12168 - CEP 60021-970 - FORTALEZA-CE (Fones: 288-9689; FAX 288-9690).										
INTERESSADO: PRODHAM/FUNCEME										
PROCEDÊNCIA: Riacho Bananeiras (Úmido 1)			LAT (UTM) 9490140		LONG (UTM) 456794		PERFIL:		DATA: 19/06/2002	
RESULTADOS DA ANÁLISE DE SOLO										
Amostra	Horizonte		Composição Granulométrica (g/kg)					Classificação Textural		
	Símbolo	Prof (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural			
2002-345	BA03 (F)	-	920	50	10	20	10	Areia		
2002-346	BA03 (G)	-	460	300	170	70	20	Franco arenoso		
2002-347	BA03 (H)	-	920	40	20	20	10	Areia		
Grau de Floculação (g/100g)		Umidade (g/100g)				PH		C.E. (dS/m)		
		Global	Particula	0,033 MPa	1,5 MPa	Água Útil	Água			KCl
50		1,44	2,62	2,05	1,51	0,54	6,5	-	0,85	
71		1,39	2,70	19,83	5,52	14,31	6,7	-	0,12	
50		1,35	2,62	2,98	1,67	1,31	5,8	-	0,36	
Complexo Sortivo (Cmol./kg)										
Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>++</sup>	Al <sup>++</sup>	S	T	V (%)	M (%)	PST
10,90	1,70	0,15	0,25	3,96	0,00	13,0	16,9	77	-	1
0,60	0,60	0,03	0,04	0,00	0,00	1,3	1,3	100	-	2
7,80	2,10	0,13	0,21	3,79	0,05	10,2	14,0	73	1	1
C (g/kg)	N (g/kg)	C / N	M O (g/kg)	P Assimilável (mg/kg)	Micronutrientes					
					Fe	Cu	Zn	Mn		
38,52	3,86	10	66,41	22	181,2	2,2	4,6	75,6		
3,42	0,34	10	5,89	9						
44,52	4,46	10	76,75	22	192,1	2,7	6,1	111,1		

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO					GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SRH / FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME					
LABORATÓRIO DE SOLOS/ÁGUA										
CAMPUS DO PICI - BLOCO 807 - CAIXA POSTAL 12168 - CEP 60021-970 - FORTALEZA-CE (Fones: 288-9689; FAX 288-9690).										
INTERESSADO: PRODHAM/FUNCEME										
PROCEDÊNCIA: Riacho Bananeiras (Seco)			LAT (UTM) 9490140		LONG (UTM) 456794		PERFIL:		DATA: 08/11/2002	
RESULTADOS DA ANÁLISE DE SOLO										
Amostra	Horizonte		Composição Granulométrica (g/kg)					Classificação Textural		
	Símbolo	Prof (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural			
2002-1196	BA03 (A)	SECA	930	30	20	20	10	Areia		
2002-1197	BA03 (B)	SECA	510	280	140	70	20	Areia franca		
2002-1198	BA03 (C)	SECA	780	160	40	20	10	Areia		
2002-1199	BA03 (D)	SECA	-	-	-	-	-	-		
2002-1200	BA03 (E)	SECA	920	50	10	20	10	Areia		
Grau de Floculação (g/100g)			Umidade (g/100g)			PH		C.E. (dS/m)		
	Global	Partícula	0,033 MPa	1,5 MPa	Água Útil	Água	KCl			
50	1,37	2,58	3,04	2,20	0,84	6,1	-	0,29		
71	1,35	2,51	8,70	7,15	1,55	5,6	-	0,62		
50	1,41	2,70	2,89	1,92	0,97	6,3	-	0,15		
-	1,33	-	16,29	9,98	6,31	5,7	-	0,32		
50	1,53	2,70	2,33	1,77	0,56	6,2	-	0,11		
Complexo Sortivo (Cmol/kg)										
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	S	T	V (%)	M (%)	PST
1,50	1,30	0,04	0,16	0,33	0,05	3,0	3,3	91	2	1
3,80	3,00	0,15	0,22	1,32	0,10	7,2	8,5	85	1	2
1,50	1,30	0,05	0,14	0,33	0,00	3,0	3,3	91	-	1
8,00	2,90	0,17	0,20	2,64	0,05	11,3	13,9	81	1	1
1,00	0,90	0,02	0,07	0,16	0,00	2,0	2,1	95	-	1
C (g/kg)	N (g/kg)	C / N	M O (g/kg)	P Assimilável (mg/kg)	Micronutrientes					
					Fe	Cu	Zn	Mn		
4,56	0,46	10	7,86	25	23,1	0,2	1,7	34,1		
9,42	0,95	10	16,24	91	28,7	0,2	1,8	42,5		
3,24	0,33	10	5,59	132	17,6	0,1	0,6	17,1		
-	-	-	-	26	28,4	0,2	2,8	38,5		
1,80	0,18	10	3,10	15	18,2	0,3	0,7	6,2		

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO				GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SRH / FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME						
LABORATÓRIO DE SOLOS/ÁGUA										
CAMPUS DO PICI - BLOCO 807 - CAIXA POSTAL 12168 - CEP 60021-970 - FORTALEZA-CE (Fones: 288-9689; FAX 288-9690).										
INTERESSADO: PRODHAM/FUNCEME										
PROCEDÊNCIA: Riacho Bananeiras (Seco)			LAT (UTM) 9490140		LONG (UTM) 456794		PERFIL:		DATA: 08/11/2002	
RESULTADOS DA ANÁLISE DE SOLO										
Amostra	Horizonte		Composição Granulométrica (g/kg)					Classificação Textural		
	Símbolo	Prof (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural			
2002-1202	BA03 (F)	SECA	360	350	210	80	20	Franco arenosa		
2002-1203	BA03 (G)	SECA	910	60	10	20	10	Areia		
2002-1201	BA03 (H)	SECA	350	320	230	100	20	Franco arenosa		
Grau de Floculação (g/100g)		Umidade (g/100g)				PH		C.E. (dS/m)		
		Global	Particula	0,033 MPa	1,5 MPa	Água Útil	Água			KCl
75		1,30	2,48	13,72	8,45	5,27	5,6	-	0,24	
50		1,40	2,56	2,15	1,31	0,84	6,0	-	0,11	
80		1,35	2,55	14,97	9,14	5,83	5,0	-	0,26	
Complexo Sortivo (Cmol <sub>c</sub> /kg)										
Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>++</sup>	Al <sup>++</sup>	S	T	V (%)	M (%)	PST
5,50	1,50	0,12	0,14	2,64	0,10	7,3	9,9	74	1	1
0,90	0,60	0,02	0,05	1,33	0,05	1,6	2,9	55	3	1
6,40	2,00	0,12	0,24	4,29	0,15	8,8	13,0	68	2	1
C (g/kg)	N (g/kg)	C / N	M O (g/kg)	P Assimilável (mg/kg)	Micronutrientes					
					Fe	Cu	Zn	Mn		
19,44	1,95	10	33,51	24	28,0	0,2	2,5	23,7		
1,86	0,19	10	3,21	9	15,0	0,3	1,6	5,2		
21,42	2,15	10	36,93	32	35,3	0,2	3,7	26,5		
					OBS: Amostra 1202 um pouco de mat. do topo da outra camada					

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO					GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SRH / FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME					
LABORATÓRIO DE SOLOS/ÁGUA										
CAMPUS DO PICI - BLOCO 807 - CAIXA POSTAL 12168 - CEP 60021-970 - FORTALEZA-CE (Fones: 288-9689; FAX 288-9690).										
INTERESSADO: PRODHAM/FUNCEME										
PROCEDÊNCIA: Rio Cangati - Canindé (Úmido 2)				LAT (UTM) 9490140		LONG (UTM) 456794		PERFIL:		DATA: 18/06/2003
RESULTADOS DA ANÁLISE DE SOLO										
Amostra	Horizonte		Composição Granulométrica (g/kg)					Classificação Textural		
	Símbolo	Prof (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural			
2003-207	BAB3 (A)	3º Coleta	570	230	150	50	10	Areia franca		
2003-208	BAB3 (B)	3º Coleta	650	180	130	40	10	Areia franca		
2003-209	BAB3 (C)	3º Coleta	880	70	30	20	10	Areia		
2003-210	BAB3 (E)	3º Coleta	830	110	40	20	10	Areia		
Grau de Floculação (g/100g)			Umidade (g/100g)			PH		C.E. (dS/m)		
	Global	Partícula	0,033 MPa	1,5 MPa	Água Útil	Água	KCl			
80	1,40	2,63	12,66	5,79	6,87	6,9	-	1,21		
75	1,32	2,57	13,84	7,10	6,74	7,3	-	1,30		
50	1,43	2,63	2,52	1,80	0,72	7,2	-	0,22		
50	1,42	2,62	2,42	1,75	0,67	6,7	-	0,18		
Complexo Sortivo (Cmol/kg)										
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	S	T	V (%)	M (%)	PST
6,40	2,40	0,10	0,97	0,82	0,00	9,9	10,7	92	-	1
5,80	2,80	0,11	1,27	0,33	0,00	10,0	10,3	97	-	1
1,40	1,20	0,02	0,06	0,16	0,00	2,7	2,8	96	-	1
1,40	1,00	0,02	0,05	0,16	0,00	2,5	2,6	96	-	1
C (g/kg)	N (g/kg)	C / N	M O (g/kg)	P Assimilável (mg/kg)	Micronutrientes					
					Fe	Cu	Zn	Mn		
18,96	1,90	10	32,69	103	343,44	1,64	3,62	184,18		
18,36	1,84	10	31,65	108	328,65	1,25	4,89	304,18		
2,82	0,29	10	4,86	17	272,78	2,03	2,31	18,55		
2,52	0,26	10	4,34	17	210,34	1,79	4,15	16,42		

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO				GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SRH / FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME						
LABORATÓRIO DE SOLOS/ÁGUA										
CAMPUS DO PICI - BLOCO 807 - CAIXA POSTAL 12168 - CEP 60021-970 - FORTALEZA-CE (Fones: 288-9689; FAX 288-9690).										
INTERESSADO: PRODHAM/FUNCEME										
PROCEDÊNCIA: Rio Cangati - Canindé (Úmido 2)			LAT (UTM) 9490143		LONG (UTM) 456797		PERFIL:		DATA: 18/06/2002	
RESULTADOS DA ANÁLISE DE SOLO										
Amostra	Horizonte		Composição Granulométrica (g/kg)					Classificação Textural		
	Símbolo	Prof (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural			
2003-211	BAO4 (B)	Úmido	630	210	130	30	10	Areia franca		
2003-212	BAO4 (C)	Úmido	910	60	10	20	10	Areia		
Grau de Floculação (g/100g)		Umidade (g/100g)					PH		C.E. (dS/m)	
		Global	Particula	0,033 MPa	1,5 MPa	Água Útil	Água	KCl		
67		1,41	2,59	13,43	5,32	8,11	7,0	-	0,28	
50		1,45	2,78	1,95	1,46	0,49	7,0	-	0,34	
Complexo Sortivo (Cmol/kg)										
Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>++</sup>	Al <sup>++</sup>	S	T	V (%)	M (%)	PST
5,10	4,60	0,11	0,15	0,82	0,00	10,0	10,8	92	-	1
1,40	1,30	0,04	0,04	0,49	0,00	2,8	3,3	85	-	1
C (g/kg)	N (g/kg)	C / N	M O (g/kg)	P Assimilável (mg/kg)	Micronutrientes					
					Fe	Cu	Zn	Mn		
10,92	1,10	10	18,83	84	417,19	1,56	5,52	362,69		
2,16	0,22	10	3,72	9	285,93	1,99	2,61	15,84		

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO					GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SRH / FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME					
LABORATÓRIO DE SOLOS/ÁGUA										
CAMPUS DO PICI - BLOCO 807 - CAIXA POSTAL 12168 - CEP 60021-970 - FORTALEZA-CE (Fones: 288-9689; FAX 288-9690).										
INTERESSADO: PRODHAM/FUNCEME										
PROCEDÊNCIA: Cordões de Pedra Encosta/Direita			LAT (UTM)		LONG (UTM)		PERFIL:		DATA: 08/11/2002	
RESULTADOS DA ANÁLISE DE SOLO										
Amostra	Horizonte		Composição Granulométrica (g/kg)					Classificação Textural		
	Símbolo	Prof (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural			
2003-213	B4ENA1	Encosta	510	320	130	40	10	Areia franca		
2003-214	B4ENA2	Encosta	440	360	160	40	20	Areia franca		
2003-215	B4ENA3	Encosta	530	330	100	40	20	Areia		
Grau de Floculação (g/100g)			Umidade (g/100g)			PH		C.E. (dS/m)		
	Global	Partícula	0,033 MPa	1,5 MPa	Água Útil	Água	KCl			
75	1,47	2,73	7,17	3,96	3,21	7,1	-	0,44		
50	1,53	2,57	6,46	3,23	3,23	7,1	-	0,31		
50	1,52	2,80	5,55	2,93	2,59	6,6	-	0,37		
Complexo Sortivo (Cmol/kg)										
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	S	T	V (%)	M (%)	PST
5,30	1,70	0,04	0,25	0,16	0,00	7,9	8,0	99	-	1
4,40	2,00	0,04	0,27	0,33	0,00	6,7	7,0	96	-	1
2,80	1,50	0,03	0,44	0,33	0,00	4,8	5,1	94	-	1
C (g/kg)	N (g/kg)	C / N	M O (g/kg)	P Assimilável (mg/kg)	Micronutrientes					
					Fe	Cu	Zn	Mn		
10,98	1,10	10	18,93	12	106,81	0,78	4,50	107,24		
9,78	0,98	10	16,86	9	106,81	1,13	5,52	135,71		
9,54	0,96	10	16,45	10	180,76	1,40	4,66	47,86		

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO				GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SRH / FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME						
LABORATÓRIO DE SOLOS/ÁGUA										
CAMPUS DO PICI - BLOCO 807 - CAIXA POSTAL 12168 - CEP 60021-970 - FORTALEZA-CE (Fones: 288-9689; FAX 288-9690).										
INTERESSADO: PRODHAM/FUNCEME										
PROCEDÊNCIA: Cordões de Pedra Encosta/Esquerda			LAT (UTM)		LONG (UTM)		PERFIL:		DATA: 08/11/2002	
RESULTADOS DA ANÁLISE DE SOLO										
Amostra	Horizonte		Composição Granulométrica (g/kg)					Classificação Textural		
	Símbolo	Prof (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural			
2003-216	B4ENB1	Encosta	570	250	130	140	30	Areia franca		
2003-217	B4ENB2	Encosta	500	320	160	140	20	Areia franca		
2003-218	B4ENB3	Encosta	430	390	100	130	30	Areia franca		
Grau de Floculação (g/100g)		Umidade (g/100g)				PH		C.E. (dS/m)		
		Global	Particula	0,033 MPa	1,5 MPa	Água Útil	Água			KCl
25		1,55	2,59	5,69	2,32	3,37	6,2	-	0,16	
50		1,48	2,73	4,59	1,85	2,74	7,2	-	0,12	
40		1,40	2,65	4,15	2,16	1,99	6,2	-	0,11	
Complexo Sortivo (Cmol <sub>e</sub> /kg)										
Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>++</sup>	Al <sup>++</sup>	S	T	V (%)	M (%)	PST
2,60	2,00	0,03	0,19	0,99	0,05	4,8	5,8	83	1	1
1,80	1,20	0,02	0,15	0,49	0,0	3,2	3,7	86	-	1
1,00	1,30	0,05	0,11	0,99	0,05	3,5	4,4	79	1	1
C (g/kg)	N (g/kg)	C / N	M O (g/kg)	P Assimilável (mg/kg)	Micronutrientes					
					Fe	Cu	Zn	Mn		
4,74	0,48	10	8,17	4	254,70	1,75	3,15	31,44		
3,90	0,40	10	6,72	2	151,18	1,48	2,18	43,02		
3,78	0,38	10	6,52	2	279,35	1,29	11,56	32,17		











GOVERNO DO  
ESTADO DO CEARÁ  
Secretaria dos Recursos Hídricos