



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

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

Volume 3



Série: Tecnologias e Práticas Hidroambientais para Convivência com o Semiárido

**AVALIAÇÃO GEOAMBIENTAL DE PRÁTICAS
CONSERVACIONISTAS IMPLANTADAS 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

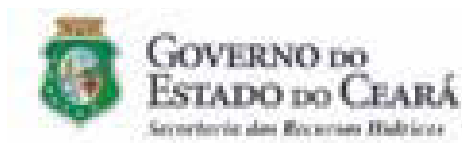
Volume 3 - Geoenvironmental Evaluation of Conservational Practices Implemented in Cangati River Microbasin, Canindé - CE

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



AVALIAÇÃO GEOAMBIENTAL DE PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS IMPLANTADAS NA MICROBACIA DO RIO CANGATI, CANINDÉ-CE

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

Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH)

César Augusto Pinheiro

Superintendente da SOHIDRA

Leão Humberto Montezuma Filho

Presidente do COGERH

Francisco José Coelho Teixeira

Coordenador Geral da UGPE (SRH)

Mônica Holanda Freitas

Coordenador do PRODHAM/SOHIDRA

Joaquim Favela Neto

Secretario da Ciência, Tecnologia e Educação Superior (SECITECE)

René Teixeira Barreira

Presidente da FUNCEME

Eduardo Sávio Passos Rodrigues Martins

Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente

Margareth Silvia Benício de Souza Carvalho

Divisão de Estudos Básicos e Sistema de Suporte

Porfírio Sales Neto

Divisão de Geoprocessamento

Gilberto Möbus

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

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação Geral	Profissão	Titulação
Élber Leite Braga	Engenheiro Agrônomo	Especialista
Subcoordenação		
Porfirio Sales Neto	Geólogo	Mestre
Geoambiente		
Margareth Sílvia B. de Souza Carvalho	Engenheira Agrônoma	Mestre
Sônia Barreto Perdígão de Oliveira	Engenheira Agrônoma	Mestre
Manoel Messias Saraiva Barreto	Engenheiro Agrônomo	Especialista
Francisco Roberto Bezerra Leite	Engenheiro Agrônomo	Especialista
Élber Leite Braga	Engenheiro Agrônomo	Especialista
Raimunda Neuma da Costa Barreto	Geógrafa	Especialista
Hidrogeologia		
Gilberto Möbus	Geólogo	Mestre
Modelagem Hidrológica		
Valdenor Nilo de Carvalho Júnior	Engenheiro Civil	Mestre
Nelson Paiva Raulino de Sousa	Geólogo	Mestre
Paulo Alexandre Costa Rocha	Engenheiro Químico/Consultor	Doutor
Qualidade de Água		
Ana Lúcia Góes D' Assumpção	Engenheira Civil	Mestre
Magda Maria Marinho Almeida	Química Industrial	Mestre
Porfirio Sales Neto	Geólogo	Mestre
Gilberto Möbus	Geólogo	Mestre
Apoio Técnico		
Jair Barroso Lúcio	Técnico da Funceme	Nível Médio
José Fabiano Oliveira dos Santos	Técnico da Empresa Dimensão	Nível Médio
Apoio de Campo		
Antônio Napoleão de Sousa	Trabalhador local	Ap. de campo
Antônio Matias Furtado	Trabalhador local	Ap. de campo
João Paulo Furtado	Trabalhador local	Ap. de campo
Evangelista Pinto Pereira	Trabalhador local	Ap. de campo
Apoio Tecnológico		
Robson Franklin Vieira Silva	Tecnólogo em Telemática	Nível Sup.
Apoio Logístico		
Dimensão Eng.de Proj. Constr. Ltda	Empresa Contratada	

© 2010 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: Tania Maria Lacerda Maia

Normalização Bibliográfica: Paula Pinheiro da Nóbrega

Capa: Simone Ferla

Projeto Gráfico e Diagramação: Simone Ferla

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

C387a Ceará. Secretaria dos Recursos Hídricos.

Avaliação geoambiental de práticas conservacionistas implantadas na microbacia do rio Cangati, Canindé-CE /. Secretaria dos Recursos Hídricos. - Fortaleza: Secretaria dos Recursos Hídricos, 2010.
390 p.

1. Avaliação Geoambiental. I. Título.

CDD: 574.5

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 Cambéa, CEP 60.822-325, Fortaleza/CE

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

APRESENTAÇÃO

O Governo do Estado do Ceará, com recursos oriundos do Acordo de Empréstimo 4531-BR, financiado parcialmente pelo Banco Mundial, implementou o Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental (PRODHAM).

O PRODHAM visava promover a sustentabilidade dos recursos hídricos, por meio de ações de conservação de solo, água e vegetação em microbacias hidrográficas, tendo o homem como ponto focal. Para atingir tal objetivo, a Secretaria dos Recursos Hídricos – (SRH) e Superintendência de Obras Hidráulicas – (SOHIDRA) realizaram uma série de intervenções físicas, econômicas e socioambientais em microbacias hidrográficas, estabelecendo como área piloto a microbacia do rio Cangati, no município de Canindé.

Com a implantação da infraestrutura física e o diagnóstico dos aspectos geoambientais da área, a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – Funceme, entidade do Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos – SIGERH, realizou o monitoramento biofísico desta microbacia.

Para dar apoio logístico às ações de obras, serviços e monitoramento na microbacia, foi realizado o Contrato nº 015/2007–Funceme/PROGERIR/SRH/ Dimensão Engenharia de Projetos e Construções Ltda.

O monitoramento, incluindo a infraestrutura física, foi de quatorze meses. Os dados, coletados das variáveis hidrológicas e ambientais, foram suficientes para dar um dimensionamento e uma caracterização do comportamento hidroambiental desta microbacia, fornecendo conhecimentos e informações importantes para o manejo racional, atendimento de demandas básicas e a gestão de risco do semiárido, que dizem respeito a uma sociedade tão vulnerável e carente de oportunidades como a desta região, contribuindo, assim, para o desenvolvimento sustentável do Ceará.

Os estudos contribuíram, ainda, para a geração de trabalhos técnicos-científicos e pesquisas de pós-graduação, bem como para a capacitação e treinamento de pessoal técnico de nível médio e da comunidade local.

Eduardo Sávio Passos Rodrigues Martins
Presidente da FUNCEME

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	vii
INTRODUÇÃO	1
RELEVÂNCIA DO SUBPROJETO	2
ANTECEDENTES	5
OBJETIVOS DO SUBPROJETO	7
PARTE 1 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	10
1.1 – Configuração Geoambiental	10
1.1.1 – Localização e acesso	10
1.1.2 – Aspectos geológicos	11
1.1.3 – Aspectos geomorfológicos	14
1.1.4 – Aspectos dos solos	15
1.1.5 – Aspectos da cobertura vegetal	19
1.1.6 – Caracterização hidroclimatológica	20
1.1.7 – Uso e ocupação da terra	24
1.1.7.1 – Principais atividades relacionadas ao uso da terra	28
1.1.8 – Meio antrópico da área de influência do subprojeto.	39
1.1.8.1 – População residente	39
1.1.8.2- Estrutura e caracterização da família	41
1.1.8.3- Experiência migratória	58
1.1.9 – Aspectos socioeconômicos	60
PARTE 2 – RECURSOS HÍDRICOS	68
2.1 – Introdução	68
2.2 – Monitoramento das Águas Superficiais	70
2.2.1 – Mobilização e treinamento do pessoal	72
2.2.2 - Instrumentalização da microbacia	74
2.2.2.1 - Calhas medidoras de vazão e obras de proteção dos limnigrafos	74
2.2.2.2 – Estações automáticas plúvio & flúvio	83
2.2.2.3 - Régua graduada para monitoramento de águas e sedimentos	86
2.2.2.4 – Estação meteorológica	87
2.2.3 - Coleta de dados	90
2.2.3.1 - Dados climatológicos	91

2.2.3.2 - Infiltração	91
2.2.3.3 – Dados fluviométricos	93
2.2.3.4 – Coleta de amostras de água para determinação de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos	98
2.2.3.5 – Coleta de dados sedimentométricos	103
2.3 – Resultados e Discussão – Águas Superficiais	114
2.3.1 - Caracterização da qualidade da água na microbacia	114
2.3.1.1 – Descrição sucinta dos açudes avaliados	118
2.3.1.2 – Consistência dos dados laboratoriais por meio do balanço iônico	126
2.3.1.3 – Hidroquímica das águas superficiais na microbacia	134
2.3.1.4 - Classificação das águas superficiais de acordo com os sólidos totais dissolvidos (STD)	144
2.3.1.5 - Classificação das águas para irrigação	154
2.3.1.6 - Variabilidade temporal de parâmetros físico-químicos	161
2.4 – Monitoramento das Águas Subterrâneas	173
2.4.1 – Mobilização e treinamento do pessoal	175
2.4.2 – Trabalhos preliminares	175
2.4.2.1 – Parametrização geométrica dos trechos aluvionares estudados	177
2.4.2.2 – Parametrização hidráulica dos trechos aluvionares estudados	187
2.4.3 – Monitoramento das águas subterrâneas (coleta sistemática de dados)	191
2.4.3.1 – Monitoramento dos níveis potenciométricos	191
2.4.3.2 – Monitoramento das características físico-químicas das águas subterrâneas	200
2.5 – Resultados e Discussão – Águas Subterrâneas	203
2.5.1 - Caracterização da qualidade das águas subterrâneas na microbacia	203
2.5.1.1 - Consistência dos dados laboratoriais por meio do balanço iônico	203
2.5.1.2 - Hidroquímica das águas subterrâneas na microbacia	207
2.5.1.3 - Variabilidade temporal de parâmetros físico-químicos	222
2.5.2 – Avaliação do comportamento das águas nas barragens subterrâneas	229
2.5.3 – Avaliação das barragens subterrâneas e dos aquíferos aluviais associados	237
2.6 – Modelagem Hidrológica	243
2.6.1 - Modelagem da hidrologia superficial	243
2.6.1.1 - Objetivos e escopo	243
2.6.1.2 - Climatologia	244
2.6.1.3 - Domínio espacial e características físicas das sub-bacias	247
2.6.1.4 - Dados hidrológicos observados	254
2.6.1.5 - Aplicação de modelos hidrológicos em microbacias selecionadas	260
2.6.1.6 - Eventos de cheia e produção de sedimentos	272
2.6.2 – Modelagem numérica do escoamento das águas subterrâneas dos riachos Chicote, Felão e Salgadinho	279

PARTE 3 – SOLOS	288
3.1- Aspectos Operacionais do Monitoramento	288
3.1.1- Área com culturas anuais	288
3.1.2. Área com vegetação natural e pastagem nativa	301
3.2 – Resultados e Discussões	306
3.2.1 – Avaliação da água retida nos coletores instalados nas barragens sucessivas	308
3.2.2 – Avaliação do solo nos coletores instalados nas barragens sucessivas	309
PARTE 4 – VEGETAÇÃO	314
4.1- Aspectos Gerais da Vegetação	314
4.2 - Descrição das Parcelas Estudadas	317
4.2.1- Parcela 1 (Barragens Sucessivas)	328
4.2.2- Parcela 2 (reflorestamento da mata ciliar do rio Cangati)	330
4.3- Resultados e Discussões	331
4.3.1 - Composição das comunidades	331
4.3.1.1 - Fitossociologia	334
4.3.1.2 - Diversidade	335
4.3.2 - Arquitetura da vegetação (fisionomias)	336
4.3.3 - Sucessão natural	339
4.3.4 - Cobertura do solo	340
4.3.5 - Fenologia	343
PARTE 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	348

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.01 – Localização da área de estudo	10
FIGURA 1.02 – Mapa do município de Canindé	25
FIGURA 2.01 – Seções transversais da calha 01	77
FIGURA 2.02 – Seção longitudinal e planta baixa da calha 01	78
FIGURA 2.03 – Seções transversais da calha 02	79
FIGURA 2.04 – Seção longitudinal e planta baixa da calha 02	80
FIGURA 2.05 – Desenho esquemático das PCD's.	85
FIGURA 2.06 – Microbacia hidrográfica do rio Cangati e estruturas de monitoramento.	90
FIGURA 2.07 – Pontos de coleta de amostra de água na microbacia do rio Cangati – CE.	99
FIGURA 2.08 – Amostrador por integração de profundidade, confeccionado pelo subprojeto.	105
FIGURA 2.09 – Desenho esquemático do modelo do amostrador por integração de profundidade, confeccionado para coleta de amostras em suspensão.	106
FIGURA 2.10 – Desenho esquemático do modelo do amostrador por integração de profundidade, confeccionado para coleta de amostras em suspensão.	106
FIGURA 2.11 – Marcação das estações na seção transversal do riacho para amostragem de sedimentos em suspensão.	109
FIGURA 2.12 – Volumes coletados proporcionais à vazão em cada vertical.	109
FIGURA 2.13 – Diagramas de Piper referentes aos açudes Chicote, Ramin, Zuir, Lages, Chico Miguel I e Chico Miguel II.	137
FIGURA 2.14 – Diagramas de Piper, referentes aos açudes Antônio Cruz, Tobias e Pedro Paulino	140
FIGURA 2.15 – Evolução temporal das concentrações de íons nos açudes Chicote, Ramin, Zuir e Lages, na microbacia do rio Cangati–CE.	141
FIGURA 2.16 – Evolução temporal das concentrações de íons nos açudes Chico Miguel I e II, Antônio Cruz, Tobias e Pedro Paulino (rio Cangati - Ce)	142
FIGURA 2.17 – Classificação das águas de acordo com STD nos açudes Chicote, Ramin, Zuir, Lages, Chico Miguel I e Chico Miguel II.	147
FIGURA 2.18 – Classificação das águas de acordo com STD nos açudes Antônio Cruz, Tobias e Pedro Paulino.	148

FIGURA 2.19 – Classificação das águas de acordo com STD em rio/riachos da microbacia do rio Cangati – Ce.	148
FIGURA 2.20 – Classificação das águas dos açudes Chicote, Ramin, Zuir e Lages, de acordo com o Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos.	157
FIGURA 2.21 – Classificação das águas dos açudes Chico Miguel I, Chico Miguel II, Antônio Cruz, Tobias e Pedro Paulino de acordo com o Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos.	158
FIGURA 2.22 – Classificação das águas em rio/riachos da microbacia do rio Cangati de acordo com o Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos.	159
FIGURA 2.23 – Comportamento do pH nos Açudes Chicote, Ramin, Zuir, Lages e Chico Miguel I.	161
FIGURA 2.24 – Comportamento do pH nos açudes Chico Miguel II, Antônio Cruz, Tobias, Novo e Pedro Paulino.	162
FIGURA 2.25 – Comportamento do pH nos rio/riachos Cangati I, Cangati II, Felão I, Felão II, Gatos e Chicote.	162
FIGURA 2.26 – Comportamento do fósforo nos Açudes Chicote, Ramin, Zuir, Lages e Chico Miguel I.	163
FIGURA 2.27 – Comportamento do fósforo nos açudes Chico Miguel II, Antonio Cruz, Tobias, Novo e Pedro Paulino.	164
FIGURA 2.28 – Comportamento do fósforo nos rio/riachos Cangati I, Cangati II, Felão I, Felão II, Gatos e Chicote.	164
FIGURA 2.29 – Comportamento do OD nos Açudes Chicote, Ramin, Zuir, Lages e Chico Miguel I.	165
FIGURA 2.30 – Comportamento do OD nos açudes Chico Miguel II, Antônio Cruz, Tobias, Novo e Pedro Paulino.	166
FIGURA 2.31 – Comportamento do OD nos rio/riachos Cangati I, Cangati II, Felão I, Felão II, Gatos e Chicote.	166
FIGURA 2.32 – Comportamento do nitrato nos Açudes Chicote, Ramin, Zuir, Lages e Chico Miguel I.	167
FIGURA 2.33 – Comportamento do nitrato nos açudes Chico Miguel II, Antônio Cruz, Tobias, Novo e Pedro Paulino.	167
FIGURA 2.34 – Comportamento do nitrato nos rio/riachos Cangati I, Cangati II, Felão I, Felão II, Gatos e Chicote.	167

FIGURA 2.35 – Comportamento do nitrito nos Açudes Chicote, Ramin, Zuir, Lages e Chico Miguel I.	168
FIGURA 2.36 – Comportamento do nitrito nos açudes Chico Miguel II, Antônio Cruz, Tobias, Novo e Pedro Paulino.	168
FIGURA 2.37 – Comportamento do nitrato nos rio/riachos Cangati I, Cangati II, Felão I, Felão II, Gatos e Chicote.	169
FIGURA 2.38 – Comportamento da turbidez nos açudes Chicote, Ramin, Zuir, Lages e Chico Miguel I.	170
FIGURA 2.39 – Comportamento da turbidez nos açudes Chico Miguel II, Antônio Cruz, Tobias, Novo e Pedro Paulino.	170
FIGURA 2.40 – Comportamento da turbidez nos rio/riachos Cangati I, Cangati II, Felão I, Felão II, Gatos e Chicote.	170
FIGURA 2.41 – Comportamento dos coliformes termotolerantes nos açudes Chicote, Ramin, Zuir, Lages e Chico Miguel I.	171
FIGURA 2.42 – Comportamento dos coliformes termotolerantes nos açudes Chico Miguel II, Antônio Cruz, Tobias, Novo e Pedro Paulino.	172
FIGURA 2.43 – Comportamento dos coliformes termotolerantes nos rio/riachos Cangati I, Cangati II, Felão I, Felão II, Gatos e Chicote.	172
FIGURA 2.44 – Barragens subterrâneas na microbacia do rio Cangati.	176
FIGURA 2.45 – Contorno dos aluviões associados às barragens subterrâneas na microbacia do rio Cangati.	179
FIGURA 2.46 – Localização das sondagens a trado no aluvião da B.S. do Riacho Chicote.	181
FIGURA 2.47 – Localização das sondagens a trado no aluvião das B.S. do riacho Felão	181
FIGURA 2.48 – Localização das sondagens a trado no aluvião da B.S. do riacho Salgadinho.	182
FIGURA 2.49 – Sondagens a trado e espessura estimada do aluvião da B.S. do riacho Chicote.	184
FIGURA 2.50 – Sondagens a trado e espessura estimada do aluvião das B.S. do riacho Felão.	185
FIGURA 2.51 – Sondagens a trado e espessura estimada do aluvião das B.S. do riacho Salgadinho	186
FIGURA 2.52 – Desenho esquemático e foto do medidor de nível d'água	188

FIGURA 2.53 – Variáveis envolvidas na estimativa da permeabilidade	188
FIGURA 2.54 – Comportamento dos níveis de água nos pontos de monitoramento do aluvião do riacho Chicote	198
FIGURA 2.55 – Comportamento dos níveis de água nos pontos de monitoramento do aluvião do riacho Felão – B.S. Felão II	199
FIGURA 2.56 – Comportamento dos níveis de água nos pontos de monitoramento do aluvião do riacho Felão – B.S. Felão I	199
FIGURA 2.57 – Comportamento dos níveis de água nos pontos de monitoramento do aluvião do riacho Salgadinho	200
FIGURA 2.58 – Pontos de coleta de amostra de água na microbacia do rio Cangati.	201
FIGURA 2.59 – Diagrama de Piper das águas da B.S. Felão I – riacho Felão	208
FIGURA 2.60 – Diagrama de Piper das águas da B.S. Felão II – riacho Felão	208
FIGURA 2.61 – Diagrama de Piper das águas da B.S. do riacho Salgadinho	209
FIGURA 2.62 – Diagrama de Piper das águas do Poço Amazonas 01 (PAM 01)	209
FIGURA 2.63 – Diagrama de Piper das águas do Poço Amazonas 02 (PAM 02)	210
FIGURA 2.64 – Diagrama de Piper das águas do Poço Amazonas 03 (PAM 03)	210
FIGURA 2.65 – Diagrama de Piper das águas do Poço Amazonas 04 (PAM 04)	211
FIGURA 2.66 – Diagrama de Stiff das águas da B.S. Felão I – riacho Felão	213
FIGURA 2.67 – Diagrama de Stiff das águas da B.S. Felão II – riacho Felão	213
FIGURA 2.68 – Diagrama de Stiff das águas da B.S. do riacho Salgado	213
FIGURA 2.69 – Diagrama de Stiff das águas do Poço Amazonas PAM 01 – rio Cangati	214
FIGURA 2.70 – Diagrama de Stiff das águas do Poço Amazonas PAM 02 – rio Cangati	214
FIGURA 2.71 – Diagrama de Stiff das águas do Poço Amazonas PAM 03 – rio Cangati	214
FIGURA 2.72 – Diagrama de Stiff das águas do Poço Amazonas PAM 04 – rio Cangati	215
FIGURA 2.73 – Classificação das águas da B.S. Felão I para irrigação – riacho Felão	218
FIGURA 2.74 – Classificação das águas da B.S. Felão II para irrigação – riacho Felão	219
FIGURA 2.75 – Classificação das águas da B.S. do riacho Salgadinho para irrigação	219
FIGURA 2.76 – Classificação das águas do Poço Amazonas 01 (PAM 01) para irrigação rio Cangati	220

FIGURA 2.77 – Classificação das águas do Poço Amazonas 02 (PAM 02) para irrigação rio Cangati	220
FIGURA 2.78 – Classificação das águas do Poço Amazonas 03 (PAM 03) para irrigação rio Cangati	221
FIGURA 2.79 – Classificação das águas do Poço Amazonas 04 (PAM 04) para irrigação rio Cangati	221
FIGURA 2.80 – Comportamento dos sólidos dissolvidos nos poços amazonas.	224
FIGURA 2.81 – Comportamento dos sólidos dissolvidos nas barragens subterrâneas.	224
FIGURA 2.82 – Comportamento do nitrato nos poços amazonas.	225
FIGURA 2.83 – Comportamento do nitrato nas barragens subterrâneas.	226
FIGURA 2.84 – Comportamento do nitrito nos poços amazonas.	226
FIGURA 2.85 – Comportamento do nitrito nas barragens subterrâneas.	227
FIGURA 2.86 – Comportamento dos coliformes termotolerantes nos poços amazonas.	228
FIGURA 2.87 – Comportamento dos coliformes termotolerantes nas barragens subterrâneas.	228
FIGURA 2.88 – Localização das estações pluviométricas da região estudada.	230
FIGURA 2.89 – Precipitação na microbacia do rio Cangati – 2008 (gerada).	232
FIGURA 2.90 – Níveis d’água & precipitação: B.S. do riacho Chicote.	232
FIGURA 2.91 – Níveis d’água & precipitação: B.S. Felão I – riacho Felão.	233
FIGURA 2.92 – Níveis d’água & precipitação: B.S. Felão II – riacho Felão.	233
FIGURA 2.93 – Níveis d’água & precipitação: B.S. do riacho Salgadinho.	234
FIGURA 2.94 – Níveis d’água & precipitação nos poços PAM-02 e PAM-04: rio Cangati.	236
FIGURA 2.95 – Bloco-diagrama do aluvião associado à barragem subterrânea do riacho Chicote.	238
FIGURA 2.96 – Bloco-diagrama do aluvião associado às barragens subterrâneas do riacho Felão.	238
FIGURA 2.97 – Bloco-diagrama do aluvião associado à barragem subterrânea do riacho Salgadinho.	239
FIGURA 2.98 – “Espelho d’água” (a) e cotas do terreno (b) no local da barragem subterrânea do riacho Chicote.	240

FIGURA 2.99 – “Espelho d’água” (bacia hidráulica) das barragens subterrâneas (Felão I e Felão II) no riacho Felão.	241
FIGURA 2.100 – “Espelho d’água” (bacia hidráulica) das barragens subterrâneas (antiga (a), mais nova (b)) no riacho Salgadinho.	242
FIGURA 2.101 – Temperaturas máximas, médias e mínimas históricas na estação meteorológica de Quixeramobim (rede nacional do INMET)	245
FIGURA 2.102 – Balanço hídrico climático	247
FIGURA 2.103 – Pontos de monitoramento	248
FIGURA 2.104 - Relevo da microbacia hidrográfica	249
FIGURA 2.105 - Delineamento das sub-bacias	250
FIGURA 2.106 – Mapa pedológico simplificado	251
FIGURA 2.107 – Mapa de cobertura vegetal	252
FIGURA 2.108 – Dados brutos de variáveis meteorológicas da PCD Canindé	255
FIGURA 2.109 – Informações meteorológicas consistidas a nível diário – utilizada para estimar a evapotranspiração potencial durante o ano de 2008	256
FIGURA 2.110 – Curva chave teórica da calha 1 (riacho Salgadinho)	257
FIGURA 2.111 – Curva chave teórica da calha 2 (riacho dos Gatos)	257
FIGURA 2.112 – Hidrograma observado no evento de 12/05/2008 no riacho Salgadinho	258
FIGURA 2.113 – Hidrograma observado no evento de 12/05/2008 no riacho dos Gatos	258
FIGURA 2.114 – Esquema do levantamento da área superficial da barragem B11 de acumulação de sedimentos	259
FIGURA 2.115 – Evaporação livre durante o ano de 2008	262
FIGURA 2.116 - Evapotranspiração potencial durante o ano de 2008.	263
FIGURA 2.117 – Esquema conceitual do modelo SMAPd	264
FIGURA 2.118 - Calibração manual do modelo com dados do primeiro semestre de 2009	265
FIGURA 2.119 - Média diária de vazões simuladas durante o ano de 2008 na microbacia do riacho Salgadinho (Calha 1)	265
FIGURA 2.120 – Balanço de hídrico do açude Tobias, a jusante do riacho Felão	268
FIGURA 2.121 – Balanço hídrico do açude Chicote	269
FIGURA 2.122 – Curva de carga de sólidos dissolvidos para o riacho Felão	271

FIGURA 2.123 – Balanço de sais no açude Tobias, a jusante do riacho Felão	272
FIGURA 2.124 – Balanço de sais no açude Chicote	272
FIGURA 2.125 – Ajuste dos parâmetros do modelo HEC-HMS com eventos de cheia observados no ano de 2009	274
FIGURA 2.126 a – Simulação de um evento de cheia em 2008 (riacho Salgadinho)	274
FIGURA 2.126 b – Teste da simulação do escoamento superficial do modelo KINEROS2	276
FIGURA 2.127 – Hidrograma e sedimentograma para um evento típico	278
FIGURA 2.128 – Domínio georreferenciado do riacho Chicote	281
FIGURA 2.129 – Domínio georreferenciado do riacho Felão	281
FIGURA 2.130 – Domínio georreferenciado do riacho Salgadinho	281
FIGURA 2.131 – Perfil de carga hidráulica após simulação no riacho Chicote, para o segundo período de amostragem (stress período).	284
FIGURA 3.02 – Desenho esquemático da área da barragem G1.	298
FIGURA 3.03 – Desenho esquemático da área da barragem G2.	299
FIGURA 3.04 – Desenho esquemático da área da barragem G3.	299
FIGURA 3.05 – Desenho esquemático da área da barragem G4.	299
FIGURA 3.06 – Desenho esquemático da área da barragem G5.	300
FIGURA 3.07 – Desenho esquemático da área da barragem B1.	302
FIGURA 3.08 – Desenho esquemático da área da barragem B2.	302
FIGURA 3.09 – Desenho esquemático da área da barragem B3.	303
FIGURA 3.10 – Desenho esquemático da área da barragem B4.	303
FIGURA 3.11 – Desenho esquemático da área da barragem B5.	304
FIGURA 3.12 – Desenho esquemático da área da barragem B7.	304
FIGURA 3.13 – Desenho esquemático da área da barragem B10.	305
FIGURA 3.14 – Desenho esquemático da área da barragem B11.	305
FIGURA 3.15 – Evolução da altura dos sedimentos acumulados por barragens sucessivas	307
FIGURA 3.16 – Área sedimentada por barragens sucessivas	307
FIGURA 3.17 – Variação do volume de sedimentos acumulados por barragens sucessivas	308
FIGURA 4.01 – Estrutura diamétrica da comunidade vegetal da Parcela 1	336

FIGURA 4.02 – Estrutura diamétrica da comunidade vegetal da Parcela 2	337
FIGURA 4.03 – Estrutura vertical da comunidade vegetal da parcela 1	337
FIGURA 4.04 – Estrutura vertical da comunidade vegetal da Parcela 2	338

LISTA DE FOTOS

FOTO 2.01 – Apresentação das equipes	73
FOTO 2.02 – Casa do PRODHAM	74
FOTO 2.03 – Fases construtivas da calha 01: marcação, ferragem, concretagem, acabamento e finalização	82
FOTO 2.04 – Fases construtivas da calha 02: marcação, ferragem, concretagem, acabamento e finalização	83
FOTO 2.05 – Instalação da PCD na calha 01, e realização de coleta de dados e avaliação da calibração do equipamento	85
FOTO 2.06 – Instalação da PCD na calha 02, e realização de coleta de dados e avaliação da calibração do equipamento	86
FOTO 2.07 – Instalação de régua limnimétrica na calha 01	87
FOTO 2.08 – Instalação de régua limnimétrica na calha 02	87
FOTO 2.09 – Réguas limnimétricas instaladas em barragens sucessivas monitoradas pelo subprojeto	88
FOTO 2.10 – Ensaio de infiltração com anéis concêntricos	93
FOTO 2.11 – Ensaio de infiltração método de Beerkan	93
FOTO 2.12 – Medição da vazão durante a etapa de calibração de curva-chave	94
FOTO 2.13 – Medição do nível d'água na calha do riacho do Salgadinho	97
FOTO 2.14 – Açudes monitorados pelo subprojeto	102
FOTO 2.15 – Riachos monitorados pelo subprojeto	103
FOTO 2.16 – Sequência de uma coleta de água	110
FOTO 2.17 – Marcação das estações ao longo da seção transversal do rio	111
FOTO 2.18 – Medição da profundidade	111
FOTO 2.19 – Etapas de uma sondagem a trado durante os trabalhos de campo.	179
FOTO 2.20 – Equipamentos utilizados nas sondagens dos aluviões: (a) – coletor de pedras; (b) – copo para areia seca; (c) – rompedor; e (d) – copo para material argiloso.	180
FOTO 3.01 – Coletor de solo e água.	289
FOTO 3.02 – Instalação de um coletor de solo.	289

FOTO 3.03 – Vista frontal de um coletor de solo.	290
FOTO 3.04 – Vista por cima de um coletor instalado com saco fixado.	290
FIGURA 3.01 – Esquema de localização dos coletores de solo e água	291
FOTO 3.05 – Vista do conjunto coletor de solo e coletor de água.	291
FOTO 3.06 – Diferença de turbidez observado no coletor.	293
FOTO 3.07 – Diferença de turbidez observada nas provetas durante a medição do volume.	293
FOTO 3.08 – Trincheira para instalação da régua na barragem sucessiva.	297
FOTO 3.09 – Instalação da régua.	297
FOTO 3.10 – Abertura da trincheira.	300
FOTO 3.11 – Amostras de solos.	301
FOTO 4.01 – Área próxima à barragem sucessiva - predomínio de plantas herbáceas anuais.	317
FOTO 4.02 – Barragem Sucessiva da Parcela 1 com sedimentos acumulados à esquerda.	329
FOTO 4.03 – Área de reflorestamento às margens do rio Cangati (localidade – Iguaçu).	330
FOTO 4.04 – Quadrante de 1 x 1m utilizado para estimativa de cobertura do solo por plantas herbáceas	341

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1.01 – Propriedades por comunidade e situação legal	25
QUADRO 1.02 – Número de ocorrência por tipo de uso atual do solo	27
QUADRO 1.03 – Produção consorciada de milho, feijão, fava, arroz e algodão nas comunidades.	29
QUADRO 1.04 – Produção solteira de milho, feijão, fava, arroz e algodão, nas comunidades.	32
QUADRO 1.05 – Produção, comercialização e consumo.	33
QUADRO 1.06 – Pecuária por comunidade.	36
QUADRO 1.07 – Principais produtos da silvicultura e extrativismo, por comunidade.	37
QUADRO 1.08 – Número de famílias e de habitantes, por comunidade	39
QUADRO 1.09 – População por comunidade e sexo.	40
QUADRO 1.10 – Chefes de família por comunidade e sexo.	41
QUADRO 1.11 – Total dos chefes de família, por comunidades, grupos de idade e sexo.	42
QUADRO 1.12 – Agregados familiares por comunidade e faixa etária.	42
QUADRO 1.13 – Membros dos agregados familiares, por escolaridade e sexo.	44
QUADRO 1.14 – Total dos membros dos agregados familiares, por escolaridade e faixa etária.	51
QUADRO 1.15 – Participação dos agregados familiares em associações e/ou sindicatos rurais (STR).	53
QUADRO 1.16 – Total dos membros agregados familiares, por atividade econômica.	54
QUADRO 1.17 – Total das atividades econômicas por agregados familiares.	56
QUADRO 1.18 – Total dos membros dos agregados familiares, por atividade econômica e outras fontes de renda complementares.	58
QUADRO 1.19 – Membros familiares que emigraram definitivamente nos últimos 10 anos	59
QUADRO 1.20 – Membros da família que migraram definitivamente nos últimos 10 anos.	60
QUADRO 3.01 – Dados do volume de sedimentos acumulados nas barragens sucessivas	306
QUADRO 4.01 – Percentual de cobertura do solo por plantas herbáceas na Parcela 1 (Barragens Sucessivas).	341
QUADRO 4.02 – Percentual de cobertura do solo por plantas herbáceas na Parcela 2 (Reflorestamento da margem do rio Cangati).	341

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.01 – Leituras de níveis de água na calha 01 – riacho Salgadinho	95
TABELA 2.02 – Leituras de níveis de água na calha 02 – riacho dos Gatos	96
TABELA 2.03 – Pontos de coleta de amostras de água superficial.	99
TABELA 2.04 – Meses em que foram realizadas coletas de água superficial nos pontos selecionados.	100
TABELA 2.05 – Parâmetros físico-químicos e bacteriológicos analisados.	101
TABELA 2.06 - Medição das profundidades - coleta de água pontual	114
TABELA 2.07 - Medição das profundidades - coleta de água integral	114
TABELA 2.08 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no açude Chicote - AC01.	128
TABELA 2.09 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no açude Ramim - AC02.	129
TABELA 2.10 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no açude Zuir - AC03.	129
TABELA 2.11 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no açude Lages - AC04.	130
TABELA 2.12 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no açude Chico Miguel I - AC05.	130
TABELA 2.13 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no açude Chico Miguel II - AC06.	131
TABELA 2.14 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no açude Antônio Cruz - AC07.	131
TABELA 2.15 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no açude Tobias - AC08.	132
TABELA 2.16 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no açude Pedro Paulino - AC10.	132
TABELA 2.17 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no rio Cangati I - RC01.	133
TABELA 2.18 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no rio Cangati II - RC02.	133

TABELA 2.19 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no riacho Felão I - RF01.	133
TABELA 2.20 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no riacho Felão II - RF02.	133
TABELA 2.21 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no riacho dos Gatos - RG01.	134
TABELA 2.22 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no riacho Chicote - RCH01.	134
TABELA 2.23 – Classificação das águas de acordo com as concentrações de sólidos totais dissolvidos	146
TABELA 2.24 – Classificação das águas de açudes na microbacia do rio Cangati – CE, de acordo com os valores de sólidos totais dissolvidos.	150
TABELA 2.25 – Classificação das águas de rio/riachos na microbacia do rio Cangati-CE, de acordo com os valores de sólidos totais dissolvidos.	153
TABELA 2.26 – Classes de risco de salinidade e de alcalinidade pelas águas de irrigação pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos	156
TABELA 2.27 – Dados das sondagens a trado – riacho Chicote	182
TABELA 2.28 – Dados das sondagens a trado – riacho Felão	183
TABELA 2.29 – Dados das sondagens a trado – riacho Salgadinho	183
TABELA 2.30 – Condutividade hidráulica (K) do aluvião do riacho Chicote	189
TABELA 2.31 – Condutividade hidráulica (K) do aluvião do riacho Felão	189
TABELA 2.32 – Condutividade hidráulica (K) do aluvião do riacho Salgadinho	190
TABELA 2.33 – Classes de condutividade hidráulica	190
TABELA 2.34 – Dados do monitoramento das cargas potenciométricas nos trechos aluvionares selecionados	192
TABELA 3.01 – Coletores de solo e água 1 - dados da instalação	294
TABELA 3.02 – Coletores de solo e água 2 - dados da instalação	295
TABELA 3.03 – Coletores de solo e água 3 - dados da instalação	296
TABELA 4.01 – Lista de espécies nativas encontradas na região das áreas de estudo.	315
TABELA 4.02 – Dados fitossociológicos coletados em campo na Parcela 1 (Barragem Sucessiva).	318

TABELA 4.03 – Dados fitossociológicos coletados em campo na Parcela 2	322
TABELA 4.04 – Aspectos gerais da vegetação das parcelas analisadas	329
TABELA 4.05 – Ocorrência das espécies inventariadas em cada parcela de estudo.	331
TABELA 4.06 – Dados fitossociológicos da Parcela 1 (Barragem Sucessiva).	332
TABELA 4.07 – Dados fitossociológicos da Parcela 2 (Reflorestamento da margem do rio Cangati).	333
TABELA 4.08 – Índice de diversidade de espécies em cada parcela estudada.	335
TABELA 4.09 – Indivíduos selecionados na Parcela 1 (Barragens Sucessivas) para os estudos fenológicos, conforme a metodologia sugerida pelo PRODHAM.	344
TABELA 4.10 – Indivíduos selecionados na parcela 2 (reflorestamento) para os estudos fenológicos, conforme a metodologia sugerida pelo PRODHAM.	345

INTRODUÇÃO

O subprojeto Avaliação Geoambiental de Práticas Conservacionistas Implantadas na Microbacia do Rio Cangati, Canindé-CE (Área Piloto), executado pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – Funceme, com recursos do Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental (PRODHAM), financiado parcialmente pelo Banco Mundial, teve seu início em 01 de agosto de 2007 e término em 31 de dezembro de 2008. O seu relatório final foi concluído em agosto de 2009.

Os estudos de monitoramento da microbacia do rio Cangati abordam temas relacionados com água, solo e vegetação.

A microbacia estudada está inserida na Folha Sistemática da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), SB-24-V-VI – Quixadá, escala 1:100.000, abrangendo uma área de 75,65 km², situada na porção Nordeste do estado do Ceará, limitada nos quadrantes pelas coordenadas geográficas 04°34'00" de Latitude Sul e 39°26'25" de Longitude Oeste, e 04°42'00" de Latitude Sul e 39°21'00" de Longitude Oeste.

Os trabalhos de campo foram iniciados com o reconhecimento da área e identificação dos primeiros pontos de amostragens de dados relacionados aos recursos hídricos (corpos de água e poços) e terminaram com as coletas de água (superficial e subterrânea).

A Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial (NUTEC) foi a responsável pela realização das análises de amostras de água superficial (açudes) e subterrânea (poços), bem como as de sólidos em suspensão.

As atividades de monitoramento no subprojeto foram executadas pela equipe técnica do Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (DHIMA), por meio das divisões de Estudos Básicos e Sistema de Suporte (DIESB) e de Geoprocessamento (DIGEO).

RELEVÂNCIA DO SUBPROJETO

A busca de instrumentos e/ou tecnologias, capazes de subsidiar o planejamento e gerenciamento dos recursos ambientais de pequenas bacias hidrográficas, é hoje uma das grandes preocupações dos governos atuais. Estudos e pesquisas, nessa área de conhecimento, vêm sendo intensificados em todo o mundo. Sabe-se que a avaliação dos efeitos da degradação e/ou modificação do meio ambiente de uma bacia, sobre os processos que nela ocorrem, é, geralmente, realizada com base em dados coletados no seu interior e obtidos a partir de equipamentos e/ou estruturas nela implantados.

Com efeito, o monitoramento dos recursos naturais de uma bacia constitui-se numa atividade estratégica, possibilitando a criação de uma base de dados e informações que, uma vez constantemente atualizada e divulgada, orientará a gestão destes recursos, subsidiará o processo decisório e a elaboração de diretrizes e ações. A análise conjunta e integrada da diversidade de dados gerados, mediante o monitoramento de variáveis hidroambientais permite a ampliação do conhecimento sobre a dinâmica da bacia, os seus aspectos físicos e a inter-relação entre eles.

Alinhada com esse pensamento e buscando um melhor entendimento da dinâmica ambiental em pequenas bacias hidrográficas do semiárido, a Funceme, no âmbito do Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental (PRODHAM), concebeu e executou o Subprojeto Avaliação Geoambiental de Práticas Conservacionistas Implantadas na Microbacia do Rio Cangati, Canindé-CE, aqui apresentado neste documento. Salienta-se que esta microbacia, em virtude de alterações na ocupação e uso do solo, fatores antrópicos e, principalmente, intensificação da atividade agrícola, vem sofrendo impactos em seu ambiente, evidenciando a importância da coleta de dados e informações, para avaliação dos mesmos, e enfatizando a relevância desta pesquisa.

Sendo assim, o subprojeto, com base na implantação de uma

infraestrutura de monitoramento adequada à região, forneceu subsídios à gestão dos recursos naturais da microbacia, com vistas à melhoria na qualidade de vida da comunidade local, justificando o aporte financeiro para sua execução e ressaltando a importância do mesmo. De fato, os dados gerados a partir do monitoramento serviram como “input” para estudos sobre a estimativa das potencialidades hídricas subterrâneas, quantificação do escoamento superficial, compreensão da dinâmica do transporte e acumulação de sedimentos nas barragens sucessivas, construídas nesta microbacia, alterações na qualidade de suas águas, entre outros.

Dentro desta ótica, convém lembrar que o subprojeto, por meio das ações e obras nele implantadas, contribuiu, entre outros, para a recuperação da mata ciliar, anteriormente bastante comprometida; para redução do processo de assoreamento em reservatórios; para aumento da umidade do solo; aumento da produtividade, relacionada à agricultura de sequeiro, e para conscientização da população quanto ao uso sustentável e preservação dos recursos naturais.

É importante enfatizar que o subprojeto, durante toda a sua fase de execução, assumiu caráter de pesquisa aplicada, cujo objetivo era gerar novos conhecimentos e contribuição tecnológica, significativos para o manejo e sustentabilidade dos recursos ambientais da microbacia, com aplicações diretas no seu gerenciamento.

Convém lembrar o cuidado em incorporar e elucidar o caráter participativo assumido pelo subprojeto. A participação da comunidade local na construção e implantação da infraestrutura de monitoramento, na coleta de variáveis hidroambientais, constituiu-se num grande diferencial e, em muito, contribuiu para o êxito do mesmo. Com efeito, a preocupação com a capacitação de recursos humanos e a transferência das tecnologias aplicadas, durante o desenvolvimento da pesquisa, foi uma constante, durante a toda a gestão do subprojeto, e mostrou ser de grande relevância.

Enfatiza-se, também, o aspecto de cooperação técnico-científica do subprojeto e a preocupação com a disponibilização e difusão das informações geradas no âmbito do mesmo. Neste sentido, buscou-se, estrategicamente, uma parceria com a Universidade Federal do Ceará, por meio do seu Departamento de Geologia, o que culminou no desenvolvimento de uma dissertação de mestrado intitulada “Efeitos dos microbarramentos na agricultura de subsistência – riacho Bananeiras - Canindé –Ceará – Brasil”.

Ainda, de acordo com a estratégia delineada na pesquisa, referente à produção e difusão técnico-científica, pesquisadores, envolvidos no subprojeto, elaboraram o artigo “Comportamento de parâmetros de qualidade da água em reservatórios superficiais da microbacia do rio Cangati – Ceará”, a ser apresentado no XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.

Por fim, ressalta-se que o alinhamento e inserção deste subprojeto no âmbito das políticas públicas é relevante quando visto sob o prisma do gerenciamento dos recursos naturais no semiárido nordestino. De fato, a sustentabilidade ambiental em regiões semiáridas é tão fundamental que a questão tem sido alvo da geração de políticas e diretrizes básicas no governo do Estado, o qual aponta a necessidade do uso racional do solo e da água como um dos instrumentos essenciais para o seu desenvolvimento. Enfatiza-se, ainda, a necessidade de investimentos na busca de informações, estudos e tecnologias que contribuam para uma melhor utilização desses recursos.

Dentro desta ótica, os estudos realizados no presente subprojeto vêm, claramente, de encontro a essa preocupação, tornando-se foco de interesse de organismos internacionais como o Banco Mundial, que vem fomentando, por meio de seus projetos especiais, como o PRODHAM, estudos que forneçam alternativas para a solução dos problemas ligados à questão.

ANTECEDENTES

No marco da política estabelecida no Plano Estadual dos Recursos Hídricos, parte integrante do Plano Estadual de Desenvolvimento Sustentável, assim como em outros segmentos, surgiu, para dar suporte ao planejamento hidroambiental do Governo do Estado, o Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental (PRODHAM), visando complementar os Programas de Recursos Hídricos existentes e tendo como objetivo geral garantir medidas e ações de recuperação ambiental.

O referido projeto contou com os seguintes objetivos específicos:

- desenvolver um modelo ambiental;
- estabelecer uma metodologia conservacionista;
- desenvolver técnicas de contenção de solos e água nas microbacias hidrográficas;
- proporcionar o ressurgimento de diversas formas de vida vegetal e animal;
- proporcionar uma disponibilidade de água para consumo animal;
- conscientizar e capacitar as comunidades rurais nas áreas de ação do Projeto;
- promover a organização e fortalecer à autogestão das comunidades; e
- mostrar a importância da recuperação e correção dos solos.

Com intuito de implementar o Projeto, foi realizada uma parceria entre a Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH), o Banco Mundial (parceria financeira) e a GTZ (parceria técnica). A partir daí, foram elaborados os termos de referência e definida a metodologia a ser seguida, para identificação e escolha das microbacias a serem trabalhadas.

A metodologia adotada foi o Diagnóstico Rápido Participativo (DRP), que é um processo de pesquisa-aprendizagem, realizado através de diálogos, de observações, de diagrama e de análises efetuadas no campo, junto à população.

Definida a metodologia, deu-se início às viagens de campo, para escolha das microbacias, com equipes formadas por técnicos da SRH, da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - Funceme e de consultores da Sociedade de Projetos Agropecuários (GFA-Agrar).

Para escolha das microbacias, as equipes viajaram para a região do Maciço de Baturité, tendo como norte critérios previamente definidos, quais sejam:

- potencial produtivo e os recursos naturais, ou sejam, situação natural favorável para implementação de práticas conservacionista de caráter ambiental, áreas expostas a processos de degradação e alterações sobre os recursos naturais (solos, água e vegetação);
- existência e expressividade de organizações formais ou informais, tais como Conselhos Municipais, ONG's, Sindicatos, Associações ou Cooperativas, com produtores abertos às inovações, mudanças e vontade de experimentar, na própria terra, e com predisposição para contribuir com a própria mão de obra e/ou outros recursos;
- contribuição significativa da agropecuária para a renda familiar; e
- acesso por caminhos vicinais e estradas existentes.

Assim, para se ter uma base de escolha, foram visitadas varias microbacias no entorno do Maciço de Baturité, optando-se por três, entre elas a do rio Cangati, que apresentava as melhores condições em relação aos critérios estabelecidos.

Na referida microbacia, foram identificadas e trabalhadas três comunidades, Iguaçu, São Luiz e Bom Jesus, nas quais foi aplicado o Diagnóstico Rápido Participativo (DRP), sendo que, devido a maior representatividade e organização, a comunidade de Iguaçu foi contemplada com a aplicação do DRP mais aprofundado.

Escolhida a microbacia do rio Cangati, foram iniciados os estudos básicos que consistiram em um levantamento semidetalhado dos solos e avaliação da capacidade de uso das terras, realizado pela equipe de pedologia da Funceme.

De posse dos estudos realizados pela Funceme, a SRH deu início às obras preconizadas no Manual Técnico-Operacional do PRODHAM, que consistiam em práticas alternativas de controle hidroambiental, quais sejam:

- barragens sucessivas de contenção de sedimentos;
- barragens subterrâneas;
- recuperação e preservação da vegetação ciliar dos cursos d'água;
- recuperação de áreas degradadas; e
- adequação de estradas vicinais.

Foram realizadas, ainda, práticas alternativas de controle edáfico, quais sejam:

- terraceamento;
- canais escoadouro;
- cordões de vegetação permanente;
- quebra-ventos;
- cordões de pedra em contorno;
- descompactação do solo;
- cobertura morta;
- cultivo em nível – sistema *dry farming*;
- matéria orgânica; e
- manejo de pastagem.

OBJETIVOS DO SUBPROJETO

O Subprojeto Avaliação Geoambiental de Práticas Conservacionistas Implantadas na Microbacia do Rio Cangati, Canindé-CE, executado pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – Funceme, teve como objetivo principal a realização de estudos de monitoramento de água, solo e vegetação na microbacia do rio Cangati, no município de Canindé.

Para tanto, foram realizadas obras e serviços para o desenvolvimento, em caráter piloto e em moldes participativos, de ações articuladas e sustentáveis visando a recuperação e preservação dos recursos naturais.

Os estudos realizados na microbacia, além de objetivarem a introdução da cultura de preservação dos recursos naturais, propôs mostrar a importância das obras hidroambientais e edáficas implantadas, consolidar e desenvolver os instrumentos de gerenciamento e promover a participação da comunidade beneficiada, convocando-os a desempenhar um papel mais expressivo de multiplicadores, objetivando a disseminação dos conhecimentos e facilitando o processo de ensino e aprendizagem ao lidar com ambiente em que vive.

Dentre outros objetivos pode-se destacar, ainda:

- manutenção do equilíbrio ecológico com o surgimento de formas de vida vegetal e animal;
- melhoria da qualidade da água;
- aumento da umidade do solo e oferta de pasto para o período de estiagem;
- reposição da mata ciliar com conseqüente sustentação dos solos, evitando sua perda no período chuvoso, evitando o assoreamento de reservatórios; bem como favorecendo à manutenção da umidade do solo por um período maior;
- aumento da produtividade das culturas de sequeiro, pelo favorecimento à manutenção da umidade do solo, por um período maior;
- aumento da oferta de água para outros usos;
- ações em outras atividades produtivas geradoras de renda e o aumento da consciência conservacionista no homem do campo, para que este se sinta também responsável pela preservação e recuperação do meio em que vive; e
- maior oferta de umidade no solo para as culturas.

Caracterização da Área de Estudo 1

PARTE 1 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

1.1 – Configuração Geoambiental

A seguir, é apresentada uma descrição dos principais aspectos da natureza física e antrópica da microbacia estudada.

1.1.1 – Localização e acesso

A microbacia do rio Cangati situa-se no município de Canindé, na porção nordeste do Estado do Ceará, cuja área está compreendida entre os paralelos 04°34'00" e 04°42'00" de Latitude Sul e os meridianos de 39°21'00" e 39°26'25" a Oeste de Greenwich, ocupando uma área de 75,65 km² (FIGURA 2.01). Partindo-se de Fortaleza, o acesso é feito através da BR-020, por um percurso aproximado de 145km.

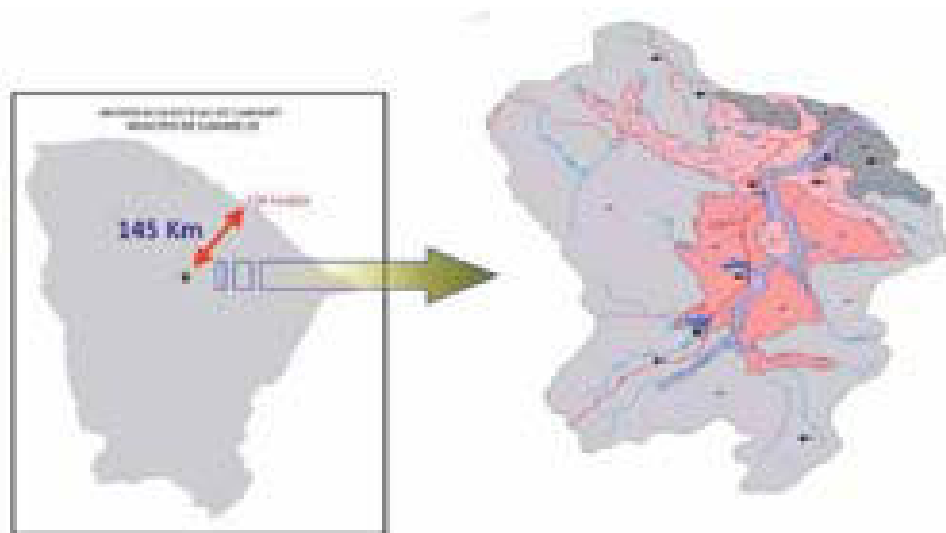


FIGURA 1.01 – Localização da área de estudo

A BR-020 corta a microbacia, passando pelas três maiores localidades da região, que são: São Luiz, Iguassu e Lajes.

O tráfego interno na microbacia é realizado por meio de estradas carroçáveis, a maioria delas em péssimas condições de uso, e intransitáveis, boa parte, no período chuvoso.

1.1.2 – Aspectos geológicos

Os trabalhos publicados, relativos aos terrenos cristalinos nos domínios da região de Canindé, são todos em escala regional, sendo que as unidades definidas estão inseridas num amplo contexto geológico, formadas pelo embasamento cristalino (representado por rochas de idade Pré-Cambriana) e por materiais inconsolidados de cobertura superficial (representados por (1) aluviões e colúvios, existentes nos canais fluviais e rampas de dissecação, respectivamente). Regionalmente, os tipos litológicos definidos de acordo com Brito Neves (1975 apud COSTA, 2004) e Nascimento e Gava (1977 apud COSTA, 2004), alternam-se em sequências de micaxistos, quartzitos micáceos, paragnaisses, migmatitos e mármore. Ocorrem também intrusões de diques que compõem a (2) suíte magmática do Pré-Cambriano Superior (posicionamento duvidoso), encaixados predominantemente nas (3) rochas do Complexo Itatira. Na bacia hidrográfica do rio Cangati, (4) 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. A seguir, será apresentada uma descrição dos componentes litológicos para uma melhor compreensão da dinâmica dos processos relacionados com erosão, transporte e deposição de materiais (COSTA, 2004).

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 (COSTA, 2004).

Complexo Nordestino / Pré-Cambriano Inferior a Médio

Compreende os migmatitos homogêneos e heterogêneos, gnaisses

variados e núcleos granitoides, além de ocorrências menores de quartzitos, xistos, mármore calco-silicáticos e, mais raramente, rochas metabásicas e meta-ultrabásicas. O Complexo Nordeste, juntamente com outras áreas pré-cambrianas, encontra-se posicionado 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). A principal rocha representativa desse grupo trata-se de uma rocha migmatítica pertencente ao 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 bandeamento da rocha (COSTA, 2004).

Complexo Itatira / Pré-Cambriano Superior

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 bandeamento 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 grau de metamorfismo, aliado ao tipo litológico, também difere sobremaneira do Complexo Nordeste, já que nesta unidade 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 desaparecimento paulatino das estruturas acamadas e foliadas (COSTA, 2004).

Coberturas tércio-quaternárias (Qa)

Segundo Macedo (1977 apud COSTA, 2004), 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 variada. Esse material é proveniente, basicamente, de rochas que compõem o Complexo Nordeste 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 planície de inundação (COSTA, 2004).

Estruturas geológicas

As principais estruturas da região aparecem como 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 Nordeste 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 (COSTA, 2004).

1.1.3 – Aspectos geomorfológicos

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 morfogenéticos predominam, pois as condições climáticas locais, associadas ao regime de escoamento superficial, ao relevo e à cobertura vegetal, representam os principais agentes desnudacionais, em detrimento aos processos químicos, associados a climas mais úmidos (COSTA, 2004).

As planícies e terraços fluviais

Estas são as formas mais características de acumulação fluvial que acompanham longitudinalmente os cursos dos rios e riachos. São áreas que abrigam as melhores condições de solo e disponibilidade hídrica, constituindo-se, portanto, em 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 (COSTA, 2004).

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 - 150m. Em níveis mais elevados, superiores a 300m, a dissecação é mais evidente, isolando interflúvios de feições convexas, formando relevos colinosos, tabuliformes ou lombadas. A região estudada representa um dos setores mais característicos da depressão sertaneja, definida como depressão periférica. Suas características mais importantes são: (a) a pronunciada diversificação litológica, isto devido à ocorrência de

rochas cristalinas e sedimentares de diferentes origens e idade; (b) papéis destacados dos processos de intemperismo físico e da remoção dos detritos pelo escoamento difuso e concentrado; (c) truncamento indistinto de litologias e estruturas pela erosão, com o conseqüente desenvolvimento de superfícies pediplanadas; (d) revestimento generalizado de caatinga, com mudanças eventuais de fisionomia e de flora em consequência de mudanças de clima e de solo; e (e) pequena espessura do manto de alteração das rochas (SOUZA, 1988 apud COSTA, 2004).

Maciços 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. Estes 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 variando de 500 a 800m, atua na área como um divisor para a bacia hidrográfica. Na microbacia do rio 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% (COSTA, 2004).

1.1.4 – Aspectos dos solos

O conhecimento dos solos constitui-se uma das principais bases nos trabalhos de planejamento territorial. Para tanto, efetuou-se um levantamento em nível de semidetalhe e uma avaliação da capacidade de uso das terras (FUNCEME, 2001). Com o intuito de adequar ao atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), foram renomeadas as classes de solos encontradas.

A heterogeneidade de características ambientais, a que o Ceará está submetido, proporciona extensa variação de solos. Analisando o contexto pedológico da microbacia hidrográfica estudada, observa-se o predomínio de ambientes típicos de depressão sertaneja, caracterizados por uma associação de solos bastante diversificados, normalmente rasos ou medianamente profundos, com incidência de afloramentos rochosos e pavimentos detriticos. Por suas características físicas pouco favoráveis, apresentam 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.

O plantio morro abaixo é uma prática corrente na agricultura cearense e um dos principais fatores na degradação dos solos. Anexam-se a essa, 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, carvão, etc.), que também comprometem sobremaneira a sustentabilidade do ecossistema das microbacias e da caatinga.

As características gerais das classes de solos, segundo a Funceme (2001), encontram-se relacionadas abaixo, constando a nomenclatura dos solos segundo Embrapa (1999) e, entre parênteses, a nova classificação correspondente, segundo Embrapa (2006).

PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO / BRUNO NÃO CÁLCICO (LUVISSOLO CRÔMICO)

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 de média a alta fertilidade natural (JACOMINE et al., 1973) e, ainda, segundo os mesmos autores, apresentam 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 mesmos 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, abruptico, 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, pode-se utilizar as pedras na confecção de cordões de contorno. É recomendado o uso de implementos agrícolas muito leves, de preferência a tração animal, sendo conveniente a adoção do sistema de plantio direto. Na área da microbacia 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. Possuem Caráter Eutrófico (valor V maior que 50%) e são solos pouco profundos. De acordo com sua ocorrência na microbacia do rio Cangati, essa classe de solo foi agrupada, nas seguintes associações: PE1. PE2, Costa (2004).

SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICO (NEOSSOLOS LITÓLICOS)

Compreende solos minerais pouco desenvolvidos, provenientes de deposições fluviais recentes, predominantemente não hidromórficos, apresentando apenas o 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 que se verifica nos locais onde ocorrem. Todavia, em vista das qualidades que apresentam, tais como, sua alta fertilidade natural e profundidade, entre outras, os mesmos podem 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, 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 Costa (2004), são classificados com a simbologia Ae e encontram-se situados ao longo dos rios da microbacia do rio Cangati.

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

saprolito de gnaisses, migmatitos e de granitos, ocorrendo, também, solos derivados de quartzitos, arenito, filito e xistos. O relevo varia de plano a montanhoso, com vegetação de transição mata/caatinga e mata seca. As limitações, ao uso desses solos, dizem respeito a sua pouca profundidade, além das consequências decorrentes da declividade e relevo das áreas onde se encontram. A pouca utilização agrícola desses solos decorre das limitações fortes a muito fortes, pela deficiência d'água, pedregosidade, rochosidade 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 desses solos, devendo-se apenas escolher trechos de relevo plano, suavemente ondulado, ou mesmo ondulado, onde as declividades não sejam acentuadas, bem como áreas com menor pedregosidade e rochosidade. As áreas mais acidentadas devem ser destinadas à preservação da fauna e flora regionais. Na área estudada, 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 Costa (2004), na microbacia hidrográfica do rio Cangati, foram feitas as seguintes associações de solos litólicos eutróficos: Re1, Re2.

1.1.5 – Aspectos da cobertura vegetal

O estado do Ceará apresenta diversos tipos vegetacionais, sendo que, entre esses, 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 500m. As variações desses fatores (climático, edáfico e geomorfológico) exercem grande importância nos padrões fisionômicos e na 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 apud COSTA, 2004), 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-lhes desenvolver-se em ambientes com condições semiáridas. A cobertura vegetal dominante na microbacia do rio Cangati é a caatinga baixa (FERNANDES, 2001 apud COSTA, 2004), que corresponde a uma vegetação xerófita, em que predominam espécies com fisionomia e fisiologia arbustiva de porte entre 2 e 4 metros de altura. Dado o antropismo existente, a paisagem original encontra-se bastante alterada com perda de grande parte de seus componentes florísticos originais. 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 (*Cróton sonderianus*), jurema preta (*Mimosa hostilis*), aroeira (*Astronium urundeuva*), pereiro (*Aspidosperma pirifolium*), pau branco (*Auxema onconcalyx*), umburuna de espinheiro (*Bursera leptophlocos*), angico (*Anadenanthera macroarpa*), jurema preta (*Mimosa hostilis*), mofumbo (*Cobretum leprosum*), oiticica (*Licania rígida*), carnaúba (*Copernicia prunifera*), pereiro (*Aspidosperma pirifolium*) pitiá (*Aspidosperma ulei*), mororó (*Bauhinia forficata*), catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), canafístula (*Cássia ferruginea*) e juazeiro (*Ziziphus joazeiro*).

1.1.6 – Caracterização hidroclimatológica

Quanto ao clima

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, por meio 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 75% da área do Estado);
- baixo potencial de natureza hídrica superficial e subterrânea; e
- pequena parcela de terras, que reúnem condições favoráveis de clima, solos férteis e topografia favorável (terrenos sedimentares).

Essas 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 rio Cangati pode enquadrar-se no tipo climático BSw'h' (clima quente, semiárido), em que 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 apud COSTA, 2004), 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 se verifica 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 esta 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, de fevereiro a abril, podendo se prolongar até maio.

Quanto aos recursos hídricos

O estudo da rede hidrográfica de uma determinada região permite a identificação da ocorrência e da 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 COSTA, 2004), 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, em que 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, por meio dos diversos graus de intervenção do homem sobre a área. A ordenação dos cursos d'água, Costa (2004), 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.

O município de Canindé é compreendido pelas bacias do Curu (78,4%), Metropolitana (19,2%), Acaraú (2,16%), Banabuiú (0,23%). A microbacia do rio Cangati possui uma área 75,65 km², compreende as margens direita e esquerda da nascente do rio Cangati; sendo este classificado da 2ª ordem na hierarquia hidrográfica do rio Choró, componente da Bacia Metropolitana. O rio Cangati tem, como divisores d'água de sua nascente, a Serra da Pintada e Serrinha, próximo a 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, Maíba, 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, afetando a qualidade da água, como também induz o assoreamento das calhas destes 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 dendrítica, superconcentrada, possuindo, ainda, a área um fraco potencial de acúmulo hídrico subterrâneo.

Dada a predominância da litologia cristalina, os aquíferos na região apresentam um baixo potencial hidrogeológico. Sobre esse embasamento ocorre uma pequena espessura de material pouco permeável, o que reduz a infiltração hídrica e, conseqüentemente, a acumulação das águas nas fraturas do substrato rochoso (COSTA, 2004).

1.1.7 – Uso e ocupação da terra

De acordo com o mapa de uso e ocupação do município de Canindé, Figura 1.02, a área de influência do PRODHAM, no distrito de Iguçu, é dominada pela agricultura e por remanescentes florestais. Na microbacia hidrográfica (MBH) do rio Cangati a situação legal das terras se divide em 06 (seis) aspectos institucionais: (a) propriedade familiar; (b) terra de herdeiros; (c) terra de posse; (d) terra de morador; (e) terra de parceria; e (f) “outros”. A denominação “outros”, praticamente, na sua totalidade, significa terras arrendadas. O total de propriedades atinge 193 unidades, conforme o Quadro 1.01.

Observa-se no Quadro 1.01, que a comunidade de Iguçu apresenta maior número de propriedades, cerca de 31,61% do total. A seguir, vem a

comunidade de Cacimba de Baixo com 24,35% das propriedades; seguida pela comunidade de São Luiz com 21,24%; Lages com 12,44%; e, com menor número de propriedades, Barra Nova com 10,36%.

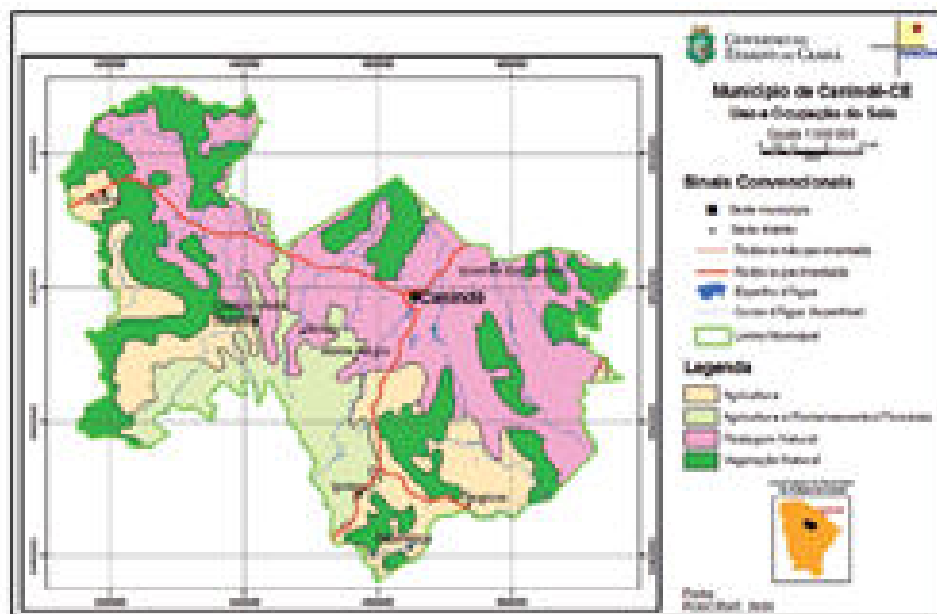


FIGURA 1.02 – Mapa do município de Canindé

QUADRO 1.01 – Propriedades por comunidade e situação legal

Comunidade	Propriedade Familiar	Terra de Herdeiros	Terra de Posse	Terra de Morador		Terra de Parceria	Outros	Total
				Parceria	Empréstimo			
Barra Nova	0	4	0	4	7	3	2	20
C. de Baixo	9	12	0	9	8	4	5	47
Iguaçu	8	35	0	0	5	3	10	61
Lages	0	3	0	10	10	1	0	24
São Luiz	10	17	0	5	2	1	6	41
Total	27	71	0	28	32	12	23	193

Fonte: FAHMA, 2005-2008

A distribuição do número de propriedades por tipo, em relação às comunidades, apresenta o seguinte perfil em termos de concentração:

- (a) Propriedade familiar - está mais presente na comunidade de São Luiz com 37,04%, vindo, a seguir, Cacimba de Baixo com 33,33% e Iguaçu com 29,63%;

(b) Terras de herdeiros - concentram-se na comunidade de Iguaçu com 49,30%, seguindo-se São Luiz com 23,94%, Cacimba de Baixo com 16,90%, Barra Nova com 5,63% e Lages com 4,23%;

(c) Terras de posse - não ocorrem em nenhuma das comunidades;

(d) Terras de morador (somando as duas modalidades parceria e empréstimo) – a distribuição se apresenta da seguinte forma: Lages registra 33,33%; Cacimba de Baixo 28,33%, Barra Nova 18,33%, São Luiz 11,67% e Iguaçu 8,33%;

(e) Terras de parceria - a concentração está mais presente em Cacimba de Baixo com 33,33%, vindo, a seguir, Iguaçu e Barra Nova com 25,00% cada e, finalmente, Lages e São Luiz com 8,33% cada; e

(f) Terras classificadas em “outros” (que segundo observação feita nos cadastros, elas correspondem em sua maior parte em terras arrendadas) - a distribuição pelas comunidades é a seguinte: a maior parte, 43,48%, está na comunidade de Iguaçu. A seguir vem São Luiz com 26,09%; Cacimba de Baixo com 21,74% e, por fim, Barra Nova com 8,70%.

A abordagem seguinte diz respeito aos tipos de uso das propriedades nas comunidades da MBH do rio Cangati. O número de usos atinge um total de 307 (trezentos e sete), distribuindo-se em 181 (cento e oitenta e uma) atividades agrícolas, 49 (quarenta e nove) no uso como pasto, 60 (sessenta) na condição de pousio e 17 (dezessete) em florestas e reflorestamentos, conforme o Quadro 1.02.

Percebe-se no Quadro 1.02 que a comunidade de Iguaçu apresenta maior número de tipos de uso da terra, com 32,57% do total. Em seguida, vem a comunidade de Cacimba de Baixo com 25,41% dos usos, acompanhada pela de São Luiz com 25,08%, Lages com 9,12% e por último Barra Nova com 7,82%.

QUADRO 1.02 – Número de ocorrência por tipo de uso atual do solo

Comunidade	Agrícola	Pasto	Pousio	Floresta/ Reflor.	Total
Barra Nova	18	1	5	0	24
Iguaçu	45	10	13	10	78
Cacimba de Baixo	57	15	22	6	100
Lages	22	2	4	0	28
São Luiz	39	21	16	1	77
Total	181	49	60	17	307

Fonte: FAHMA (2009)

Sob a ótica das comunidades, o tipo de uso apresenta o seguinte comportamento:

- Agrícola - centralizado em Iguaçu com 31,49%; vindo a seguir, em escala decrescente, Cacimba de Baixo com 24,86%; São Luiz com 21,55%; Lages com 12,15%; e, Barra Nova com 9,94%;
- Pasto - centralizado em São Luiz com 42,86%; Iguaçu com 30,61%; Cacimba de Baixo com 20,41%; Lages com 4,08%; e, Barra Nova com 2,04%;
- Pousio - maior concentração em Iguaçu com 36,67%; seguindo-se São Luiz com 26,67%; Cacimba de Baixo com 21,67%; Barra Nova com 8,33%; e, Lages com 6,67%;
- Florestas e reflorestamento - ocorrem somente em Cacimba de Baixo, Iguaçu e São Luiz, com os percentuais de 58,82%, 35,29% e 5,88%, respectivamente.

Na distribuição por tipo de uso, tendo como localização geográfica as comunidades, observa-se que na comunidade de Lages o uso agrícola das terras está com maior percentual de concentração, 78,57%. Dos 21,43% restantes, 14,29% se destinam a pousio e 7,14% a pasto. A seguir, vem a comunidade de Barra Nova, com percentual de uso agrícola em 75,00%. Os demais 25,00% distribuem-se em 20,83% para pousio e 4,17% para pasto.

Já na comunidade de Cacimba de Baixo, o uso agrícola atinge 57,69% do

total, vindo, a seguir, o pousio com 16,67%; pasto e florestas/reflorestamento com o restante 25,64%. Na comunidade de Iguaçu o uso agrícola absorve 57,00%, o de pousio 22,00%, pasto 15,00% e floresta e reflorestamento 6,00%.

Finalmente, a comunidade de São Luiz, que apresenta um maior equilíbrio no uso das terras, mostra o seguinte perfil distributivo: agrícola, 50,65%; pasto, 27,27%; pousio, 20,78% e florestas e reflorestamento, 1,35%. Finalizando, observa-se no Quadro 1.02, que o uso da terra é predominantemente agrícola na MBH do rio Cangati.

1.1.7.1 – Principais atividades relacionadas ao uso da terra

Produção consorciada

De acordo com o cadastro das famílias/produtores, as atividades da produção agrícola na MBH do rio Cangati estão centradas em apenas 05 (cinco) produtos: (a) algodão, (b) milho, (c) feijão, (d) fava e (e) arroz. São exploradas, na maioria dos casos, na forma de produção consorciada, conforme se apresenta no Quadro 1.03 e subsequentes.

O primeiro estudo diz respeito à produção consorciada total da MBH do rio Cangati por comunidade, de acordo com os parâmetros relativos à área (ha), produção (kg), venda e consumo. Quanto ao consumo, sua estimava foi pela diferença entre a produção total menos a venda.

Analisando as informações do Quadro 1.03, no que diz respeito à produção total consorciada na MBH do rio Cangati, observa-se que ela registra um total de 149.676 kg de milho, 15.602 kg de feijão, 210 kg de fava, 20 kg de arroz e 346 kg de algodão.

No aspecto das comunidades, analisando separadamente cada produto, observa-se o seguinte comportamento:

(a) Milho - a maior produção deste grão está centrada na Comunidade de

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Iguaçu, com um percentual de 34,93% do total, vindo a seguir em escala decrescente: São Luiz com 19,37%; Cacimba de Baixo com 17,12%; Barra Nova 15,71%; e, Lages com 12,87%;

(b) Feijão - esta leguminosa tem produção centralizada também na comunidade de Iguaçu, com um percentual de 27,02% do total. Em escala decrescente, seguem-se as seguintes comunidades e respectivos percentuais: Lages 21,72%; São Luiz 19,10%; Cacimba de Baixo 18,64%; e, Barra Nova 13,52%;

(c) Fava - a produção de fava, esta centralizada nas comunidades de Barra Nova com 71,43% e Iguaçu com 28,57%. Nas demais comunidades a pesquisa não revelou produção;

(d) Arroz - somente a comunidade São Luiz registrou produção desse cereal, com um percentual de 100%; e

(e) Algodão - este produto agrícola registrou produção em 03 (três) comunidades. A comunidade de Barra Nova é a que mais produziu, com 43,35% do total. A seguir, vem São Luiz com 39,31% e Iguaçu com 17,34%.

QUADRO 1.03 – Produção consorciada de milho, feijão, fava, arroz e algodão nas comunidades.

Cultura total e por comunidades	Área (ha)	Produção (kg)
<u>MBH – rio Cangati</u>		
Milho	336,10	149.676
Feijão	336,60	15.602
Fava	13,00	210
Arroz	0,50	20
Algodão	10,00	346
Total	0,00	0,00

(continua)

(continuação)

Cultura total e por comunidades	Área (ha)	Produção (kg)
Comunidades		
BARRA NOVA	-	-
Milho	38,30	23.520
Feijão	37,30	2.110
Fava	8,00	150
Arroz	-	-
Algodão	1,00	150
CACIMBA DE BAIXO	-	-
Milho	82,00	25.620
Feijão	84,00	2.908
Fava	-	-
Arroz	-	-
Algodão	-	-
IGUAÇU	-	-
Milho	130,80	52.280
Feijão	130,80	4.216
Fava	5,00	60
Arroz	-	-
Algodão	5,00	60
LAGES	-	-
Milho	39,00	19.260
Feijão	39,00	3.388
Fava	-	-
Arroz	-	-
Algodão	-	-
SÃO LUIZ	-	-
Milho	46,00	28.996
Feijão	45,50	2.980
Fava	-	-
Arroz	0,50	20
Algodão	4,00	136

Fonte: FAHMA (2009)

Produção solteira ou não consorciada

De acordo com o cadastro das famílias/produtores, as atividades da produção agrícola não consorciada na MBH do rio Cangati estão centralizadas em apenas 03 (três) produtos: (a) algodão, (b) milho e (c) feijão, conforme apresenta o Quadro 1.04, a seguir.

A análise enfoca a produção solteira total dessa microbacia e por comunidade, de acordo com os parâmetros relativos à área (ha), produção (kg), venda e consumo. Quanto ao consumo, sua estimativa é feita pela diferença entre a produção total menos a parcela comercializada.

Analisando as informações do Quadro 1.04, no que diz respeito à produção total não consorciada, na microbacia, observa-se que ela registra um total de 36.600 kg de milho, 2.280 kg de feijão e 375 kg de algodão. Predominando as culturas do milho e feijão.

A área plantada corresponde a 33,25 ha para o milho, 13,75 ha para o feijão e 0,20 ha para o algodão, totalizando 47,20 ha.

No aspecto das comunidades, analisando separadamente cada produto, observa-se o seguinte comportamento:

(a) Milho - a maior produção deste grão está centrada na Comunidade de Iguaçu, com um percentual de 60,49% do total, vindo a seguir em escala decrescente: São Luiz com 28,52%; Cacimba de Baixo com 9,34%; e, Barra Nova com 1,64%. A comunidade de Lages não registra produção solteira;

(b) Feijão - esta leguminosa tem produção centrada na comunidade de São Luiz com um percentual de 51,32% do total. Em escala decrescente, seguem-se as seguintes comunidades e respectivos percentuais: Iguaçu 39,04%; Barra Nova 7,89% e Cacimba de Baixo 1,75%; e

(c) Algodão - Este produto agrícola registrou produção somente na comunidade de Barra Nova, com uma produção de 375 kg, numa área de 0,20 ha.

O Quadro 1.05 mostra a produção agrícola destacando a quantidade comercializada e o valor por produto, nos plantios consorciados e solteiro e, ainda, o consumo em cada comunidade estudada.

QUADRO 1.04 – Produção solteira de milho, feijão, fava, arroz e algodão, nas comunidades.

Cultura total e por comunidades	Área (ha)	Produção (kg)
<u>MBH – rio Cangati</u>		
Milho	336,10	149.676
Feijão	336,60	15.602
Fava	13,00	210
Arroz	0,50	20
Algodão	10,00	346
Total	0	0
<u>Comunidades</u>		
BARRA NOVA		
Milho	38,30	23.520
Feijão	37,30	2.110
Fava	8,00	150
Arroz	-	-
Algodão	1,00	150
CACIMBA DE BAIXO		
Milho	82,00	25.620
Feijão	84,00	2.908
Fava	-	-
Arroz	-	-
Algodão	-	-
IGUAÇU		
Milho	130,80	52.280
Feijão	130,80	4.216
Fava	5,00	60
Arroz	-	-
Algodão	5,00	60
LAGES		
Milho	39,00	19.260
Feijão	39,00	3.388
Fava	-	-
Arroz	-	-
Algodão	-	-
SÃO LUIZ		
Milho	46,00	28.996
Feijão	45,50	2.980
Fava	-	-
Arroz	0,50	20
Algodão	4,00	136

Fonte: FAHMA (2009)

QUADRO 1.05 – Produção, comercialização e consumo.

MBH e Comunidades	Produtos Agrícolas				
	Milho	Feijão	Fava	Arroz	Algodão
MBH					
Produção (kg)	186.276	17.882	210	20	721
Comercialização (kg)	62.632	355	-	-	721
Comercialização (R\$)	19.680,00	355,00	-	-	790,00
Consumo (kg)	123.644	17.527	-	-	-
Barra Nova					
Produção (kg)	24.120	2.290	150	-	525
Comercialização (kg)	11.700	120	-	-	525
Comercialização (R\$)	3.805,00	120,00	-	-	610,00
Consumo (kg)	12.420	2.170	-	-	-
Cacimba de Baixo					
Produção (kg)	29.040	2.948	-	-	-
Comercialização (kg)	8.298	-	-	-	-
Comercialização (R\$)	2.542,00	-	-	-	-
Consumo (kg)	20.742	2.948	-	-	-
Iguaçu					
Produção (kg)	74.420	5.106	60	-	60
Comercialização (kg)	20.980	-	-	-	60
Comercialização (R\$)	7.108,00	-	-	-	44,00
Consumo (kg)	53.440	5.106	-	-	-
Lages					
Produção (kg)	19.260	3.388	-	-	-
Comercialização (kg)	9.060	120	-	-	-
Comercialização (R\$)	2.958,00	120,00	-	-	-
Consumo (kg)	10.200	3.268	-	-	-
São Luiz					
Produção (kg)	39.436	4.150	-	20	136
Comercialização (kg)	12.594	115	-	-	136
Comercialização (R\$)	3.267,00	115,00	-	-	136,00
Consumo (kg)	26.842	4.035	-	-	-

Fonte: FAHMA (2009)

Observa-se que a produção de milho é a mais significativa na MBH do rio Cangati, atingindo um total de 186.276 kg. Deste total, 62.632 kg são destinados à comercialização e 123.644 kg ao consumo, representando

33,62% e 66,38%, respectivamente. O valor comercializado atinge R\$ 19.680,00, permitindo obter um preço médio R\$ 0,31/kg. A produção no âmbito das comunidades, revela que a de Iguaçu é a maior produtora, seguida pela de São Luiz, Cacimba de Baixo, Barra Nova e Lages. Quanto à comercialização deste produto a comunidade que mais vendeu foi também a de Iguaçu (33,50%), seguindo-se a de São Luiz (20,11%), Barra Nova (18,68%), Lages (14,47%) e Cacimba de Baixo (13,25%). Os preços médios por comunidade foram: Iguaçu R\$ 0,34/kg, São Luiz R\$ 0,26/kg, Barra Nova e Lages R\$ 0,33/kg e Cacimba de Baixo R\$ 0,31/kg. Estes preços comparados com a média da MBH (R\$0,31) mostram que a comunidade de Iguaçu foi a que obteve melhor preço e o pior ficou com a de São Luiz. Quanto ao consumo, também a comunidade de Iguaçu se mostra à frente das demais, com um percentual de 43,22% do total, seguida, em escala decrescente, pelas de São Luiz 21,71%, Cacimba de Baixo 16,78%, Barra Nova 10,04% e Lages 8,25%.

A produção de feijão é a segunda mais significativa na microbacia, atingindo um total de 17.882 kg. A produção no âmbito das comunidades revela que a de Iguaçu é a maior produtora, seguida pela de São Luiz, Lages, Cacimba de Baixo e Barra Nova. Quanto à comercialização, somente as comunidades de Barra Nova, Lages e São Luiz vendem o produto, mesmo assim, em quantidades mínimas.

A fava e o arroz tiveram sua produção totalmente destinadas ao consumo. A fava foi produzida em Barra Nova (71,43%) e Iguaçu (28,57%). O arroz registrou produção somente em São Luiz.

O algodão foi produzido somente nas comunidades de Barra Nova, Iguaçu e São Luiz. A maior produção se deu em Barra Nova com 72,82%, São Luiz com 18,86% e Iguaçu com 8,32%. Foi totalmente destinada à comercialização, atingindo um preço médio de R\$ 1,16/kg em Barra Nova, R\$ 1,00/kg em São Luiz e o menor preço em Iguaçu R\$ 0,73/kg.

Finalizando, observa-se que o valor total da produção agrícola comercializada na MBH atingiu R\$ 20.825,00.

Pecuária

Na MBH do rio Cangati a atividade pecuária está centrada na apicultura, criação de aves diversas, bovinos, caprinos, ovinos, ovos, suínos e a produção de leite. Estes animais e outros produtos derivados estão distribuídos pelas 05 (cinco) comunidades: Barra Nova, Cacimba de Baixo, Iguaçu, Lages e São Luiz, conforme apresentado no Quadro 1.06.

O referido Quadro mostra que na MBH do rio Cangati, o maior número de animais se concentra nas aves domésticas, com 2.824 unidades. A Avicultura fornece à microbacia carne e ovos, além de um excedente comercializável. A produção de ovos atinge 179.760 unidades.

No âmbito da comunidade, o maior número de aves está concentrada na comunidade de Iguaçu, com 41,75%, que também se destaca com 33,38% da produção de ovos.

O número de cabeças de bovinos, nessa microbacia, atinge um total de 282, localizando-se 45,39% na comunidade de Iguaçu, 30,50% em São Luiz, 16,31% em Cacimba de Baixo, 4,61% em Barra Nova e 3,19% em Lages.

Os suínos representam 243 (duzentos e quarenta e três) animais, com a seguinte distribuição por comunidade: Iguaçu com 43,62%; São Luiz com 32,51%; Cacimba de Baixo com 16,05%; Barra Nova com 5,35%; e Lages com 2,47%.

Também se faz presente na MBH 68 (sessenta e oito) cabeças de ovelhas, distribuídas nas comunidades de Iguaçu, São Luiz e Barra Nova. Os percentuais de concentração destes animais são: 52,94%, 36,76% e 10,29%, respectivamente.

As cabras também estão presentes com um total de 26 (vinte e seis)

cabeças, distribuídas pelas comunidades de São Luiz com 57,69%, Cacimba de Baixo com 23,08% e Iguaçu com 19,23%.

Apenas nas comunidades de Iguaçu e Cacimba de Baixo observou-se a ocorrência de apicultura, registrando-se a presença de 66 (sessenta e seis) colmeias produzindo mel. A comunidade de Iguaçu é a que tem maior quantidade com um percentual de 62,12%, vindo, a seguir, Cacimba de Baixo com 37,88%.

Considerando o número total de cabeças, a maior parte dos animais está concentrada na comunidade de Iguaçu, com 1.454 (um mil quatrocentos e cinquenta e quatro). A seguir, São Luiz com 711 (setecentos e onze), Cacimba de Baixo com 646 (seiscentos e quarenta e seis), Lages com 346 (trezentos e quarenta e seis) e, finalmente, Barra Nova com 287 (duzentos e oitenta e sete).

No aspecto geral, observa-se que a produção da pecuária local é mais voltada para o consumo das famílias produtoras e residentes no local.

QUADRO 1.06 – Pecuária por comunidade.

Nº de colmeias, animais, aves diversas, ovos e rebanho	Barra Nova	Cacimba de Baixo	Iguaçu	Lages	São Luiz	Total
1.Apicultura	-	25	41	-	-	66
2.Aves Diversas	254	554	1.179	331	506	2.824
3.Bovinos	13	46	128	9	86	282
4.Caprinos	-	6	5	-	15	26
5.Jumentos	-	1	-	-	-	1
6.Ovinos	7	-	36	-	25	68
7.Ovos	14.400	31.440	60.000	23.760	50.160	179.760
8.Suínos	13	39	106	6	79	243

Fonte: FAHMA (2009)

Extrativismo

A atividade extrativa, na MBH do rio Cangati, está centrada na exploração do carvão vegetal, de espetos e palitos, retirados na exploração

do marmeleiro, planta nativa da região, e na pesca destinada ao consumo (QUADRO 1.07).

Observa-se, no referido quadro, que a atividade extrativa está, praticamente, toda voltada para a comercialização nessa microbacia.

O valor total comercializado, conforme foi apurado na pesquisa, atinge R\$ 26.063,00. Estabelecendo um *ranking* entre as atividades e valores que compõem este total, observa-se que vem, em primeiro lugar, a atividade relativa aos espetos para churrasco que atinge 70,05%. Em segunda posição aparece o carvão vegetal, que representa 22,12% e em terceira e última posição a pesca, com 7,83%.

Estendendo o estudo ao âmbito das comunidades, observou-se que a de Barra Nova é mais representativa, cujo valor comercializado chega a R\$13.352,00, ou seja, 51,23% do total da MBH. Com esse percentual, é a comunidade mais representativa na comercialização da atividade extrativista. As atividades estão centradas no espeto para churrasco (63,68%) e carvão (36,32%).

QUADRO 1.07 – Principais produtos da silvicultura e extrativismo, por comunidade.

Comunidades e MBH	Principais Produtos	Principal Destino	
		Consumo	Comercialização (R\$)
Barra Nova	Carvão		4.850,00
	Espeto p/ churrasco	-	8.502,00
	Fab. de palitos marmeleiros	-	-
	Pesca	-	-
	Valor total	100,00	13.352,00
Cacimba de Baixo	Carvão		30,00
	Espeto p/ churrasco	-	216,00
	Fab. de palitos marmeleiros	-	-
	Pesca	-	300,00
	Valor total	-	546,00

(continua)

(continuação)

Comunidades e MBH	Principais Produtos	Principal Destino	
		Consumo	Comercialização (R\$)
Iguaçu	Carvão Espeto p/ churrasco Fab. de palitos marmeleiros Pesca Valor total	- - - - -	85,00 - - 1.740,00 1.825,00
Lages	Carvão Espeto p/ churrasco Fab. de palitos marmeleiros Pesca Valor total	- - - - -	800,00 9.540,00 - - 10.340,00
São Luiz	Carvão Espeto p/ churrasco Fab. de palitos marmeleiros Pesca Valor total	- - - - -	- - - - -
Total (MBH)	Carvão Espeto p/ churrasco Fab. de palitos marmeleiros Pesca Valor total da MBH	- - - - -	5.765,00 18.258,00 - 2.040,00 26.063,00

Fonte: FAHMA (2009)

A segunda comunidade, com valor de comercialização mais significativa, é a de Lages, com 39,67% do total. As atividades seguem o mesmo perfil da de Barra Nova, ou seja, concentradas no espeto (92,26%) e no carvão (7,74%).

Já a terceira comunidade mais representativa, mas com uma grande distância das duas primeiras, é a de Iguaçu, com uma participação de apenas 7,00% no valor comercializado. As atividades extrativas presentes são a pesca, com uma representatividade de 95,34%, e o carvão com 4,66%.

Na quarta posição, no contexto da MBH, vem Cacimba de Baixo, com comercialização de apenas 2,09%, distribuídos em 5,49% para o carvão, 39,56% para os espetos e 54,95% para a pesca.

A comunidade de São Luiz não registrou nenhuma atividade extrativista.

1.1.8 – Meio antrópico da área de influência do subprojeto.

1.1.8.1 – População residente

Na MBH do rio Cangati estão estabelecidas 213 (duzentas e treze) famílias, cujos membros formam uma população de 871 (oitocentos e setenta e um) habitantes. Estas famílias estão distribuídas em 05 (cinco) comunidades: Barra Nova, Cacimba de Baixo, Iguaçu, Lages e São Luiz. (QUADRO 1.08).

QUADRO 1.08 – Número de famílias e de habitantes, por comunidade

Comunidade	Famílias	Habitantes
Barra Nova	21	111
Cacimba de Baixo	65	258
Iguaçu	63	244
Lages	27	127
São Luiz	37	131
Total	213	871

Fonte: FAHMA (2009)

Observa-se no Quadro 1.08, que a comunidade de Cacimba de Baixo apresenta maior número de famílias (30,52%) e maior número de habitantes (29,62%). A seguir, vem a comunidade de Iguaçu com 29,58% das famílias e 28,01% da população; seguida pela comunidade de São Luiz com 17,37% das famílias e 15,04% dos habitantes e pela comunidade de Lages com 12,67% das famílias e 14,58% da população. A comunidade de Barra Nova apresenta o menor número de famílias (9,86%) e menor número de habitantes (12,75%).

O número médio de membros por família, na MBH do rio Cangati, é de 4,09.

A comunidade que apresenta maior número de membros por família é Barra Nova, com 5,29. As demais apresentam os seguintes valores, em ordem decrescente: Lages 4,70, Cacimba de Baixo 3,97, Iguaçu 3,87 e São Luiz 3,54.

A população nesta microbacia é constituída por 443 (quatrocentos e quarenta e três) pessoas do sexo masculino e 428 (quatrocentos e vinte e oito) do sexo feminino (QUADRO 1.09).

Constata-se no Quadro 1.09 que há um equilíbrio entre a população do sexo masculino e a do sexo feminino na MBH, sendo em números absolutos a população masculina ligeiramente superior a da feminina. Esta constatação também é observada nas comunidades que integram a MBH, sendo que somente na comunidade de São Luiz o número absoluto de mulheres é superior ao de homens.

QUADRO 1.09 – População por comunidade e sexo.

Comunidade	Masculino	Feminino	Total
Barra Nova	56	55	111
Cacimba de Baixo	130	128	258
Iguaçu	127	117	244
Lages	66	61	127
São Luiz	64	67	131
Total	443	428	871

Fonte: FAHMA (2009)

Das 213 (duzentas e treze) famílias da MBH do rio Cangati, 184 (cento e oitenta e quatro), (86,38%), são chefiadas por homens e 29 (vinte e nove), (13,62%), por mulheres (QUADRO 1.10).

Nas comunidades, o maior percentual de famílias chefiadas por mulheres foi encontrado em Cacimba de Baixo (23,08%), e menor em Barra Nova (4,26%). Nas demais comunidades estes percentuais são: Lages, 11,11%; São Luiz, 10,81% e Iguaçu, 9,52%.

Das famílias chefiadas por mulheres, a maioria (72,41%) consiste de viúvas ou mães solteiras com filhos. A seguir, vem as viúvas e as solteiras sem filhos, que correspondem a 13,79% do total. E 13,80% representa o percentual de mulheres com cônjuge ou companheiro com filhos, mulheres com cônjuge com migração temporária e viúvas com filhos.

QUADRO 1.10 – Chefes de família por comunidade e sexo.

Comunidade	Masculino	Feminino	Total
Barra Nova	20	1	21
Cacimba de Baixo	50	15	65
Iguaçu	57	6	63
Lages	24	3	27
São Luiz	33	4	37
Total	184	29	213

Fonte: FAHMA (2009)

1.1.8.2- Estrutura e caracterização da família

No Quadro 1.11 é apresentada, por comunidade, a distribuição dos chefes de família por faixa etária e sexo na MBH do rio Cangati.

Nota-se, no referido quadro, que os chefes de famílias estão concentrados nas faixas de 55 a 59, 40 a 44 e 30 a 34 anos, todos superando o percentual de mais de 10,00%, que somados atingem 34,75%. Os chefes de família com menor participação percentual estão centrados nas faixas de 10 a 14, 70 a 74 e 80 anos e mais, com percentuais de 2,35, 3,29 e 2,82%, respectivamente.

Na faixa mais baixa, de 10 a 14 anos, chama a atenção a presença de chefes de família com idade tão prematura, uma vez que esse fato se constitui numa excepcionalidade ocasionada por gravidez precoce, arrimo de família por viuvez e outros fatores.

No Quadro 1.12 é apresentado, por comunidade, a população por faixa etária e sexo nesta microbacia.

Na MBH, como um todo, a maior parte da população está na faixa etária de 7 a 15 anos (25,72%).

QUADRO 1.11 – Total dos chefes de família, por comunidades, grupos de idade e sexo.

Faixa Etária (anos)	Barra Nova		Cacimba de Baixo		Iguaçu		Lages		São Luiz		Total		
	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	M+F
10 a 14	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	5	5
20 a 24	-	3	-	3	-	2	1	-	-	1	1	9	10
25 a 29	-	1	1	5	-	-	-	-	1	1	2	16	18
30 a 34	-	1	1	5	1	8	-	3	-	3	2	20	22
35 a 39	-	3	3	2	-	3	-	4	-	6	3	18	21
40 a 44	1	4	-	3	-	5	1	3	-	7	2	22	24
45 a 49	-	1	-	4	-	4	-	1	1	2	1	12	13
50 a 54	-	1	2	5	1	3	-	3	-	2	3	14	17
55 a 59	-	4	3	1	-	11	-	6	-	3	3	25	28
60 a 64	-	2	-	4	-	2	1	1	-	1	2	10	12
65 a 69	-	-	-	5	-	3	1	-	1	4	2	12	14
70 a 74	-	-	-	3	-	4	-	-	1	-	1	7	8
75 a 79	-	-	2	5	2	1	-	2	-	1	4	9	13
80 e mais	-	-	1	2	1	2	-	-	-	2	2	6	8
TOTAL	1	20	13	52	6	57	4	23	4	33	28	185	213

Fonte: FAHMA (2009)

QUADRO 1.12 – Agregados familiares por comunidade e faixa etária.

Faixa Etária	Barra Nova	Cacimba de Baixo	Iguaçu	Lages	São Luiz	Total
0 a 6	15	31	24	13	13	96
7 a 15	46	78	46	29	25	224
16 a 21	11	23	31	26	14	105
22 a 30	7	38	44	9	16	114
31 a 40	13	18	28	18	23	100
41 a 50	9	18	20	13	12	72
51 a 65	10	31	31	16	16	104
66 a 70	-	3	8	1	7	19
71 e mais	-	18	12	2	5	37
TOTAL	111	258	244	127	131	871

Fonte: FAHMA (2009)

Há um equilíbrio no percentual da população na MBH nas faixas etárias de 0 a 6, 16 a 21, 22 a 30, 31 a 40 e 51 a 65 anos, com uma oscilação de 11 a 13%. A faixa etária onde se observa menor percentual proporcional é de 66 a 70 anos (2,18%).

Na comunidade de Barra Nova a predominância da população é na faixa etária de 7 a 15 anos (41,4%), não constando pessoas com mais de 66 anos de idade.

Na comunidade de Cacimba de Baixo, a população predominante, também, está na faixa de 7-15 anos (30,23%), havendo um equilíbrio entre 7 e 9%, nas faixas de 16 a 21, 31 a 40, 41 a 50 e 71 e mais.

Na comunidade de Iguaçu, Lages e São Luiz não se observa uma concentração de pessoas na faixa etária de 7 a 15 anos como nas comunidades de Barra Nova e Cacimba de Baixo, demonstrando um maior equilíbrio na distribuição da população nas diversas faixas etárias pesquisadas.

No Quadro 1.13 é apresentada, por comunidade, a escolaridade dos habitantes da MBH do rio Cangati.

Nesta MBH, os analfabetos puros (ANA) representam 26,64% da população total, com maior frequência do sexo masculino, com um percentual de 29,07% contra 23,98% dos feminino.

Quanto aos analfabetos funcionais (ANAF), observa-se que eles representam 5,86% da população desta microbacia e estão concentrados no sexo feminino com 6,95%. Para o masculino, o percentual é de 4,85%. Já as pessoas consideradas alfabetizadas (ALF), apontam para 9,30% do total da população. Sobressaem, neste campo, as mulheres com maior número de alfabetizados, num percentual de 9,59% contra 9,03% para os homens.

Quanto às pessoas que iniciaram, mas não concluíram o ensino fundamental (FUNINC), registra-se um percentual de 43,05% sobre a população total, sendo distribuídas em 40,97% para o sexo masculino e 45,32% para o feminino, constituindo-se na maior concentração de habitantes da MBH, ficando nesse item a definição do perfil da escolaridade da região para a MBH do rio Cangati.

As pessoas que concluíram o ensino fundamental (FUMCOMP) constituem-se um percentual de 2,99%, sendo 1,92% mulheres e 3,96% para os homens.

É importante destacar a grande diferença na população classificada como FUNCOMP e FUNINC, deixando antever o grande número de pessoas que iniciam o ensino fundamental, mas não concluíram.

QUADRO 1.13 – Membros dos agregados familiares, por escolaridade e sexo.

Comunidade	Sexo	ANA	ANAF	ALF	FU- NINC	FUN- COMP	SE- INC	SE- COMP	TE- RINC	TER- COMP	TOTAL
Barra Nova	F	12	4	3	30	-	2	3	-	-	54
	M	14	5	1	27	5	3	2	-	-	57
C. de Baixo	F	24	8	8	74	1	4	7	-	-	126
	M	48	1	10	61	4	2	4	2	-	132
Iguaçu	F	32	3	13	46	4	7	12	1	1	119
	M	27	4	17	50	4	13	10	-	-	125
Lages	F	9	9	4	23	1	6	4	-	-	56
	M	24	8	4	24	2	1	8	-	-	71
São Luiz	F	23	5	12	16	2	2	2	-	-	62
	M	19	4	9	24	3	5	5	-	-	69
TOTAL	F	100	29	40	189	8	21	28	1	1	417
	M	132	22	41	186	18	24	29	2	-	454
	F+M	232	51	81	375	26	45	57	3	1	871

Fonte: FAHMA (2009)

Legenda:

ANA - pessoas analfabetas;

ANAL - pessoa podendo ser considerada analfabeta funcional. Ou seja, com 2 ou 3 anos de escolaridade, mas incapaz de dominar a leitura e/ou escrita de coisas simples, tais como bilhetes, anúncios, cartas curtas, manuais de instruções e outros elementos típicos;

ALF - pessoa alfabetizada, seja através da escolaridade primária completa ou quase (3 ou 4 anos), seja através de cursos de alfabetização ou outros; **FUNINC**: pessoa que iniciou, mas não concluiu o ensino fundamental;

FUNCOMP - pessoa que concluiu o ensino fundamental;

SEINC - pessoa que iniciou, mas não concluiu o segundo grau;

SECOMP - pessoa que concluiu o segundo grau.;

TERINC - pessoa que iniciou, mas não concluiu o terceiro grau;

TERCOMP - pessoa que concluiu o terceiro grau.

Com relação aos que iniciaram o segundo grau, mas não terminaram (SEINC), observa-se que este grupo constitui-se em 5,17% da população, sendo 5,29% do sexo masculino e 5,04% feminino. As pessoas que concluíram o segundo grau (SECOMP) representam 6,54% do total dos habitantes da MBH estudada.

Os que completaram o terceiro grau (TERCOMP) constituíram-se somente de mulheres, com um percentual de 0,11% em relação à população total da MBH. Quanto ao total da população feminina o percentual é de 0,24%.

Vale salientar, ainda, nesta análise, que os graus de escolaridade ANA e ANAF, somados representam 32,50% dos habitantes.

Estendendo a análise do Quadro 1.13 às comunidades, os resultados são conforme a seguir.

Na comunidade de Barra Nova as pessoas analfabetas (ANA) representam 23,42% da população total, percentual que é inferior ao total da MBH em 3,22 pontos. Já os analfabetos masculinos (24,56%), superam os femininos (22,22%), em 2,34 pontos.

Quanto aos considerados analfabetos funcionais (ANALF) o percentual total da população é de 8,11%, superior ao do total da MBH em 2,25 pontos. Predominam os ANAF masculino, com 8,77%, contra 7,41% do feminino.

As pessoas alfabetizadas (ALF) na comunidade representam 3,60% que, comparado com o total da MBH, é um número muito inferior, ou seja, representa uma diferença de 5,70 pontos.

Já os habitantes que iniciaram, mas não concluíram o ensino fundamental (FUNINC), o percentual na comunidade atinge mais da metade da população, ou seja, 51,35%, além de ser superior ao total da MBH

(43,05%). Desse total a maioria é do sexo feminino, 55,56%, contra 47,37% do sexo masculino.

As pessoas que concluíram o ensino fundamental (FUNCOMP) constituem-se de apenas homens com 8,77% em relação à população e em 4,50% em relação à população total da comunidade. Todavia, o indicador apresentado é superior ao da MBH, que foi de apenas 2,99%.

Já as pessoas que iniciaram, mas não concluíram o segundo grau (SEINC), chegam a 4,50% do total, distribuídas em 3,70% para as mulheres e 5,26% para os homens.

As pessoas que concluíram o segundo grau (SECOMP) se igualam às pessoas que iniciaram, mas não concluíram, ou seja, 4,50%. O sexo feminino atinge 5,56% do total da população da comunidade, enquanto os homens chegam a 3,51%.

Na comunidade, não se registrou habitantes que iniciaram, mas não terminaram o terceiro grau nem pessoas que concluíram o terceiro grau.

Analisando a comunidade de Cacimba de Baixo, as pessoas analfabetas representam 27,91% da população total, percentual superior ao total da MBH em 1,27 pontos. Já os analfabetos masculinos, 36,36%, superam os femininos, 19,05%, em 17,31 pontos.

Quanto aos considerados analfabetos funcionais o percentual total da população é de 3,49%, inferior ao do total da MBH em 2,37 pontos. Predominam os considerados analfabetos femininos com 6,65% contra 0,76% dos masculinos.

As pessoas alfabetizadas na comunidade representam 6,98% que comparado com o total da MBH é um número inferior em 2,32 pontos.

Já os habitantes que iniciaram, mas não concluíram o ensino fundamental, o percentual na comunidade atinge mais da metade da

população, ou seja, 52,33%, além de ser superior ao total da MBH (43,05%). Desse total, a maioria se encontra no sexo feminino, 58,73%, contra 46,21% do sexo masculino.

As pessoas que concluíram o ensino fundamental se constituem de apenas 1,94%, sendo 3,03% de homens e 0,79% de mulheres. Em relação ao total da MBH, a comunidade apresenta um percentual inferior a 1,05 pontos, de pessoas que concluíram o ensino fundamental.

Já as pessoas que iniciaram, mas não concluíram o segundo grau, chegam a 2,33% do total, distribuídas em 3,17% para as mulheres e 1,52% para os homens.

Comparando-se com o percentual da MBH, o da comunidade apresenta-se em melhores condições, ou seja, 2,33% contra 5,17%.

As pessoas que concluíram o segundo grau são em número menor do que as pessoas que iniciaram, mas não concluíram, ou seja, 4,26% contra 2,33%, percentual também inferior ao do total da MBH. O sexo feminino atinge 5,56% do total da população da comunidade, enquanto os homens chegam a 3,03%.

Na comunidade, registrou-se um percentual de 0,78% de habitantes que iniciaram, mas não concluíram o terceiro grau. Estes habitantes são do sexo masculino e representam 1,52% da população neste grupo.

Na comunidade de Iguazu, as pessoas analfabetas representam 24,18% da população total, percentual que é inferior ao total da MBH em 2,46 pontos. Já os analfabetos masculinos, 21,60%, são inferiores aos femininos, 26,89%, em 5,29 pontos. Quanto aos considerados analfabetos funcionais, o percentual total da população é de 2,87%, inferior ao do total da MBH em 2,99 pontos. Predominam os considerados analfabetos masculinos com 3,20% contra 2,52% dos femininos.

Quanto às pessoas alfabetizadas na comunidade, elas representam 12,30% da população total que comparadas com o total da MBH é superior em 3,00 pontos. Os alfabetizados masculinos (13,60%) superam os femininos (10,92%) em 2,68 pontos.

Já os habitantes que iniciaram, mas não concluíram o ensino fundamental, o percentual na comunidade atinge 39,34%, percentual inferior ao da MBH (43,05%) em 3,71 pontos. Desse total, a maioria se encontra no sexo masculino, 40,00%, contra 38,66% do sexo feminino.

As pessoas que concluíram o ensino fundamental se constituem de apenas de 3,28%, sendo 3,20% de homens e 3,36% de mulheres. Em relação ao total da MBH, a comunidade apresenta um percentual superior, 0,29 pontos, de pessoas que concluíram o ensino fundamental.

Já as pessoas que iniciaram, mas não concluíram o segundo grau, chegam a 8,20% do total, distribuídas em 5,88% para as mulheres e 10,40% para os homens. Comparando com o percentual da MBH, o da comunidade se apresenta em piores condições, ou seja, 8,20% contra 5,17%.

As pessoas que concluíram o segundo grau são inferiores às pessoas que iniciaram, mas não concluíram, ou seja, 9,02% contra 8,20%, percentual também superior, ao do total da MBH. O sexo feminino atinge 10,08% do total da população da comunidade, enquanto os homens chegam a 8,00%.

Na comunidade, registrou-se um percentual de 0,41% de habitantes que iniciaram e concluíram o terceiro grau. Estes habitantes são do sexo feminino e representam 0,84% da população neste grupo.

Na comunidade de Lages, as pessoas analfabetas representam 25,98% da população total. Os analfabetos masculinos, 33,80%, são superiores aos femininos, 16,07%, em 17,73 pontos, número bastante significativo.

Quanto aos considerados analfabetos funcionais, o percentual total

da população é de 13,40%, superior ao total da MBH em 7,54 pontos. Predominam os considerados analfabetos funcionais femininos com 16,10% contra 11,30% dos masculinos.

As pessoas alfabetizadas na comunidade representam 6,30% que comparadas com o total da MBH é inferior em 3,00 pontos. Os alfabetizados masculinos (5,63%) têm percentual inferior aos femininos (7,14%) em 1,51 pontos.

Já os habitantes que iniciaram, mas não concluíram o ensino fundamental, o percentual na comunidade atinge 37,01%, inferior ao da MBH (43,05%), em 6,04 pontos. Desse total a maioria se encontra no sexo feminino, 41,07%, contra 33,80% do sexo masculino. A diferença a favor dos homens se situa em 7,27 pontos.

As pessoas que concluíram o ensino fundamental constituem apenas 2,36%, sendo 2,82% de homens e 1,79% de mulheres.

Já as pessoas que iniciaram, mas não concluíram o segundo grau, chegam a 5,51% do total, distribuídas em 10,71% para as mulheres e 1,41% para os homens.

O número de pessoas que concluiu o segundo grau é superior ao que iniciou, mas não concluiu, ou seja, 9,45% contra 5,51%, percentual superior ao do total da MBH. O sexo feminino atingiu 7,14% do total da população da comunidade, enquanto os homens chegam a 11,27%. O sexo masculino supera o feminino em 4,13 pontos. A comunidade não registrou estudantes no ensino superior.

Na comunidade de São Luiz, o percentual de analfabetos (32,06%) supera os analfabetos da MBH (26,64%), numa diferença de 5,42 pontos. Na comunidade o número de analfabetos feminino é superior ao masculino, uma vez que os percentuais calculados são de 37,10 e 27,54%, respectivamente. Quanto aos considerados analfabetos funcionais o percentual total da

população é de 6,87%, superior, ao total da MBH, em 1,01 pontos.

Predominam os analfabetos funcionais femininos com 8,06%, contra 5,80% dos masculinos.

As pessoas alfabetizadas na comunidade representam 16,03% que, comparadas com o total da MBH, é superior em 6,73 pontos. Os alfabetizados masculinos (13,04%) são inferiores aos femininos (19,35%) em 6,31 pontos.

Já os habitantes que iniciaram, mas não concluíram o ensino fundamental, o percentual na comunidade atinge 30,53%, percentual inferior ao da MBH (43,05%), em 12,52. Desse total, a maioria se encontra no sexo masculino 34,78%, contra 25,81% do sexo feminino.

As pessoas que concluíram o ensino fundamental constituem-se de apenas 3,82%, sendo 4,35% de homens e 3,23% de mulheres. Em relação ao total da MBH, a comunidade apresenta um percentual superior a 0,83 pontos de pessoas que concluíram o ensino fundamental.

Já as pessoas que iniciaram, mas não concluíram o segundo grau, chegam a 5,34% do total, distribuídas em 3,23% para as mulheres e 7,25% para os homens.

As pessoas que concluíram o segundo grau apresentam o mesmo percentual das pessoas que iniciaram, mas não concluíram, ou seja, 5,34%, não ocorrendo neste caso nenhum avanço na escolaridade. O sexo feminino atingiu 3,23% do total da população da comunidade, enquanto os homens chegam a 7,25%.

A comunidade não registrou habitantes no ensino superior.

Analisando o estudo do marco zero da MBH do rio Cangati, sob o aspecto educacional, a abordagem que se segue diz respeito à escolaridade da população por faixa etária (QUADRO 1.14).

Observa-se no Quadro 1.14, que a população analfabeta na MBH se concentra nas faixas etárias de 25 anos e mais (55,60%) e de 0 a 6 anos (40,09%), perfazendo um total de 95,69%. A seguir, vem a população de 7 a 14 anos com 2,59%. Nos grupos de 18 a 19 e 20 a 24, o percentual chega a 0,86%.

Já a população considerada como analfabeta funcional, também está concentrada na faixa etária de 25 anos e mais, com 92,16%. A seguir, a concentração ocorre na faixa de 20 a 24 anos com 3,92%, vindo, a seguir, as faixas 0 a 14 e 18 a 19 com um percentual de 1,96%. As demais faixas, de 0 a 6 e 15 a 17, não registram analfabetos funcionais.

A população alfabetizada, também está concentrada na faixa de 25 anos e mais com 96,30%. As demais faixas, que registram a alfabetização são somente as de 7 a 14 (1,23%) e 20 a 24 (2,47% anos).

Já, a população da MBH que iniciou, mas não concluiu o ensino fundamental está concentrada na faixa de 7 a 14 anos com 47,47%, vindo a seguir em escala decrescente, a população de 25 anos e mais com 29,07%, 15 a 17 com 10,67%, 20 a 24 com 7,47%, 18 a 19 com 4,53% e 0 a 6 com 0,80%.

QUADRO 1.14 – Total dos membros dos agregados familiares, por escolaridade e faixa etária.

Escolaridade	0 a 6	7 a 14	15 a 17	18 a 19	20 a 24	25 anos e mais	Total
ALF	-	1	-	-	2	78	81
ANA	96	6	-	2	2	129	232
ANAF	-	1	-	1	2	47	51
FUNCOMP	-	3	4	5	10	4	26
FUNINC	-	184	40	17	28	109	375
SECOMP	-	-	3	6	27	18	57
SEINC	-	-	22	10	2	8	45
TERCOMP	-	-	-	-	-	1	1
TERINC	-	-	-	-	1	2	3
TOTAL	96	195	69	41	74	396	871

Fonte: FAHMA (2009) (Vide legenda junto ao QUADRO 1.13)

Vale a observação que a população na idade de 25 anos e mais, cursando o ensino fundamental, é a que cursa escolas especiais de alfabetização, que geralmente funcionam em horários especiais e fazem parte do esforço do governo em combater o analfabetismo.

A população que concluiu o ensino fundamental na MBH também está concentrada nas faixas de 25 anos e mais e 20 a 24 anos (38,46%), vindo a seguir em escala decrescente na faixa de 18 a 19 anos (19,23%), 15 a 17 (15,38%) e de 7 a 14 com 11,54%.

Os habitantes que iniciaram, mas não terminaram o segundo grau, se fazem mais presente na faixa de 15 a 17 anos com 48,89% do total. Logo após aparecem na faixa de 18 a 19 anos com 22,22%, seguindo-se na faixa de 25 anos e mais com 17,78%, na faixa de 7 a 14 com 6,67% e por último na faixa de 20 a 24 anos com 4,44%.

Quanto à população que concluiu o segundo grau, a concentração ocorre na faixa de 20 a 24 anos (47,37%), vindo, a seguir, em escala decrescente a faixa de 25 anos e mais (31,58%), 18 a 19 anos (10,53%) e, finalmente, as faixas de 7 a 14 e 15 a 17 anos (5,26%).

Ocorre na MBH pessoas que iniciaram, mas não concluíram o terceiro grau com percentuais de 66,67% na faixa de 25 anos e mais e 33,33% no grupo etário de 20 a 24 anos. Todavia o número destas pessoas é de somente 03 (três), o que representa apenas 0,34% da população total da MBH. Já os que concluíram o terceiro grau estão concentrados na faixa de 25 anos e mais e representam apenas 0,11% da população total.

A classificação da escolaridade na população total da MBH do rio Cangati apresenta os aspectos que se seguem, segundo a classificação percentual em escala decrescente.

As pessoas que iniciaram, mas não concluíram o ensino fundamental, representam o maior número de habitantes com um percentual de 43,05%.

Os analfabetos são 26,64% da população e os alfabetizados 9,30%.

Já as pessoas que concluíram o segundo grau representam 6,54%. Os analfabetos funcionais (com 2 ou 3 anos de escolaridade) são 5,86%. A seguir, vêm os habitantes classificados como os que iniciaram, mas não terminaram, o segundo grau, com 5,17% da população total. Com um percentual de 2,99% aparecem os que concluíram o ensino fundamental.

As pessoas que iniciaram, mas não concluíram o terceiro grau, representam apenas 0,34% dos habitantes, enquanto 0,11%, concluíram.

A análise, a seguir, visa conhecer a população vinculada às associações rurais e aos sindicatos de trabalhadores rurais em atuação na MBH do rio Cangati (QUADRO 1.15).

QUADRO 1.15 – Participação dos agregados familiares em associações e/ou sindicatos rurais (STR).

Membros do agregado familiar	Entidade vinculada		
	Somente associação	Somente STR	Associação / STR
	Quantidade		
Chefe de família	94	21	58
Cônjuge	46	21	41
Filho	14	-	-
Filha	4	1	3
Enteado	2	-	-
Enteada	1	-	-
Sogra	-	1	-
Cunhado	1	-	-
Cunhada	-	1	-
Tio	-	1	-
TOTAL	162	46	102

Fonte: FAHMA (2009)

Nota-se, no Quadro 1.15, que a MBH do rio Cangati registra 162 (cento e sessenta e duas) pessoas sócias das associações locais, 46 (quarenta

e seis) associadas aos sindicatos de trabalhadores rurais e 102 (cento e duas) a associações e sindicatos concomitantemente.

No campo de somente associados, a maioria dos membros participantes é constituída de chefes de família com 58,02%, vindo a seguir os cônjuges (28,40%), os filhos (8,64%), as filhas (2,47%), enteados (1,23%), enteadas e cunhados (0,62%).

Os membros familiares vinculados aos sindicatos rurais os chefes de família e respectivos cônjuges somam 91,30%, distribuídos igualmente em 45,65% para cada membro. Os demais representados pelos componentes familiares como filhas, sogras, cunhadas e tios correspondem aos restantes 8,70%. Já os habitantes, que participam das associações e também dos sindicatos, a distribuição percentual também está concentrada nos chefes de família com 56,86%. A seguir, vêm os cônjuges com 40,20% e as filhas com 2,94%.

O foco da análise seguinte é com respeito à composição da renda das famílias na MBH do rio Cangati. (QUADRO 1.16).

QUADRO 1.16 – Total dos membros agregados familiares, por atividade econômica.

Atividade Econômica	Membros do Agregado Familiar				Total
	Chefe Família	Cônjuge	Filhos	Outros	
Açougue	1	0	0	0	1
Agricultura	180	58	46	7	291
Ajd. dos Irmãos	1	1	0	0	2
Ajd. de Caminhão	1	0	0	0	1
Apicultura	1	0	0	0	1
Artesanato	2	0	0	0	2
Babá	1	0	1	0	2
Bar	0	1	1	0	2
Bolsa Alimentação	0	1	0	0	1
Bolsa Escola	4	56	0	1	61
Bolsa Família	1	13	0	0	14
Capataz	1	0	0	0	1
Carvoeiro	1	0	0	0	1
Comercializa Espeto em Fortaleza	0	1	0	0	1
Comerciante	4	3	0	0	7

(continua)

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

(continuação)

Atividade Econômica	Membros do Agregado Familiar				Total
	Chefe Família	Cônjuge	Filhos	Outros	
Comércio	1	0	0	0	1
Comercio Ambulante	2	0	0	0	2
Confecção	0	1	1	0	2
Emprego Assalariado	16	15	5	0	36
Extrativismo	22	16	13	1	52
Ferreiro	4	0	1	0	5
Fome Zero	7	59	1	0	67
Jogador	1	0	1	0	2
Lavadeira	0	1	0	0	1
Mecânico de Bicicleta	1	0	0	0	1
Outras Pensões	1	0	0	1	2
Pecúária	37	20	4	2	63
Pedreiro	1	0	0	0	1
Pensão de Aposentadoria	55	26	3	10	94
Pesca	4	0	1	1	6
Revenda Confecção	1	0	0	0	1
Revendedor Avon	0	2	0	0	2
Seguro Desemprego	1	0	0	0	1
Vale Gás	3	7	0	0	10
Venda de Trabalho	87	2	19	4	112
Vendedor Ambulante	0	0	3	0	3
Total	441	283	100	27	851

Fonte: FAHMA (2009)

Para facilitar a análise deste segmento, as frequências das atividades que geram renda foram classificadas em três componentes: atividades econômicas, subvenções governamentais e outras fontes de renda (QUADRO 1.17).

Os resultados mostram uma frequência de 851 (oitocentos e cinquenta e uma) pessoas atuando na busca da renda nesta microbacia, com a seguinte distribuição: os chefes de família representam 51,82% da frequência total, os cônjuges 33,25%, os filhos 11,75% e os demais (sogra, enteado e outros) 3,17%.

No campo relativo às atividades econômicas, compostas por agricultores, pecuaristas, extrativistas e outras, predominam a composição das rendas os chefes de família com 58,89%, seguidas dos cônjuges com 23,09%, dos filhos com 15,47% e outros com apenas 2,54%.

Já quanto às subvenções governamentais, cujas rendas são compostas pelas políticas do Governo Federal no combate a fome, bolsa escola e vale gás, os cônjuges se posicionam com 88,89%, vindo a seguir os chefes de família com 9,80% e filhos e outros com 0,65%, respectivamente.

No item que diz respeito às outras fontes de renda, onde predominam as rendas oriundas das pensões de aposentadoria, venda de trabalho e emprego assalariado, os chefes de família contribuem com 64,53%, os cônjuges com 17,74%, os filhos com 12,08% e os demais com 5,66%.

No total da frequência das famílias na busca de rendas, predominam as atividades da agricultura familiar com 67,21%, seguindo-se a pecuária com 14,55% e o extrativismo com 12,01%, que somados chegam a 93,77%. A diferença de 6,23%, se distribui na apicultura e pesca, artesanato, comércio em vários campos, confecção, ferramentas e mecânica.

QUADRO 1.17 – Total das atividades econômicas por agregados familiares.

Atividades Econômicas	Chefe de família	Cônjuge	Filhos	Outros	Total
Atividades Econômicas	255	100	67	11	433
Subvenções governamentais	15	136	1	1	153
Outras fontes de renda	171	47	32	15	265
TOTAL	441	283	100	27	851

Fonte: FAHMA (2009)

As denominadas subvenções governamentais, estão centralizadas no item relativo à alimentação 53,59%, vindo a seguir a bolsa escola com 39,87% e o vale gás com 6,54%.

Quanto a estas fontes de renda, na MBH do rio Cangati, com exceção da venda de trabalho, que se constitui na sua maioria de prestação de serviços ao PRODHAM, e o carvoeiro, as demais atividades são de caráter urbano, embora exercidas no meio rural.

As atividades de renda que mais se destacam são: venda de trabalho com 43,26%, pensão de aposentadoria com 35,47% e emprego assalariado com 13,58%. Somadas estas atividades chega-se a um percentual de 92,31%. As demais atividades, compostas por vendedores ambulantes, seguro desemprego, revendedores em geral, somadas chegam a apenas 7,69%.

Complementando este item do estudo, o Quadro 1.18, mostra em termos percentuais, as fontes de atividades complementares das famílias da MBH. Não são atividades compostas somente dentro do aspecto renda, como por exemplo, a atividade “estudantil” e a “do lar”, que não são remuneradas. A atividade complementar, no presente estudo, significa a atividade exercida em conjunto com outra de caráter principal.

As atividades complementares atingem um total de 694 (seiscentas e noventa e quatro) ocorrências, distribuídas entre 192 (cento e noventa e dois) chefes de família, 153 (cento e cinquenta e três) cônjuges, 302 (trezentos e

dois) filhos e 47 (quarenta e sete) classificados como outros. As atividades complementares dos chefes de família são mais presentes na figura do agricultor com um percentual de 90,63%, vindo, a seguir, a agricultora com 7,81%.

As demais atividades como do lar, aposentadoria e vigia têm pouca representatividade, que somadas atingem apenas 1,56%. Os cônjuges têm a atividade complementar centrada como agricultora (56,86%), do lar (27,45%), e agricultor (12,42%), que são as mais representativas na MBH.

A atividade estudantil e de “aposentadoria” são de pouco significado, 3,26%. Quanto ao agregado familiar representado pelos filhos, a atividade predominante é a estudantil com 81,46%, vindo a seguir: a do agricultor (11,92%), que somadas perfazem um total de 93,38%. Os demais 6,62% se distribuem entre nenhuma atividade.

QUADRO 1.18 – Total dos membros dos agregados familiares, por atividade econômica e outras fontes de renda complementares.

Atividade	Chefe de família	Cônjuge	Filhos	Outros	Total
Nenhuma	-	-	3	-	3
Agricultor	174	19	36	8	237
Estudante	-	4	246	30	280
Do Lar	1	42	7	3	53
Aposentada	1	1	-	3	5
Vigia	1	0	1	-	2
Agricultora	15	87	9	3	114
TOTAL	192	153	302	47	694

Fonte: FAHMA (2009)

No item outros, os estudantes e os agricultores, são os mais representativos nas atividades complementares, com percentuais de 63,83 e 17,02%, respectivamente. As atividades do lar, de aposentadoria e agricultura complementam com um percentual de 6,38% cada uma.

1.1.8.3- Experiência migratória

Constatou-se que a emigração definitiva, nos últimos 10 (dez) anos na MBH do rio Cangati, atingiu um total de 72 (setenta e duas) pessoas, cujo parentesco em relação chefe de família se distribui entre filhas, filhos, netos e sobrinhos (QUADRO 1.19).

QUADRO 1.19 – Membros familiares que emigraram definitivamente nos últimos 10 anos

Agregados Familiares	Barra Nova	Cacimba de Baixo	Iguaçu	Lages	São Luiz	Total
Filha	4	14	4	7	9	38
Filho	3	12	8	1	8	32
Neto	-	1	-	-	-	1
Sobrinho	-	-	13	-	-	1
Total	7	7	13	8	17	72

Fonte: FAHMA (2009)

Observa-se que, em relação aos agregados familiares, o maior número de migrantes são constituídos de filhas com um percentual de 52,78%, vindo, a seguir, os filhos com 44,44% e os netos e sobrinhos com 1,39%, figurando-se na última posição.

Este comportamento vale também para todas as comunidades, exceto a de Iguaçu, quando o número de filhos supera o número de filhas na proporção de 61,54 para 30,57%. A migração de netos e sobrinhos só se verifica nas comunidades de Cacimba de Baixo e Iguaçu, com percentuais em relação total de 3,70 e 7,69%.

Os maiores contingentes de migrantes estão concentrados na comunidade Cacimba de Baixo com 37,50%, vindo, a seguir, em escala decrescente, São Luiz (23,61%), Iguaçu (18,06%), Lages (11,11%) e, finalmente, Barra Nova (9,72%).

Na MBH do rio Cangati, o destino dos migrantes foi, na sua maioria, para o próprio estado do Ceará, em número de 48 (quarenta e oito)

habitantes, enquanto 24 (vinte e quatro) se destinaram a outras unidades da Federação, conforme apresentado no Quadro 1.20.

Observa-se no Quadro 1.20 que as filhas representam 52,78% dos migrantes, constituindo no maior contingente em relação aos demais parentes. Quanto ao destino, elas demandam mais para o próprio Estado do Ceará (60,42%) e 37,50% para outros estados da União.

Em se tratando dos filhos, ocorre justamente o contrário. Eles se dirigem mais aos demais estados da União (58,33%), ficando no Ceará apenas 37,50%.

Não se nota, no quadro, a migração de outros membros das famílias, como pais, mães, chefes de família e outros.

QUADRO 1.20 – Membros da família que migraram definitivamente nos últimos 10 anos.

Membros da família	Ceará	Fora do Ceará	Total
Filho	18	14	32
Filha	29	9	38
Neto	1	-	1
Sobrinho	-	1	1
TOTAL	48	24	72

Fonte: FAHMA (2009)

1.1.9 – Aspectos socioeconômicos

A microbacia hidrográfica do rio Cangati possui uma população de 871 (oitocentas e setenta e uma) pessoas, pertencentes a 213 (duzentas e treze) famílias. Sendo a área da microbacia de 75,65 km², tem-se uma densidade demográfica de 11,51 habitantes por km². Esta média é inferior a média do município de Canindé, que é de 21,81 e do estado do Ceará que é de 51,00 habitante por km², conforme dados do IBGE (2000).

A média do número de membros por família é de 4,09, valor inferior à média do município de Canindé e a do estado do Ceará, que, também, segundo o IBGE (2000) é de 4,40 e 4,21, respectivamente.

Há uma ligeira predominância dos habitantes do sexo masculino (50,86%) sobre os do sexo feminino (49,14%). Conforme o IBGE (2000), fato semelhante ocorre no município de Canindé, 50,12% de homens e 49,88% de mulheres, porém, ao contrário do que ocorre no estado do Ceará, cuja população masculina é de 48,09% e feminina de 51,91%.

Os chefes de família são, predominantemente, homens. Porém, há um número significativo de famílias chefiadas por mulheres (13,62%). Essas chefes de família são viúvas, com ou sem filhos, mães solteiras, mulheres com filhos e companheiros e mulheres com cônjuge que praticam a migração temporária.

A maioria dos chefes de família está na faixa de 30 a 59 anos. Constatase, porém, alguns com idade igual ou menor do que 14 anos (2,35%). São casos decorrentes de gravidez precoce, arrimo de família por viuvez, dentre outros. Vale ressaltar também que há, em algumas comunidades, chefes de família com 80 anos ou mais.

A faixa etária de 7 a 15 anos abriga a maioria da população (25,72%). Essa característica é marcante nas comunidades de Barra Nova e Cacimba de Baixo. Nas demais comunidades, a população se distribui de forma mais uniforme nas demais faixas etárias.

Do total da população, 26,64% são analfabetos. Descontadas as crianças da faixa etária de 0 a 6 anos, este percentual cai para 15,61%. A maioria da população, 43,05%, iniciou, mas não concluiu o ensino fundamental. Na microbacia, só uma pessoa possui o terceiro grau completo.

As associações possuem 265 (duzentos e sessenta e cinco) filiados, sendo que 57,58% são chefes de família, 32,95% são cônjuges, 7,95% são filhos e 1,52%, restante, são enteados, cunhado e tio.

Nos últimos dez anos, 72 (setenta e duas) pessoas migraram definitivamente da microbacia. Os migrantes são filhas (52,78%), filhos

(44,44%) e netos e sobrinhos (1,39%). Observa-se que entre os migrantes há uma pequena predominância do sexo feminino.

A migração temporária é pequena entre os moradores da microbacia. Registrou-se que, apenas 05 (cinco) pessoas passaram algum período fora da microbacia.

Os membros das famílias obtêm renda de 33 (trinta e três) fontes ou atividades. A principal é a agricultura e pecuária, com 374 (trezentas e setenta e quatro) citações; a segunda são bolsa escola, bolsa alimentação, bolsa família/Fome Zero, vale gás, com 291 (duzentas e noventa e uma) citações; a terceira corresponde à venda de trabalho, com 128 (cento e vinte e oito) ocorrências, e a quarta são aposentadorias e pensões, com 111 (cento e onze) citações.

A maioria das famílias vive em “terras de herdeiros” (32,86%); em seguida vem “terras de morador” (30,51%); “propriedade familiar” (15,02%); “terras de parceria” (6,10%); “Outros” completa o total, com 15,49%.

O uso principal do solo das propriedades é agrícola, citado por 89,20% das propriedades; 23,00% utilizam para pasto; 3,75%, com floresta ou reflorestamento e 28,17% das propriedades possuem terras em pousio.

A produção agrícola da MBH do rio Cangati está centrada em algodão, milho, fava e arroz, exploradas, na maioria dos casos, em plantios consorciados. As produtividades são muito baixas, ocasionadas pela ausência e má distribuição das chuvas.

O valor total da produção, baseando-se no preço médio da parte vendida, foi de R\$ 76.590,66 (setenta e seis mil, quinhentos e noventa reais e sessenta e seis centavos) no último ano. Desse valor, R\$ 20.825,00 (27,19%) corresponde a parte da produção que foi vendida.

A exploração pecuária na microbacia é relevante e compreende apicultura, aves, bovinos, caprinos, ovinos, equinos, muares e suínos. A

parte da produção vendida gerou uma receita de R\$ 35.874,00 (trinta e cinco mil, oitocentos e setenta e quatro reais). O principal produto vendido foi bovino, representando 51,20%, seguido por suínos (20,56%), ovos (15,65%), produtos apícolas (7,04%), aves (5,07%) e ovinos, apenas 0,56%.

Além da agricultura e pecuária, os moradores da MBH do rio Cangati praticam atividades extrativistas, objetivando a obtenção de receitas. As atividades extrativistas praticadas são carvão, fabricação de espeto para churrasco e pesca. Essas atividades geraram, no último ano, receita de R\$ 26.063,00 (vinte e seis mil e sessenta e três reais).

A infraestrutura de uso de água mais utilizada pelas famílias é a cisterna, num total de 98 (noventa e oito) unidades na microbacia. As outras infraestruturas encontradas são Cacimbão (56 unidades), barreiro familiar (51) e poço profundo (4).

A maioria das famílias residem em casa de alvenaria (81,43%). Os outros tipos de moradia existentes são casa de taipa (16,67%) e casa de taipa melhorada (1,90%).

De modo geral, as residências têm mais de uma fonte de abastecimento de água. As mais comuns são cisternas, cacimbas e poços (42,68%), açudes e barreiros (29,50%), sistemas coletivos da CAGECE e Prefeitura (26,61%). As outras fontes, menos frequentes, são dessalinizador, sistema de encanamento próprio e carro pipa.

O esgotamento sanitário é bastantes precário na maioria das residências. Em 53,52%, o esgotamento é feito a céu aberto, 51,64% não possui aparelho sanitário no banheiro e 31,92% não tem banheiro.

Como meio de transporte, as famílias utilizam, principalmente, bicicleta (69,01%), animais domesticados (45,07%) e moto (8,92%). Os

outros meios de transporte encontrados em pequena escala são: automóvel, carroça ou charrete e caminhão.

As famílias foram beneficiadas com as obras e atividades do PRODHAM, na seguinte proporção: cordão de pedra em nível e barragens sucessivas de contenção de sedimentos beneficiaram 47,0%; terraços (27,23%); cisternas (24,41%); estradas de acesso (20,18%); barragens subterrâneas (11,27%); recomposição vegetal ciliar (6,10%); sistema agrossilvipastoril (1,88%) e cobertura morta, também, 1,88%.

As famílias se envolveram de modo significativo na execução das obras e atividades do PRODHAM. Registraram-se 535 (quinhentas e trinta e cinco) ocorrências de envolvimento de pessoas que cumpriram 12.399,5 dias de trabalho, o que rendeu aos trabalhadores a remuneração de R\$ 108.128,50 (cento e oito mil, cento e vinte e oito reais e cinquenta centavos).

O PRODHAM proporcionou, de forma direta ou indireta, treinamento em sistemas de produção e práticas de conservação de água e solo e outros de conservação ambiental. No primeiro caso, foram treinadas 47 (quarenta e sete) pessoas e no segundo, 187 (cento e oitenta e sete).

Da mesma forma, foram divulgadas informações ambientais que atingiram 151 (cento e cinquenta e uma) pessoas. Constatou-se, também, que 101 (cento e uma) pessoas realizaram iniciativas conjugadas para resolução de problemas ambientais.

O destino do lixo doméstico ainda causa preocupações, pois, 24,64% das famílias jogam no mato ou às margens da BR-020. A prática mais comum é a queima, realizada por 64,93% das famílias.

Existem 05 (cinco) associações na microbacia, uma em cada comunidade. Destas, 04 (quatro) já estão em pleno funcionamento e 01 (uma), embora já organizada, está aguardando a emissão do seu CNPJ. Todas são de pequenos produtores. As 05 (cinco) associações possuem um

total de 265 (duzentos e sessenta e cinco) sócios, envolvendo 221 (duzentas e vinte e uma) famílias. Como o total de famílias da microbacia é de 213 (duzentas e treze), constata-se que algumas famílias têm associados em mais de uma associação.

Das 05 (cinco) associações, 04 (quatro) receberam apoio do PRODHAM. A associação de Barra Nova não foi beneficiada porque, na época, não estava legalmente constituída.

Os trabalhos nas obras hidroambientais envolveram 04 (quatro) associações e a participação de 162 (cento e sessenta e duas) pessoas, pertencentes a 132 (cento e trinta e duas) famílias. As ações de capacitação/experimentação, educação ambiental, reflorestamento, atividades esportivas e treinamento em contabilidade envolveram 02 (duas) associações, beneficiando 63 (sessenta e três) famílias.

As 04 (quatro) associações mais antigas receberam apoio extra PRODHAM para desenvolvimento de subprojetos de interesse da comunidade, no período de 1993 a 2004. Atualmente, nenhuma associação desenvolve subprojeto extra PRODHAM.

Recursos Hídricos 2

PARTE 2 – RECURSOS HÍDRICOS

2.1 – Introdução

A água é considerada um bem econômico, porque é finita, vulnerável e essencial para a conservação da vida e do meio ambiente. Sua escassez impede o desenvolvimento de diversas regiões. Em alguns locais, vem tornando-se escassa e limitada, o que tem despertado uma consciência coletiva quanto a sua preservação e uso racional.

O aumento da demanda hídrica, concomitantemente com a degradação da qualidade da água, vem contribuindo para uma redução na disponibilidade desse recurso, chegando a se observar índices críticos em algumas regiões. No semiárido nordestino, essa problemática tem agravado-se, podendo ser identificados alguns conflitos.

Os conflitos de interesse, relacionados ao uso da água e representados pelas necessidades de abastecimento urbano, irrigação, indústria, turismo, entre outros, evidenciam a necessidade de articulação interinstitucional e a adoção de uma política de gestão integrada de recursos hídricos. De fato, para se alcançar o gerenciamento racional dos recursos hídricos de uma determinada bacia, torna-se imprescindível não só o envolvimento da comunidade local, como também o envolvimento técnico-científico e político, com vistas à garantia de suprimento hídrico e suporte ao desenvolvimento sustentável de importantes atividades econômicas.

Cabe ressaltar que o gerenciamento dos recursos hídricos tem como um de seus instrumentos o monitoramento da água, em seus aspectos quantitativos e qualitativos. Com efeito, o monitoramento dos recursos hídricos de uma bacia constitui-se numa atividade estratégica, possibilitando a criação de uma base de dados e informações que, uma vez constantemente atualizada e divulgada, orientará a gestão destes recursos e subsidiará o processo decisório.

Neste contexto, vale ressaltar a Lei Federal no. 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que trata da Política e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e estabelece a necessidade de outorga de direito de uso dos recursos hídricos em todos os projetos, que disponham de uma quantidade significativa da água dos rios. Estabelece, ainda, a cobrança pelo uso desta água. Torna-se evidente a necessidade de implantação de rede de monitoramento que, operada de forma eficiente e contínua, gerará séries históricas de dados, que permitirão um melhor conhecimento do potencial hídrico das bacias hidrográficas, subsidiando, assim, a aplicação dos instrumentos de gestão preconizados na Lei no. 9.433.

De fato, os dados gerados a partir do monitoramento de variáveis hidrológicas em uma bacia hidrográfica, e a sua aplicação em modelos de simulação, constituem-se em instrumentos que permitem o planejamento das ações necessárias para o gerenciamento eficaz da bacia. Possibilita, entre outros, o acompanhamento da disponibilidade de água na bacia, a avaliação da dinâmica dos seus processos hidrológicos, bem como da qualidade da água. Torna-se possível, ainda, a análise do impacto que intervenções e/ou novas obras ou qualquer outra ação externa, podem ter sobre o comportamento dos rios que compõem a bacia.

No entanto, o conhecimento de uma bacia hidrográfica só é possível desenvolvendo-se estudos topográficos, geológicos, climáticos, socioeconômicos, ambientais e hidrológicos. A topografia, geologia, vegetação, condições ambientais e socioeconômicas podem ser conhecidas com um estudo físico da área e um acompanhamento futuro de possíveis mudanças. Por outro lado, o clima e o regime hidrológico somente são conhecidos se dispusermos de um histórico de séries de dados hidrometeorológicos observados na região. Isto não se consegue de imediato. Quanto maior o histórico, melhor a distribuição espacial dos postos e melhor a qualidade dos dados, maior será o conhecimento da bacia hidrográfica estudada.

Diante deste quadro, a Funceme concebeu e executou o “Subprojeto Avaliação Geoambiental de Práticas Conservacionistas Implantadas na Microbacia do Rio Cangati, Canindé-CE” que, objetivando a implantação de uma infraestrutura de monitoramento adequada na região, espera fornecer subsídios à gestão dos recursos hídricos da microbacia, com vistas à melhoria na qualidade de vida da comunidade local.

2.2 – Monitoramento das Águas Superficiais

Todas as atividades realizadas numa bacia hidrográfica afetam, direta ou indiretamente, as relações entre os demais recursos naturais e a água; sendo assim, é imprescindível a consideração dos fatores hidrológicos no planejamento do uso integrado desses recursos. De fato, mudanças no uso do solo afetam a capacidade de infiltração, a condutividade hidráulica e a capacidade de retenção de água do solo, alterando, conseqüentemente, o volume de água escoada na bacia. A construção de barragens nas calhas dos rios poderá alterar a qualidade da água à jusante, como também aumentar a energia disponível para erosão, etc.

As alterações na ocupação e uso do solo, fatores antrópicos e, principalmente, a intensificação da atividade agrícola vêm ocasionando distúrbios ambientais na microbacia do rio Cangati-CE. Com efeito, alguns processos como erosão do solo, acúmulo e transporte de sedimentos e assoreamento dos rios podem ser observados e representam alguns dos impactos sobre os seus recursos hídricos. Fica evidente, então, a importância da coleta de dados e informações sobre a hidrologia da microbacia do rio Cangati, de modo a subsidiar a avaliação das conseqüências hidrológicas de intervenções efetuadas na microbacia, tais como a remoção da cobertura vegetal nativa, construção de barragens sucessivas, entre outros.

Com efeito, medidas hidrológicas, tais como precipitação, vazão, evaporação, entre outras, são essenciais para o entendimento do comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica, seja para um evento

em particular ou um dado período de tempo, bem como para compreensão da problemática ligada ao uso, manejo e conservação dos seus recursos hídricos. Sendo assim, o contínuo monitoramento dos recursos hídricos de uma bacia e a obtenção de séries históricas de dados hidroambientais constituem-se em instrumentos essenciais para melhor avaliar os fenômenos hidrológicos críticos ocorridos na mesma. Estes dados dão suporte, ainda, à calibração e à validação de modelos hidrológicos e, por conseguinte, de hipóteses científicas incorporadas nesses modelos.

Diante deste cenário e para o conhecimento dos efeitos das mudanças nas práticas conservacionistas na microbacia do rio Cangati-Ce, foi realizado um monitoramento das vazões escoadas nos riachos e de outras variáveis hidrológicas. Com esse intuito, promoveu-se a instrumentalização da microbacia com estruturas que permitiram a obtenção, em campo, de parâmetros hidrológicos, possibilitando à Funceme, entre outros, realizar estudos para quantificação do escoamento superficial e do transporte e acumulação de sedimentos nas barragens sucessivas, construídas pelo PRODHAM nessa microbacia.

Com efeito, de posse dos dados coletados nas estruturas de monitoramento instaladas na microbacia, procurou-se gerar informações que permitiram uma melhor compreensão da dinâmica dos seus processos hidrológicos, mais especificamente, a geração de vazões e a afluência de sedimentos às barragens sucessivas.

A pesquisa foi desenvolvida em duas fases. A primeira, envolvendo uma intensa atividade de campo, em que se procurou conhecer a realidade da microbacia em estudo, fornecendo um diagnóstico da situação atual dos seus recursos hídricos, inclusive com indicativo de locais de instalação da infraestrutura necessária ao estudo e as variáveis hidrológicas a serem monitoradas. Na segunda fase da pesquisa, os dados gerados pelo monitoramento foram conferidos, tabulados e disponibilizados, permitindo a modelagem de importantes processos hidrológicos.

2.2.1 – Mobilização e treinamento do pessoal

Para a realização da coleta dos dados hidrológicos e sedimentológicos, previstos no escopo do subprojeto, tais como: leitura das réguas limnimétricas instaladas em barragens sucessivas construídas em leitos de rios e riachos, leitura dos dados armazenados em Plataformas de Coleta de Dados (PCD's), coleta de amostras de água para análise laboratorial, entre outros, foi realizado um treinamento com pessoas residentes na região da microbacia do rio Cangati. Estas pessoas foram treinadas pela equipe técnica da Funceme, cabendo à Dimensão Engenharia o fornecimento de todo o apoio logístico, necessário à realização desse treinamento.

Foram priorizadas pessoas, da comunidade local, que já haviam trabalhado em outras fases do projeto PRODHAM e que possuíam alguma experiência em serviços similares e moravam próximas às áreas onde foram implantadas estruturas e/ou equipamentos de monitoramento, tais como:

- áreas onde foram construídas as 02 (duas) calhas medidoras de vazão, com suas plataformas de coletas de dados – PCD's;
- áreas próximas às barragens sucessivas, onde foram instaladas réguas limnimétricas;
- áreas em que foram instaladas réguas para monitoramento de dados sedimentológicos;
- áreas em que foram colocados os coletores de água e solo para, também, monitoramento dos dados sedimentológicos; e
- rios, riachos e açudes, em que foram realizadas coletas de água para análise laboratorial de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos, incluindo-se material em suspensão.

A seleção dos candidatos ao referido treinamento obedeceram, ainda, aos seguintes critérios:

- ser alfabetizado (saber ler e escrever);

- ser maior de idade;
- ter conhecimentos básicos de matemática, em outras palavras, saber efetuar operações de soma, subtração, multiplicação e divisão;
- ter iniciativa e criatividade frente às situações do dia a dia;
- ter espírito de liderança e boa inserção na comunidade;
- ter comprometimento e responsabilidade com o trabalho;
- ter conhecimentos básicos em serviços gerais; e
- morar na comunidade.

Sendo assim, a equipe, selecionada e treinada para a realização dos serviços previstos no escopo do subprojeto, foi composta pelos seguintes nomes: Antônio Napoleão de Souza Furtado, João Paulo Matias Furtado, Francisco Edson Abreu Cordeiro, Antônio Matias Furtado (conhecido como Galberto) e Evangelista Pinto Pereira.

A priori ao treinamento, foi realizada na casa do PRODHAM, localizada na região da microbacia do rio Cangati, uma reunião preparatória para apresentação e mobilização das equipes envolvidas (FOTOS 2.01 e 2.02), quais sejam: equipe de campo (moradores locais selecionados), técnicos da Funceme e da Dimensão Engenharia Ltda.



FOTO 2.01 – Apresentação das equipes



FOTO 2.02 – Casa do PRODHAM

2.2.2 - Instrumentalização da microbacia

2.2.2.1 - Calhas medidoras de vazão e obras de proteção dos limnígrafos

Depois do estudo dos mapas existentes e da realização de visitas a diversos riachos na microbacia do rio Cangati, a equipe da Funceme definiu a posição das duas calhas medidoras de vazão. A Dimensão Engenharia fez o levantamento dos locais escolhidos, determinando suas principais características e realizando levantamentos topográficos nas mesmas. Sendo assim, os locais selecionados para construção das calhas medidoras foram o riacho do Salgadinho e o riacho dos Gatos.

a) Calha 1 - riacho do Salgadinho

Características do local

- coordenadas UTM: 0458591 e 9488845;
- riacho com seção transversal geométrica em forma de trapézio com pequeno estrangulamento longitudinalmente na região da estaca Ø;
- o eixo do leito do riacho é reto (alinhado) longitudinalmente no trecho de 20 metros compreendido entre as estacas -10 a +10;

- foram considerados mais dois pontos (estacas -20 e +20) que ficavam fora do alinhamento citado acima (após uma leve curva para cada um deles), para permitir melhor avaliação da declividade do leito, tendo em vista este riacho ser mais largo e menos constante do que o da Calha 2.

Levantamento

- as estacas negativas (-3, -10 e -20) ficaram a montante da estaca 0. Portanto, as positivas ficaram a jusante;
- foram marcadas 3 seções transversais: nas estacas -3, 0 e +3. Cada uma era composta por 5 cotas: uma cota no eixo principal do leito, reto longitudinalmente (alinhado) entre as estacas -10 e +10 (conforme citado anteriormente); duas cotas nos pontos de inflexão esquerdo e direito da base do leito nesta seção; e duas cotas nos pontos de finalização das bordas esquerda e direita desta seção ou que indicavam a marca do nível mais alto das águas;
- nas seções transversais o ponto “c” é o do eixo supracitado, que coincide com as estacas -3, 0 e +3. Os pontos “a” e “b” localizam-se a esquerda do eixo em relação ao sentido do movimento das águas do riacho, e os pontos “d” e “e” a direita;
- a cota mais alta (definida como 0,00) é a do ponto “e” da seção +3;
- o desenho esquemático das referidas seções e perfil longitudinal são apresentados nas Figuras 2.01 e 2.02, a seguir.

b) Calha 2 - riacho dos Gatos

Características do local

- coordenadas UTM: 0455773 e 9486599;
- riacho com seção transversal geométrica em forma de trapézio bem definida e razoavelmente constante (com poucas alterações) no trecho escolhido de 10 metros de extensão (estaca -5 a +5);

- o eixo do leito do riacho é reto (alinhado) longitudinalmente no referido trecho citado acima;
- esse trecho fica situado entre duas barragens de contenção de sedimentos sucessivas, sendo a distância de seu centro (estaca Ø) igual a 14,30m para a barragem a montante, e 27,40m para barragem a jusante.

Levantamento

- as estacas negativas (-3 e -10) ficaram à montante da estaca Ø. Portanto, as positivas ficaram à jusante;
- foram marcadas 3 seções transversais: nas estacas -3, Ø e +3. Cada uma composta por 5 cotas: uma cota no eixo principal do leito, reto longitudinalmente (alinhado) entre as estacas -5 e +5 (conforme citado anteriormente); duas cotas nos pontos de inflexão esquerdo e direito da base do leito nesta seção; e duas cotas nos pontos de finalização das bordas esquerda e direita desta seção ou que indicavam a marca do nível mais alto das águas;
- nas seções transversais o ponto “c” é o do eixo supracitado, que coincide com as estacas -3, Ø e +3. Os pontos “a” e “b” localizam-se à esquerda do eixo em relação ao sentido do movimento das águas do riacho, e os pontos “d” e “e” a direita;
- a cota mais alta (definida como 0,00) é a do ponto “e” da seção -3;
- o desenho esquemático das referidas seções e perfil longitudinal são apresentados nas Figuras 2.03 e 2.04, a seguir.

SEÇÕES TRANSVERSAIS

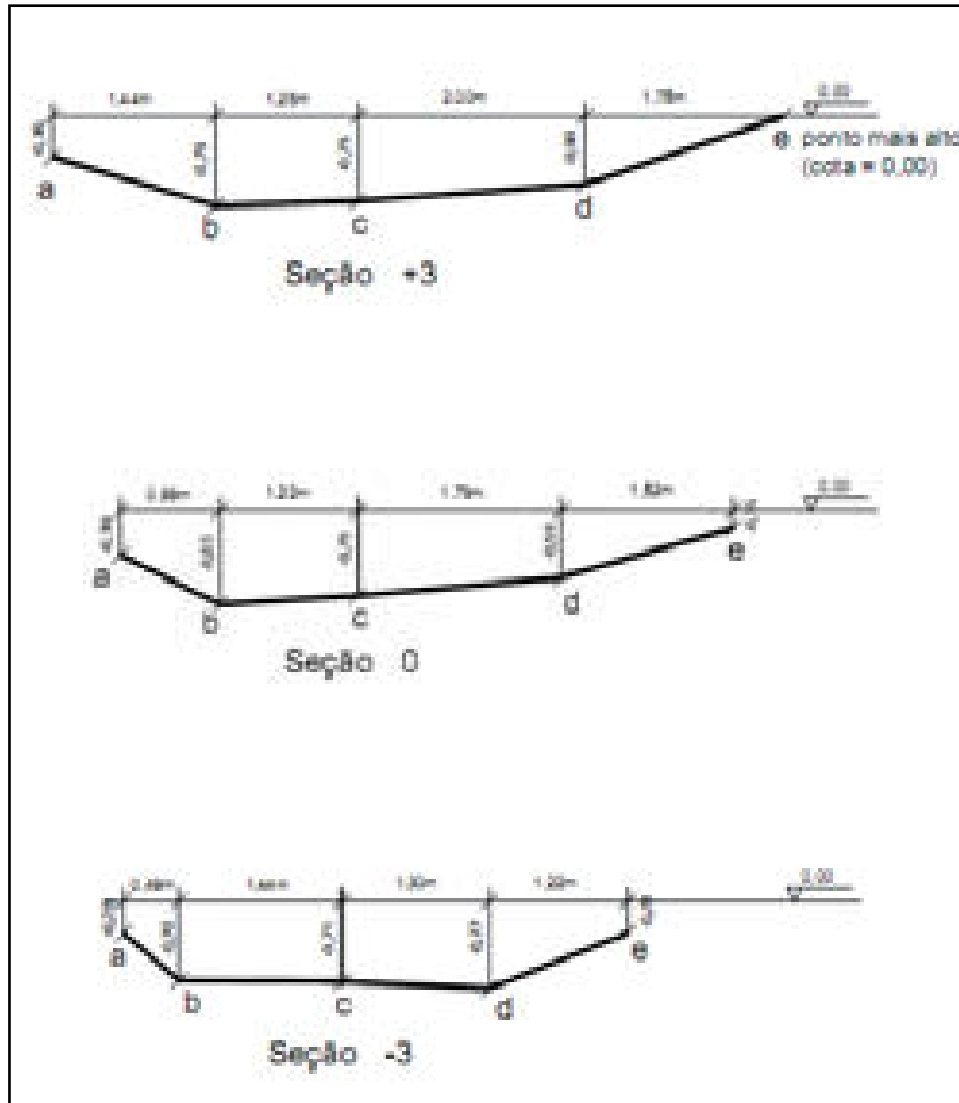


FIGURA 2.01 – Seções transversais da calha 01

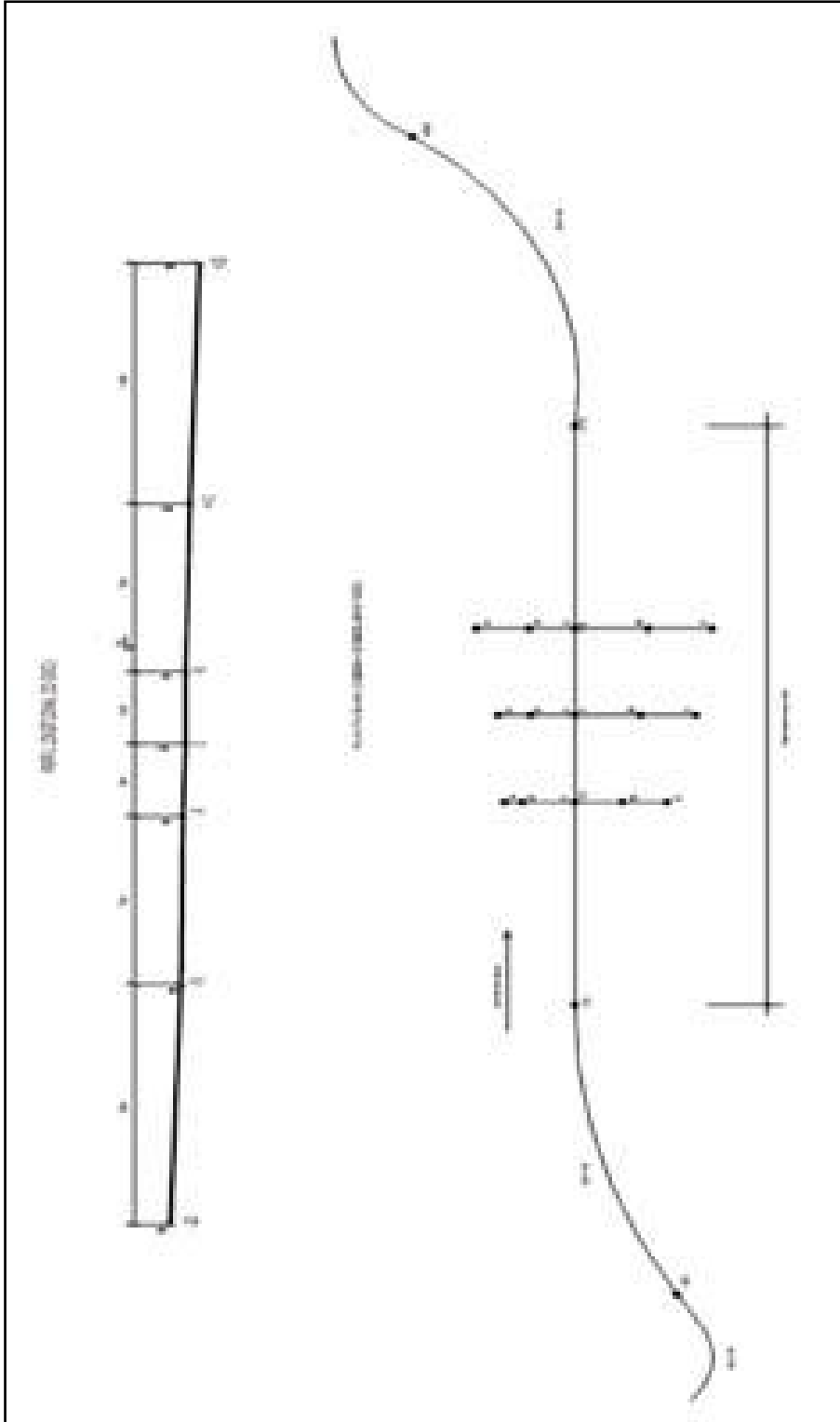


FIGURA 2.02 – Seção longitudinal e planta baixa da calha 01

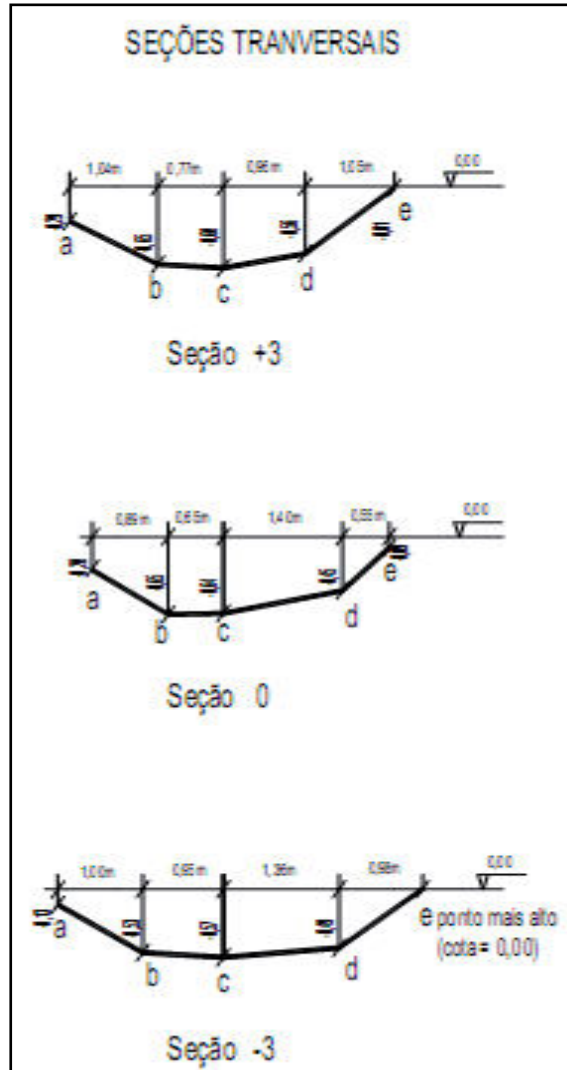


FIGURA 2.03 – Seções transversais da calha 02

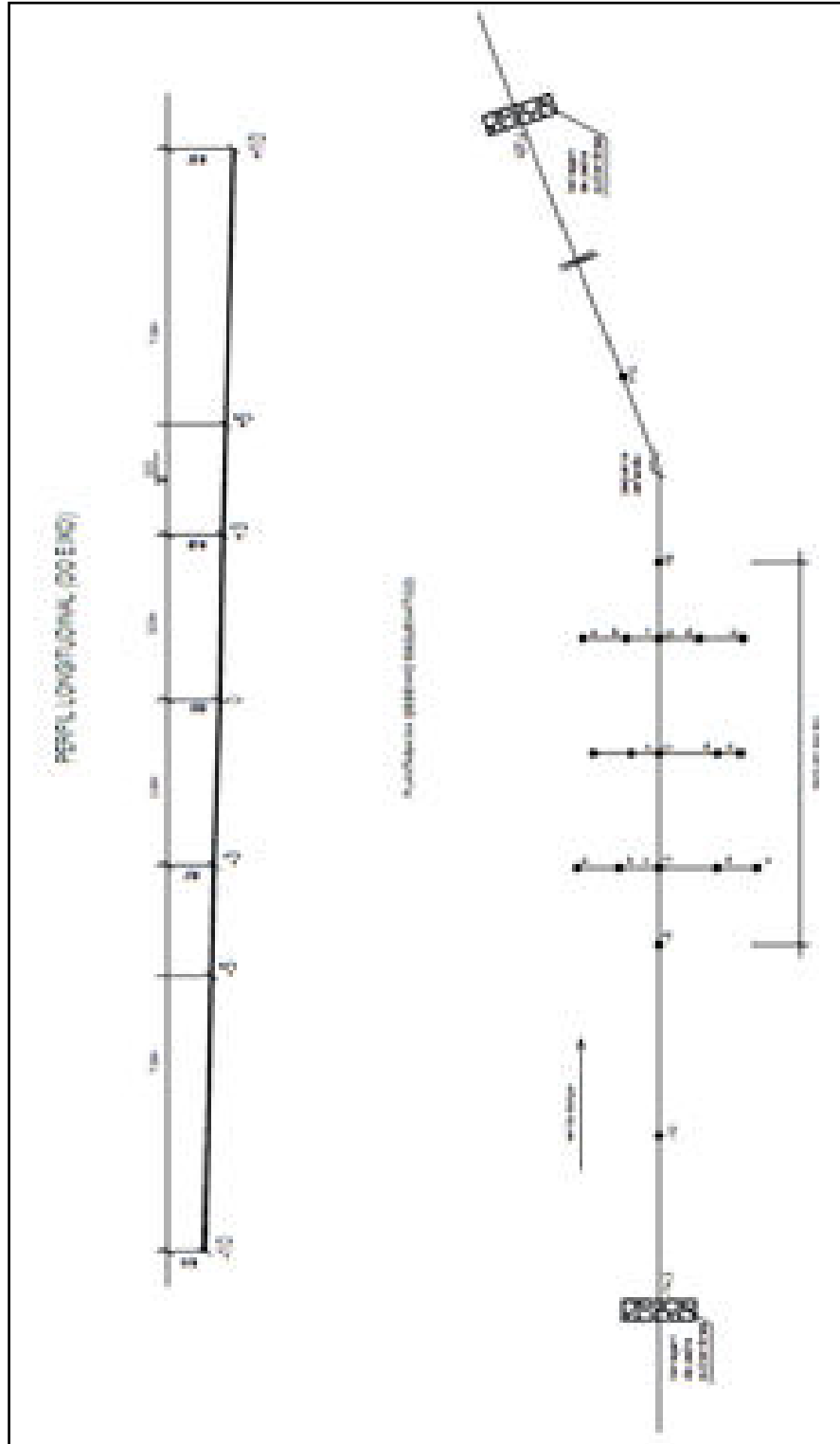


FIGURA 2.04 – Seção longitudinal e planta baixa da calha 02

De posse das características dos locais selecionados e dos levantamentos realizados, a Funceme, baseada nessas informações e acrescida com outras, como a área das bacias de contribuição a estas calhas, pluviometria, entre outros, calculou e projetou a forma geométrica (superfície interna) de cada uma delas.

Após esta etapa a Dimensão Engenharia executou cada uma das calhas medidoras, seguindo o mesmo procedimento construtivo. O memorial descritivo é apresentado resumidamente a seguir:

- escavação do terreno para permitir a execução dos serviços de infraestrutura e dar a conformação geométrica definida pela Funceme;
- execução de dois alicerces em alvenaria de pedras (argamassa no traço 1:5), perpendicularmente ao riacho e em toda extensão da sua seção transversal, sendo um no início da calha e o outro no seu final, com a largura de 40cm e a profundidade até encontrar o terreno firme;
- execução de uma laje em concreto armado (com 20MPa), na espessura de 8 cm em toda área de piso da calha. Inclusive fazendo-se uma “virada” verticalmente de 30cm de profundidade, adjacientemente aos dois alicerces em alvenaria de pedras, de tal forma que a laje envolvesse (em 30cm) parte desses alicerces, como forma de proteção contra erosão na junção desses dois elementos (laje e alicerces);
- execução de paredes laterais inclinadas (muros de arrimo) em alvenaria de pedras (argamassa no traço de 1:5), em conformidade com a geometria definida. Entre essas paredes laterais inclinadas e o solo, foi colocada uma camada (“colchão”) de areia grossa para aliviar pressões d’água eventuais que possam ocorrer no sentido transversal de fora para dentro da calha;
- instalação do poço tranquilizador em PVC Ø100mm para acomodação do sensor de nível da PCD, interligado ao canal de aproximação da calha por tubulação em PVC Ø50mm, posicionada 2cm acima do nível do piso;
- como acabamento sobre as paredes e laje do piso, foi executada a regularização (reboco) com argamassa desempenada no traço 1:5;

- finalizando, foi executado com a mesma seção da saída, um trecho complementar de calha com enrocamento de pedras, nas superfícies do piso e paredes inclinadas; e
- complementarmente, foi executado um cercado de 3x3m para proteção da plataforma de coleta de dados - PCD, em estacas pré-moldadas de concreto, arame farpado e portão de ferro pintado.

As etapas construtivas de confecção da calha 01 e 02 podem ser visualizadas nas Fotos 2.3 e 2.4, abaixo.

Vale salientar que a estação chuvosa, do ano de 2008, foi uma das que tiveram a maior erosão provocada pelas águas de rios, em razão do seu alto



FOTO 2.03 – Fases construtivas da calha 01: marcação, ferragem, concretagem, acabamento e finalização.



FOTO 2.04 – Fases construtivas da calha 02: marcação, ferragem, concretagem, acabamento e finalização.

índice pluviométrico. Entretanto, as duas calhas funcionaram corretamente e não apresentaram nenhum dano construtivo durante o seu uso.

2.2.2.2 – Estações automáticas plúvio & flúvio

Foram adquiridas, pelo subprojeto, 02 (duas) plataformas de coleta (sensor de nível e pluviômetro) e transmissão de dados, PCD's, compostas dos seguintes elementos:

- datalogger AGS9_512, da Ag Solve;
- sensor de precipitação TR-525M c/cabo 25ft, da Campbell;

- sensor de nível PTX 1830 2,5 psi cabo 10m, da GE Druck;
- caixa metálica com acessórios;
- painel solar com bateria;
- terminal GSM35 e cabo GSMRS232; e
- software AG Wather PC Alone com tela Flash.

As PCD's foram instaladas no interior das estruturas de proteção desses equipamentos, devidamente cercadas, situadas adjacentes às calhas medidoras de vazão. Em cada uma delas, o sensor de nível foi colocado dentro do poço tranquilizador e o pluviômetro fixado em um mastro, feito em tubo galvanizado de 01(uma) polegada de diâmetro (na altura de 1,50m). A caixa metálica, o painel solar e antena foram fixados num segundo mastro, também em tubo galvanizado, com diâmetro de 1.1/2 polegadas. Esses mastros foram ancorados a bases de concreto ciclópico na dimensão de 0,50 x 0,50 x 0,60m (b1 x b2 x h), em aberturas escavadas no solo. Dentro da caixa metálica, estanque e protetora, foram instalados o datalogger, bateria e terminal com chip de telefone celular. Os equipamentos foram aterrados.

Após a instalação dos equipamentos, foi realizada a calibração e os ajustes necessários ao correto funcionamento das PCD's. O desenho esquemático da instalação das PCD's é apresentado na Figura 2.05.

A etapa de instalação das plataformas de coleta de dados pluviométricos e fluviométricos, nas calhas 01 e 02, encontra-se ilustrada nas Fotos 2.5 e 2.6.

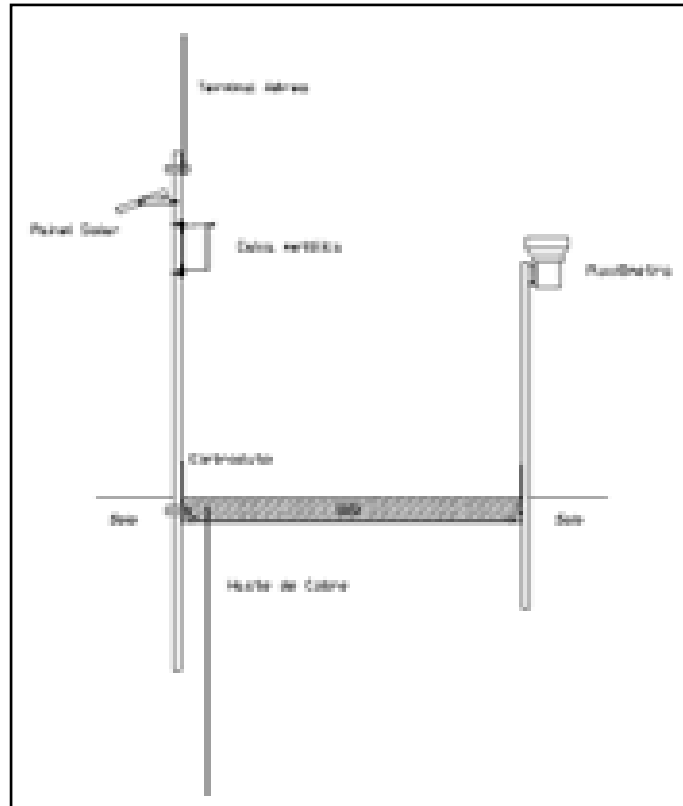


FIGURA 2.05 – Desenho esquemático das PCD's.



FOTO 2.05 – Instalação da PCD na calha 01, e realização de coleta de dados e avaliação da calibração do equipamento.



FOTO 2.06 – Instalação da PCD na calha 02, e realização de coleta de dados e avaliação da calibração do equipamento.

2.2.2.3 - Réguas graduadas para monitoramento de águas e sedimentos

Foram instaladas régua limnimétrica nas calhas medidoras de vazão, de modo a permitir o ajuste da precisão no datalogger do sensor de nível. Essas régua foram instaladas nas paredes inclinadas (45°) dos canais de aproximação das duas calhas, no mesmo ponto da tomada d'água para poço tranquilizador.

A fixação foi realizada por meio do chumbamento das régua nas paredes laterais, com vistas a dificultar a remoção das mesmas. Considerando que as régua foram posicionadas de forma inclinada, em 45° , e da medição ser vertical (nível da água), foi realizada uma compensação na impressão da graduação das mesmas, onde cada 1,00cm de variação do nível d'água na vertical correspondia a 1,41cm na escala inclinada da régua, permitindo a medição correta, por qualquer pessoa, sem a necessidade de maiores cálculos. As Fotos 2.7 e 2.8, mostram a fixação das régua limnimétrica nas calhas medidoras de vazão.

Foram também instaladas 06 (seis) régua limnimétrica em duas seções do rio Cangati, para leitura dos seus níveis d'água. As régua de 1,50m foram colocadas em três níveis, devido à variação da altura d'água. Elas foram dispostas de tal forma que o 0,00m da 2ª régua correspondia

ao 1,00m da 1ª e, da mesma forma, o 0,00m da 3ª régua correspondia ao 1,00m da 2ª, possibilitando a medição na faixa de variação de 0,00 a 3,50m. Entretanto, houve uma chuva muito forte, logo após sua instalação, e elas foram arrancadas.



FOTO 2.07 – Instalação de régua limnimétrica na calha 01



FOTO 2.08 – Instalação de régua limnimétrica na calha 02

A Funceme escolheu ainda algumas barragens sucessivas, sendo quatro no riacho dos Gatos, onde foram instaladas duas réguas à montante da calha medidora de vazão e duas a sua jusante. E outras, nos riachos do Guerredo e do Bananeiras, todas para monitoramento dos sedimentos retidos nos leitos dos riachos pelas barragens sucessivas (FOTO 2.09).

2.2.2.4 – Estação meteorológica

Foi instalada próximo à comunidade da microbacia do rio Cangati, uma estação meteorológica, marca Campbell, composta de um datalogger

modelo CR23X, sistema de fornecimento de energia composto por painel solar de 20 Watts, regulador/controlador de carga de bateria e bateria gelatinosa de 24 Ah, sistema de comunicação via satélite (SCD/ARGOS) e telefonia móvel, além dos seguintes sensores: temperatura do ar, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento, precipitação pluviométrica e radiação solar total.

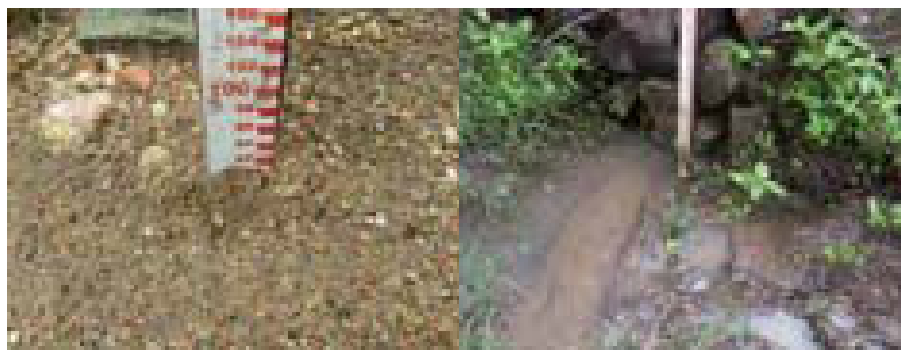


FOTO 2.09 – Réguas limnimétricas instaladas em barragens sucessivas monitoradas pelo subprojeto.

A estação foi montada dentro de uma área de 100 metros quadrados, cercada com estrutura de arame farpado, estacas de concreto e portão de acesso. Sobre estrutura metálica, para suporte dos diversos sensores, composta de uma torre triangular e treliçada de alumínio com 10 metros de altura. Referida estrutura serve de suporte para os equipamentos acima mencionados, com exceção do pluviômetro que foi montado em base independente. A referida torre também serve de suporte para o sistema de proteção contra descargas atmosféricas e surtos e faz parte da malha de aterramento.

Os sensores, para determinação da temperatura do ar e umidade relativa do ar, encontravam-se alojados no abrigo meteorológico, construído de acordo com normas internacionais, e o sensor de pressão atmosférica, acondicionado em gabinete metálico.

Para medição da direção e velocidade do vento, foi instalado sensor modelo Met One 034B, com limiar de partidade de 0,4 m/s, que combina

velocidade e direção em um módulo instalado a 10 metros de altura. Para determinação da radiação solar total foi instalado um radiômetro modelo SP-Lite com sensibilidade de $10\mu\text{V}/(\text{Wm}^{-2})$ e faixa de medição de comprimento de onda de 400 a 1100nm e detector de silício tipo BPW 34. Pluviômetro digital do tipo basculante, modelo TB 4, com área de captação da chuva de 200 cm^2 , com corpo e funil em alumínio, com precisão de 0,2 mm, foi instalado para medição da precipitação. Todos os sensores foram devidamente calibrados.

O armazenamento dos dados foi feito por meio de Datalogger CR23X, com memória não volátil de 4 MByte e capacidade para retenção dos dados sem sobrescrita de aproximadamente um ano, com frequência de leitura para todos os sensores a cada hora, display de 8 dígitos/teclado, interfaces periféricas, 24 canais para leitura de sensores analógicos, 3 canais de saída de tensão analógica, 4 canais para leitura de sensores digitais, 8 canais para leitura e escrita de níveis lógicos ou interrupção e um relógio de tempo real.

O equipamento possuía software composto de programa para aquisição dos dados e programa de transmissão e manipulação de dados em laboratório.

No mapa da Figura 2.06 podem ser visualizados os locais de instalação da infraestrutura de monitoramento dos recursos hídricos da microbacia.

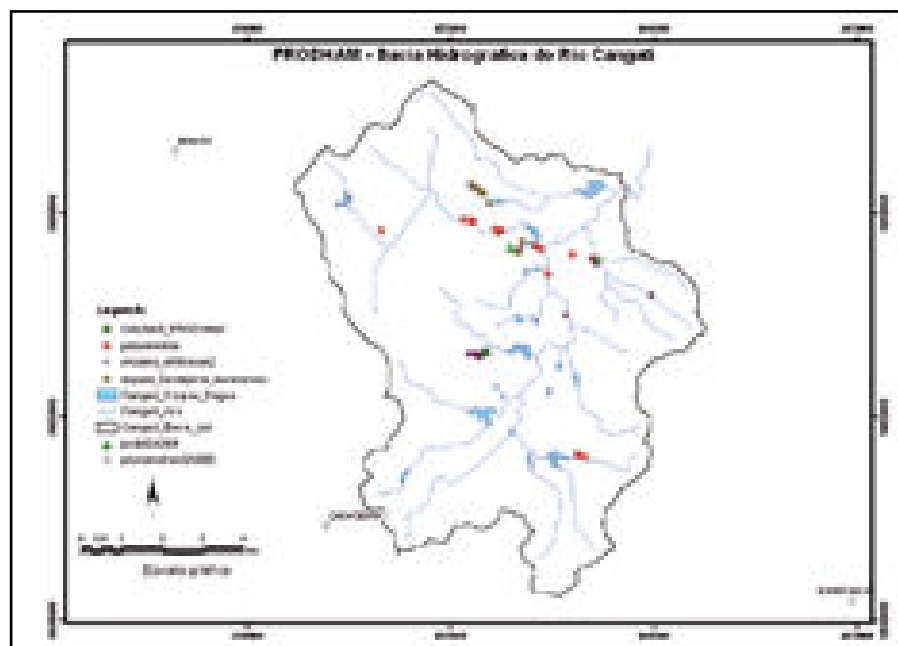


FIGURA 2.06 – Microbacia hidrográfica do rio Cangati e estruturas de monitoramento.

2.2.3 - Coleta de dados

Os trabalhos, desenvolvidos nesta parte do estudo, referiram-se à obtenção de dados reais sobre parâmetros da hidrologia física da microbacia, principalmente aqueles envolvidos no processo de transformação chuva-vazão. Tais dados são de extrema relevância para compreensão da dinâmica dos processos hidrológicos na microbacia, entre eles a quantificação da afluência de sedimentos às barragens sucessivas, uma das metas deste subprojeto.

A logística das campanhas de coleta de dados era constituída basicamente por uma equipe de campo, composta por pessoal da própria comunidade, que atuava diariamente no monitoramento dos parâmetros; e uma outra equipe que se deslocava periodicamente de Fortaleza para realizar e/ou supervisionar os trabalhos de campo.

A equipe de campo era equipada com duas motos, para permitir o deslocamento rápido nos terrenos da microbacia, e uma pick-up (tração

4x4), para acessos mais difíceis. Essa equipe dispunha, ainda, de aparelhos, ferramentas e utensílios, necessários à execução dos serviços, tais como: medidores de nível, máquina fotográfica, proveta, amostrador d'água, trenas, cordas graduadas, funil, régua de profundidade, prancheta, cronômetro, tabelas, frascos de 1 litro, sacos, etiquetas, capas de chuva, entre outros.

A equipe, sediada em Fortaleza, realizava, conjuntamente com a Funceme, a supervisão dos trabalhos de monitoramento e responsabilizava-se, ainda, pelo monitoramento da qualidade das águas. Desse modo, essa equipe deslocava-se mensalmente até a área de estudo para coleta de amostras de água e das informações monitoradas em campo, com o intuito de proceder ao registro e atualização das planilhas de monitoramento.

O procedimento das campanhas envolveu a coleta de dados quantitativos e qualitativos em cada área de monitoramento estudada. A seguir, é feita uma descrição dos procedimentos de coleta.

2.2.3.1 - Dados climatológicos

Os dados climatológicos foram monitorados, durante o período de vigência da pesquisa, com o auxílio de uma estação meteorológica, implantada na área pela Funceme, a qual era responsável pela coleta e análise destas informações.

Os dados climatológicos monitorados foram: temperatura do ar, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento, precipitação pluviométrica e radiação solar total.

2.2.3.2 - Infiltração

A infiltração é um processo hidrológico de grande importância prática, pois a rapidez com que ocorre determina o volume de água que escoará sobre os terrenos da microbacia, exercendo, portanto, influência sobre o fenômeno da erosão. O conhecimento deste parâmetro é essencial à

calibração de modelos de transformação chuva-vazão. De fato, no caso dos MCV's, a infiltração assume importância chave, uma vez que ela separa o escoamento lento do rápido, principalmente quando uma bacia de pequeno porte é simulada.

Assim, para determinação direta da capacidade de infiltração da água, foram executados ensaios de infiltração em diferentes pontos da microbacia, procurando-se reunir em cada um deles condições as mais semelhantes possíveis. Tais ensaios, como ressaltado anteriormente, foram realizados com o intuito de separar o escoamento lento do rápido e considerando que a microbacia monitorada é de pequeno porte, tal atividade tornou-se mais relevante.

Para execução dos ensaios de infiltração, previstos no subprojeto, foi realizada uma campanha de campo intensiva de duas semanas. A Funceme, após análise em mapas, definiu as prováveis localizações dos ensaios. Em visita a campo, foi feita uma checagem dos pontos pré-selecionados e, após ajustes, determinou-se os locais exatos.

Decidiu-se, ainda, que, além do tipo de ensaio com anéis concêntricos, fosse realizada uma abordagem mais adequada, pelo método de "Beerkan", com maior número de testes para caracterização hidrodinâmica dos solos em termos de eficácia de execução dos trabalhos e representatividade espacial. Salienta-se que a quantidade de água necessária neste teste é muito pequena, porém, é requisito do método, a realização de análises laboratoriais, uma para cada teste, discriminando granulometria, densidade e umidades (inicial e final). Segundo informado pelos pesquisadores, tal método pode substituir, com vantagens, o ensaio tradicional com anéis concêntricos, principalmente em locais de difícil acesso e com restrições para obtenção de água. Os testes de infiltração com anéis concêntricos foram realizados próximos a calha 1 do riacho Salgadinho e os do método de "Beerkan" distribuídos espacialmente sobre a área da microbacia monitorada.

Nas Fotos 2.10 e 2.11 são ilustrados testes de infiltração, realizados pelo método dos anéis concêntricos e método de “Beerkan”.



FOTO 2.10 – Ensaio de infiltração com anéis concêntricos



FOTO 2.11 – Ensaio de infiltração método de Beerkan

2.2.3.3 – Dados fluviométricos

Os dados fluviométricos (nível e vazão), necessários à pesquisa, foram obtidos a partir das plataformas de coleta de dados (PCD's), instaladas na microbacia. Os dados registrados por esses equipamentos foram comparados com leituras realizadas em régua limnimétrica, instaladas no local, as quais serviram, também, como referência de nível para a calibração das calhas medidoras de vazão. Nestas seções de controle, foram calibradas curvas de descarga.

As coletas de dados foram realizadas em riachos (onde localizavam-se oito barragens sucessivas), nas 02 (duas) calhas de medição de nível e

vazão e no rio Cangati, iniciadas durante a quadra chuvosa. Os locais foram visitados diariamente e a coleta era realizada sempre que ocorria uma chuva forte e quando a altura da coluna d'água, no ponto mais fundo, era maior do que 20cm. Diariamente, eram realizadas medições do nível d'água nas régua das duas calhas e, quando chovia, eram feitas medições do nível do sedimento retido, em régua instaladas nas barragens sucessivas.

É importante ressaltar que, embora a visita tenha sido realizada diariamente, as amostras somente eram coletadas quando as condições estiveram propícias.

Calibração da curva-chave

Esta atividade contou com o apoio logístico da empresa Dimensão Engenharia para a realização dos ensaios de campo, referentes às medições de vazões para calibração da curva-chave nas seções de monitoramento (FOTO 2.12). Foram realizadas três campanhas, entretanto, na última, as vazões, nos pontos de medições escolhidos, foram insuficientes para execução dos ensaios.

A localização dos pontos de medições, definidos pela Funceme, foram três: nas duas calhas, onde foram instaladas as plataformas de coleta de dados, e no rio Cangati, por ser o principal rio da microbacia monitorada. Nesses mesmos pontos, foram realizadas, pela equipe de campo, coletas d'água para análise da concentração de sólido em suspensão.



FOTO 2.12 – Medição da vazão durante a etapa de calibração de curva-chave.

Medição do nível d'água nas calhas

A leitura do nível d'água, nas 02 (duas) réguas instaladas nas calhas medidoras de vazão, foi realizada diariamente, anotando-se a medição e data, conforme mostram as Tabelas 2.01 e 2.02, a seguir. A Foto 2.13 mostra a medição do nível d'água na calha nº 1, construída no riacho do Salgadinho. Diariamente, era realizada uma vistoria nas 02 (duas) plataformas de coletas de dados, instaladas junto às calhas, verificando se estava tudo em perfeito funcionamento.

TABELA 2.01 – Leituras de níveis de água na calha 01 – riacho Salgadinho

Abril	Altura (cm)	Maio	Altura (cm)	Junho	Altura (cm)	Julho	Altura (cm)
8/4/2008	18,0	1/5/2008	12,5	1/6/2008	11,0	1/7/2008	10,0
9/4/2008	18,0	2/5/2008	12,0	2/6/2008	11,0	2/7/2008	10,0
10/4/2008	17,0	3/5/2008	11,5	3/6/2008	11,0	3/7/2008	10,0
11/4/2008	17,0	4/5/2008	11,0	4/6/2008	10,5	4/7/2008	10,0
12/4/2008	16,0	5/5/2008	11,0	5/6/2008	10,5	5/7/2008	9,5
13/4/2008	15,0	6/5/2008	13,5	6/6/2008	11,0	6/7/2008	8,0
14/4/2008	23,0	7/5/2008	13,0	7/6/2008	11,0	7/7/2008	8,0
15/4/2008	19,0	8/5/2008	12,0	8/6/2008	11,5	8/7/2008	7,5
16/4/2008	17,0	9/5/2008	11,5	9/6/2008	11,5	9/7/2008	7,5
17/4/2008	16,0	10/5/2008	18,0	10/6/2008	11,0	10/7/2008	7,5
18/4/2008	15,0	11/5/2008	18,0	11/6/2008	11,0	11/7/2008	6,5
19/4/2008	14,5	12/5/2008	17,0	12/6/2008	10,5	12/7/2008	5,5
20/4/2008	13,5	13/5/2008	19,0	13/6/2008	10,5	13/7/2008	4,5
21/4/2008	12,5	14/5/2008	17,5	14/6/2008	10,5	14/7/2008	4,0
22/4/2008	13,0	15/5/2008	15,5	15/6/2008	10,5	15/7/2008	3,0
23/4/2008	12,5	16/5/2008	14,0	16/6/2008	10,5	16/7/2008	2,0
24/4/2008	12,0	17/5/2008	14,5	17/6/2008	10,5	17/7/2008	1,0
25/4/2008	11,5	18/5/2008	15,5	18/6/2008	10,5	18/7/2008	0,0
26/4/2008	11,0	19/5/2008	14,5	19/6/2008	10,5	19/7/2008	0,0
27/4/2008	10,5	20/5/2008	13,5	20/6/2008	10,5	20/7/2008	0,0
28/4/2008	10,0	21/5/2008	13,0	21/6/2008	10,5	21/7/2008	0,0

(continua)

(continuação)

Abril	Altura (cm)	Maio	Altura (cm)	Junho	Altura (cm)	Julho	Altura (cm)
29/4/2008	11,0	22/5/2008	12,5	22/6/2008	10,5	22/7/2008	0,0
30/4/2008	13,5	23/5/2008	11,5	23/6/2008	10,5	23/7/2008	0,0
-	-	24/5/2008	11,5	24/6/2008	10,5	24/7/2008	0,0
-	-	25/5/2008	11,5	25/6/2008	10,5	25/7/2008	0,0
-	-	26/5/2008	11,0	26/6/2008	10,5	26/7/2008	0,0
-	-	27/5/2008	10,5	27/6/2008	10,5	27/7/2008	0,0
-	-	28/5/2008	11,5	28/6/2008	10,5	28/7/2008	0,0
-	-	29/5/2008	11,5	29/6/2008	10,0	29/7/2008	0,0
-	-	30/5/2008	11,5	30/6/2008	10,0	30/7/2008	0,0
-	-	31/5/2008	11,0	-	-	31/7/2008	0,0

TABELA 2.02 – Leituras de níveis de água na calha 02 – riacho dos Gatos

Abril	Altura (cm)	Maio	Altura (cm)	Junho	Altura (cm)	Julho	Altura (cm)
8/4/2008	10,0	1/5/2008	7,0	1/6/2008	6,0	1/7/2008	1,0
9/4/2008	10,0	2/5/2008	6,0	2/6/2008	6,0	2/7/2008	1,0
10/4/2008	8,0	3/5/2008	6,0	3/6/2008	6,0	3/7/2008	1,0
11/4/2008	7,0	4/5/2008	6,5	4/6/2008	6,0	4/7/2008	1,0
12/4/2008	7,0	5/5/2008	6,5	5/6/2008	6,0	5/7/2008	1,0
13/4/2008	6,0	6/5/2008	6,0	6/6/2008	6,0	6/7/2008	1,0
14/4/2008	8,0	7/5/2008	6,0	7/6/2008	6,0	7/7/2008	0,0
15/4/2008	6,0	8/5/2008	6,5	8/6/2008	6,5	8/7/2008	0,0
16/4/2008	6,0	9/5/2008	6,0	9/6/2008	6,0	9/7/2008	0,0
17/4/2008	6,0	10/5/2008	8,0	10/6/2008	6,0	10/7/2008	0,0
18/4/2008	6,0	11/5/2008	8,0	11/6/2008	6,0	11/7/2008	0,0
19/4/2008	6,0	12/5/2008	7,0	12/6/2008	6,0	12/7/2008	0,0
20/4/2008	6,0	13/5/2008	9,0	13/6/2008	5,5	13/7/2008	0,0
21/4/2008	6,0	14/5/2008	7,5	14/6/2008	5,5	14/7/2008	0,0
22/4/2008	6,5	15/5/2008	7,0	15/6/2008	5,5	15/7/2008	0,0

(continua)

(continuação)

Abril	Altura (cm)	Maio	Altura (cm)	Junho	Altura (cm)	Julho	Altura (cm)
23/4/2008	6,0	16/5/2008	6,0	16/6/2008	4,5	16/7/2008	0,0
24/4/2008	6,0	17/5/2008	6,5	17/6/2008	4,5	17/7/2008	0,0
25/4/2008	6,0	18/5/2008	7,0	18/6/2008	4,5	18/7/2008	0,0
26/4/2008	6,0	19/5/2008	6,5	19/6/2008	3,5	19/7/2008	0,0
27/4/2008	6,0	20/5/2008	6,0	20/6/2008	3,5	20/7/2008	0,0
28/4/2008	6,0	21/5/2008	6,0	21/6/2008	3,5	21/7/2008	0,0
29/4/2008	6,5	22/5/2008	6,5	22/6/2008	3,5	22/7/2008	0,0
30/4/2008	8,0	23/5/2008	6,0	23/6/2008	3,0	23/7/2008	0,0
-	-	24/5/2008	6,0	24/6/2008	3,0	24/7/2008	0,0
-	-	25/5/2008	6,0	25/6/2008	3,0	25/7/2008	0,0
-	-	26/5/2008	6,0	26/6/2008	3,0	26/7/2008	0,0
-	-	27/5/2008	6,0	27/6/2008	2,0	27/7/2008	0,0
-	-	28/5/2008	6,5	28/6/2008	2,0	28/7/2008	0,0
-	-	29/5/2008	6,0	29/6/2008	2,0	29/7/2008	0,0
-	-	30/5/2008	6,5	30/6/2008	2,0	30/7/2008	0,0
-	-	31/5/2008	6,0	-	-	31/7/2008	0,0



FOTO 2.13 – Medição do nível d` água na calha do riacho do Salgadinho. Coordenadas geográficas UTM: 0458591 / 9488845.

2.2.3.4 – Coleta de amostras de água para determinação de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos

Com vistas à caracterização da qualidade das águas na microbacia, foram coletadas, no período de setembro de 2007 a dezembro de 2008, amostras de água para análise físico-química e bacteriológica. As amostras eram coletadas, mensalmente, em açudes, rios e riachos selecionados na microbacia, em campanhas com duração de 02 (dois) dias. Sendo assim, foram realizadas 16 (dezesesseis) campanhas de coleta de amostras de água, sendo a amostragem feita na superfície dos corpos d'água selecionados.

Neste sentido, foram selecionados 10 (dez) pontos de coleta em açudes e 06 (seis) pontos em rios e riachos. Ressalta-se que, na escolha destes pontos, levaram-se em consideração critérios como a acessibilidade, representatividade dos pontos com relação às ações antrópicas na região, representatividade com relação aos objetivos da pesquisa, entre outros. No mapa da Figura 2.07, podem ser visualizados os pontos selecionados para coleta de amostras de água.

Com relação ao procedimento de coleta de amostras, procurou-se seguir a técnica recomendada pela Companhia de Tecnologia..., (1988). A metodologia de análises seguiu as recomendações da APHA (1998). As amostras foram processadas no laboratório da Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC).

Na Tabela 2.03, estão descritos os pontos de amostragem de água superficial, tomados na microbacia, e na Tabela 2.04 estão marcados os meses em que foi possível realizar as coletas em cada ponto.

RECURSOS HÍDRICOS

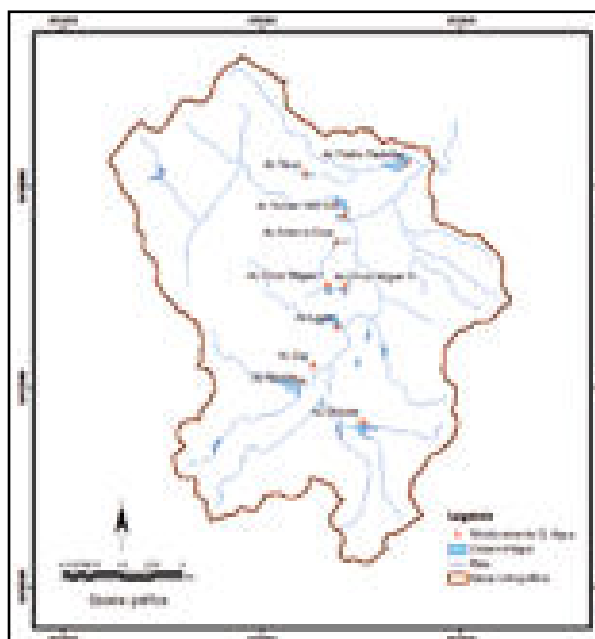


FIGURA 2.07 – Pontos de coleta de amostra de água na microbacia do rio Cangati – CE.

TABELA 2.03 – Pontos de coleta de amostras de água superficial.

Ponto	Nome	Coordenadas UTM		Localidade	Rio/ Riacho
		Latitude	Longitude		
Açudes					
AC01	Açude Chicote	9484161	0457539	Barra Nova	Chicote
AC02	Açude do Ramim	9485176	0455966	Barra Nova	-
AC03	Açude do "Zuir"	9485582	0456271	Barra Nova	-
AC04	Açude das Lajes	9486493	0456886	Lajes	riacho da Porta
AC05	Açude Chico Miguel I	9487545	0456641	Lajes	-
AC06	Açude Chico Miguel II	9487524	0457075	Lajes	-
AC07	Açude Antônio Cruz	9488621	0456891	Iguaçu	-
AC08	Açude do Tobias	9489288	0457072	Iguaçu	Felão
AC09	Açude Novo	9490338	0456073		Bananeira
AC10	Açude Pedro Paulinho	9490600	0458650	São Luiz	-
Rios/Riachos					
RC01	Rio Cangati I	9489136	0457202	Fazenda Iguaçu	Cangati
RC02	Rio Cangati II	9488356	0457313	Cacimba de Baixo	Cangati
RF01	riacho Felão I	9489807	0455511	São Luís	Felão
RF02	riacho Felão II	9489601	0456262	-	Felão
RG01	riacho dos Gatos			-	Gatos
RCH01	riacho Chicote	9484952	0456620	Barra Nova	Chicote

TABELA 2.04 – Meses em que foram realizadas coletas de água superficial nos pontos selecionados.

Açude	Meses							
	Set/07	Out/07	Nov/07	Dez/07	Jan/08	Fev/08	Mar/08	Abr/08
Açude Chicote	x	x	x	x	x	x	-	-
Açude do Ramim	x	x	x	x	x	x	x	x
Açude do "Zuir"	x	x	-	-	-	-	x	x
Açude das Lajes	x	x	x	x	x	x	x	x
Açude Chico Miguel I	x	x	x	x	x	x	x	x
Açude Chico Miguel II	x	x	x	x	-	-	x	x
Açude Antônio Cruz	x	x	x	-	-	-	x	x
Açude do Tobias	x	x	x	x	x	x	x	x
Açude Novo	x	x	x	x	x	x	x	x
Açude Pedro Paulinho	x	x	x	x	x	x	x	x
Açude	Meses							
	Mai/08	Jun/08	Jul/08	Ago/08	Set/08	Out/08	Nov/08	Dez/08
Açude Chicote	-	x	x	x	x	x	x	x
Açude do Ramim	x	x	x	x	x	x	x	x
Açude do "Zuir"	x	x	x	x	x	x	x	x
Açude das Lajes	x	x	x	x	x	x	x	x
Açude Chico Miguel I	x	x	x	x	x	x	x	x
Açude Chico Miguel II	x	x	x	x	x	x	x	x
Açude Antônio Cruz	x	x	x	x	x	x	x	x
Açude do Tobias	x	x	x	x	x	x	x	x
Açude Novo	x	x	x	x	x	x	x	x
Açude Pedro Paulinho	x	x	x	x	x	x	x	x
Rio/Riacho	Meses							
	Set/07	Out/07	Nov/07	Dez/07	Jan/08	Fev/08	Mar/08	Abr/08
Rio Cangati I							x	x
Rio Cangati II							x	x
Riacho Felão I							x	x
Riacho Felão II							x	x
Riacho dos Gatos							x	x
Riacho Chicote							x	x
Rio/Riacho	Meses							
	Mai/08	Jun/08	Jul/08	Ago/08	Set/08	Out/08	Nov/08	Dez/08
Rio Cangati I	x	x						
Rio Cangati II	x	x						
Riacho Felão I	x	x						
Riacho Felão II	x	x						
Riacho dos Gatos	x							
Riacho Chicote								

Os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos, analisados durante a pesquisa, encontram-se discriminados na Tabela 2.05, a seguir.

Nas Fotos 2.14 e 2.15, podem ser visualizados os pontos de coleta de água superficial selecionados no estudo.

TABELA 2.05 – Parâmetros físico-químicos e bacteriológicos analisados.

Parâmetros Físico-Químicos	
Parâmetros	Unidade
pH a 25° C	
Condutividade	(micromhos / cm)
Alcalinidade parcial	(mgCaCO ₃ /L)
Alcalinidade total	(mgCaCO ₃ /L)
Dureza total	(mgCaCO ₃ /L)
Matéria orgânica	(mgO ₂ cons/L)
Nitritos	(mgN-NO ₂ ⁻ /L)
Sólidos dissolvidos	(mg/L)
Sólidos totais	(mg/L)
Cálcio	(mgCa ⁺⁺ /L)
Magnésio	(mgMg ⁺⁺ /L)
Sódio	(mgNa ⁺ /L)
Potássio	(mgK ⁺ /L)
Ferro total	(mgFe/L)
Cloretos	(mgCl ⁻ /L)
Carbonatos	(mgCO ₃ ⁻ /L)
Bicarbonatos	(mgHCO ₃ ⁻ /L)
Hidróxidos	(mgOH ⁻ /L)
Sulfatos	(mgSO ₄ ⁻ /L)
Nitratos	(mgN-NO ₃ ⁻ /L)
OD	(mgO ₂ /L)
Fósforo total	(mgP/L)
Turbidez	(NTU)
Parâmetros Bacteriológicos	
Coliformes totais	(NMP/100mL)
Coliformes termotolerantes (Fecais)	(NMP/100mL)
Contagem de bactérias heterotróficas	(UFC/mL)



FOTO 2.14 – Açudes monitorados pelo subprojeto.



FOTO 2.15 – Riachos monitorados pelo subprojeto.

2.2.3.5 – Coleta de dados sedimentométricos

Os dados sedimentométricos, monitorados no estudo, foram: profundidade de sedimentos retidos nos leitos dos riachos, pelas barragens sucessivas, e os sedimentos em suspensão na água, com determinação da sua granulometria. Esses parâmetros foram fundamentais para o estudo, uma vez que permitiram uma avaliação da dinâmica da acumulação dos sedimentos nos terrenos da microbacia.

Para maior entendimento dos trabalhos executados nesta etapa da pesquisa e à priori da descrição das atividades realizadas, faz-se necessário a colocação dos seguintes conceitos:

Sedimento - sedimento, como tratado neste trabalho, é material sólido que se origina principalmente do intemperismo de rochas. Quando transportado, suspenso ou depositado por processos naturais na bacia

hidrográfica é referido como “sedimento fluvial”. São incluídos, também, precipitados químicos/bioquímicos e material orgânico decomposto (húmus). A quantidade, características e causas da ocorrência em riachos são devidos, principalmente, a fatores ambientais e ao usos do solo. Os fatores principais são a topografia, características dos solos, cobertura do solo e a intensidade e total de precipitação.

Concentração de sedimentos em suspensão em rios - é a concentração de sedimentos suspensos, ponderada pela velocidade do rio na região de amostragem (da superfície até uma distância de aproximadamente 10cm do fundo do leito), expressa em miligramas de sedimento seco por litro de mistura água-sedimento (mg/L). A técnica analítica usa a massa de todo o sedimento e o peso líquido da mistura água-sedimento numa amostra para computar a concentração de sedimentos.

Feitas as considerações acima, os trabalhos de coleta foram iniciados, empregando-se os seguintes equipamentos e materiais básicos:

- 10 a 15 garrafas numeradas com capacidade de 1 litro cada;
- recipiente de 10 litros para homogeneização das amostras;
- amostrador por integração de profundidade para sedimentos em suspensão;
- régua centimétrica graduada;
- prancheta, lápis e ficha para anotação dos dados das amostras;
- GPS, calculadora e cronômetro; e
- corda graduada de metro em metro e hastes para marcação das seções transversais;

Em função das velocidades e profundidades encontradas no subprojeto, optou-se por construir e empregar nas atividades de coleta um amostrador por integração de profundidade simples, como o do esquema mostrado nas Figuras 2.08 a 2.10.

Estimou-se, a partir da literatura técnica disponível, que a garrafa do amostrador deveria ter uma capacidade de aproximadamente 750 ml, podendo chegar a 1.000 ml, se necessário. A saída de ar deveria ser de aproximadamente 3mm, enquanto que o bico de amostragem deveria ter diâmetro aproximado de 7mm e feito de cobre ou plástico rígido, sendo que o diâmetro do tubo deveria ser determinado experimentalmente. O suporte deveria ser firme o suficiente para fixar a garrafa durante a imersão na água, permitindo a orientação do bico de entrada contra o sentido do fluxo. O tubo de entrada deveria ficar orientado, aproximadamente paralelo, às linhas de fluxo e a garrafa deveria ficar num ângulo de 30 graus com a horizontal.

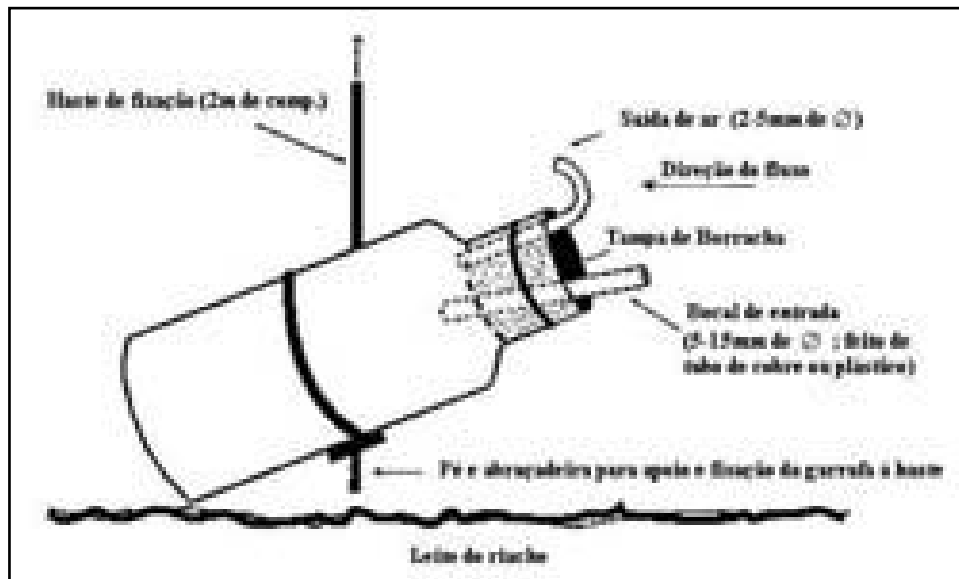


FIGURA 2.08 – Amostrador por integração de profundidade, confeccionado pelo subprojeto.

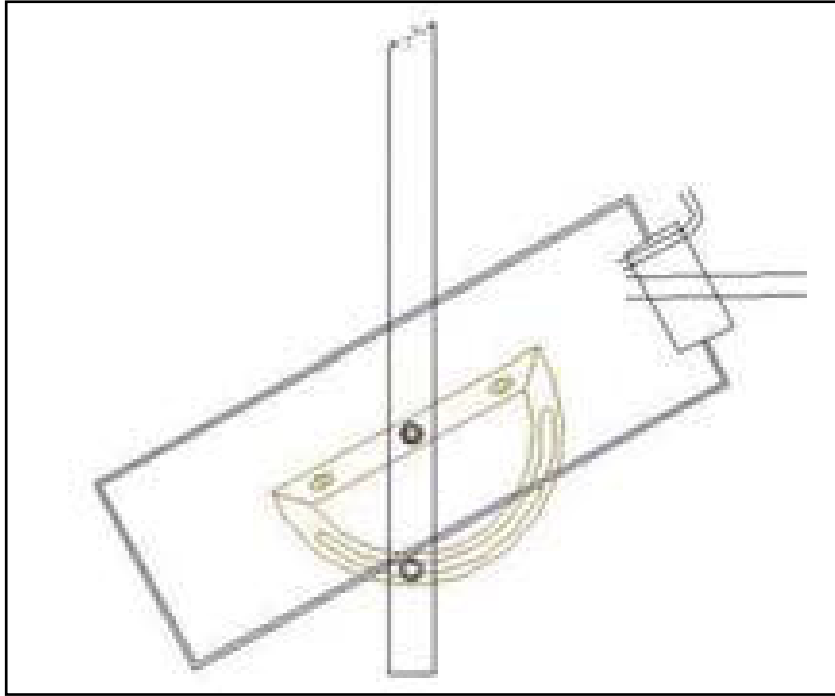


FIGURA 2.09 – Desenho esquemático do modelo do amostrador por integração de profundidade, confeccionado para coleta de amostras em suspensão.

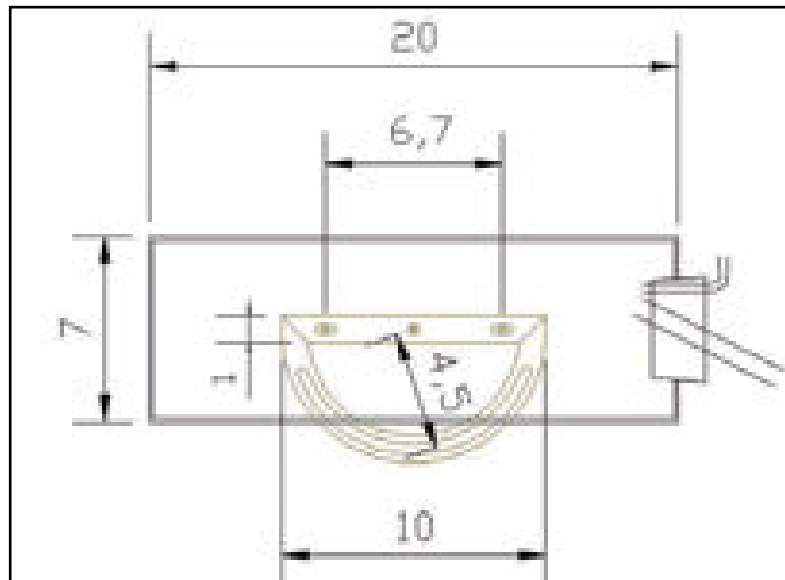


FIGURA 2.10 – Desenho esquemático do modelo do amostrador por integração de profundidade, confeccionado para coleta de amostras em suspensão.

Em termos práticos, durante uma coleta em campo, o amostrador por integração de profundidade deve ser baixado até o fundo do rio e, então, imediatamente trazido à superfície. Deve-se tomar o cuidado para que os tempos de trânsito durante a descida e subida do amostrador sejam iguais. Salienta-se que o objetivo deste procedimento é encher o amostrador até 90% da sua capacidade. Caso o amostrador esteja completamente cheio de água ao chegar à superfície, significa que o aparato deixou de coletar material referente a uma determinada altura, sendo necessário repetir a operação aumentando-se o tempo de trânsito.

Com relação ao procedimento de coleta empregado, é importante ressaltar que, em cada ponto selecionado, foram realizados dois tipos de medição: medição, empregando-se a técnica da largura equidistante incremental e medição pontual.

a) Técnica da largura equidistante incremental

Esse método é usado em pequenos riachos em que é possível fazer a medição a “vau”, e fornece dados precisos sobre a concentração média de sedimentos em suspensão, passando numa determinada seção de controle. Em termos resumidos, o procedimento de coleta, adotando-se esta técnica, obedece aos seguintes passos metodológicos:

- preparação e limpeza de um recipiente de grande capacidade (~10 litros), para homogeneização da(s) amostra(s) coletada (s);
- preparação e limpeza de vários recipientes de 1 litro numerados sequencialmente, para armazenar as amostras temporariamente durante a coleta;
- verificação sobre o correto posicionamento do amostrador no suporte e se os bicos de entrada e exaustão de ar estão desobstruídos;
- marcação, pelo operador, de estações espaçadas igualmente ao longo da seção transversal ao rio, da mesma forma que em uma medição de vazão (FIGURA 2.11). No caso do presente estudo, este espaçamento variou entre 0,5 e 1,0m;

- determinação do ponto mais profundo da seção transversal. Caso a profundidade seja uniforme, definir o centro da seção transversal (anotar profundidade(s) da água) (FIGURA 2.12);
- realização de uma amostragem teste para estimar o tempo de trânsito na seção mais profunda. Tomar cuidado para a garrafa não transbordar quando voltar à superfície; esta deve vir com 80 a 90% da sua capacidade máxima;
- acondicionamento da primeira amostra em garrafa de 1 litro, limpa e marcada com o número da estação de coleta. Ex.: caso a seção central seja a de número 3, colocar a amostra no recipiente correspondente;
- repetição do processo para as outras estações a partir da margem, usando sempre a mesma taxa de trânsito na descida e na subida das garrafas. É importante manter a mesma taxa de trânsito para uma amostra representativa. No final, o volume final na garrafa nas outras seções será variável, dependendo da velocidade do rio e da profundidade em cada estação;
- completadas as amostragens em todas as estações e estando o operador seguro de que não precisa refazer nenhuma estação, agitar cada garrafa numerada e derramar o seu conteúdo no recipiente grande;
- homogeneização da composição de amostras no recipiente de 10 litros por agitação. Devendo-se realizar duas ou três subamostragens, isto é, retirar 3 garrafas (de 800ml a 1000ml); identificá-las com data, local, número da amostra e enviar para o laboratório para determinação analítica da concentração de sedimentos em suspensão.

A Foto 2.16 ilustra a sequência de uma coleta de água usando este método.

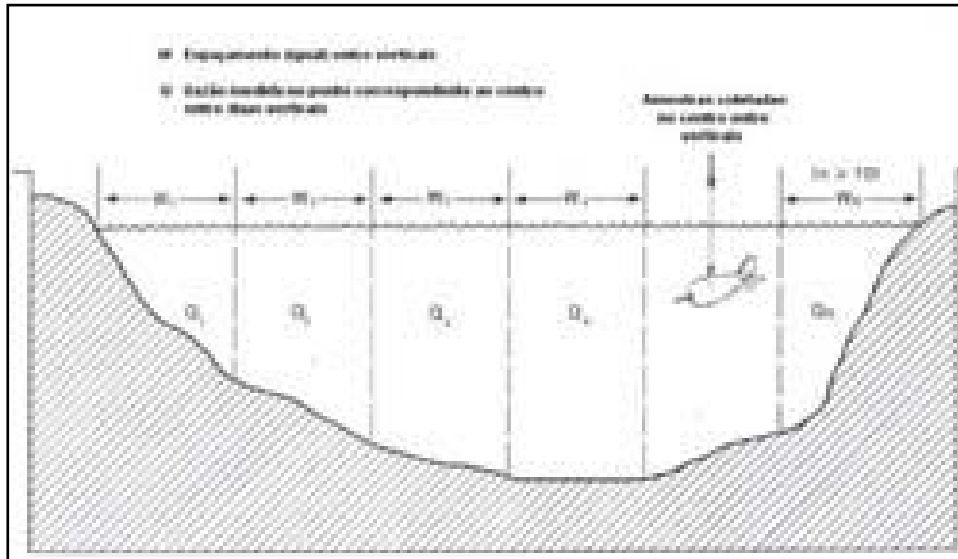


FIGURA 2.11 – Marcação das estações na seção transversal do riacho para amostragem de sedimentos em suspensão.

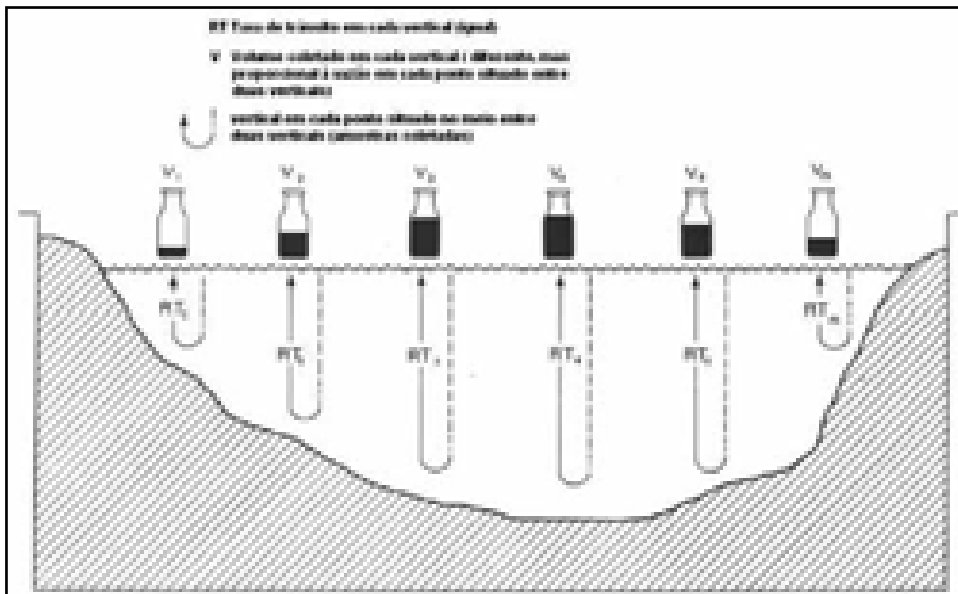


FIGURA 2.12 – Volumes coletados proporcionais à vazão em cada vertical.



FOTO 2.16 – Sequência de uma coleta de água.

b) Medição pontual

Em cada ponto de coleta de sedimentos em suspensão, a medição pontual é feita a uma determinada profundidade e a uma distância fixa da margem (ver FOTOS 2.17 e 2.18). Deve-se procurar identificar a garrafa como medição pontual para não confundir com a medida integral. No presente estudo, coletou-se uma amostra pontual, para cada medida integral, a 50% da profundidade do riacho na sua parte mais profunda.

A medida pontual era feita fechando-se o bico do amostrador, baixando-o até a profundidade de medida e, então, abria-se a entrada do amostrador de modo a enchê-lo completamente para depois fechá-lo novamente e trazê-lo à superfície. Em uma planilha, anotava-se a profundidade da água no momento da medição. O objetivo desta amostragem era verificar a possibilidade de relacionar a medida pontual com a medida integral da seção, de modo a facilitar futuramente o monitoramento rotineiro.



FOTO 2.17 – Marcação das estações ao longo da seção transversal do rio



FOTO 2.18 – Medição da profundidade

No que se refere aos locais de coleta de água para análise de sólidos em suspensão, foram selecionados 11 (onze) pontos. Deste modo, a coleta foi realizada em 08 (oito) barragens sucessivas e em outros 03 (três) locais: 02 (dois) pontos situados nas calhas construídas durante a pesquisa, sendo um em cada calha e outro no rio Cangati. A coleta era realizada quinzenalmente nos 11 (onze) pontos e/ou quando houvesse eventualmente uma chuva forte

que provocasse o aumento do nível da água nos corpos d'água monitorados. O ideal era realizar-se duas coletas por semana.

Em cada ponto, coletou-se um volume de meio a um litro de água e realizaram-se as duas técnicas de amostragem descritas anteriormente. Sendo assim:

Dentro de cada calha:

- medição integral: dividia-se a largura da calha em 04 partes e fazia-se a coleta (conforme descrito anteriormente) nos 03 pontos centrais;
- medição pontual: fazia-se a coleta (conforme descrito anteriormente) no ponto central da largura da calha.

No rio Cangati (à jusante da travessia da BR-020):

- medição integral: dividia-se a largura do rio com a corda marcada de metro em metro, definindo-se os pontos de coleta. Fazia-se a coleta (ver procedimento de coleta integral) em cada um desses pontos;
- medição pontual: fazia-se a coleta em apenas um ponto, o de maior profundidade.

Nas 04 (quatro) barragens sucessivas (de pedra) escolhidas, próximas à calha 2:

- medição integral: fazia-se a coleta em apenas um ponto, no de maior profundidade;
- medição pontual: fazia-se a coleta no mesmo ponto citado acima.

Nas 04 (ou mais) barragens sucessivas (de pedra) escolhidas, no terreno do Sr. Napoleão:

- medição integral: fazia-se a coleta em apenas um ponto, no de maior profundidade;
- medição pontual: fazia-se a coleta no mesmo ponto citado acima.

A coleta pontual era feita sempre em apenas um ponto de cada riacho, rio ou calha. A coleta integral só ocorria quando a profundidade de água era igual ou superior a 20cm. Salienta-se que podia ocorrer um ou mais ponto de coleta no mesmo local.

Durante a coleta, procurava-se ter o cuidado para não movimentar o solo decantado, de modo a evitar que o mesmo se misturasse à água e alterasse o resultado da amostra.

Utilizando-se etiquetas, anotava-se a data da coleta e a referência dos pontos de coleta. Desta forma, para cada ponto de coleta, utilizou-se as seguintes referências:

- calhas: CL1 e CL2, para as calhas 1 e 2, respectivamente;
- rio Cangati: RC;
- barragens sucessivas próximas à calha 2: BC1 a BC4, sendo a BC1 da barragem mais a montante (mais alta) e BC4 da mais à jusante (mais baixa);
- barragens sucessivas no terreno do Sr. Napoleão: riacho Bananeiras BB1 a BB11, sendo a BB1 da barragem mais à montante (mais alta) e BB11 da mais à jusante (mais baixa) e riacho Guerredo BG1 a BG5, sendo BG1 da barragem mais à montante (mais alta) e BG5 da mais à jusante (mais baixa);
- prender a etiqueta com fita adesiva transparente, contornando toda garrafa para não haver risco de perda de dados.

Durante as coletas, registrava-se as profundidades da água nas tabelas de coleta pontual (ponto com maior profundidade de cada local) e de coleta integral (todos os pontos definidos que terão coleta, em cada local) (TABELAS 2.6 e 2.7). Após as coletas, as garrafas etiquetadas eram acondicionadas e preparadas para transporte.

TABELA 2.06 - Medição das profundidades - coleta de água pontual

LOCAL	DATA			
	29/4/2008	30/4/2008	1/5/2008	10/5/2008
CL 1				0,18
CL 2				
RC		0,46	0,30	0,46
BC 1				
BC 2				
BC 3				
BC 4				
BNG 1	0,24			
BNG 2	0,20			
BNB 1				
BNB 2				

TABELA 2.07 - Medição das profundidades - coleta de água integral

LOCAL	PONTO	DATA			
		29/4/2008	30/4/2008	1/5/2008	10/5/2008
CALHA 1	P 1				
	P 2				
	P 3				
CALHA 2	P 1				
	P 2				
	P 3				
RIO CANGATI	P 1		0,17	0,14	0,26
	P 2		0,32	0,24	0,22
	P 3		0,38	0,30	0,22
	P 4		0,36	0,10	0,30
	P 5		0,38		0,46
	P 6		0,46		0,18
	P 7				
	P 8				
BARRAGENS SUCESSIVAS	BC 1				
	BC 2				
	BC 3				
	BC 4				
	BNG 1	0,24			
	BNG 2	0,20			
	BNB 1				
	BNB 2				

2.3 – Resultados e Discussão – Águas Superficiais

2.3.1 - Caracterização da qualidade da água na microbacia

A utilização da água nas diversas atividades humanas tem consequências muito variadas sobre o corpo d'água. O recurso hídrico pode ser usado no abastecimento urbano e industrial, na irrigação, na aquicultura, na geração de energia, navegação fluvial, pesca, recreação, entre outros.

Quanto aos efeitos das atividades humanas sobre as águas, boa parte é poluidora: o abastecimento urbano e industrial provoca poluição orgânica e bacteriológica, despeja substâncias tóxicas e eleva a temperatura do corpo d'água; a irrigação carrega agrotóxicos e fertilizantes; o lançamento de esgotos provoca poluição orgânica, física, química e bacteriológica. A geração de energia elétrica, por sua vez, não é poluidora, mas provoca alteração no regime e na qualidade das águas. A construção de grandes represas, com inundação de áreas com vegetação abundante, não apenas compromete bastante a qualidade da água, como pode repercutir em todo o meio ambiente em torno.

O controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico e aquático não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas.

A principal característica hidrográfica do semiárido brasileiro é o caráter intermitente de seus rios. Essa característica está diretamente relacionada com a precipitação da região. Os rios e riachos são irregulares e o fluxo de água superficial desaparece durante o período de estiagem.

Diante desse cenário, os açudes, ecossistemas artificiais, constituem a principal fonte hídrica para o abastecimento humano nos centros urbanos dos municípios cearenses. Além do uso mais nobre, que é o abastecimento doméstico, alguns reservatórios permitem a perenização dos cursos d'água, fator relevante no estado do Ceará, com clima tropical semiárido. Nos últimos anos, o fator quantidade de água, que era considerado de maior relevância, vem dando lugar à abordagem qualitativa, com o objetivo de manter as escassas reservas hídricas aptas aos múltiplos usos. Neste contexto, o controle da qualidade da água, nesses ambientes, passa a ser um dos tópicos de maior importância no gerenciamento dos recursos hídricos.

De fato, o estudo do comportamento físico-químico e biológico de açudes é, hoje, um dos aspectos mais importantes no sistema de gestão dos recursos hídricos do Estado. É grande o interesse do governo na busca de instrumentos que permitam prever as alterações que possam ocorrer nos ecossistemas aquáticos, de modo a garantir a sua preservação, e conseqüentemente o atendimento às necessidades das populações.

Problemas com a qualidade da água em reservatórios têm, também, despertado a sensibilidade da sociedade para com os impactos ambientais negativos associados a sua construção. Alguns anos atrás, quando as preocupações com o ambiente ainda eram incipientes, não se exigia o desmatamento da área inundada. Assim, a decomposição da vegetação submersa consumia grandes quantidades de oxigênio dissolvido, afetando não só a sobrevivência de peixes e outros animais, mas também estabelecendo um processo anaeróbio de decomposição, que leva à produção de gás sulfídrico, tóxico e corrosivo. Ainda como resultado da decomposição da matéria vegetal, aparecem compostos de nitrogênio e fósforo, que estimulam a proliferação de plantas aquáticas. Todo este processo pode provocar a eutrofização do corpo d'água, comprometendo seu uso.

Nos reservatórios, de modo geral, o seu tamanho e profundidade fazem com que as vazões exerçam menor influência, possibilitando que a análise de fenômenos físicos, químicos e biológicos se dê ao longo da direção vertical, sem consideração detalhada da hidrodinâmica. Segundo Esteves (1988), nesses ambientes, diferenças na temperatura geram camadas de água com densidades diferentes, formando uma barreira física que impede as camadas de se misturarem. Se a energia do vento não for suficiente para misturá-las, o calor não se distribui uniformemente ao longo da coluna d'água, criando a condição de estratificação térmica. Os estratos formados, geralmente, são diferenciados física, química e biologicamente.

A importância da qualidade da água está bem caracterizada na Política Nacional de Recursos Hídricos, que define, entre seus objetivos,

“assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”. A Política Nacional de Recursos Hídricos também determina, como uma das diretrizes de ação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, “a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade e a integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental”, AGÊNCIA NACIONAL..., (2005).

Dentro desta ótica, vale ressaltar a Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), a qual se constitui num importante instrumento de gestão dos recursos hídricos superficiais. A mesma considera ser a classificação das águas doces, salobras e salinas como essencial à defesa de seus níveis de qualidade. Essa classificação é avaliada por condições e padrões específicos, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água, de modo a assegurar os usos preponderantes dos recursos hídricos. Essa Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Embora o enquadramento dos recursos hídricos seja um instrumento de preservação, o Ceará ainda não o fez para seus mananciais superficiais, ficando as águas doces enquadradas na classe 2, conforme Art.42 da Resolução nº 357/2005 do CONAMA.

As águas classe 2 podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação e mergulho (para este item é obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000); à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.

Diante do exposto e com vistas ao diagnóstico e conhecimento dos processos que afetam a qualidade da água em uma bacia, é imprescindível a realização de um monitoramento envolvendo a coleta e análise de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos de amostras de água. Com efeito, o monitoramento da qualidade da água, atualmente realizado em reservatórios do semiárido, tem frequentemente uma base de medição mensal com o levantamento de parâmetros físico-químicos, realizados em um perfil vertical, e uma análise, com maior quantidade de parâmetros, realizada em amostras de água coletadas próxima à superfície nas proximidades da barragem de terra. Essa amostragem, para ser eficiente, deverá levar em consideração os processos físicos, químicos e biológicos relevantes que influenciam o parâmetro a ser analisado.

Sendo assim, espera-se que, por meio de coleta de amostras e avaliação de diversos parâmetros de qualidade de água, o projeto PRODHAM gere informações e dados indicadores sobre a situação da qualidade da água na microbacia, permitindo o estabelecimento e/ou adoção de práticas de manejo que visem a sua preservação e controle.

2.3.1.1 – Descrição sucinta dos açudes avaliados

As informações relativas aos açudes monitorados, constantes neste documento, foram resultados de observações levantadas no local, obtidas durante a execução das atividades previstas no âmbito do subprojeto.

A maioria das características técnicas dos açudes foi estimada. Sendo assim, os volumes foram estimados assumindo $V = A.h/3$. As áreas foram determinadas a partir de imagem de satélite. As profundidades máximas correspondem ao valor medido em campo neste ano (uma aproximação levando-se em conta que a cota de sangria foi atingida para todos os açudes).

Açude Chicote

Este açude apresenta uma microbacia hidrográfica de aproximadamente

4,14 km². Sua capacidade máxima de armazenamento é de 188.457,7 m³ e a profundidade máxima estimada é de 7,0m. Trata-se de um açude que, dada as suas características, permanece com a capacidade de armazenamento de água em torno de 50%, mesmo em anos de período chuvoso na categoria normal ou abaixo da média. Salienta-se que, no final da estação seca de 2007, esse açude encontrava-se com aproximadamente 50% da sua capacidade. Com a chegada da quadra chuvosa de 2008, este açude chegou a sangrar, atingindo cerca de 70% de sua capacidade de armazenamento com a evolução da estação seca de 2008 (dezembro/08). Em termos de dimensão do espelho d'água, o açude Chicote é um dos quatro maiores açudes da microbacia, possuindo uma bacia hidráulica de 80.767,6 m².

No entorno da bacia hidráulica deste reservatório, não fica evidenciada nenhuma ação antrópica expressiva e observa-se que a mata ciliar e a vegetação, no seu entorno, encontram-se preservadas. Ressalta-se que, devido à intensidade da quadra chuvosa de 2008, detectou-se a presença de macrófitas aquáticas nas margens deste manancial hídrico, trazidas pelas cheias, ocorridas nesta estação. No entanto, à jusante deste reservatório, já se constata a presença da ação humana, evidenciada pelo desmatamento e algumas áreas para a fabricação de carvão. No momento das coletas realizadas neste reservatório, durante a etapa de monitoramento, observou-se com frequência a ocorrência de atividade pesqueira de subsistência. Raramente, verificou-se a presença de animais ou de atividade pecuária no seu entorno.

Açude Ramin

Este reservatório é um dos quatro maiores na microbacia estudada. Possui uma área de espelho d'água (119.304,1 m²) e microbacia de contribuição (8,09 km²) significativas, comparativamente aos padrões dos açudes encontrados na região. Sua capacidade máxima de armazenamento é de 202.817,0 m³ e possui profundidade máxima de 5,1m. No entanto, em anos menos chuvosos, sua capacidade de armazenamento cai para

aproximadamente 40% do seu volume total. Em anos de precipitações classificados na categoria normal ou abaixo da média histórica, principalmente se forem anos consecutivos, dada às características de sua bacia hidráulica e as altas taxas de evaporação, dificilmente se observa ocorrência de sangria neste reservatório. No final da estação seca de 2007 (dezembro), este açude encontrava-se com aproximadamente 50% de sua capacidade, não se observando sangria do açude neste ano. No final da estação seca de 2008 (dezembro), o açude Ramin alcançou cerca de 70% de sua capacidade de armazenamento.

O entorno deste açude encontra-se bastante comprometido, no que se refere à cobertura vegetal. Observam-se áreas expressivas de solo bastante exposto, principalmente no período de estiagem. A mata ciliar, ao redor de sua bacia hidráulica, apresenta-se comprometida, bastante esparsa e com vegetação rala. Não foi constatada a presença de macrófitas às margens deste reservatório. As águas deste manancial são utilizadas para dessedentação animal e lavagem de roupa. Observa-se, ainda, a prática da pesca artesanal para subsistência.

Açude Zuir

Trata-se do menor açude avaliado na microbacia estudada. Possui uma microbacia hidrográfica de 0,04 km² e bacia hidráulica de 4.246,2 m². Sua capacidade máxima de armazenamento fica em torno de 4.200 m³. Tem como características marcantes, entre outras: pouca profundidade (em torno de 3,0 metros a profundidade máxima) e a presença de uma concentração significativa de macrófitas, o que pode ser indicativo da ocorrência de um processo de eutrofização. Dada as suas dimensões, este açude costuma praticamente secar ao final da estação seca, mesmo quando o período chuvoso fica em torno ou abaixo da média da série histórica das precipitações. Segundo informações locais, este manancial hídrico não sangrou durante a estação chuvosa de 2007 e, ao final da estação seca deste mesmo ano, ele encontrava-se praticamente seco. Salienta-se que,

durante a quadra chuvosa, o açude atingiu a sua capacidade máxima de armazenamento, chegando a sangrar. No final da estação seca de 2008 (dezembro), apresentava aproximadamente 70% do seu volume total.

A mata ciliar, no entorno deste reservatório, encontra-se bastante comprometida. Observa-se com frequência áreas com o solo descoberto e rochas aflorantes. Para agravar a situação, no período seco, é comum a presença de animais alimentando-se e depositando seus dejetos no interior da sua bacia hidráulica. Suas águas são utilizadas para dessedentação animal, pequeno cultivo de plantas frutíferas e hortaliças.

Açude Lages

Trata-se de um dos maiores açudes da microbacia estudada. Apresenta uma microbacia de contribuição de 4,06 km² e o seu principal tributário é o riacho da Porta. Dentre os açudes avaliados, está entre aqueles que possuem uma maior área de espelho d'água (81.975,1 m²). Sua máxima capacidade de armazenamento e profundidade são, respectivamente, 25,8 m³ e 9,3 m. No final da estação seca de 2007, este açude encontrava-se com aproximadamente 50% de sua capacidade de armazenamento. Sangrou na quadra chuvosa de 2008, alcançando cerca de 70% da sua capacidade no final deste ano.

Este reservatório encontra-se localizado numa área que se caracteriza por apresentar um relevo suavemente ondulado, uma vegetação rala típica da caatinga e apresentar áreas de solo exposto, principalmente no período de estiagem. A mata ciliar no entorno de sua bacia hidráulica encontra-se pouco preservada. Observa-se ainda, às margens deste açude, a presença de casas e restaurante. Verifica-se, também, a ocorrência de plantações de milho e capim. Durante o período de monitoramento, não foi evidenciada a presença de macrófitas neste corpo d'água. Segundo levantamento de informações locais, suas águas são utilizadas predominantemente para dessedentação animal, pesca artesanal de subsistência e lavagem de roupas. Identificou-se, ainda, uso para balneabilidade pelos frequentadores do restaurante existente em suas margens.

Açude Chico Miguel I

Este açude apresenta uma microbacia de contribuição de aproximadamente 0,38 km². Possui uma bacia hidráulica de 23.766,4 m² e capacidade máxima de armazenamento de 33.273,0 m³. A sua profundidade máxima foi estimada em 4,2m. Em anos com pluviometria enquadrada na categoria normal ou acima da média, principalmente se forem anos consecutivos, há uma boa possibilidade de sangria neste reservatório. Segundo informações locais, na quadra chuvosa de 2007, portanto anterior ao início das atividades de monitoramento do PRODHAM, este açude não sangrou. No final deste ano (estação seca de 2007), alcançou um patamar inferior a 50% de sua capacidade. Já no período chuvoso seguinte (2008), dadas as boas chuvas ocorridas na região, o açude sofreu uma boa recarga, chegando a sangrar. Ao final deste ano (estação seca), encontrava-se com cerca de 60% de sua capacidade.

A mata ciliar, no entorno deste reservatório, encontra-se relativamente preservada. A região, na qual está inserido, caracteriza-se por apresentar relevo suavemente ondulado, com vegetação esparsa de pequeno e médio porte típica de caatinga, com algumas áreas de solo exposto, principalmente no período seco. Não se evidenciou sinais de ações antrópicas significativas, porém, nas ocasiões em que a equipe do subprojeto se dirigiu à região, era comum a presença de animais em suas margens. Salienta-se que, no período chuvoso, observou-se o carreamento de macrófitas e outros materiais para o interior da sua bacia hidráulica, concentrando-se próximo ao sangradouro. Suas águas destinam-se, principalmente, para dessedentação animal, lavagem de roupas e balneabilidade.

Açude Chico Miguel II

A microbacia de contribuição deste açude é limitada (0.65 km²), de modo que é preciso uma quadra chuvosa, com precipitações acima da média histórica, para que este açude não seque. Apresenta uma bacia hidráulica

de 11.805,7 m², capacidade máxima de armazenamento de 17.315,0 m³, e profundidade em torno de 4,4m. No ano final de 2007, ele secou totalmente, provocando a mortandade de peixes e outros animais e a exalação de maus odores na área de sua bacia hidráulica. Na quadra chuvosa de 2008, ele recebeu uma boa recarga de água alcançando cerca de 90% de sua capacidade de armazenamento. Com a chegada e avanço da estação seca de 2008, em função das taxas de evaporação, o volume observado, neste açude, no final deste ano, era de aproximadamente 60% de sua capacidade.

A mata ciliar, no entorno deste reservatório, encontra-se relativamente preservada em uma das margens. Na outra margem, observa-se a ocorrência de uma vegetação de caatinga arbórea de médio porte. Não se observam sinais expressivos de ação antrópica, porém é comum a presença de animais pastando no seu entorno. Suas águas são usadas, principalmente, para dessedentação animal e pesca.

Açude Antônio Cruz

O açude Antônio Cruz é considerado um dos menores açudes da microbacia estudada. Sua microbacia de contribuição é limitada, abrangendo algo em torno de 1,97 km². Apresenta uma bacia hidráulica de 10.267,6 m², profundidade e capacidade máxima de armazenamento de 5,2 metros e 17.797,3 m³, respectivamente. No final do ano de 2007, este açude chegou a secar. Porém, na quadra chuvosa de 2008, recebeu uma boa recarga de água alcançando, no final desta quadra, cerca de 90% de sua capacidade. Finalizou a estação seca de 2008 com aproximadamente 60% do seu volume máximo.

O entorno deste açude encontra-se com a mata ciliar bastante comprometida. Nas proximidades de sua bacia hidráulica, percebe-se a existência de uma vegetação bastante rala e áreas de solo visivelmente exposto, principalmente no período seco. Trata-se de um açude com a presença maciça de macrófitas aquáticas. É comum a presença de animais

pastando em suas margens. Os principais usos de água são: dessedentação animal, lavagem de roupas e balneabilidade.

Açude Tobias

Este açude possui capacidade máxima de armazenamento de 114.496,1 m³ e uma bacia hidráulica que abrange aproximadamente 70.822,3 m². Apresenta uma microbacia de contribuição de 16,73 km² que, para os padrões da microbacia, é bastante significativa, haja vista que o seu principal tributário, o riacho Felão, é um dos maiores da região. No entanto, por tratar-se de um açude relativamente raso (profundidade máxima de 4,9m) e considerando-se a elevada taxa de evaporação na região (superior a 2.000 mm/ano), rapidamente no segundo semestre do ano (estação seca), grande parte de sua bacia hidráulica fica exposta. Com efeito, apesar de possuir espelho d'água com área razoável e ser alimentado por um dos principais riachos da microbacia, o açude Tobias, no ano em que o período chuvoso enquadra-se na categoria normal ou abaixo da média, fica com aproximadamente 50% da sua bacia hidráulica exposta, além de não sangrar.

Segundo informações obtidas no local, este açude não sangrou na estação chuvosa de 2007, apresentando no final da estação seca de 2007 (dezembro/07) cerca de 20% de sua capacidade. Com a chegada da estação chuvosa seguinte (2008), o açude Tobias recuperou o total do volume armazenado na sua bacia hidráulica, chegando a sangrar. Com a chegada e avanço da estação seca de 2008, este açude passou a apresentar aproximadamente 60% de sua capacidade.

Com relação às condições ambientais no entorno deste manancial, observa-se que a mata ciliar encontra-se pouco preservada e verifica-se a ocorrência de uma vegetação rala (tipo caatinga) no período seco e um pouco mais densa no período chuvoso. Este açude é barrado pela BR-020. Com bastante frequência, é observada a presença de animais (bovinos, caprinos, porcos galinhas, entre outros) no seu entorno ou mesmo no

interior de sua bacia hidráulica, principalmente no período seco. Não se evidencia a presença de atividades antrópicas de maneira expressiva. As águas deste açude não são utilizadas para abastecimento humano, apenas para dessedentação animal e lavagem de roupas. A população local pratica a pesca artesanal para consumo próprio.

Açude Novo

O açude Novo, um dos menores da região, apresenta uma microbacia de contribuição de 0,52 km². Possui um espelho d'água com aproximadamente 18.575,9 m² e capacidade máxima de armazenamento de 17.337,5 m³. Em período chuvoso, de características na categoria normal ou acima da média, o açude chega a sangrar. Na quadra chuvosa de 2007, não se observou sangria neste açude, de modo que, devido às taxas de evaporação na região, em dezembro de 2007, o mesmo encontrava-se com aproximadamente 40% da sua capacidade de armazenamento. O açude chegou a sangrar na quadra chuvosa de 2008 e, ao final deste ano, apresentava 70% da sua capacidade de armazenamento.

Observa-se que, no entorno deste reservatório, a mata ciliar apresenta-se relativamente preservada somente em uma de suas margens. Na outra, identifica-se a ocorrência de uma vegetação rala, onde boa parte do solo fica exposto. Próximo à bacia hidráulica, não há sinais de ação antrópica, porém observa-se, normalmente, a presença de animais. Suas águas são, basicamente, usadas para dessedentação animal, cultivo de pequenas hortaliças e pesca de subsistência.

Açude Pedro Paulino

O açude Pedro Paulino está entre os maiores açudes monitorados na microbacia estudada. Sua microbacia de contribuição é uma das mais expressivas na região, estendendo-se por uma área de 6,63 km². Sua capacidade de armazenamento é de 169.271,5 m³ e apresenta uma bacia hidráulica de 110.394,4 m². No final da estação seca de 2007, em termos

volumétricos, este açude acumulava cerca de 50% de sua capacidade. Recebeu uma boa recarga de água na estação chuvosa de 2008, finalizando este ano (estação seca), com 70% de sua capacidade.

Não há evidências de grandes ações antrópicas no seu entorno e a mata ciliar encontra-se razoavelmente conservada. Segundo informações locais, trata-se de um açude cujo espelho d'água encontra-se livre de macrófitas aquáticas, e, aparentemente, suas águas, em termos de salinidade, são consideradas como uma das melhores da região. Suas águas são usadas, principalmente, para piscicultura de subsistência e dessedentação animal.

2.3.1.2 – Consistência dos dados laboratoriais por meio do balanço iônico

Em linhas gerais, as atividades realizadas durante esta etapa envolveram a tabulação e armazenamento dos dados em planilhas eletrônicas; a triagem, verificação e consistência de dados laboratoriais; a realização de análises estatísticas básicas, entre outros.

Sabe-se que todas as medições são acompanhadas de certo erro experimental e a estimativa da sua magnitude é importante para validação dos resultados. Sendo assim, os resultados das análises laboratoriais, para determinação dos íons presentes nas amostras coletadas, foram submetidos a uma análise de consistência, por meio do balanço iônico.

No âmbito das análises de águas, a avaliação do erro cometido no processo analítico pode ser estimado por intermédio do balanço de íons, fundamentado no fato de que numa análise química completa a concentração total, expressa em meq/L, dos cátions deve ser semelhante a dos ânions. O valor da desigualdade expressa em percentagem é definido como o erro da análise. De fato, observa-se que, na prática, existe uma diferença entre estes dois somatórios, devida aos erros acumulados em cada uma das determinações e ao fato de não serem consideradas algumas contribuições iônicas menores. Grandes diferenças podem significar a existência de

quantidades anormais de íons secundários ou um grave erro de análise.

Feitosa e Manoel Filho (2000), admitem que o erro do balanço iônico não pode ser superior a 10% para que a análise possa ser considerada analiticamente correta. As principais causas de erro podem estar associadas a falhas no procedimento analítico, tempo de armazenamento das amostras, demasiadamente longo, não quantificação de outros íons presentes em quantidades apreciáveis na água, entre outros. Pequenas diferenças podem ser significativas em valor percentual, quando comparadas com o total de ânions e cátions.

Os resultados das análises laboratoriais, para determinação dos íons presentes nas amostras coletadas no âmbito do projeto PRODHAM, foram submetidos a uma análise de consistência, por meio do balanço iônico, utilizando-se, para tanto, o programa de tratamento de dados de qualidade da água, QUALIGRAF, disponível no site da Funceme. A metodologia adotada por este programa considera as seguintes formulações:

- **Balanço Iônico N°1** - Baseado no erro prático (Ep), definido por Custódio e Lhamas (1983), onde:

$$E_p(\%) = \left| \frac{r \sum \hat{a}nions - r \sum \hat{c}at ions}{r \sum \hat{a}nions + r \sum \hat{c}at ions} \right| \times 200$$

O erro teórico é o E.P. máximo permitido, considerando-se a condutividade elétrica (C.E), conforme mostrado a seguir:

Cond. elétrica (µS/cm)	50	200	500	2.000	>2.000
Erro permitido (%)	30	10	8	4	<4

- **Balço iônico N° 2** – Baseado no erro prático (Ep) definido por Logann (1965), dado como:

$$Ep(\%) = \left| \frac{r \sum \hat{anions} - r \sum \hat{cations}}{r \sum \hat{anions} + r \sum \hat{cations}} \right| \times 100$$

O erro teórico é o E.P. máximo permitido, levando-se em consideração os valores dos íons, conforme mostrado abaixo.

Σ cátions ou Σ ânions	<1	1	2	6	10	30	>30
Erro permitido (%)	15	10	6	4	3	2	1

Os resultados dos balanços iônicos, referentes às amostras de água superficial coletadas durante as campanhas realizadas na microbacia do rio Cangati, encontram-se nas Tabelas 2.8 a 2.22 a seguir. Em destaque, encontram-se as datas que foram desconsideradas nas discussões apresentadas no corpo deste trabalho.

TABELA 2.08 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no açude Chicote - AC01.

Data	NaK	Ca	Mg	Cl	CO ₃ + HCO	SO	CE	Soma Cat.	Soma Ani.	B.I. no1	B.I. no2	Status
16/10/07	1,68	1,17	1,71	2,11	2,37	0,09	553	4,57	4,57	0,01	0	OK
20/11/07	1	1,83	2,99	2,61	3,08	0,11	629	5,81	5,81	0,05	0,02	OK
18/12/07	2,92	1,18	1,45	2,76	2,63	0,21	654,6	5,55	5,6	0,98	0,49	OK
15/1/08	2,11	1,5	1,88	2,6	2,82	0,09	661	5,49	5,51	0,39	0,19	OK
19/2/08	8,52	1,27	1,64	3,18	2,54	0,53	944	11,44	6,24	58,75	29,37	BI n°1 e 2
17/6/08	0,8	0,5	0,32	0,57	0,95	0,15	210,03	1,62	1,67	2,99	1,5	OK
15/7/08	0,66	0,57	0,75	0,61	1,23	0,13	247,7	1,98	1,97	0,41	0,21	OK
12/8/08	0,74	0,69	0,43	0,48	1,26	0,12	241,2	1,86	1,86	0,12	0,06	OK
16/9/08	0,89	0,56	0,6	0,58	1,34	0,15	265,7	2,05	2,07	0,77	0,39	OK
14/10/08	1,02	0,68	0,42	0,67	1,32	0,13	272,9	2,12	2,12	0,08	0,04	OK
19/11/08	0,69	0,67	0,67	0,66	1,25	0,13	340,6	2,03	2,04	0,26	0,13	OK
16/12/08	0,87	0,85	0,58	0,71	1,46	0,12	390,38	2,3	2,3	0,08	0,04	OK

RECURSOS HÍDRICOS

TABELA 2.09 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no açude Ramim - AC02.

Data	NaK	Ca	Mg	Cl	CO3 + HCO	SO	CE	Soma Cat.	Soma Ani.	B.I. nº1	B.I. nº2	Status
13/09/07	5,6	1,63	2,83	6,98	2,74	0,34	1125	10,06	10,06	0,05	0,02	OK
16/10/07	5,76	1,67	3,66	7,76	3,36	0,11	1227,3	11,09	11,24	1,33	0,66	OK
20/11/07	5,27	2,79	4,14	10,22	0,81	1,25	1237	12,2	12,28	0,63	0,31	OK
18/12/07	5,73	2,1	6,97	11,19	3,52	0,17	1550,6	14,81	14,89	0,58	0,29	OK
15/01/08	6,06	2,47	5,66	2,58	1,04	0,41	777,4	14,19	4,03	111,59	55,79	BI nº1 e 2
19/02/08	6,67	0,79	0,86	2,63	4,39	1,24	1059	8,31	8,26	0,65	0,32	OK
26/03/08	1,91	0,32	0,78	1,11	1,03	0,94	389	3,01	3,08	2,19	1,1	OK
15/04/08	1,14	0,48	0,63	0,97	1,1	0,21	248	2,26	2,27	0,7	0,35	OK
13/05/08	1,56	0,58	0,63	1,05	1,12	0,6	343	2,77	2,77	0,05	0,02	OK
17/06/08	1,18	0,62	0,6	0,63	0,95	2,14	314,56	2,4	3,71	42,98	21,49	BI nº1 e 2
15/07/08	2,38	1	1,06	1,79	1,62	0,15	423,8	4,44	3,57	21,7	10,85	BI nº1 e 2
12/08/08	1,74	1,2	0,91	1,81	1,8	0,23	464,7	3,85	3,85	0,11	0,05	OK
16/09/08	1,88	1,16	1,14	2,11	1,81	0,28	498,5	4,19	4,2	0,33	0,17	OK
14/10/08	2,12	1,24	1,37	2,43	2,01	0,29	544,5	4,72	4,72	0,11	0,05	OK
19/11/08	2,04	1,33	1,6	2,67	2,1	0,23	777,75	4,97	5	0,56	0,28	OK
16/12/08	2,53	1,55	1,7	2,99	2,5	0,32	883,32	5,78	5,81	0,5	0,25	OK

TABELA 2.10 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no açude Zuir - AC03.

Data	NaK	Ca	Mg	Cl	CO3 + HCO	SO	CE	Soma Cat.	Soma Ani.	B.I. nº1	B.I. nº2	Status
13/09/07	0,62	1,5	2	0,4	3,7	0,04	915	4,12	4,13	0,25	0,13	OK
16/10/07	3,28	1	4,01	1,85	6,42	0,07	1079,6	8,28	8,35	0,82	0,41	OK
26/03/08	2,39	0,42	0,46	0,27	1,05	0,9	339	3,27	2,22	38,4	19,2	BI nº1 e 2
15/04/08	0,56	0,52	0,75	0,43	1,17	0,27	237	1,83	1,86	1,65	0,83	OK
13/05/08	1,07	0,44	0,66	0,23	1,54	0,42	285	2,17	2,19	1,1	0,55	OK
17/06/08	0,7	0,36	0,2	0,14	1,05	0,09	177,9	1,25	1,28	1,77	0,89	OK
15/07/08	0,09	0,51	0,47	0,14	0,92	0,08	145,6	1,06	1,14	6,68	3,34	OK
12/08/08	0,21	0,49	0,3	0,04	0,85	0,11	137,3	1,01	1	0,6	0,3	OK
16/09/08	1,19	0,26	0,41	0,08	0,94	0,09	183,5	1,86	1,11	50,07	25,04	BI nº1 e 2
14/10/08	0,37	0,36	0,42	0,08	0,99	0,07	158,2	1,15	1,14	0,6	0,3	OK
19/11/08	1,15	0,37	0,59	0,03	2,02	0,1	407,75	2,12	2,15	1,49	0,74	OK
16/12/08	0,3	0,47	0,67	0,07	1,32	0,09	266,55	1,45	1,48	1,99	0,99	OK

TABELA 2.11 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no açude Lages - AC04.

Data	NaK	Ca	Mg	Cl	CO3 + HCO	SO	CE	Soma Cat.	Soma Ani.	B.I. n°1	B.I. n°2	Status
13/09/07	3,65	1,52	2,38	4,59	2,77	0,2	879	7,56	7,56	0,03	0,01	OK
16/10/07	3,64	1,67	2,62	4,49	3,43	0,07	931,1	7,93	7,98	0,66	0,33	OK
20/11/07	2,4	2,5	2,99	5,6	0,85	1,49	819	7,89	7,93	0,53	0,27	OK
18/12/07	4,92	2,1	2,89	6,27	3,61	0,12	1142,1	9,91	9,99	0,78	0,39	OK
15/01/08	2,16	2,5	2,95	1,34	0,87	0,1	432,6	7,62	2,31	106,87	53,43	BI n°1 e 2
19/02/08	6,08	1,99	3,36	6,76	4	0,68	1298	11,43	11,45	0,14	0,07	OK
26/03/08	1,71	0,26	0,74	7,42	1,09	1,01	349	2,71	9,52	111,36	55,68	BI n°1 e 2
15/04/08	0,34	0,8	0,8	0,38	0,64	0,92	219	1,93	1,93	0,15	0,08	OK
13/05/08	1,26	0,46	0,58	0,58	1,36	0,38	303	2,3	2,32	0,89	0,44	OK
17/06/08	1,08	0,7	0,62	0,87	1,28	0,13	288,64	2,39	2,29	4,44	2,22	OK
15/07/08	0,89	0,88	0,84	0,9	1,52	0,2	325,4	2,6	2,61	0,41	0,2	OK
12/08/08	0,62	0,91	1,06	0,83	1,62	0,14	321,2	2,6	2,59	0,38	0,19	OK
16/09/08	0,89	0,78	1	1,15	1,69	0,24	364,4	2,67	3,09	14,69	7,34	BI n°1 e 2
14/10/08	1,34	1	0,82	1,09	1,82	0,24	397,3	3,16	3,15	0,4	0,2	OK
19/11/08	1,11	0,99	1,13	1,19	1,82	0,25	533,39	3,23	3,25	0,57	0,29	OK
16/12/08	0,49	0,91	0,52	0,18	1,56	0,18	348,31	1,92	1,93	0,53	0,26	OK

TABELA 2.12 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no açude Chico Miguel I - AC05.

Data	NaK	Ca	Mg	Cl	CO3 + HCO	SO	CE	Soma Cat.	Soma Ani.	B.I. n°1	B.I. n°2	Status
13/09/07	0,39	0,46	1,33	0,18	1,85	0,16	320	2,19	2,19	0,09	0,05	OK
16/10/07	1,8	0,58	1,25	0,83	2,68	0,15	479,8	3,63	3,66	0,77	0,39	OK
20/11/07	1,38	1,06	1,92	2,46	0,71	1,21	465	4,36	4,38	0,39	0,2	OK
18/12/07	3,32	0,69	1,5	2,24	3,13	0,19	674,9	5,52	5,56	0,65	0,32	OK
15/01/08	0,32	1,02	1,46	0,34	0,83	0,32	220,6	2,81	1,48	61,72	30,86	BI n°1 e 2
19/02/08	5,04	1,02	1,68	1,91	4,62	0,87	943	7,73	7,4	4,43	2,21	OK
26/03/08	1,49	0,2	0,24	0,54	0,94	0,43	251	1,92	1,92	0,36	0,18	OK
15/04/08	0,69	0,48	0,33	0,39	0,99	0,12	259	1,5	1,5	0,16	0,08	OK
13/05/08	2,36	0,3	0,34	1,76	1,01	0,24	361	3	3,01	0,45	0,22	OK
17/06/08	0,32	0,22	0,5	0,12	0,8	0,11	136,38	1,04	1,03	0,26	0,13	OK
15/07/08	0,39	0,53	0,72	0,16	1,1	0,13	192,4	1,64	1,39	16,57	8,28	OK
12/08/08	0,36	0,51	0,49	0,07	1,13	0,14	183,6	1,35	1,35	0,43	0,22	OK
16/09/08	1,61	0,46	0,5	0,13	1,28	0,19	257,5	2,57	1,6	46,8	23,4	BI n°1 e 2
14/10/08	0,56	0,64	0,42	0,17	1,3	0,15	218,2	1,61	1,61	0,38	0,19	OK
19/11/08	0,22	0,63	0,63	0,13	1,21	0,16	265,76	1,49	1,5	0,96	0,48	OK
16/12/08	1,38	1,11	1,21	1,3	2,13	0,28	584,51	3,7	3,71	0,47	0,23	OK

RECURSOS HÍDRICOS

TABELA 2.13 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no açude Chico Miguel II - AC06.

Data	NaK	Ca	Mg	Cl	CO ₃ + HCO	SO	CE	Soma Cat.	Soma Ani.	B.I. nº1	B.I. nº2	Status
13/09/07	3,02	0,33	1,55	0,67	3,49	0,78	900	4,91	4,94	0,78	0,39	OK
16/10/07	7,4	0,5	1,81	4,74	4,88	0,18	1146,1	9,7	9,81	1,08	0,54	OK
20/11/07	7,87	0,86	2,7	7,61	1,41	2,52	1248	11,43	11,54	0,96	0,48	OK
18/12/07	21,49	0,89	2,61	14,4	9,14	1,71	3046,1	24,98	25,25	1,06	0,53	OK
26/03/08	1,23	0,14	0,36	0,3	0,96	0,54	268	1,73	1,8	3,86	1,93	OK
15/04/08	0,97	0,72	0,3	0,52	1,36	0	269	2	1,89	5,71	2,86	OK
13/05/08	0,66	0,34	0,63	0,36	1,38	0,23	248	1,63	1,98	19,57	9,78	BI nº1 e 2
17/06/08	1,28	0,7	0,9	1,47	1,26	0,15	340,61	2,88	2,88	0,15	0,08	OK
15/07/08	1,07	0,62	1,12	0,68	2	0,13	362,2	2,81	2,82	0,07	0,03	OK
12/08/08	1,2	0,73	0,77	0,67	1,9	0,11	315,6	2,71	2,69	0,56	0,28	OK
16/09/08	2,73	0,84	0,9	0,81	2,25	0,14	471,2	4,47	3,21	32,83	16,41	BI nº1 e 2
17/10/08	1,82	0,9	1	1,02	2,57	0,12	464,7	3,72	3,71	0,26	0,13	OK
19/11/08	1,53	0,89	1,39	1,06	2,6	0,16	639,91	3,81	3,82	0,31	0,15	OK
16/12/08	2,32	1,11	1,39	1,27	3,39	0,16	809,12	4,82	4,82	0,03	0,01	OK

TABELA 2.14 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no açude Antônio Cruz - AC07.

Data	NaK	Ca	Mg	Cl	CO ₃ + HCO	SO	CE	Soma Cat.	Soma Ani.	B.I. nº1	B.I. nº2	Status
13/09/07	2,88	1,29	2,5	1,29	3,17	2,24	1300	6,67	6,7	0,45	0,22	OK
16/10/07	7,88	1,54	3,77	8,9	4,34	0,06	1507,6	13,19	13,31	0,86	0,43	OK
21/11/07	8,44	2,12	5,87	15	1,33	0,24	1665	16,43	16,56	0,8	0,4	OK
26/03/08	1,65	0,28	0,52	0,45	1,09	0,98	306	2,44	2,52	3,09	1,55	OK
15/04/08	0,93	0,59	0,68	0,65	1,34	0,23	224	2,2	2,21	0,51	0,26	OK
13/05/08	1,48	0,68	0,78	0,71	1,85	0,4	388	2,94	2,96	0,58	0,29	OK
17/06/08	1,41	0,9	1,1	1,1	2,21	0,1	432,43	3,41	3,41	0,07	0,04	OK
15/07/08	1,55	1,39	1,29	1,4	2,73	0,11	535,4	4,23	4,23	0,04	0,02	OK
12/08/08	1,85	1,42	1,32	1,62	2,87	0,09	577,3	4,59	4,59	0,1	0,05	OK
16/09/08	2,61	1,65	1,53	1,9	3,51	0,16	715,2	5,78	5,57	3,82	1,91	OK
14/10/08	2,68	1,18	2,25	2,21	3,75	0,13	757,9	6,11	6,08	0,35	0,18	OK
19/11/08	2,52	2,04	2,06	2,47	4	0,16	1100,87	6,62	6,63	0,17	0,08	OK
16/12/08	3,22	1,82	2,78	3,02	4,61	0,2	1251,13	7,82	7,82	0,02	0,01	OK

TABELA 2.15 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no açude Tobias - AC08.

Data	NaK	Ca	Mg	Cl	CO ₃ + HCO	SO	CE	Soma Cat.	Soma Ani.	B.I. n°1	B.I. n°2	Status
13/09/07	2,53	1,7	2,72	1,03	3,11	2,85	1100	6,96	6,99	0,39	0,2	OK
17/10/07	5,01	1,77	2,68	5,97	3,39	0,19	1093	9,47	9,54	0,78	0,39	OK
21/11/07	4,19	2,41	1,83	7,46	0,81	0,22	875	8,42	8,5	0,87	0,44	OK
19/12/07	13,58	0,42	1,12	11,42	3,5	0,4	1749	15,12	15,32	1,3	0,65	OK
15/01/08	8,73	2,45	3,26	2,72	0,75	0,24	801	14,44	3,7	118,34	59,17	BI n°1 e 2
19/02/08	5,28	0,54	0,77	2,8	2,42	1,43	799	6,59	6,65	0,94	0,47	OK
25/03/08	1,52	0,84	1,2	1,56	1,7	0,31	383	3,56	3,57	0,34	0,17	OK
15/04/08	1,44	0,7	0,78	1,04	1,76	0,16	324	2,92	2,95	1,11	0,56	OK
13/05/08	1,78	0,92	1,37	1,56	2,11	0,4	505	4,06	4,07	0,2	0,1	OK
17/06/08	3	1,24	1,98	2,92	2,63	0,19	697,9	6,22	5,73	8,2	4,1	OK
15/08/07	3,16	2,04	1,92	3,38	3,12	0,2	814,6	7,11	6,7	5,96	2,98	OK
12/08/08	3,05	2,24	1,85	3,56	3,42	0,15	805,9	7,13	7,13	0,05	0,02	OK
16/09/08	5,67	2,17	2,59	3,93	4,09	0,34	1071	10,43	8,36	22,05	11,02	BI n°1 e 2
17/10/08	4,19	1,64	3,11	4,61	3,99	0,35	1019	8,94	8,95	0,01	0,01	OK
19/11/08	4,12	1,57	3,81	5,25	3,92	0,4	1472	9,5	9,57	0,79	0,4	OK
16/12/08	5,34	1,86	3,53	6,29	4,16	0,32	1607	10,73	10,77	0,36	0,18	OK

TABELA 2.16 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no açude Pedro Paulino - AC10.

Data	NaK	Ca	Mg	Cl	CO ₃ + HCO	SO	CE	Soma Cat.	Soma Ani.	B.I. n°1	B.I. n°2	Status
13/09/07	3,25	1,42	1,3	0,51	2,89	2,62	610	5,97	6,01	0,7	0,35	OK
17/10/07	2,27	1,39	1,69	2,36	2,97	0,05	657,9	5,35	5,39	0,68	0,34	OK
21/11/07	3,25	1,64	2,7	2,84	4,57	0,18	912	7,59	7,58	0,06	0,03	OK
19/12/07	7	0,29	0,79	5,07	3,03	0,07	978,4	8,08	8,18	1,16	0,58	OK
15/01/08	2,89	1,39	2,12	3,22	3,17	0,06	765,4	6,4	6,45	0,88	0,44	OK
19/02/08	3,18	1,43	2,05	3,79	2,75	0,11	747	6,66	6,65	0,06	0,03	OK
26/03/08	2,54	0,94	1,16	2,16	2,28	0,23	576	4,64	4,67	0,66	0,33	OK
16/04/08	1,26	0,56	0,54	0,56	1,49	0,32	313	2,37	2,38	0,52	0,26	OK
13/05/08	1,34	0,42	0,98	0,66	1,76	0,32	355	2,73	2,73	0	0	OK
18/06/08	1,02	0,72	0,64	0,76	1,41	0,2	300,38	2,38	2,37	0,3	0,15	OK
16/07/08	1,04	0,72	0,69	0,84	1,47	0,14	357	2,46	2,45	0,28	0,14	OK
12/08/08	0,92	0,85	0,61	0,79	1,5	0,09	310,9	2,38	2,38	0,25	0,13	OK
17/09/08	1,12	0,76	0,81	0,81	1,78	0,1	344,5	2,69	2,69	0,12	0,06	OK
14/10/08	1,41	0,92	0,76	1	1,82	0,16	282,5	3,09	2,99	3,4	1,7	OK
19/11/08	0,99	0,89	0,95	0,95	1,82	0,06	474,76	2,84	2,83	0,1	0,05	OK
16/12/08	1,16	1,17	0,9	1	2,11	0,1	523,07	3,22	3,22	0,05	0,02	OK

RECURSOS HÍDRICOS

TABELA 2.17 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no rio Cangati I - RC01.

Data	NaK	Ca	Mg	Cl	CO ₃ + HCO	SO	CE	Soma Cat.	Soma Ani.	B.I. nº1	B.I. nº2	Status
25/03/08	1,53	0,82	1,32	1,33	1,61	0,72	449	3,67	3,66	0,08	0,04	OK
16/04/08	4,49	1,14	1,12	1,48	2,48	0,29	645	6,75	4,26	45,28	22,64	BI N°1 e 2
14/05/08	1,72	0,76	0,94	1,16	1,89	0,37	432	3,41	3,42	0,32	0,16	OK
18/06/08	3,93	1,14	4,01	4,47	4,15	0,48	1090,19	9,08	9,1	0,21	0,1	OK

TABELA 2.18 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no rio Cangati II - RC02.

Data	NaK	Ca	Mg	Cl	CO ₃ + HCO	SO	CE	Soma Cat.	Soma Ani.	B.I. nº1	B.I. nº2	Status
26/3/2008	1,34	0,4	0,58	0,84	1,26	0,19	297	2,32	2,29	1,54	0,77	OK
15/4/2008	1,29	0,98	0,81	1,29	1,63	0,16	344	3,09	3,07	0,44	0,22	OK
14/5/2008	1,31	0,6	0,08	0,89	1,25	0,6	328	1,99	2,74	31,95	15,97	BI N°1 e 2
18/6/2008	7,49	0,86	4,04	4,23	4,13	0,43	1180,01	12,39	8,79	34,01	17	BI N°1 e 2

TABELA 2.19 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no riacho Felão I - RF01.

Data	NaK	Ca	Mg	Cl	CO ₃ + HCO	SO	CE	Soma Cat.	Soma Ani.	B.I. nº1	B.I. nº2	Status
25/3/2008	2,02	1	1,14	1,86	1,95	0,35	509	4,17	4,15	0,31	0,16	OK
16/4/2008	1,58	0,98	1,3	1,84	1,89	0,12	467	3,86	3,86	0,02	0,01	OK
14/5/2008	2,1	0,8	1,14	1,56	2,07	0,42	502	4,04	4,04	0,18	0,09	OK
18/6/2008	4,94	2,12	2,89	5,64	3,31	0,22	1078,42	9,95	9,17	8,18	4,09	BI N°1 e 2

TABELA 2.20 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no riacho Felão II - RF02.

Data	NaK	Ca	Mg	Cl	CO ₃ + HCO	SO	CE	Soma Cat.	Soma Ani.	B.I. nº1	B.I. nº2	Status
25/03/08	1,64	0,96	1,56	1,94	1,88	0,32	440	4,16	4,14	0,32	0,16	OK
16/04/08	0,86	1	1,37	1,84	2,42	0,33	517	3,23	4,59	34,76	17,38	BI N°1 e 2
14/05/08	2,16	0,8	0,98	1,52	2,07	0,35	496	3,93	3,94	0,14	0,07	OK
18/06/08	3,95	1,96	3	5,49	3,43	0,2	1022,1	8,91	9,12	2,31	1,16	OK

TABELA 2.21 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no riacho dos Gatos - RG01.

Data	NaK	Ca	Mg	Cl	CO ₃ + HCO	SO	CE	Soma Cat.	Soma Ani.	B.I. nº1	B.I. nº2	Status
26/03/08	1,23	0,16	0,38	0,53	0,79	0,41	282	1,77	1,74	1,66	0,83	OK
16/04/08	0,92	0,52	0,5	0,61	1,1	0,26	253	1,94	1,96	1,05	0,53	OK
14/05/08	1,42	0,18	0,22	0,3	0,64	0,92	244	1,82	1,85	1,67	0,84	OK

TABELA 2.22 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos (meq/L) no riacho Chicote - RCH01.

Data	NaK	Ca	Mg	Cl	CO ₃ + HCO	SO	CE	Soma Cat.	Soma Ani.	B.I. nº1	B.I. nº2	Status
26/03/08	1,66	0,52	0,7	0,94	1,19	0,77	367	2,88	2,9	0,79	0,39	OK
15/04/08	1,3	1,18	1,34	2,1	1,56	0,16	446	3,82	3,82	0,11	0,06	OK

2.3.1.3 – Hidroquímica das águas superficiais na microbacia

Classificação hidroquímica com diagramas de Piper

Com o intuito de amenizar os efeitos adversos do clima sobre a população nordestina, mais precisamente no que se refere ao abastecimento de água, o governo vem, desde o século passado, desenvolvendo políticas públicas que envolvem, entre outros, a intensificação do programa de açudagem para esta região. Muito embora os açudes contribuam significativamente para o abastecimento hídrico, começaram a surgir problemas relacionados com a qualidade das águas armazenadas: nos açudes, elas ficam sujeitas à elevadas taxas de evaporação, tornando-se salinas, atingindo, em alguns casos, concentrações tais que impedem o seu uso para consumo humano e agricultura.

Com efeito, as águas armazenadas em alguns dos açudes do Nordeste brasileiro apresentam altas concentrações salinas, tornando-se, em alguns casos, impróprias para o consumo, e deixando resíduos salinos, visivelmente depositados no solo da bacia hidráulica.

Fatores que concorrem para produzir águas salinas e a origem destes sais são variadas e têm sido mundialmente alvo de estudo. Por meio de informações sobre a origem e os processos de salinização, é possível, em muitos casos, indicar um gerenciamento que permita impedir a tendência natural de salinização.

Trabalho realizado por Santiago (1984), em dois açudes do Ceará, mostrou a contribuição dos processos de lixiviação de sais na bacia hidrográfica, durante a chegada das primeiras chuvas, que aumenta a massa de sais, e da evaporação, que eleva a concentração destes no reservatório. Este trabalho mostrou também a necessidade de um gerenciamento adequado no período seco, para que a entrada de água no período de chuvas dilua os sais armazenados, deixando as águas em níveis de salinidade satisfatórios.

Santos, Oliveira e Massaro (2000), em estudo realizado para avaliação da salinização de açudes no semiárido brasileiro, concluíram que os açudes construídos sem um planejamento adequado, com a finalidade de somente estocar água, estão se constituindo em objetos de deterioração dos recursos hídricos, devido à concentração, por evaporação, dos elementos presentes em solução.

Pesquisa realizada pela Funceme (2002), para estudo da salinização das águas em pequenas bacias hidrográficas, salienta que os processos que aumentam as concentrações de sais nas águas são variados, destacando-se entre eles a evaporação, que concentra os sais mantendo as razões entre cátions e ânions. Ela ocorre intensamente nas águas superficiais e é mais forte em regiões de clima árido e semiárido. O intemperismo das rochas por hidrólise, também, é uma das fontes de sais que podem mudar a predominância de cátions ou de ânions. Outro processo importante, responsável pelos sais dissolvidos nas águas, refere-se às trocas que podem ocorrer entre os cátions dissolvidos nas águas e os cátions associados às argilas.

Diante do exposto, foram coletadas amostras de água em açudes e riachos, existentes na microbacia, para análise de íons, de modo a identificar os principais constituintes dos sais presentes nas águas, determinar os padrões hidroquímicos das mesmas e acompanhar suas variações durante a estação seca e chuvosa.

Sendo assim, posicionaram-se os resultados das análises das amostras coletadas nos diagramas triangulares de PIPER, apresentados nas Figuras 2.13 e 2.14. Estas informações são de grande relevância, pois permitem fazer inferências sobre as possíveis reações químicas que possam ocorrer nas águas da microbacia.

A partir da análise destes diagramas, observa-se que predominam águas bicarbonatadas mistas, indicando a entrada, no corpo hídrico, de águas novas provenientes de chuva. Salienta-se que os açudes, avaliados na microbacia, são, em sua maioria, de pequeno porte, com renovação anual quase que total de suas águas. No período de estiagem, verifica-se uma grande redução nos volumes armazenados e, em alguns casos, chegam a secar. Resultado semelhante foi encontrado por Pereira *et al.* (2006), ao realizarem um estudo para avaliação da salinidade das águas na bacia de Gameleira, no município de Aiuaba-Ce, quando também procederam à análise das águas em pequenos açudes.

Exceções foram observadas nos açudes Ramin, Lages e Tobias. De fato, águas mistas predominam no açude Ramin e cloretadas mistas no Tobias. No açude Lages, as águas armazenadas evoluíram de cloretadas mistas à bicarbonatadas mistas.

Fazendo-se uma avaliação do efeito da sazonalidade no comportamento destes reservatórios, ressalta-se que as águas armazenadas no açude Chicote, no final da estação seca de 2007 (novembro e dezembro), mostravam uma tendência ao equilíbrio entre os cloretos e bicarbonatos. Com a chegada da estação chuvosa de 2008, houve um enriquecimento das águas em

bicarbonatos, alterando o equilíbrio anteriormente existente. Constatou-se, ainda, que a predominância deste ânion perdurou por toda a estação seca de 2008. Quanto aos cátions, salienta-se que, durante todo o período avaliado, as águas foram classificadas como mistas, não se identificando o predomínio de nenhum destes elementos.

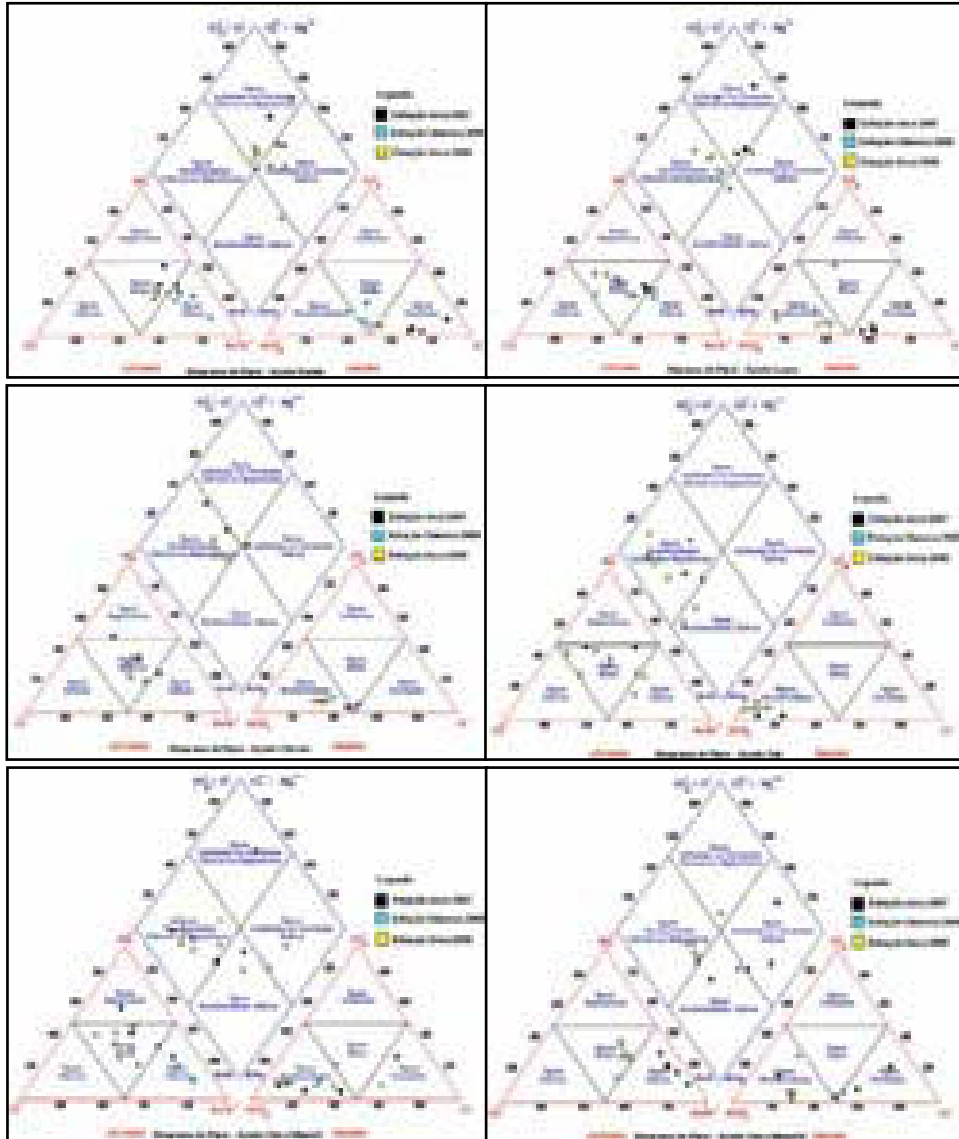


FIGURA 2.13 – Diagramas de Piper referentes aos açudes Chicote, Ramin, Zuir, Lages, Chico Miguel I e Chico Miguel II.

No açude Ramin, na estação seca de 2007, quando os níveis do reservatório eram mais baixos e, portanto, o efeito da evaporação era mais perceptível, observou-se um aumento nas proporções dos cloretos nas águas deste açude. Com a chegada das chuvas e aporte de água ao reservatório, verificou-se um processo de diluição que provocou uma redução dos cloretos, chegando-se ao equilíbrio entre este íon e os bicarbonatos presentes nas águas. No que se refere aos cátions, observou-se que durante a estação chuvosa de 2008 é provável que tenha havido um carreamento de sódio para as águas deste manancial.

No açude Zuir, no que se refere à concentração de ânions, não se observou a influência da sazonalidade no comportamento deste reservatório, permanecendo o bicarbonato como o elemento predominante durante todo o período avaliado. Com relação aos cátions, constatou-se que as concentrações destes elementos, nas águas deste reservatório, estavam bastante equilibradas. Exceções foram identificadas no final da estação chuvosa de 2008 (maio e junho), quando se constatou um leve aumento nas concentrações de sódio.

Com relação ao açude Lages, observou-se que, na estação seca de 2007, período em que o reservatório acumulava um menor volume de água, associado às altas taxas de evaporação, os cloretos apareciam em maiores concentrações. Com a chegada da quadra chuvosa de 2008 e o grande aporte de água ao reservatório, o qual chegou a sangrar, evidenciou-se um processo de diluição dos cloretos e enriquecimento das águas em bicarbonatos, provavelmente em virtude da entrada de águas novas, oriundas das chuvas. Este padrão se manteve durante a estação seca de 2008, quando os níveis de água no açude encontravam-se, comparativamente, mais elevados se do que os registrados na estação seca de 2007. No que se refere aos cátions, verificou-se que no final da estação seca de 2007 e início da estação chuvosa de 2008, houve um enriquecimento das águas deste manancial em sódio, ocasionado, provavelmente, por processo de lixiviação.

Durante todo o monitoramento, o bicarbonato era o íon que mais predominava nas águas do açude Chico Miguel I. Quanto aos cátions, observou-se que as concentrações destes elementos estavam bem equilibradas na maior parte do período estudado. Exceções foram observadas no final da estação seca de 2007 e início da estação chuvosa de 2008, quando se detectou um leve aumento nos teores de sódio nas águas.

Muito embora tenha se verificado a predominância dos bicarbonatos entre os ânions presentes nas amostras avaliadas no açude Chico Miguel II, observou-se que, na estação seca de 2007, houve um enriquecimento das águas com cloretos. No entanto, constatou-se que as concentrações, entre estes dois elementos, tendiam ao equilíbrio no final deste período. Este fato deve-se, provavelmente, aos baixos níveis do reservatório, associado às altas taxas de evaporação. No tocante aos cátions, salienta-se que as concentrações destes elementos se encontravam em equilíbrio, porém constatou-se, na estação seca de 2007, um enriquecimento das águas em sódio.

No açude Tobias, observa-se que, com a chegada da estação chuvosa de 2008 e a entrada no corpo hídrico de águas novas oriundas de chuva, houve um processo de diluição, chegando-se ao equilíbrio entre as proporções de cloretos e bicarbonatos presentes nas águas.

Por fim, no açude Pedro Paulino verifica-se que no final da estação seca de 2007 e a chegada das primeiras chuvas de 2008, houve um enriquecimento das águas em cloretos. De modo que, neste período, os bicarbonatos e cloretos tendiam ao equilíbrio. Porém, com o avanço da estação chuvosa de 2008 e estação seca de 2008, evidenciou-se um predomínio dos bicarbonatos.

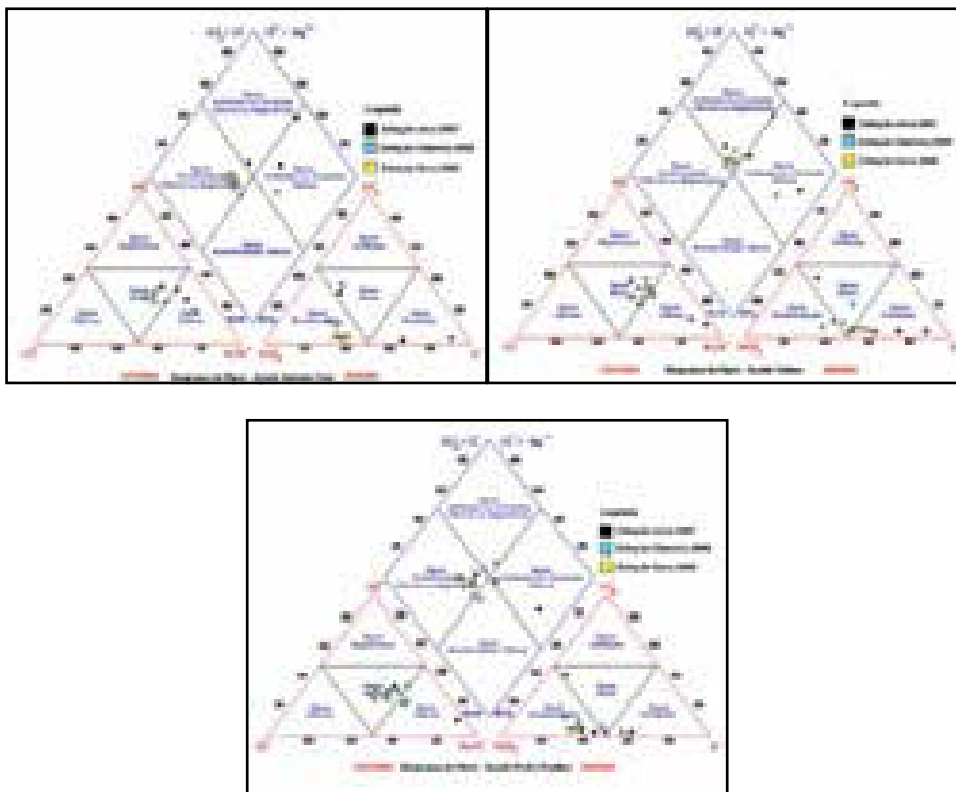


FIGURA 2.14 – Diagramas de Piper, referentes aos açudes Antônio Cruz, Tobias e Pedro Paulino

Íons predominantes

As concentrações de íons (mg/L), medidas nas águas dos reservatórios avaliados na microbacia, podem ser visualizadas nas Figuras 2.15 e 2.16. A partir da análise destes gráficos, observa-se que, de modo geral, os íons que mais predominam são os bicarbonatos, seguidos de cloretos. As concentrações de potássio, carbonatos e sulfatos foram, em geral, inexpressivas. Salienta-se que, na maior parte do período avaliado, as concentrações de cloretos mantiveram-se inferiores a 250 mg/L, limite estabelecido pela Resolução nº 357/05 do CONAMA, para águas doces classe 2 e, portanto, sem restrições para consumo humano.

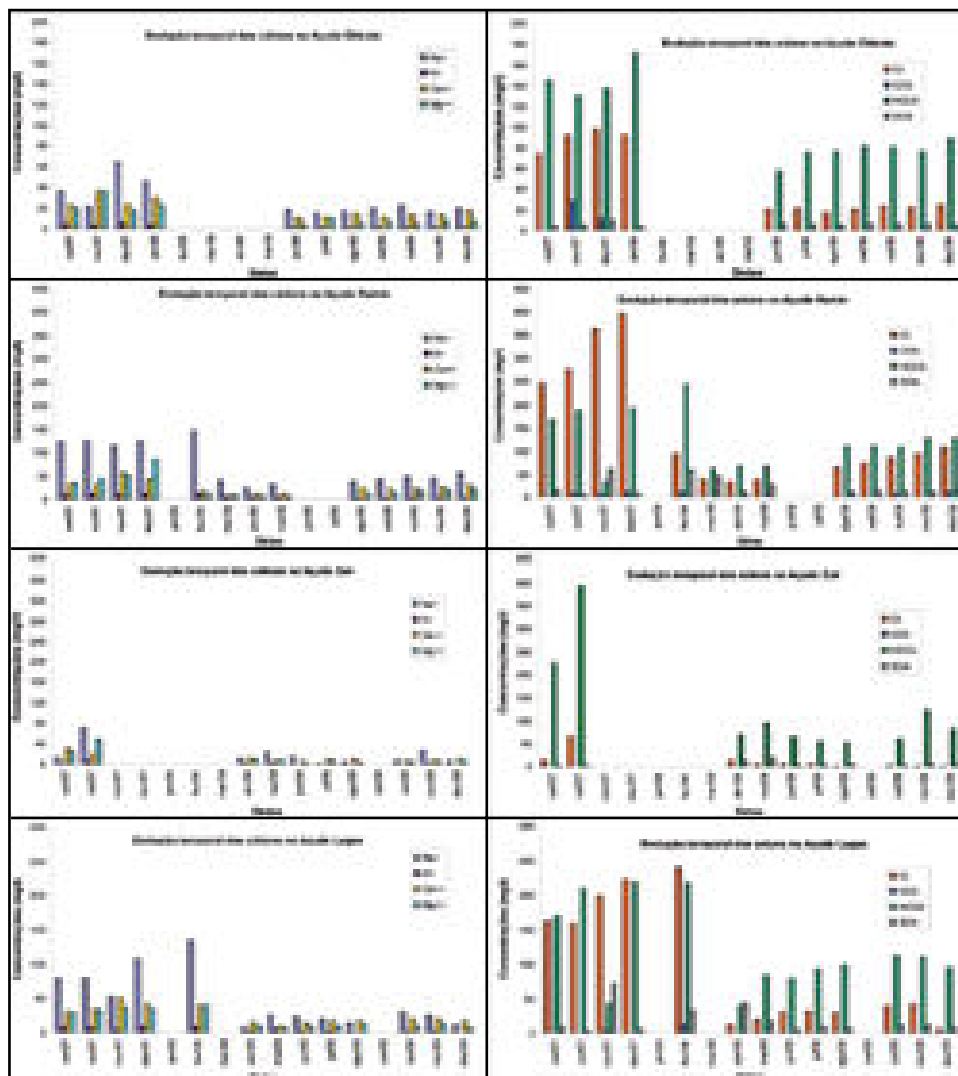


FIGURA 2.15 – Evolução temporal das concentrações de íons nos açúes Chicote, Ramin, Zuir e Lages, na microbacia do rio Cangati–CE.

Constatou-se, ainda, que na estação seca de 2007, os teores de sódio eram mais elevados, porém, de modo geral, em concentrações inferiores a 200 mg/L, limite estabelecido pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde, que trata do controle e vigilância da água para consumo humano.

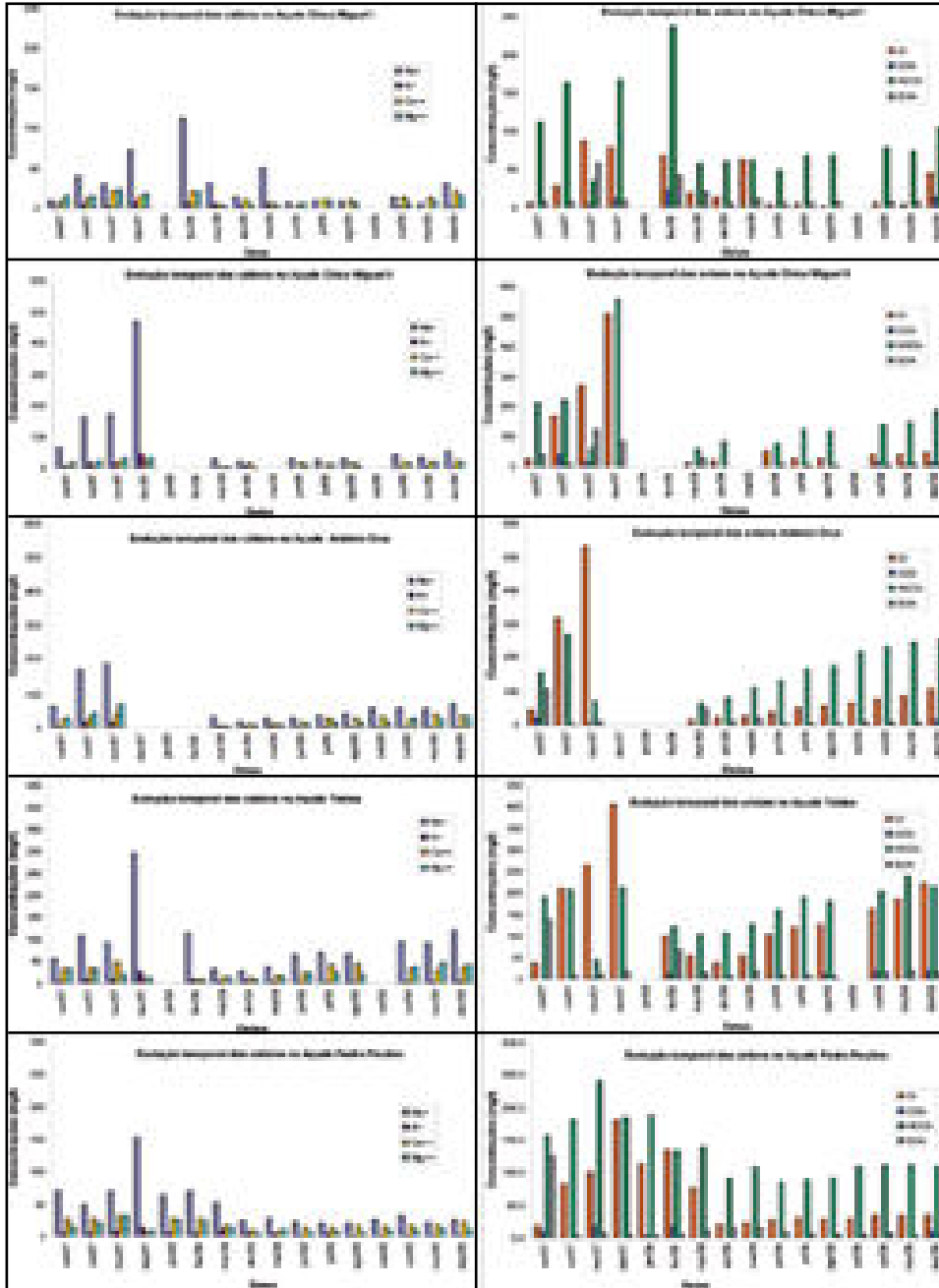


FIGURA 2.16 – Evolução temporal das concentrações de íons nos açudes Chico Miguel I e II, Antônio Cruz, Tobias e Pedro Paulino (rio Cangati - Ce)

Ainda quanto ao aspecto da potabilidade e considerando os padrões recomendados pela Organização Mundial de Saúde, enfatiza-se que, na maioria das amostras coletadas, os teores de cloretos e sódio enquadraram-se dentro dos padrões recomendados por esta organização, não afetando, portanto, a qualidade organoléptica das águas.

Exceções foram observadas no açude Ramin, Chico Miguel II, Antônio Cruz e Tobias, nos quais, em determinados meses, as concentrações de cloretos e/ou sódio nas águas destes reservatórios ultrapassaram os limites recomendados pela legislação.

Com efeito, no açude Ramin, onde predominam bicarbonatos e cloretos, salienta-se que os teores de cloretos, em todas as campanhas da estação seca de 2007, apresentaram-se acima de 250 mg/L, apresentando, portanto, restrições para consumo humano, de acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução nº 357/05 do CONAMA. Na estação de 2007, houve um aumento nas concentrações de cloretos, provavelmente em virtude do processo de evaporação. No entanto, com a chegada das primeiras chuvas de 2008, verificou-se um enriquecimento em bicarbonatos. Com o avanço desta estação, chegou-se ao equilíbrio entre as concentrações destes dois elementos.

No açude Chico Miguel II, os íons que aparecem em maiores concentrações são os bicarbonatos e os cloretos. Na estação seca de 2007, estes elementos apareciam em concentrações muito próximas e mais elevadas do que aquelas observadas na estação seca de 2008. Verifica-se ainda que, com a chegada da estação chuvosa de 2008, os teores de bicarbonatos, embora inferiores àqueles encontrados na estação seca de 2007, passaram a predominar em relação aos cloretos. A concentração de cloretos nas águas deste manancial atingiu, em dezembro de 2007, a marca de 510,6 mg/L, portanto, muito acima dos limites recomendados pela Resolução nº 357/05 do CONAMA para consumo humano. Nesta mesma data, os teores de sódio chegaram a 468,0 mg/L, apresentando-se em desacordo com os padrões

estabelecidos pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde. Salienta-se que, neste período, o açude atingiu o seu nível mais baixo, chegando praticamente a secar.

No açude Antônio Cruz, muito embora os bicarbonatos predominem nas águas deste manancial, constatou-se, em outubro e novembro de 2007 (estação seca), os níveis mais altos de cloretos, superando, inclusive, os bicarbonatos. Nesse período, a concentração de cloretos chegou a 531,7 mg/L, ultrapassando o limite recomendado pela Resolução nº 357/05 do CONAMA.

Na estação seca de 2007, foram observadas as mais altas concentrações de cloretos nas águas do açude Tobias, chegando a 404,8 mg/L em dezembro de 2007 e, portanto, acima dos limites recomendados pela Resolução nº 357/05 do CONAMA. Nessa mesma data, o sódio atingiu um pico de valor 295,8 mg/L, superior ao limite estabelecido pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde.

É importante enfatizar que a estação seca de 2007, para a maioria dos açudes estudados, é o período em que geralmente se observa uma forte concentração de íons dissolvidos na água. Este fato pode ser justificado pelo aumento nas taxas de evaporação, acompanhada pela escassez de precipitação na região durante o período observado. Comportamento semelhante foi observado por Laraque (1989), ao realizar estudos de salinização em açudes do Nordeste. Por outro lado constata-se que na estação chuvosa de 2008, época que coincide com as precipitações, ocorre redução nos valores dos parâmetros, enfatizando o poder de diluição das chuvas, provocando diminuição da concentração dos íons.

2.3.1.4 - Classificação das águas superficiais de acordo com os sólidos totais dissolvidos (STD)

Sólidos totais dissolvidos (STD) corresponde ao peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume, ou seja,

representa a concentração de todo o material dissolvido na água, seja ou não volátil. A condutividade elétrica (CE) guarda uma estreita relação com STD.

Normalmente, a maior parte, senão todo o conteúdo, dos sólidos dissolvidos em amostras de águas é constituído de material inorgânico. Um dos procedimentos mais simples empregados na avaliação do conteúdo de sólidos dissolvidos é a condutividade elétrica. Neste procedimento, o conteúdo orgânico não é determinado e apenas os íons podem ser medidos. A medição da CE é influenciada pela temperatura e natureza dos sólidos contidos na água.

A condutividade elétrica da água é a sua capacidade em transmitir a corrente elétrica, determinada pela presença de substâncias dissolvidas dissociadas em ânions e cátions. A variação da condutividade elétrica pode fornecer informações a respeito de processos importantes que possam ocorrer nos ecossistemas aquáticos, como produção primária (redução de valores) e decomposição (aumento dos valores).

De modo geral, a CE apresenta uma relação direta com o STD. Usualmente, a parte fixa dos sólidos dissolvidos é considerada como salinidade. Assim, o excesso de STD na água pode causar alterações de sabor, problemas de corrosão e de salinização do solo. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 17/03/2005, para águas de abastecimento (águas doces, classe 2), permite-se um valor máximo de 500 mg/L de STD.

Salienta-se que as águas classe 2 podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação e mergulho (para este item é obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000); à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.

De acordo com APHA (1995), os aparelhos de medição da condutividade elétrica fornecem a medição indireta dos sólidos totais dissolvidos. De uma maneira geral, a concentração de STD varia entre 50 e 90% da condutividade, expressa em $\mu\text{S}/\text{cm}$.

A condutividade elétrica indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, representando assim uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados (CETESB, 2006). Através deste parâmetro pode-se avaliar o teor de sólidos totais dissolvidos, pois de maneira geral a relação condutividade elétrica / sólidos totais dissolvidos é de 1,5:1,0.

Santos (Apud FEITOSA e MANOEL FILHO, 2000) salienta que, na maioria das águas subterrâneas naturais, a CE da água, multiplicada por um fator que varia entre 0,55 e 0,75, gera uma boa estimativa de STD. Para águas salinas, o fator é, usualmente, maior que 0,75 e, para águas ácidas, normalmente, é menor que 0,55.

No programa QUALIGRAF, usado para gerar os gráficos considerados no corpo deste relatório, é empregado um valor médio de 0,65 considerado bom, principalmente para a região Nordeste, de clima quente.

Sendo assim, com base no STD estimado, é apresentada a classificação a seguir.

TABELA 2.23 – Classificação das águas de acordo com as concentrações de sólidos totais dissolvidos

Tipo de Águas	STD (mg/L)
Doce	0 – 500
Salobra	500 – 1500
Salgada	> 1500

Obs: águas com STD superior a 35.000 mg/L são consideradas salmouras (Ex: águas marinhas).

Nas Figuras 2.17 e 2.18, são apresentados gráficos referentes à classificação das águas em açudes da microbacia, de acordo com os valores de sólidos totais dissolvidos (STD), no período avaliado. Observa-se que, na maioria dos açudes estudados, predominam águas doces, com valores de STD, inferiores a 500 mg/L. A exceção ocorre nos açudes Ramin e Tobias, onde há uma predominância de águas salobras, de qualidade inferior aos demais, com valores de STD superiores à 500 mg/L, e, portanto, com restrições de uso, segundo a Resolução do CONAMA nº 357/2005, para águas doces classe 2.

Com relação aos rio/riachos, monitorados pelo subprojeto (FIGURA 2.19), dado o caráter intermitente dos mesmos, apresentando escoamento somente no período chuvoso, verifica-se que as águas coletadas, com relação ao teor de sólidos totais dissolvidos, são classificadas como águas doces, o que indica que não foram encontradas quantidades expressivas de constituintes minerais dissolvidos nas amostras coletadas. No entanto, como foram poucas as campanhas de coleta, realizadas nestes corpos d'água, sugere-se a intensificação das campanhas neste período e, ainda, a continuidade do monitoramento, com a realização de campanhas em anos sucessivos, de modo a melhor se avaliar a variação interanual e a dinâmica deste processo.

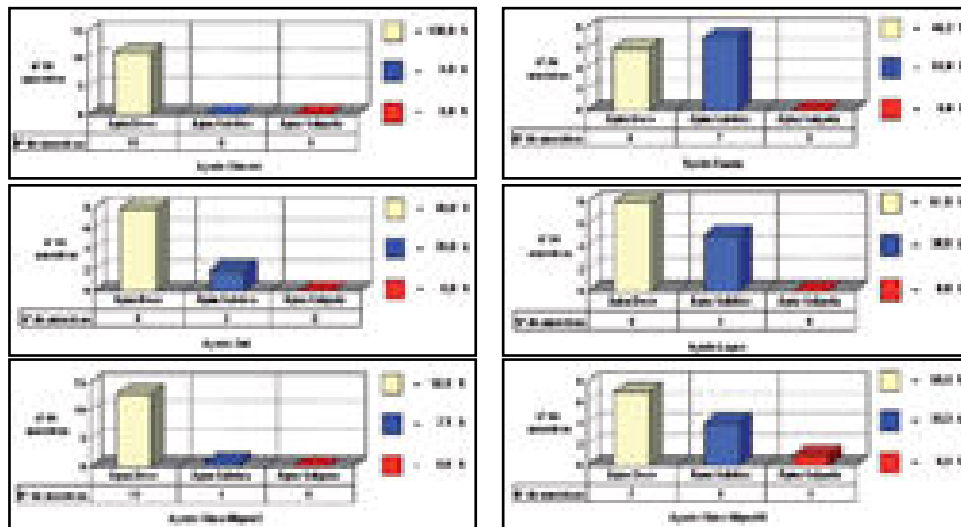


FIGURA 2.17 – Classificação das águas de acordo com STD nos açudes Chicote, Ramin, Zuir, Lages, Chico Miguel I e Chico Miguel II.

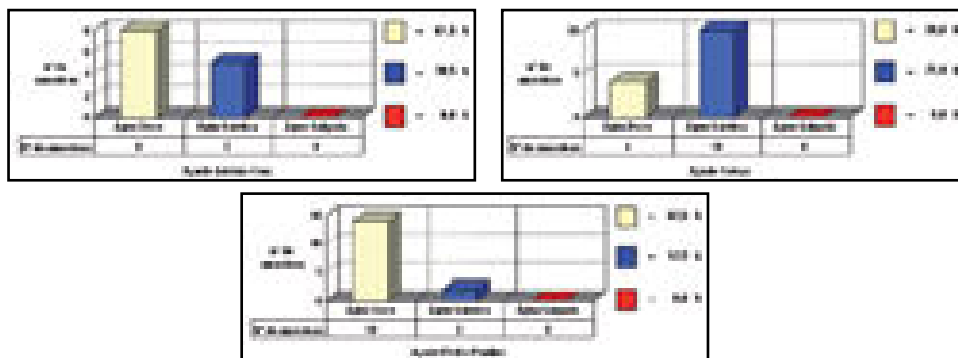


FIGURA 2.18 – Classificação das águas de acordo com STD nos açudes Antônio Cruz, Tobias e Pedro Paulino.

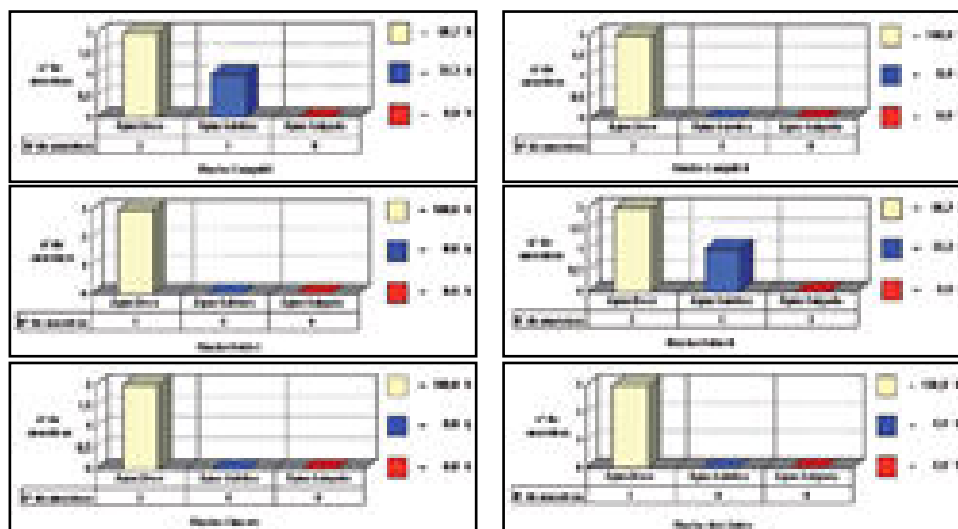


FIGURA 2.19 – Classificação das águas de acordo com STD em rio/riachos da microbacia do rio Cangati – Ce.

Analisando-se a variação sazonal das concentrações de STD, observa-se que, na maioria dos açudes avaliados, predominam águas salobras, no período seco, e águas doces, no período chuvoso (TABELA 2.24). Isto pode ser explicado pela estação chuvosa de 2008, bastante significativa, de modo a provocar a diluição de sais e outros constituintes presentes nas amostras analisadas e, conseqüentemente, a sua mudança de classe.

Verifica-se, ainda, que, de modo geral, na estação seca de 2007 as águas armazenadas apresentaram valores de STD superiores àqueles observados na

estação seca de 2008. Este comportamento pode ser atribuído aos volumes armazenados nos açudes no início da atividade de monitoramento (estação seca de 2007), menores que os observados na estação seca seguinte (2008), uma vez que, devido ao aporte significativo de água aos açudes durante a estação chuvosa, estes apresentaram níveis de água mais elevados.

Salienta-se que, no açude Chicote, as águas armazenadas permaneceram na classe doce durante todo o período avaliado. Nesse sentido, é importante ressaltar que este reservatório localizava-se na parte mais alta da microbacia, numa região onde não se observavam grandes ações antrópicas e onde a mata ciliar encontrava-se bastante preservada, o que pode justificar os valores de STD, dentro dos limites preconizados pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA. Comportamento semelhante foi observado no açude Chico Miguel I.

No açude Pedro Paulino, observou-se que, no início da estação seca de 2007 (setembro e outubro de 2007), as águas armazenadas foram classificadas como doces. Ressalta-se que este açude apresenta uma capacidade de armazenamento maior, portanto, as taxas de evaporação observadas neste período não foram suficientes para provocar aumento na concentração de sólidos dissolvidos na água e uma alteração de sua classe. Porém, com o avanço da estação seca de 2007, o efeito da evaporação passou a ser mais perceptível, de modo que os valores de STD aumentaram e as águas, armazenadas neste açude, passaram a ser classificadas como salobras e, portanto, com restrições ao seu uso para abastecimento humano.

Salienta-se, ainda, que de todos os açudes avaliados, o açude Chico Miguel II foi o que apresentou, ao final da estação seca de 2007, os níveis mais críticos de STD (1980 mg/L), de modo que suas águas foram classificadas, na campanha de dezembro de 2007, como salgadas. Com efeito, este açude é muito pequeno e com o avanço da estação seca de 2007 ele chegou a praticamente secar, ficando armazenada apenas uma parcela muito pequena do seu volume total.

TABELA 2.24 – Classificação das águas de açudes na microbacia do rio Cangati – CE, de acordo com os valores de sólidos totais dissolvidos.

AÇUDE	DATA	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	STD (mg/L)	CLASSIFICAÇÃO
Chicote	16/10/07	553,0	359,5	Água doce
	20/11/07	629,0	408,9	Água doce
	18/12/07	654,6	425,5	Água doce
	15/01/08	661,0	429,7	Água doce
	17/06/08	210,03	136,5	Água doce
	15/07/08	247,7	161,0	Água doce
	12/08/08	241,2	156,8	Água doce
	16/09/08	265,7	172,7	Água doce
	14/10/08	272,9	177,4	Água doce
	19/11/08	340,6	221,4	Água doce
	16/12/08	390,38	253,7	Água doce
	Ramin	13/09/07	1125,0	731,3
16/10/07		1227,3	797,7	Água salobra
20/11/07		1237,0	804,1	Água salobra
18/12/07		1550,6	1007,9	Água salobra
19/02/08		1059,0	688,4	Água salobra
26/03/08		389,0	252,9	Água doce
15/04/08		248,0	161,2	Água doce
13/05/08		343,0	223,0	Água doce
12/08/08		464,7	302,1	Água doce
16/09/08		498,5	324,0	Água doce
14/10/08		544,5	353,9	Água doce
19/11/08		777,75	505,5	Água salobra
16/12/08	883,32	574,2	Água salobra	
Zuir	13/09/07	915,0	594,8	Água salobra
	16/10/07	1079,6	701,7	Água salobra
	15/04/08	237,0	154,1	Água doce
	13/05/08	285,0	185,3	Água doce
	17/06/08	177,9	115,6	Água doce
	15/07/08	145,6	94,6	Água doce
	12/08/08	137,3	89,2	Água doce
	14/10/08	158,2	102,8	Água doce
19/11/08	407,8	265,0	Água doce	

(continua)

RECURSOS HÍDRICOS

(continuação)

AÇUDE	DATA	CE (µS/cm)	STD (mg/L)	CLASSIFICAÇÃO
Lages	16/12/08	266,6	173,3	Água doce
	13/09/07	879,0	571,4	Água salobra
	16/10/07	931,1	605,2	Água salobra
	20/11/07	819,0	532,4	Água salobra
	18/12/07	1142,1	742,4	Água salobra
	19/02/08	1298,0	843,7	Água salobra
	15/04/08	219,0	142,4	Água doce
	13/05/08	303,0	197,0	Água doce
	17/06/08	288,6	187,6	Água doce
	15/07/08	325,4	211,5	Água doce
	12/08/08	321,2	208,8	Água doce
	14/10/08	397,3	258,2	Água doce
	19/11/08	533,4	346,7	Água doce
	16/12/08	348,3	226,4	Água doce
	Chico Miguel I	13/09/07	320,0	208,0
16/10/07		479,8	311,9	Água doce
20/11/07		465,0	302,3	Água doce
18/12/07		674,9	438,7	Água doce
19/02/08		943,0	613,0	Água salobra
26/03/08		251,0	163,2	Água doce
15/04/08		259,0	168,4	Água doce
13/05/08		361,0	234,7	Água doce
17/06/08		136,4	88,6	Água doce
15/07/08		192,4	125,1	Água doce
12/08/08		183,6	119,3	Água doce
14/10/08		218,2	141,8	Água doce
19/11/08		265,8	172,7	Água doce
16/12/08	584,5	379,9	Água doce	
Chico Miguel II	13/09/07	900,0	585,0	Água salobra
	16/10/07	1146,1	745,0	Água salobra
	20/11/07	1248,0	811,2	Água salobra
	18/12/07	3046,1	1980,0	Água salgada
	26/03/08	268,0	174,2	Água doce
	15/04/08	269,0	174,9	Água doce

(continua)

(continuação)

AÇUDE	DATA	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	STD (mg/L)	CLASSIFICAÇÃO
Chico Miguel II	17/06/08	340,6	221,4	Água doce
	15/07/08	362,2	235,4	Água doce
	12/08/08	315,6	205,1	Água doce
	17/10/08	464,7	302,1	Água doce
	19/11/08	639,9	415,9	Água doce
	16/12/08	809,1	525,9	Água salobra
Antônio Cruz	13/09/07	1300,0	845,0	Água salobra
	16/10/07	1507,6	979,9	Água salobra
	21/11/07	1665,0	1082,3	Água salobra
	26/03/08	306,0	198,9	Água doce
	15/04/08	224,0	145,6	Água doce
	13/05/08	388,0	252,2	Água doce
	17/06/08	432,4	281,1	Água doce
	15/07/08	535,4	348,0	Água doce
	12/08/08	577,3	375,2	Água doce
	16/09/08	715,2	464,9	Água doce
	14/10/08	757,9	492,6	Água doce
	19/11/08	1100,9	715,6	Água salobra
	16/12/08	1251,1	813,2	Água salobra
Tobias	13/09/07	1100,0	715,0	Água salobra
	17/10/07	1092,9	710,4	Água salobra
	21/11/07	875,0	568,8	Água salobra
	19/12/07	1749,4	1137,1	Água salobra
	19/02/08	799,0	519,4	Água salobra
	25/03/08	383,0	249,0	Água doce
	15/04/08	324,0	210,6	Água doce
	13/05/08	505,0	328,3	Água doce
	17/06/08	697,9	453,7	Água doce
	15/07/08	814,6	529,5	Água salobra
	12/08/08	805,9	523,8	Água salobra
	17/10/08	1019,0	662,4	Água salobra
	19/11/08	1471,8	956,7	Água salobra
	16/12/08	1607,2	1044,7	Água salobra

(continua)

(continuação)

AÇUDE	DATA	CE ($\mu\text{S/cm}$)	STD (mg/L)	CLASSIFICAÇÃO
Pedro Paulino	13/09/07	610,0	396,5	Água doce
	17/10/07	657,9	427,6	Água doce
	21/11/07	912,0	592,8	Água salobra
	19/12/07	978,4	636,0	Água salobra
	15/01/08	765,4	497,5	Água doce
	19/02/08	747,0	485,6	Água doce
	26/03/08	576,0	374,4	Água doce
	16/04/08	313,0	203,5	Água doce
	13/05/08	355,0	230,8	Água doce
	18/06/08	300,4	195,2	Água doce
	16/07/08	357,0	232,1	Água doce
	12/08/08	310,9	202,1	Água doce
	17/09/08	344,5	223,9	Água doce
	14/10/08	282,5	183,6	Água doce
	19/11/08	474,8	308,6	Água doce
16/12/08	523,1	340,0	Água doce	

TABELA 2.25 – Classificação das águas de rio/riachos na microbacia do rio Cangati-CE, de acordo com os valores de sólidos totais dissolvidos.

RIO/RIACHO	DATA	CE ($\mu\text{S/cm}$)	STD (mg/L)	CLASSIFICAÇÃO
R. Cangati I	25/03/08	449,0	291,9	Água doce
	14/05/08	432,0	280,8	Água doce
	18/06/08	1090,2	708,6	Água salobra
R. Cangati II	26/03/08	297,0	193,1	Água doce
	15/04/08	344,0	223,6	Água doce
R. Felão I	25/03/08	509,0	330,9	Água doce
	16/04/08	467,0	303,6	Água doce
	14/05/08	502,0	326,3	Água doce
R. Felão II	25/03/08	440,0	286,0	Água doce
	14/05/08	496,0	322,4	Água doce
	18/06/08	1022,1	664,4	Água salobra
R. Chicote	26/03/08	367,0	238,6	Água doce
	15/04/08	446,0	289,9	Água doce
R. Gatos	26/03/08	282,0	183,3	Água doce
	16/04/08	253,0	164,5	Água doce
	14/05/08	244,0	158,6	Água doce

2.3.1.5 - Classificação das águas para irrigação

A classificação das águas para irrigação é determinada pela concentração de alguns íons, tais como o sódio, cloreto, sulfato e parâmetros como os sais dissolvidos, condutividade elétrica e a concentração total de cátions, que influenciam, de maneira diferenciada, no crescimento de cada espécie vegetal.

Para a avaliação da qualidade da água para irrigação, foi dado enfoque especial à possibilidade de surgimento de problemas de salinidade e infiltração, advindos da sua utilização. De fato, problemas mais comuns, com as águas destinadas à irrigação, são a salinidade, sua velocidade de infiltração no solo, a toxicidade, o excesso de nutrientes e a corrosão dos equipamentos de irrigação. Águas, ricas em sódio ou muito pobres em cálcio e magnésio tendem a reduzir a permeabilidade dos solos, aumentam o encharcamento e dificultam a alimentação das plantas. Águas, quimicamente não perigosas, aplicadas em solos pouco permeáveis, podem causar sua salinização, sendo este um perigo frequente na região nordeste.

Neste sentido, procurou-se determinar o grau de restrição ao uso de tais águas procedendo-se à classificação das mesmas para a irrigação, de acordo com o Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos da América. Com efeito, dentre os critérios para classificação da água para fins de irrigação, um dos mais aceitos atualmente é a classificação proposta pelo “United States Salinity Laboratory” (USSL). Esta classificação baseia-se na razão de adsorção de sódio (RAS) e na condutividade elétrica da água.

O efeito da salinidade é de natureza osmótica, podendo afetar diretamente o rendimento das culturas, as quais se comportam diferentemente quanto à tolerância aos sais na água. Já a sodicidade se refere ao efeito relativo do sódio na água de irrigação, tendendo a elevar a percentagem de sódio trocável no solo (PST), com danos nas suas propriedades físico-químicas, provocando problemas de infiltração. Valores altos de PST do

solo, especialmente sob condições de baixa salinidade, causam a dispersão de partículas, com redução na condutividade hidráulica do solo.

Os cátions intercambiáveis dos coloides dos solos estão em equilíbrio com os íons da solução do solo. Ao aumentar as proporções de sódio nas águas de irrigação, a tendência da alcalinidade do solo é aumentar.

O perigo do sódio não pode ser enfocado, mensurando-se, isoladamente, a sua percentagem nas áreas de irrigação, mas sim, na correlação entre o sódio, por um lado, e o cálcio e o magnésio, por outro. Segundo o Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, a proporção relativa de sódio, em relação a outros sais, pode ser expressa em termos da razão de adsorção de sódio (RAS), a qual pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$RAS = \frac{rNa}{\sqrt{\frac{r(Ca + Mg)}{2}}}$$

Onde as concentrações de Na^+ , Ca^{++} e Mg^{++} , são expressas em meq/L (miliequivalente por litro).

A razão de adsorção de sódio – RAS é utilizada, juntamente com a condutividade elétrica, para a classificação da água para fins de irrigação. Quanto maior o RAS menos apropriada a água será para irrigação. A RAS é uma razão que indica a percentagem de sódio contido numa água, que pode ser adsorvido pelo solo.

Na Tabela 2.26, encontram-se discriminadas as classes de riscos de salinidade e de alcalinização do solo pela água de irrigação, proposta pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos.

TABELA 2.26 – Classes de risco de salinidade e de alcalinidade pelas águas de irrigação pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos

Classes	Risco de Salinidade	C.E a 25°C(μS/cm)	Sais Dissolvidos(mg/L)
C0	Sem restrição	<100	<64
C1	Baixo	100-250	64-160
C2	Médio	250-750	160-480
C3	Alto	750-2.250	480-1.440
C4	Muito alto	2.250-5.000	1.440-3.400
C5	Excepcionalmente alto	>5.000	>3.400

Classes	Risco de Alcalinidade	RAS	
S1	Baixo	<10	-
S2	Médio	10-18	-
S3	Forte	18-26	-
S4	Muito forte	>26	-

Com base nos conceitos acima, procedeu-se à classificação da água para irrigação em açudes e riachos da microbacia do rio Cangati - Ce. Os resultados encontram-se plotados nos gráficos das Figuras 2.20 a 2.22. Avaliando-se o período monitorado como um todo, observa-se que predominam águas C2S1. Águas do tipo C2 são consideradas de médio risco de salinidade. Devem ser usadas com precaução, podendo ser utilizadas em solos silto-arenosos, siltosos ou areno-argilosos quando houver uma lixiviação moderada do solo. Os vegetais de fraca tolerância salina podem ainda serem cultivados na maioria dos casos. Quanto ao aspecto de alcalinização do solo, águas S1 são consideradas fracamente sódicas e podem ser utilizadas em quase todos os solos, com fraco risco de formação de teores nocivos de sódio susceptível de troca. Prestam-se ao cultivo de quase todos os vegetais.

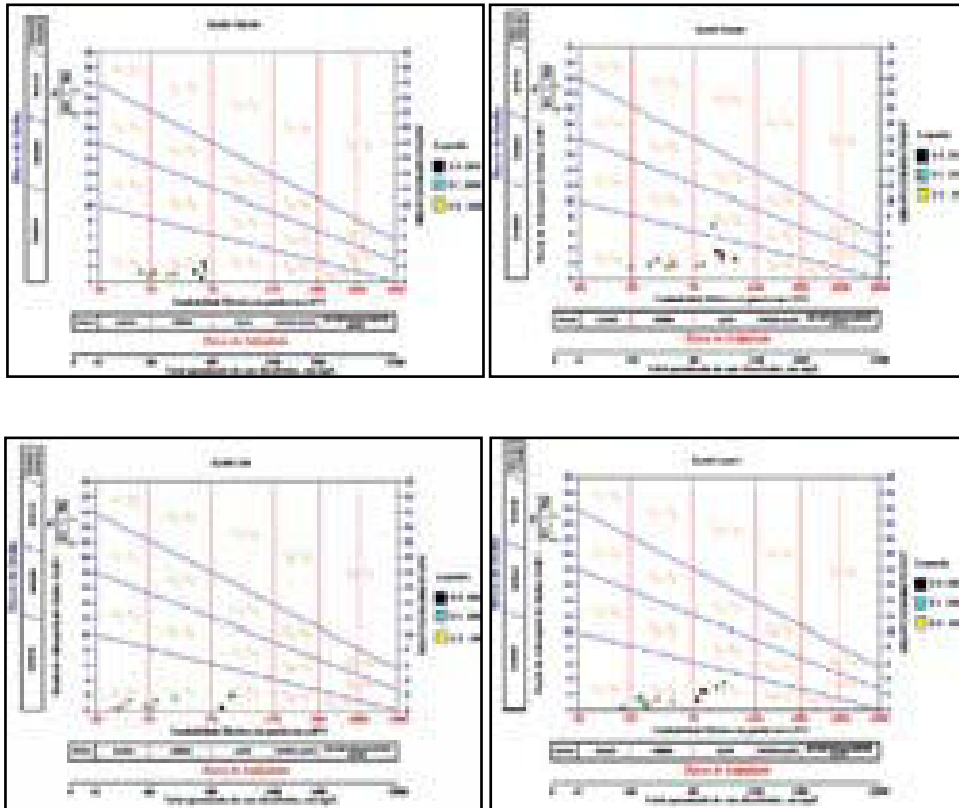


FIGURA 2.20 – Classificação das águas dos açudes Chicote, Ramin, Zuir e Lages, de acordo com o Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos.

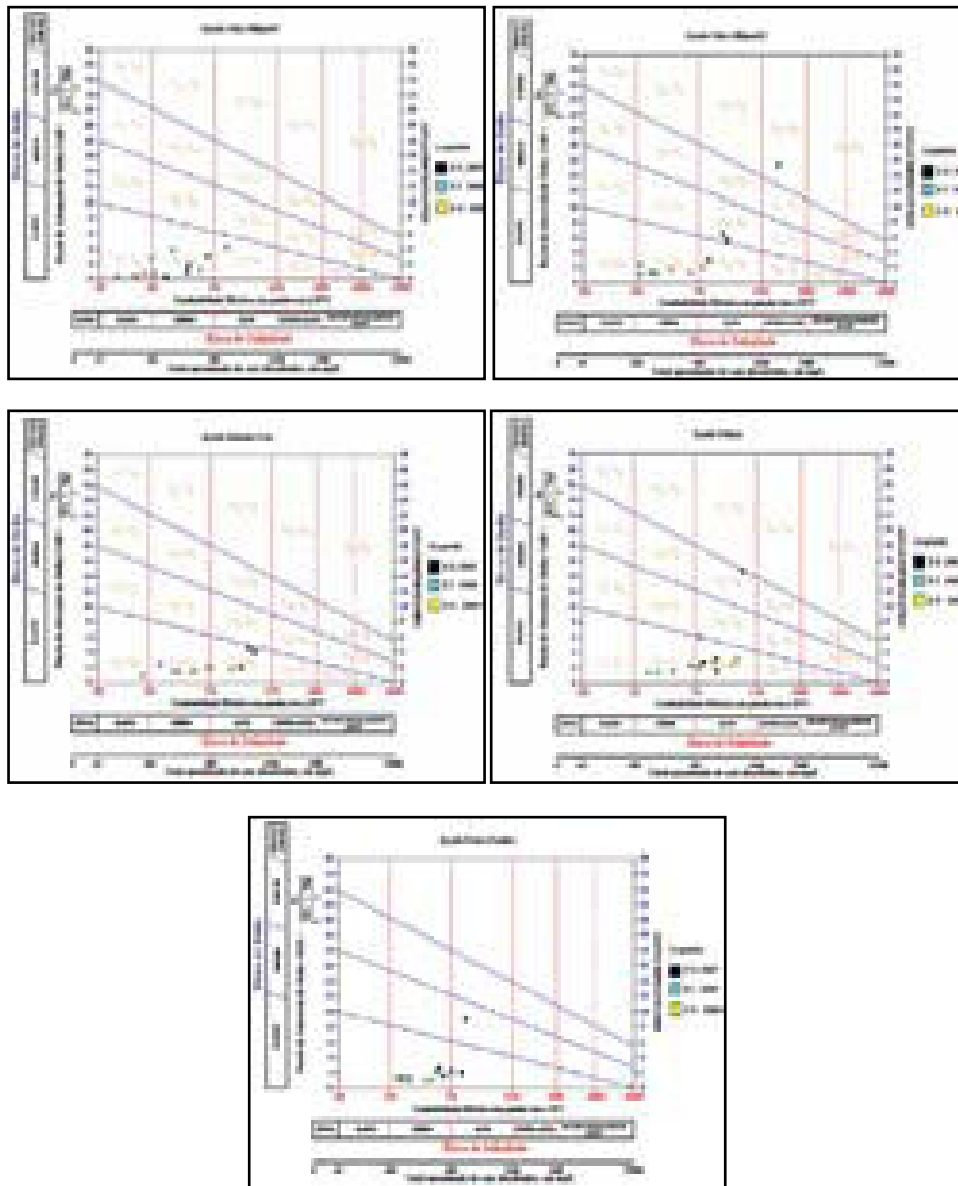


FIGURA 2.21 – Classificação das águas dos açudes Chico Miguel I, Chico Miguel II, Antônio Cruz, Tobias e Pedro Paulino de acordo com o Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos.

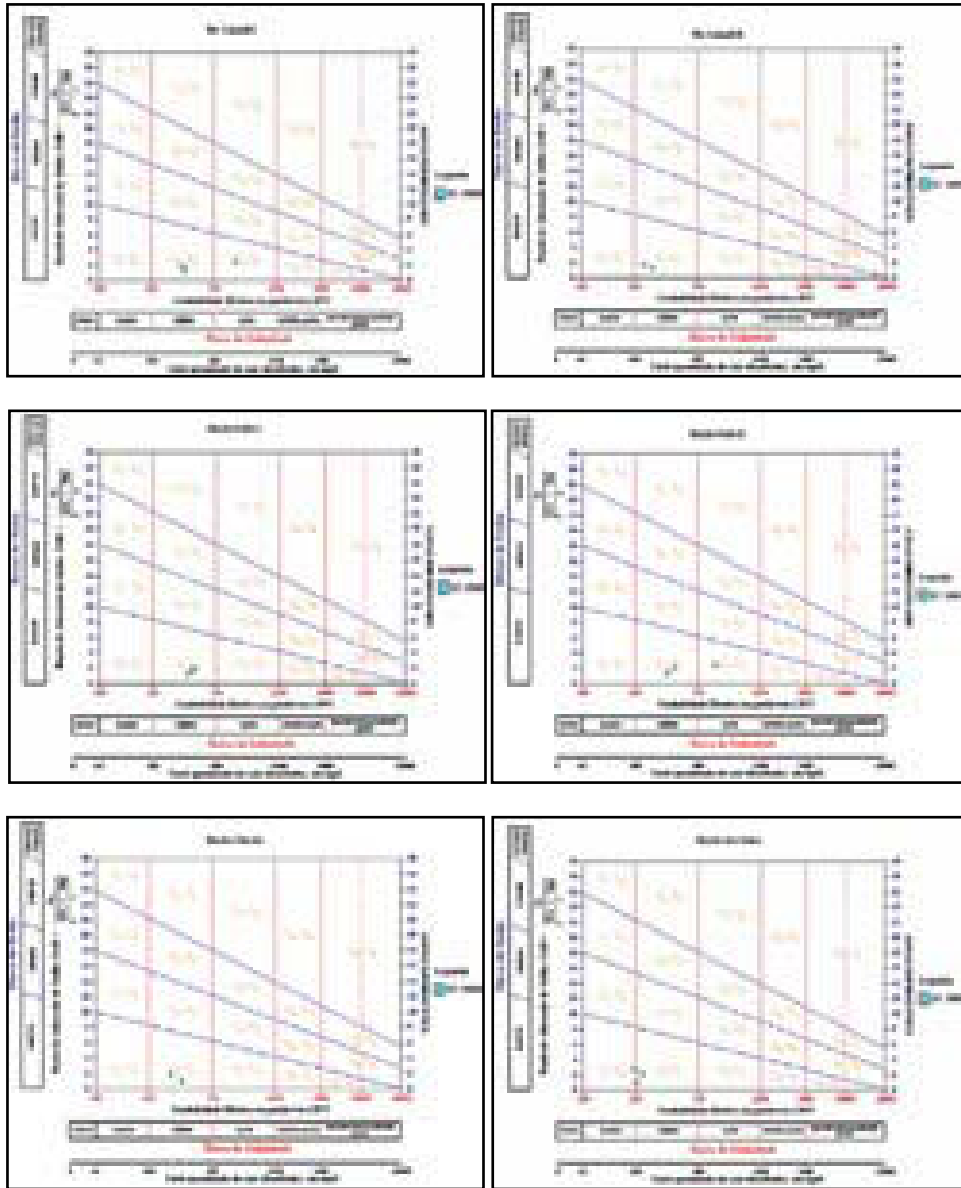


FIGURA 2.22 – Classificação das águas em rio/riachos da microbacia do rio Cangati de acordo com o Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos.

No entanto, verifica-se que na estação seca de 2007, na maioria dos açudes avaliados, as águas eram de pior qualidade para irrigação, predominando, neste período, águas do tipo C3S1. Ressalta-se que águas C3 são consideradas de alta salinidade. Só podem ser utilizadas em solos bem drenados. Mesmo em solos bem cuidados, devem ser tomadas precauções especiais para evitar a salinização e apenas os vegetais de alta tolerância salina devem ser cultivados. Exceções ocorrem no açude Chicote, Chico Miguel I e Pedro Paulino, onde se observaram, nesta estação, águas do tipo C2S1. Constatou-se, também, que no açude Chico Miguel II, as águas variaram de C3S2 a C4S4 (dezembro de 2007). Águas do tipo S2 são medianamente sódicas, apresentam perigo de alcalinização para solos de textura fina e forte capacidade de troca de cátions. Podem ser utilizadas em solos de textura grosseira ou ricos em matéria orgânica, com boa permeabilidade. Já águas C4S4, são impróprias para irrigação. É importante enfatizar que o Chico Miguel II é um dos menores reservatórios da microbacia e que, na estação seca de 2007, os volumes armazenados em sua bacia hidráulica eram muito baixos, chegando praticamente a secar em dezembro de 2007.

Com relação ao período chuvoso de 2008, constata-se que nos açudes Chicote e Zuir predominaram águas C1S1, portanto de melhor qualidade para irrigação, indicando que as chuvas ocorridas na região foram suficientes para promover a diluição dos sais, e, conseqüentemente, redução nos valores de condutividade elétrica. Acrescenta-se, ainda, que o açude Chicote é um dos maiores reservatórios da microbacia, a mata ciliar no seu entorno encontra-se bastante preservada e, mesmo em anos mais secos, acumula um bom volume de água.

Por fim, vale ressaltar que as águas armazenadas nos açudes, na estação seca de 2008, apresentaram melhor qualidade para irrigação, se comparadas àquelas observadas na estação seca de 2007.

No tocante aos riachos monitorados pelo PRODHAM, salienta-se que predominam águas do tipo C2S1 e, portanto, sem grandes restrições para uso na irrigação. O que apresentou melhor qualidade foi o riacho dos Gatos.

2.3.1.6 - Variabilidade temporal de parâmetros físico-químicos

No estudo realizado, o comportamento do pH nos reservatórios e riachos estudados é mostrado nas Figuras 2.23 a 2.25.

Somente os açudes Lajes, Chico Miguel II e Tobias ultrapassaram os limites superiores de pH estabelecidos para a classe 2, pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA. As maiores elevações do pH ocorreram nos três reservatórios em meses considerados de baixa pluviosidade (outubro e novembro). De maneira geral, pode-se observar que os menores valores de pH ocorreram no período de maior intensidade de chuvas (fevereiro a maio), o que pode ter contribuído para a renovação da água e diluição dos constituintes químicos responsáveis pelo aumento do pH.

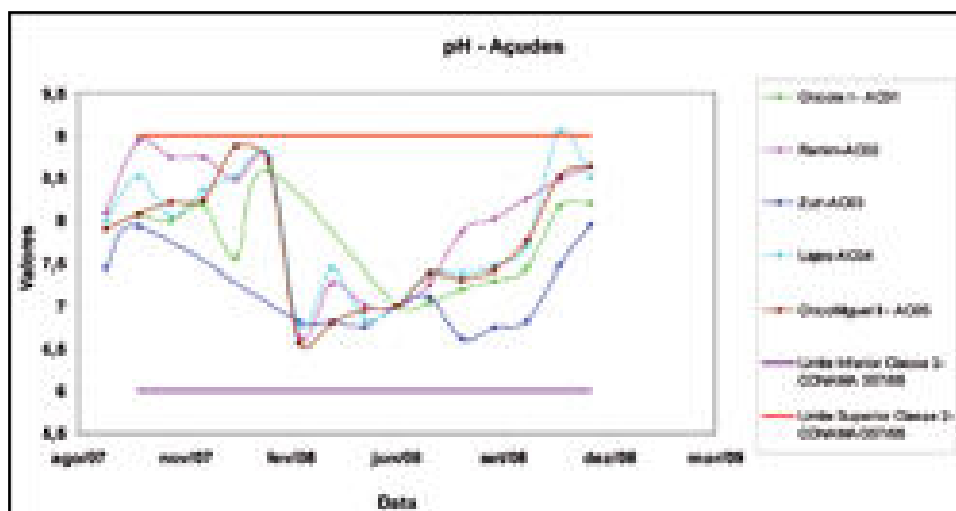


FIGURA 2.23 – Comportamento do pH nos Açudes Chicote, Ramin, Zuir, Lages e Chico Miguel I.

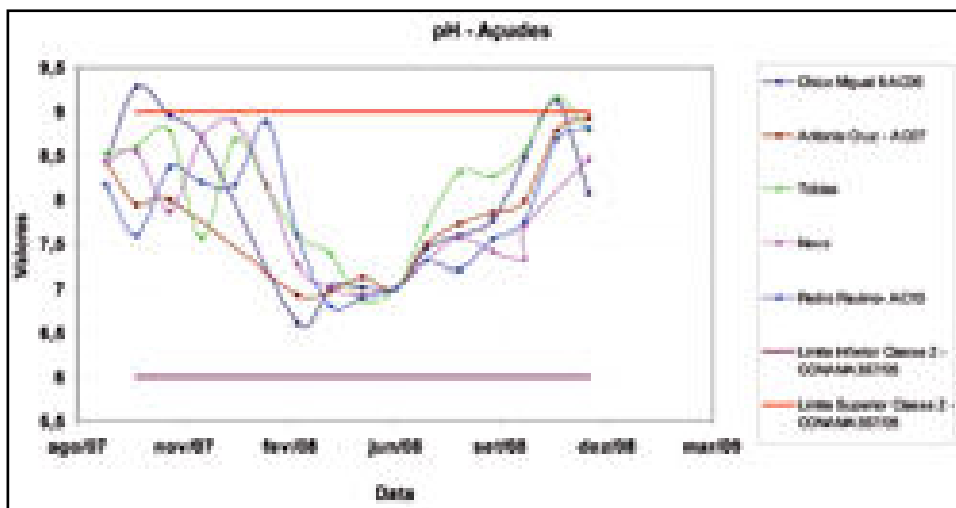


FIGURA 2.24 – Comportamento do pH nos açudes Chico Miguel II, Antônio Cruz, Tobias, Novo e Pedro Paulino.

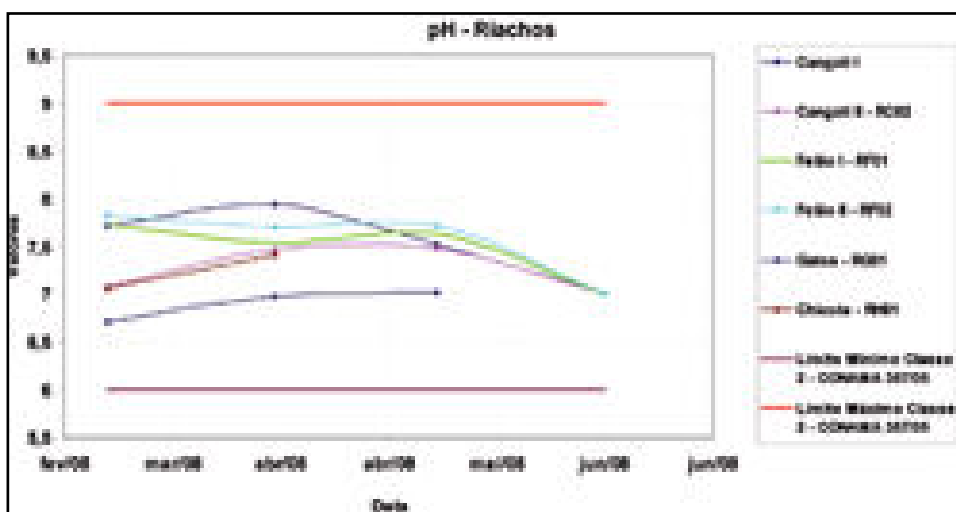


FIGURA 2.25 – Comportamento do pH nos rio/riachos Cangati I, Cangati II, Felão I, Felão II, Gatos e Chicote.

Somente os açudes Lages, Chico Miguel II e Tobias ultrapassaram os limites superiores de pH estabelecidos para a classe 2 pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA. As maiores elevações do pH ocorreram nos três reservatórios, em meses considerados de baixa pluviometria (outubro e novembro). De maneira geral, pode-se observar que os menores valores

de pH ocorreram no período de maior intensidade de chuvas (fevereiro a maio), o que pode ter contribuído para a renovação da água e diluição dos constituintes químicos responsáveis pelo aumento do pH.

Todos os riachos estudados apresentaram-se em conformidade com a Resolução n° 357/2005 do CONAMA.

O comportamento do Fósforo, nos reservatórios e riachos estudados, é mostrado nas Figuras 2.26 a 2.28.

Todos os reservatórios ultrapassaram o limite máximo estabelecido para fósforo total para ambientes lênticos para águas doces, classe 2 da Resolução CONAMA n° 357/2005. Os maiores valores encontrados foram para o açude Novo e açude Lages.

Os fosfatos presentes em ecossistemas aquáticos podem ser de fontes naturais, originários das rochas da bacia de drenagem e de fontes artificiais, provenientes de esgotos domésticos e industriais e de material particulado de origem industrial contido na atmosfera (ESTEVES, 1998).

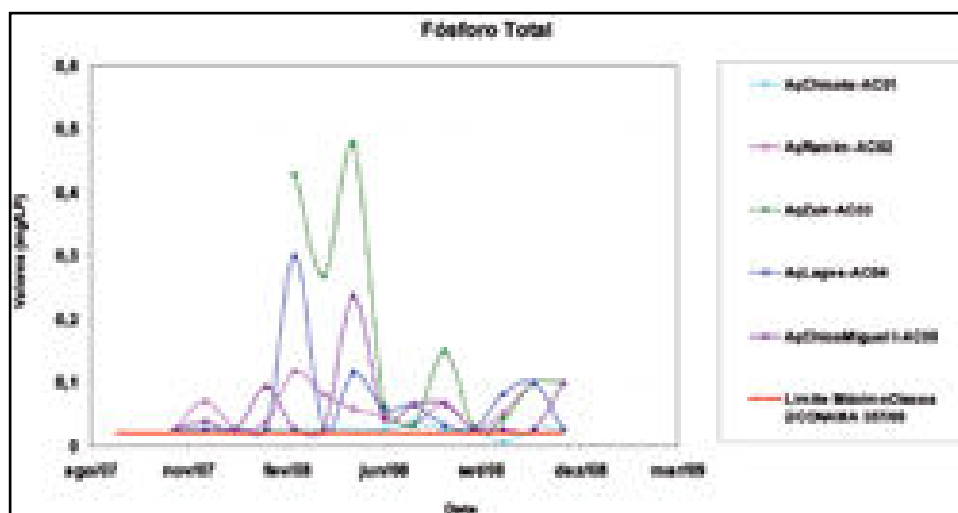


FIGURA 2.26 – Comportamento do fósforo nos Açudes Chicote, Ramin, Zuir, Lages e Chico Miguel I.

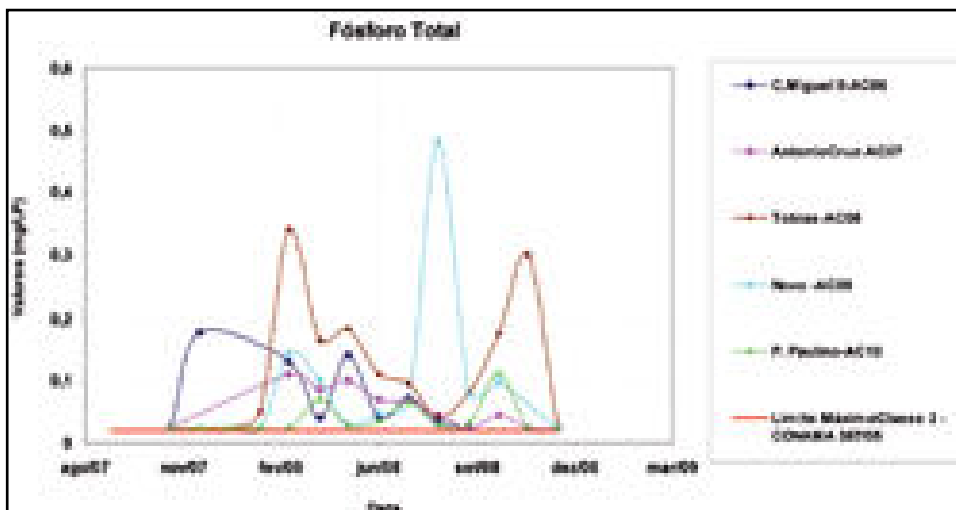


FIGURA 2.27 – Comportamento do fósforo nos açudes Chico Miguel II, Antonio Cruz, Tobias, Novo e Pedro Paulino.

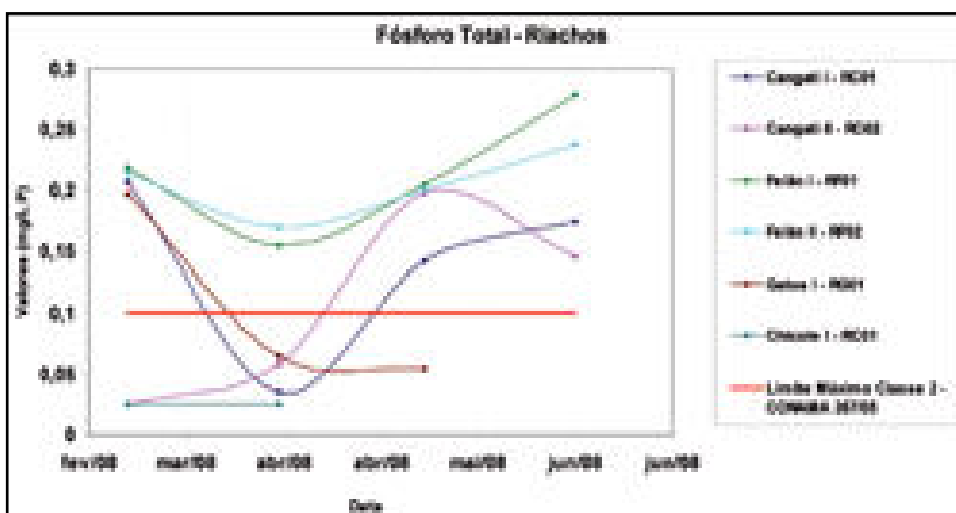


FIGURA 2.28 – Comportamento do fósforo nos rio/riachos Cangati I, Cangati II, Felão I, Felão II, Gatos e Chicote.

As chuvas são fontes significativas de fosfato e nitrogênio para lagos e reservatórios, o que sugere a possibilidade dos açudes estudados receberem um aporte constante e significativo de fósforo, advindo de fontes difusas, independente do carregado pelas enxurradas, conforme Esteves (1998).

Os riachos apresentaram-se também em não conformidade com o limite máximo para fósforo total, para ambientes lóticos para águas doces, classe 2 da Resolução CONAMA n° 357/20005.

A avaliação do oxigênio dissolvido (OD) nos reservatórios e riachos é mostrada nas Figuras 2.29 a 2.31.

Todos os reservatórios apresentaram, no período do estudo, em meses distintos, resultados nas concentrações de OD abaixo do limite mínimo estabelecido para águas doces, classe 2 da Resolução CONAMA n° 357/2005. Os valores mais baixos de OD foram encontrados nos açudes Zuir (1,4 mg/LO₂) e Novo (1,6 mg/LO₂), no período de ocorrências de chuvas.

As reduções, nas concentrações de OD nos corpos d'água, são provocadas principalmente por despejos de origem orgânica, Derísio (1992). No período de chuva, ocorre aumento da concentração de matéria orgânica dissolvida e particulada que contribui para elevar a desoxigenação da água em lagos tropicais, o que pode ter contribuído para a maior queda do OD no período chuvoso no açude Novo (ESTEVES, 1998).

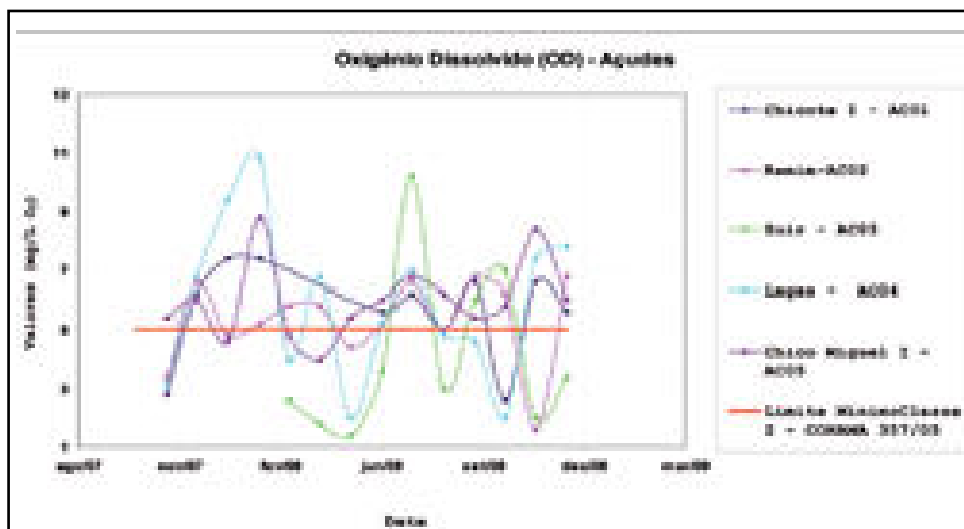


FIGURA 2.29 – Comportamento do OD nos Açudes Chicote, Ramin, Zuir, Lages e Chico Miguel I.

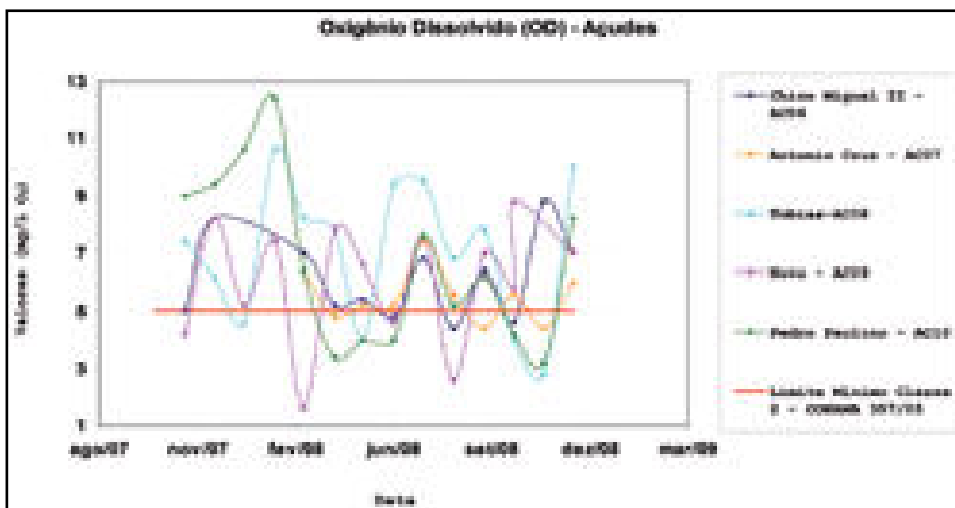


FIGURA 2.30 – Comportamento do OD nos açudes Chico Miguel II, Antônio Cruz, Tobias, Novo e Pedro Paulino.

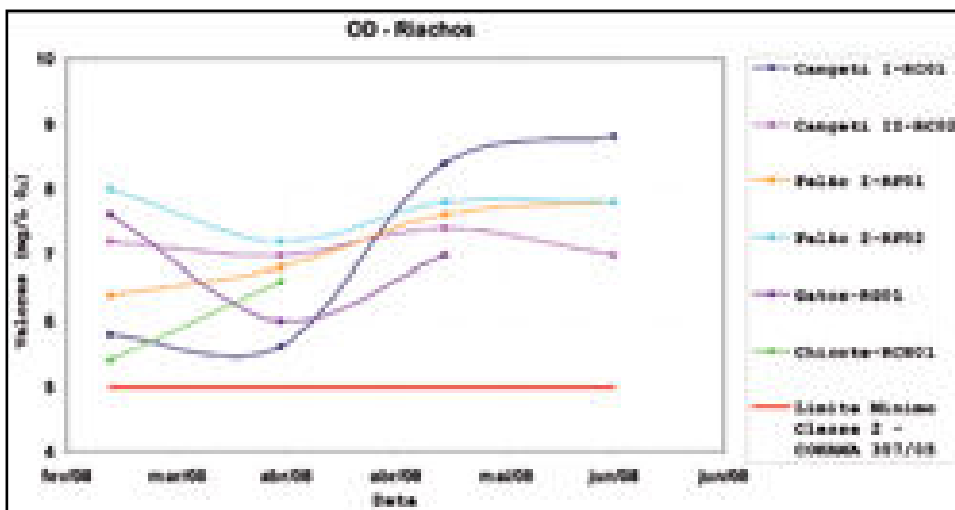


FIGURA 2.31 – Comportamento do OD nos rio/riachos Cangati I, Cangati II, Felão I, Felão II, Gatos e Chicote.

Com relação aos riachos, todos se apresentaram em conformidade com o limite mínimo estabelecido para oxigênio dissolvido (OD) para águas doces, classe 2 da Resolução CONAMA n° 357/2005.

O comportamento do nitrato para os reservatórios e riachos, é mostrado nas Figuras 2.32 a 2.34.

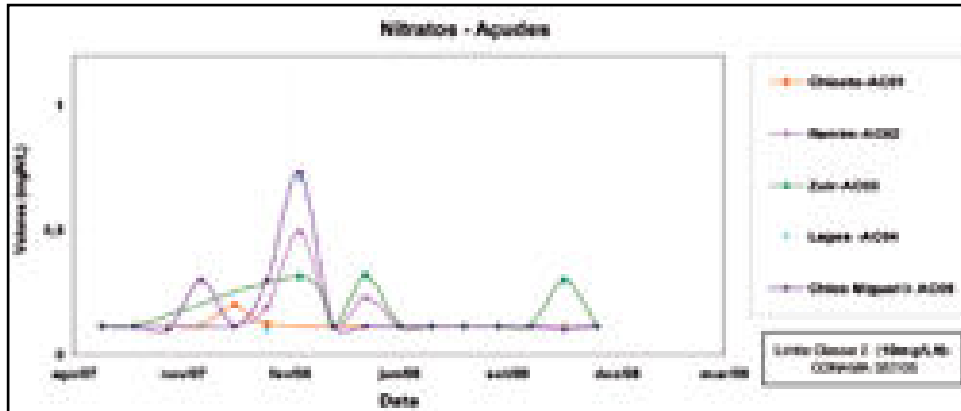


FIGURA 2.32 – Comportamento do nitrato nos Açudes Chicote, Ramin, Zuir, Lages e Chico Miguel I.

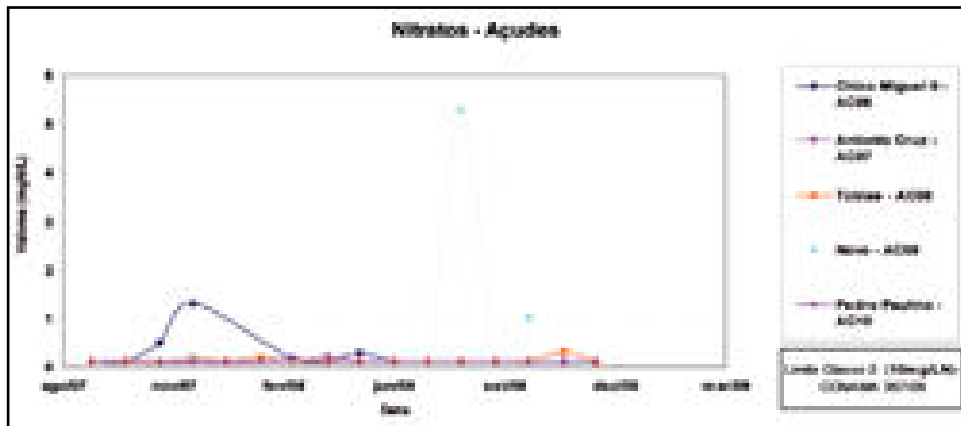


FIGURA 2.33 – Comportamento do nitrato nos açudes Chico Miguel II, Antônio Cruz, Tobias, Novo e Pedro Paulino.

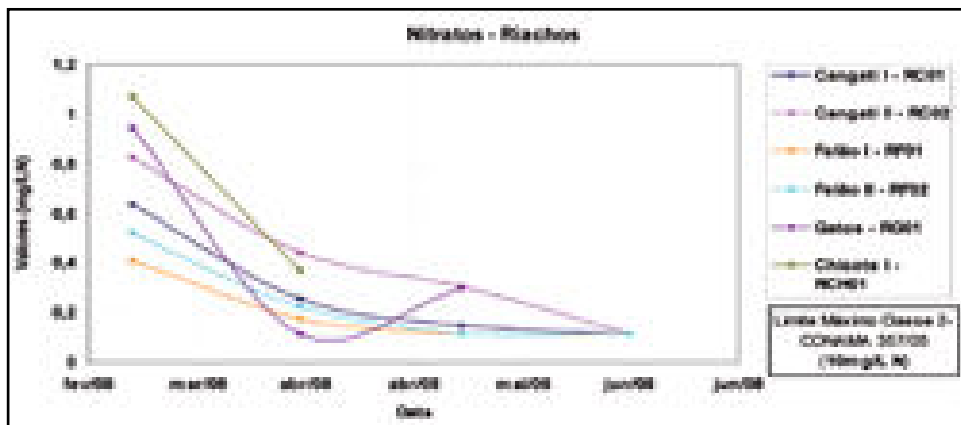


FIGURA 2.34 – Comportamento do nitrato nos rio/riachos Cangati I, Cangati II, Felão I, Felão II, Gatos e Chicote.

Todos os reservatórios e riachos apresentaram-se dentro dos limites estabelecidos para nitrato para ambientes lênticos e lóticos de águas doces, classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005. O nitrato é um dos íons mais encontrados em águas naturais, geralmente ocorrendo em baixos teores nas águas superficiais, mas podendo atingir altas concentrações em águas profundas (AMERICAN PUBLIC ..., 1998).

O comportamento do nitrito nos reservatórios e riachos é mostrado nas Figuras 2.35 a 2.37.

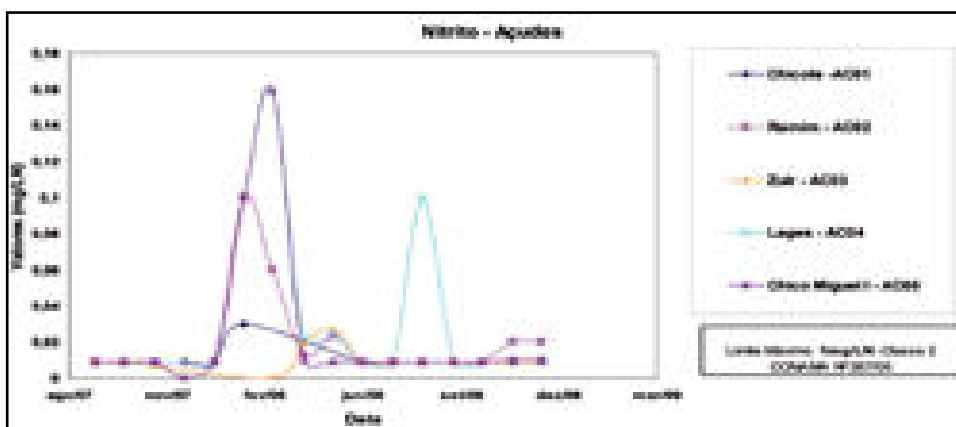


FIGURA 2.35 – Comportamento do nitrito nos Açudes Chicote, Ramin, Zuir, Lages e Chico Miguel I.

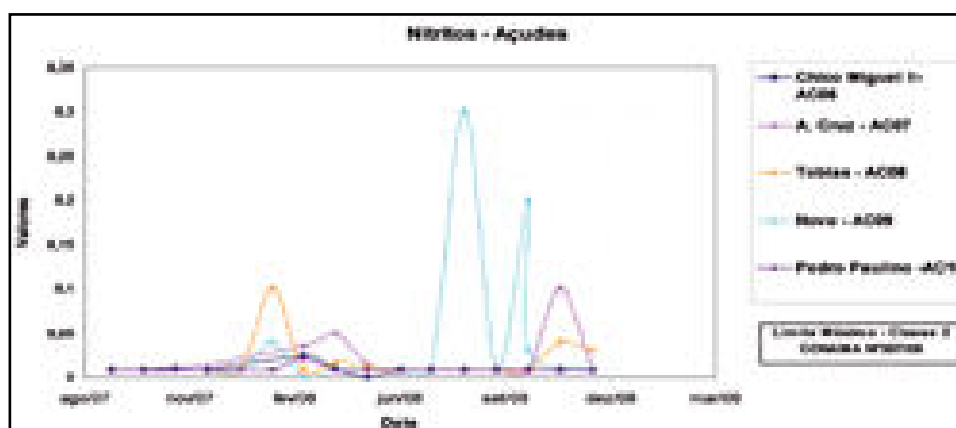


FIGURA 2.36 – Comportamento do nitrito nos açudes Chico Miguel II, Antônio Cruz, Tobias, Novo e Pedro Paulino.

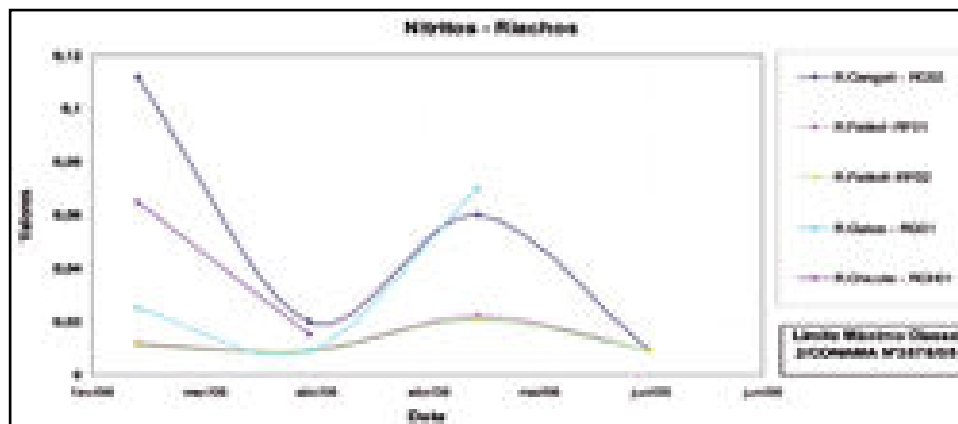


FIGURA 2.37 – Comportamento do nitrito nos rio/riachos Cangati I, Cangati II, Felão I, Felão II, Gatos e Chicote.

Todos os corpos hídricos estudados apresentaram-se dentro dos limites estabelecidos para nitrito para ambientes lânticos e lóticos de águas doces, classe 2 da Resolução CONAMA n° 357/2005. O nitrito é um estado de oxidação intermediário do nitrogênio, tanto na oxidação de amônia para nitrato quanto na redução a nitrato. Tal oxidação e redução podem ocorrer em águas naturais, águas residuárias de estações de tratamento e sistemas de distribuição de água. O nitrito também pode entrar em um sistema de abastecimento de água, por intermédio de seu uso como inibidor de corrosão em água do processo industrial (AMERICAN PUBLIC ..., 1998).

Em lagos, a concentração de nitrito, comparada com os teores de nitrogênio amoniacal e de nitrato, é baixa. Somente em lagos poluídos a concentração de nitrito pode assumir valores significativos (ESTEVES, 1998).

O comportamento da turbidez nos reservatórios e riachos é mostrado nas Figuras 2.38 a 2.40.

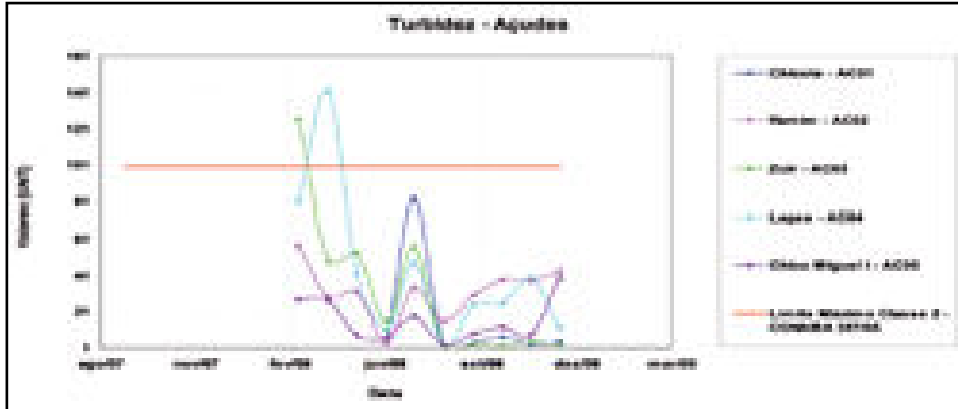


FIGURA 2.38 – Comportamento da turbidez nos açudes Chicote, Ramin, Zuir, Lages e Chico Miguel I.

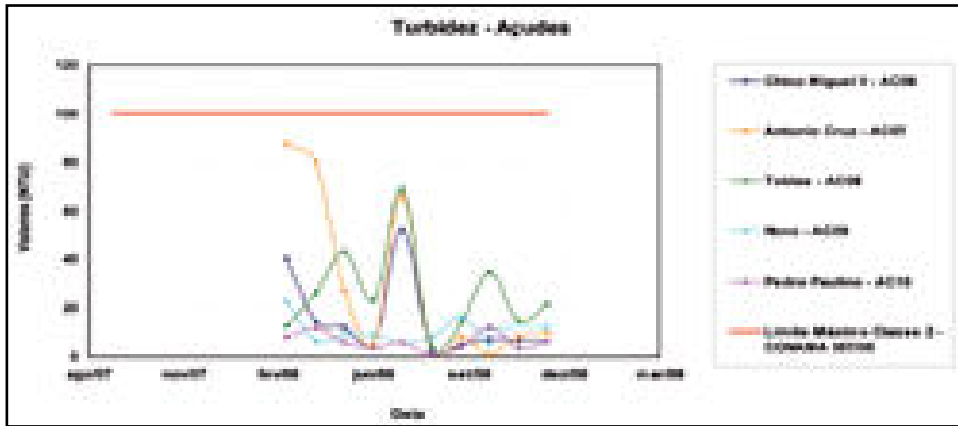


FIGURA 2.39 – Comportamento da turbidez nos açudes Chico Miguel II, Antônio Cruz, Tobias, Novo e Pedro Paulino.

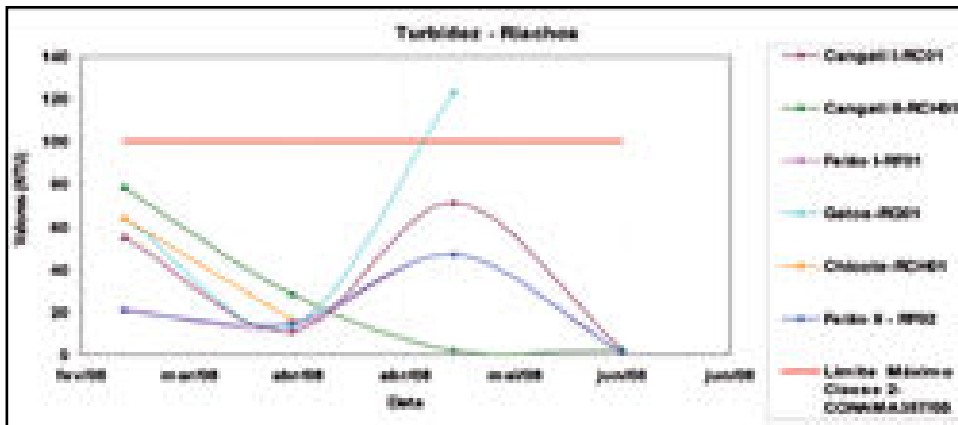


FIGURA 2.40 – Comportamento da turbidez nos rio/riachos Cangati I, Cangati II, Felão I, Felão II, Gatos e Chicote.

Somente os açudes Zuir e Lages e o riacho dos Gatos ultrapassaram o limite máximo para turbidez em águas doces, classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005. A turbidez representa uma propriedade ótica que mede como a água dispersa a luz, sendo esta dispersão elevada com a quantidade de material particulado em suspensão, assim a turbidez aumenta com a carga de sedimento suspenso (TEIXEIRA; SENHORELO, 2000). A turbidez na água é causada pela matéria suspensa e coloidal, como argila, silte, finamente dividida, matéria orgânica e inorgânica, plâncton e outros organismos microscópicos (AMERICAM PUBLIC..., 1998). De acordo com Derísio (1992), a turbidez pode ocorrer naturalmente, em função do processo de erosão, e artificialmente, por lançamento de despejos domésticos e industriais.

Os maiores valores de turbidez, nas amostras analisadas, foram encontrados no período chuvoso, onde o carreamento de sedimentos pela enxurrada eleva os valores de sólidos suspensos e conseqüentemente da turbidez.

O comportamento dos coliformes termotolerantes nos reservatórios e riachos é mostrado nas Figuras 2.41 a 2.43.

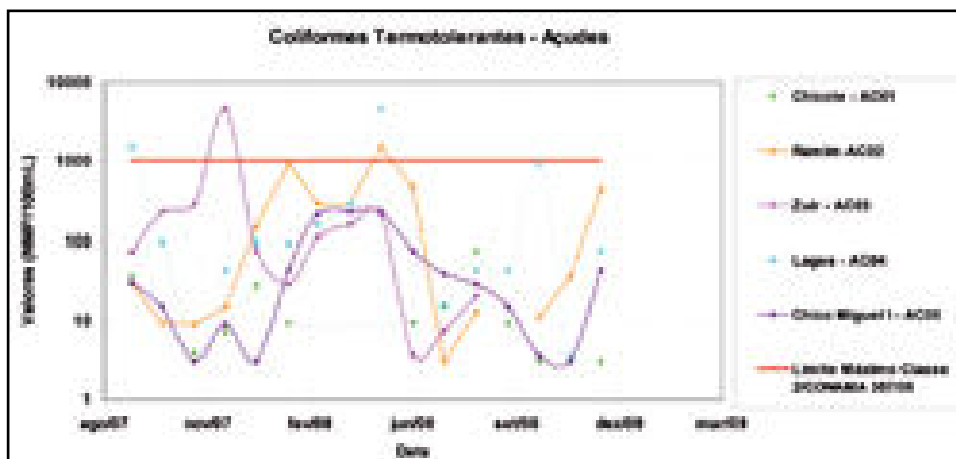


FIGURA 2.41 – Comportamento dos coliformes termotolerantes nos açudes Chicote, Ramin, Zuir, Lages e Chico Miguel I.

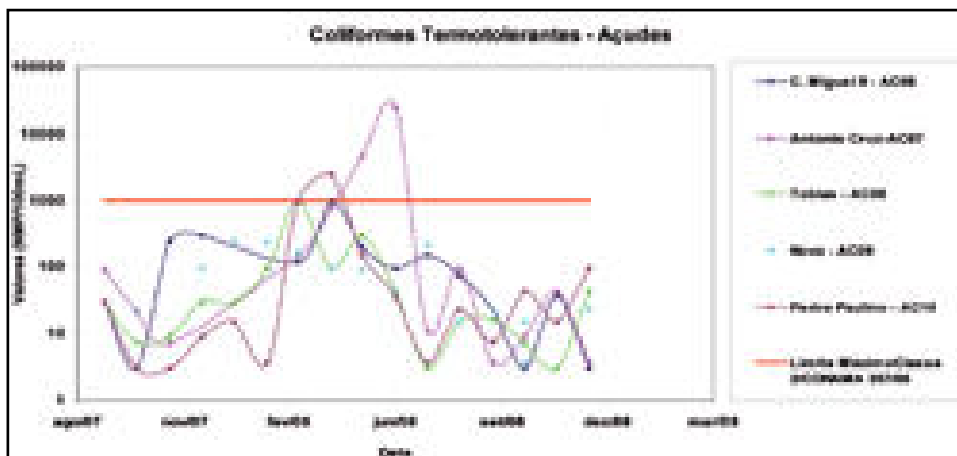


FIGURA 2.42 – Comportamento dos coliformes termotolerantes nos açudes Chico Miguel II, Antônio Cruz, Tobias, Novo e Pedro Paulino.

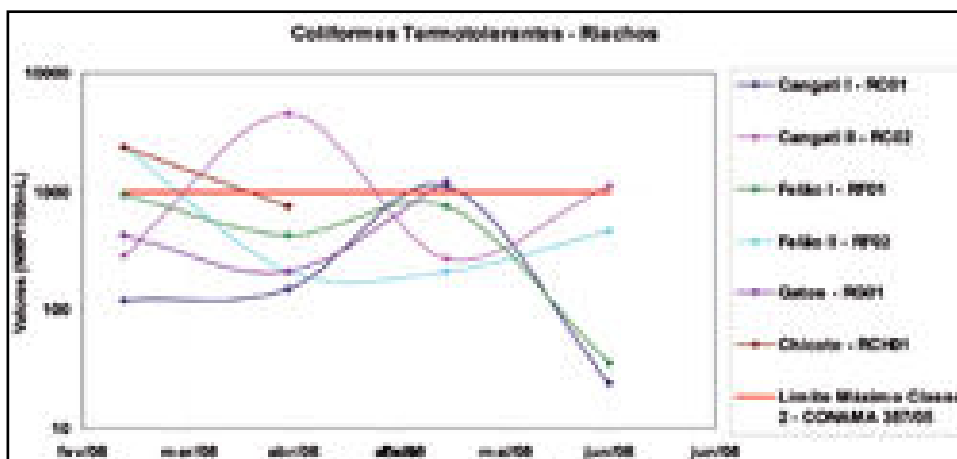


FIGURA 2.43 – Comportamento dos coliformes termotolerantes nos rio/riachos Cangati I, Cangati II, Felão I, Felão II, Gatos e Chicote.

Somente o açude Novo, açude Tobias e o riacho Felão I não ultrapassaram o limite máximo estabelecido para águas classe 2 pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA. Os coliformes termotolerantes, além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal. (Resolução CONAMA nº 357 - BRASIL, 2005).

2.4 – Monitoramento das Águas Subterrâneas

A microbacia do rio Cangati está localizada, como já visto, em área de domínio de rochas cristalinas do Pré-Cambriano Indiviso (vide item 2.2.1). Este ambiente, do ponto de vista da hidrogeologia, não apresenta condições favoráveis para a reservação e disponibilização de águas subterrâneas. O aquífero, constituído por estas rochas (aquífero fraturado) apresenta-se normalmente descontínuo, formando domínios restritos de armazenamento e circulação d'água, além de que frequentemente as águas, aí contidas, apresentam teores de sais acima do tolerado, tanto pelo homem como pelos animais. Assim, apesar de não se constituir em um reservatório hídrico desprezível, a exploração das águas subterrâneas na microbacia do rio Cangati se dá quase que exclusivamente nos aquíferos aluviais.

Os aquíferos aluviais são constituídos por depósitos sedimentares areno-argilosos, de origem fluvial, dispostos ao longo das drenagens. Os depósitos aluvionares apresentam, normalmente, boas condições de recarga (infiltração), armazenamento e fluxo das águas subterrâneas, caracterizando-se, assim, em aquíferos de bom potencial hidrogeológico. Na região semiárida, tem-se empregado várias técnicas, dentre as quais destaca-se a construção de barragens subterrâneas, que aumenta as disponibilidades hídricas desse meio.

Muitos projetos que visam a ampliação da disponibilidade hídrica no Estado, em regiões de predomínio das rochas cristalinas, seja para o abastecimento público, seja para atendimento de empreendimentos econômicos (agrícolas ou industriais), procuram considerar as reservas de águas subterrâneas nos aluviões em suas projeções. Dentre estes, destacam-se os projetos Poços do Sertão e Caminhos de Israel, desenvolvidos pelas Secretarias de Desenvolvimento Rural (SDR) e da Agricultura e Pecuária (SEAGRI) do estado do Ceará. O Projeto Poços do Sertão contempla a construção de mais de 5.000 poços em zonas aluvionares de 101 municípios. O Projeto Caminhos de Israel auxilia os pequenos agricultores na implementação de empreendimentos agrícolas.

Apesar disso, ainda são poucos os estudos que abordam especificamente os aluviões na área de domínio do cristalino. O Plano Estadual dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – Estudos de Base II (SRH-CE, 1992) enfoca pouquíssimo o assunto e, praticamente, não apresenta dados sobre os aluviões no município de Canindé. A Funceme, por intermédio de seu Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (DRHIMA), vem desenvolvendo estudos nesta área desde 1996. Destacam-se, dentre outros, os estudos das características hidráulicas de um trecho do aluvião do rio Mundaú: Projeto “Estudo Integrado da Bacia Hidrográfica do Mundaú – Ceará”, publicado pela Funceme em 1998; de avaliação do potencial hídrico realizados no trecho aluvionar do rio Palhano, em Ibicuitinga/CE; Projeto “Manejo Integrado de Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos Aluviais”, publicado pela Funceme e Universidade Federal do Ceará (UFC), em 1999, os trabalhos: “ Modelagem geométrica de um trecho aluvionar do rio Palhano na comunidade do Chile, no limite dos municípios de Morada Nova e Ibicuitinga–CE”, autoria de Leite et al. (2000) e “Estimativa do potencial hidrogeológico de barragem subterrânea: um estudo de caso”, de Möbus; Andrade e Leite (2001); interação rio-aquífero: projeto “Perdas de Água em Trânsito em Rios Perenizados do Semiárido”, de autoria de Funceme (2002), realizado em trechos do rio Juazeiro, em Coreaú/CE, e de mapeamento e avaliação do potencial hidrogeológico, a âmbito regional, Projetos “Mapeamento e Avaliação do Potencial Hídrico Subterrâneo dos Aluviões em Zonas Semiáridas Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto e SIG”, e Funceme (2007), e “Uso de MDT e Imagens de Satélite para Mapeamento e Avaliação do Potencial Hidrológico dos Pequenos aquíferos Aluviais em Escala Regional”, concluído em 2010.

Com base nessa experiência, foi traçado um plano de abordagem específico para o estudo dos aquíferos aluviais na microbacia, dando ênfase às barragens subterrâneas, construídas no âmbito do subprojeto. Numa primeira fase, foi feito o levantamento das obras de intervenção hídricas (poços e barragens subterrâneas) existentes na microbacia. De posse dessas

informações, foram selecionadas as áreas onde se concentrariam os estudos. Foram realizadas as caracterizações dimensionais e hidráulicas dessas áreas. Numa segunda fase, foi realizado, durante um ano, o monitoramento dos níveis potenciométricos nestes aquíferos, assim como foram coletadas, periodicamente, amostras de água para análises físico-químicas. De posse desses dados, procurou-se modelar o sistema aquífero, no domínio das barragens subterrâneas, com intuito de estimar as reservas hídricas desse meio. A seguir, são apresentados, de forma detalhada, as atividades desenvolvidas, o tratamento dos dados obtidos e os resultados das análises realizadas.

2.4.1 – Mobilização e treinamento do pessoal

Como já mencionado no item 2.2.1, foi realizado um treinamento com pessoas residentes na própria microbacia. Na área da hidrogeologia, o pessoal treinado atuou no monitoramento sistemático dos níveis de água (potenciometria) nos aluviões selecionados, por meio de leituras com sondas elétricas em piezômetros e poços de observações.

2.4.2 – Trabalhos preliminares

Foram selecionados quatro trechos de aluviões a serem estudados, todos associados às barragens subterrâneas existentes, até aquele momento, na microbacia. A Figura 2.44 apresenta a distribuição espacial dessas barragens subterrâneas.

A barragem subterrânea do riacho Chicote está inserida numa região próxima da cabeceira desse riacho e é o trecho aluvionar com menor intervenção antrópica. O trecho aluvionar investigado perfaz menos de 1 km. Segundo informações de moradores da região, as águas do poço da barragem não haviam, ainda, sido aproveitadas para irrigação, por estar normalmente com níveis baixos (pouca água).

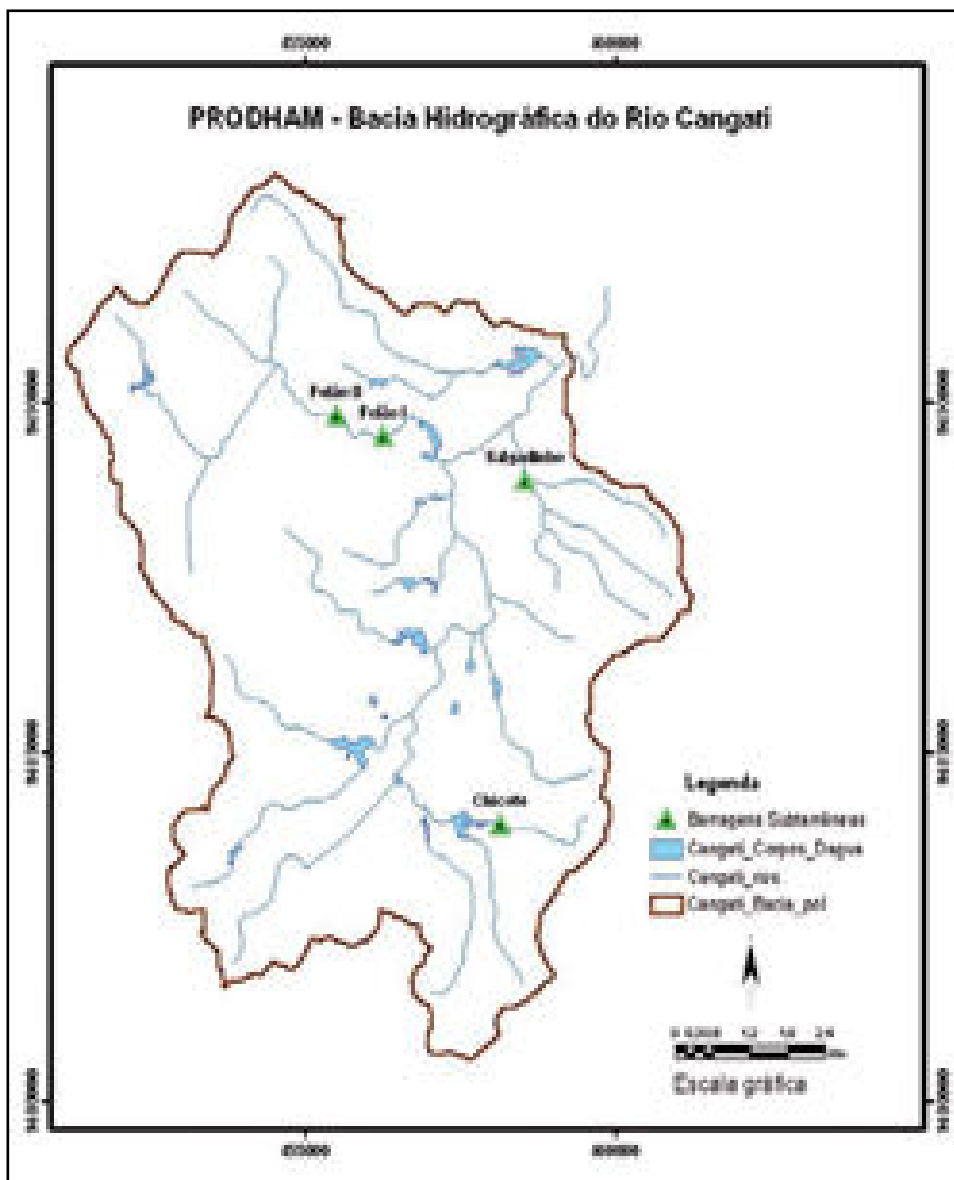


FIGURA 2.44 – Barragens subterrâneas na microbacia do rio Cangati.

A barragem, associada ao riacho Salgadinho, já apresenta uma extensão significativa de aluvião à montante, com zonas de plantio significativas. Foram realizadas sondagens ao longo de 1,8 km. Duas bifurcações foram descartadas, por não apresentarem aluviões significativos do ponto de vista

hidrogeológico, mas que devem ser consideradas na questão de alimentação da drenagem principal. Na metade do primeiro semestre de 2008, foi construída uma segunda barragem subterrânea, 300m à montante da já existente.

Já no riacho Felão, foram construídas duas barragens subterrâneas sucessivas. A barragem subterrânea Felão I foi a primeira a ser construída e, segundo informações verbais, apresentava fuga d'água desde a sua construção, pois "secava" após cada estação chuvosa. A barragem Felão II, construída a menos de 1 km da Felão I, é a que apresenta o aluvião de maior pujança e de forte interferência antrópica (agricultura). Entre essas duas obras há, no leito maior do riacho, um afloramento rochoso.

Os trechos de aluvião, à montante de todas as barragens subterrâneas, tiveram suas características geométricas e hidráulicas levantadas para a caracterização do potencial hidrogeológico do aquífero aluvial, associado a cada barragem. A seguir, são descritos as atividades realizadas e os dados obtidos nesta fase da pesquisa.

2.4.2.1 – Parametrização geométrica dos trecho aluvionares estudados

A parametrização geométrica dos trechos de aluvião consistiu na definição do contorno dessas formações, com auxílio de DGPS, e na execução de sondagens ao longo dos corpos aluvionares, até onde a espessura dos aluviões permitiam caracterizar estes depósitos como ente aquífero. Os principais elementos geométricos, levantados em campo, foram a espessura do pacote sedimentar aluvionar e a largura da seção transversal dos mesmos. A largura foi tomada diretamente com auxílio de uma trena. Para a determinação da espessura, foram realizados furos de sondagens a trado.

a) Definição dos contornos dos aluviões

Foram definidos os contornos dos corpos aluvionares à montante

de cada uma das quatro barragens subterrâneas. Os levantamentos se estenderam até onde os depósitos aluvionares apresentavam elementos, tais como largura e espessura, que os caracterizavam como unidades aquíferas e cujo fluxo das águas subterrâneas estariam sob influência das respectivas barragens subterrâneas.

O levantamento foi realizado com o emprego de um DGPS Promark 3, cuja precisão, em modo caminhamento, é milimétrica. Nos locais onde havia uma grande cobertura vegetal, a ponto de prejudicar a recepção de satélites, utilizou-se uma estação total (Leica TC605-L). Foi o caso de grande parte do levantamento do aluvião do riacho Salgadinho.

A Figura 2.45 apresenta, de forma esquemática, os contornos dos aluviões das quatro barragens, com curvas de níveis geradas a partir desse mesmo levantamento.

b) Estimativa das espessuras e das fácies litologias dos aluviões

Em cada um dos quatro aluviões selecionados, foram realizadas investigações de subsuperfície, através de sondagens a trado, para a definição das espessuras e a caracterização dos sedimentos que preferencialmente compõem os depósitos.

Cada furo de sondagem a trado teve seu perfil litológico descrito. O material extraído do furo era depositado de forma ordenada no solo para análise e descrição, sendo observadas as seguintes características: profundidade, granulometria, presença de finos ou de material mais grosseiro, cor, teor de umidade e, quando possível, composição provável e material de alteração. A Foto 2.19 apresenta algumas das fases envolvidas em cada sondagem. Para a realização das sondagens, foram empregados trados especialmente confeccionados para atuarem em terrenos arenosos (FOTO 2.20).

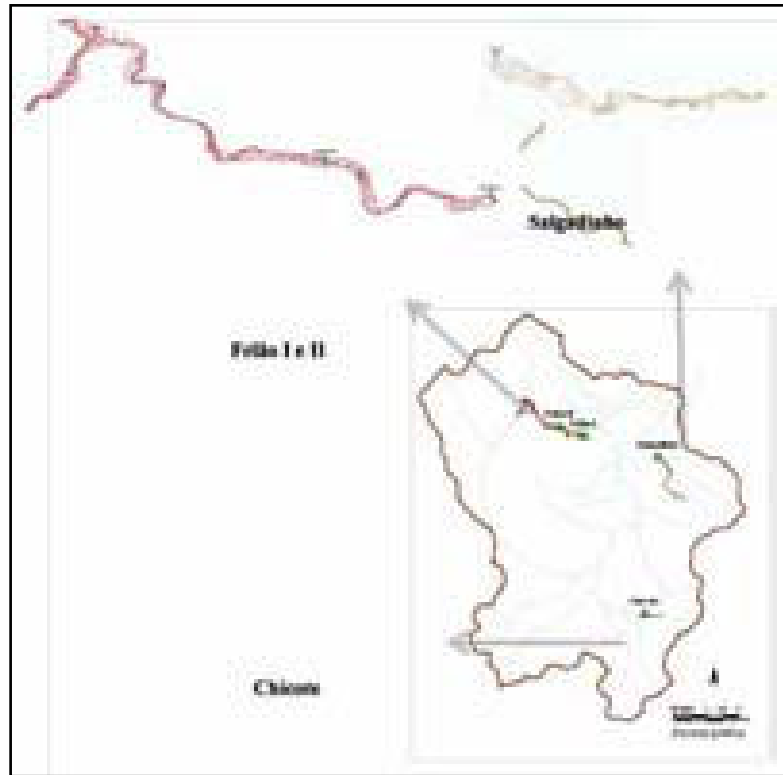


FIGURA 2.45 – Contorno dos aluviões associados às barragens subterrâneas na microbacia do rio Cangati.



FOTO 2.19 – Etapas de uma sondagem a trado durante os trabalhos de campo.



FOTO 2.20 – Equipamentos utilizados nas sondagens dos aluviões: (a) – coletor de pedras; (b) – copo para areia seca; (c) – rompedor; e (d) – copo para material argiloso.

As Figuras 2.46 a 2.48 apresentam a distribuição das sondagens em cada um dos trechos. As últimas sondagens realizadas no aluvião do riacho Salgadinho (FIGURA 2.4.6) tiveram o objetivo de somente verificar as características geométricas do aluvião, mesmo fora do domínio da barragem subterrânea, para uma possível indicação de uma futura barragem subterrânea. O mesmo aconteceu nos riachos Felão e Salgadinho.

Nas Tabelas 2.27 a 2.29, são apresentados os valores de profundidade absoluta obtidos em cada sondagem, para cada trecho estudado. Nessas tabelas, além das coordenadas do furo, são apresentadas também a litologia predominante e a cota relativa do ponto, tanto da base como do topo. As Figuras 2.49 a 2.51 mostram, além dos perfis simplificados, as espessuras, estimadas a partir das sondagens dos corpos aluvionares de cada um dos trechos estudados.



FIGURA 2.46 – Localização das sondagens a trado no aluvião da B.S. do Riacho Chicote.



FIGURA 2.47 – Localização das sondagens a trado no aluvião das B.S. do riacho Felão

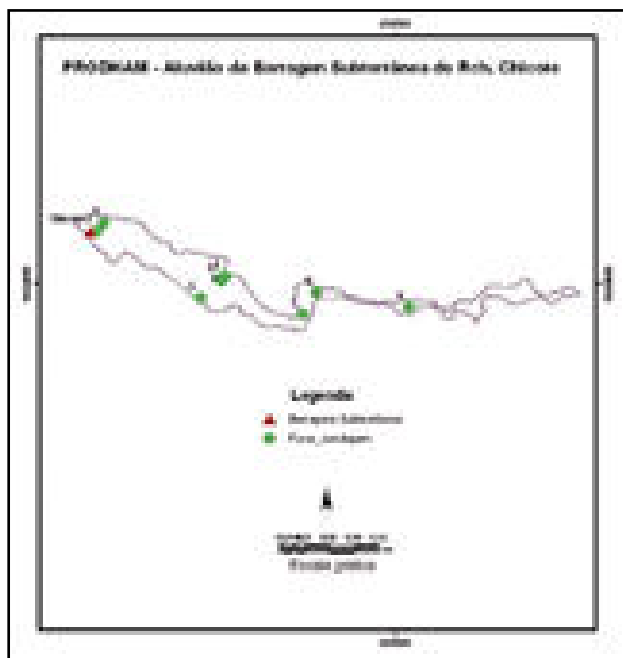


FIGURA 2.48 – Localização das sondagens a trado no aluvião da B.S. do riacho Salgadinho.

TABELA 2.27 – Dados das sondagens a trado – riacho Chicote

Furos de sondagens – Barragem Subterrânea do Riacho Chicote							
Nº Sondagem*	Coordenadas		Cota do Terreno (m)	Profundidade (m)	Cota de fundo (m)	Largura (m)	Tipo litológico predominante
	N	L					
1 (1)	458151	9484074	284,09	4,4	279,69	39,60	Areia média a grossa
2 (2)	458144	9484065	284,33	3,9	280,43	39,60	Areia média a grossa
3 (3)	458293	9484005	289,64	3,27	286,37	57,14	Areia média a grossa
4 (4)	458297	9484009	289,26	4,07	285,19	57,14	Areia grossa
5 (3.2)	458267	9483983	289,26	2,03	285,99	57,14	Areia fina
6 (PZ)	458290	9484007	288,76	3,76	284,79	57,14	Areia média a grossa
7 (5)	458390	9483963	295,6	3,27	292,33	17,92	Areia grossa
8 (6)	458406	9484002	301,97	2,73	299,24	12,15	Areia média a grossa
9 (7)	458517	9483972	291,18	2,17	289,01	14,56	Areia grossa

* - Entre parenteses, numeração correspondente as fichas de campo

TABELA 2.28 – Dados das sondagens a trado – riacho Felão

Furos de sondagens – Barragens Subterrâneas do Riacho Felão							
Nº Sondagem*	Coordenadas		Cota do Terreno (m)	Profundidade (m)	Cota de fundo (m)	Largura (m)	Tipo litológico predominante
	N	L					
Felão I							
10 (PZ)	456280	9489595	241,64	4,61	237,03	25,20	Areia média
11 (1)	456094	9489636	242,89	5,19	237,7	51,95	Areia fina
12 (2)	456264	9489581	241,91	3,90	238,01	51,95	Areia grossa
13 (3)	456150	9489577	243,84	3,90	239,94	79,70	Areia grossa
14 (PZ)	456137	9489544	247,43	4,40	243,03	79,70	Areia média a grossa
15 (5)	455838	9489567	245,72	3,65	242,07	15,33	Areia média a grossa
16 (6)	455714	9489602	248,46	3,47	244,99	20,46	Areia fina
17 (7)	455652	9489772	251,57	3,46	248,11	38,65	Areia fina
Felão II							
18 (1)	455500	9489822	250,37	3,69	246,68	42,49	Areia média a grossa
19 (PZ)	455536	9489816	249,43	2,10	247,33	19,51	Areia grossa
20 (2)	455482	9489814	249,47	2,10	247,37	42,49	Areia grossa
21 (PZ)	455355	9489845	250,52	3,28	247,24	43,94	Areia grossa
22 (3)	455346	9489855	251,59	2,65	248,94	43,94	Areia grossa
23 (5)	455039	9489863	253,64	3,82	249,82	28,95	Areia média a grossa
24 (7)	455111	9489837	254,49	1,25	253,24	24,75	Areia fina
25 (6)	455086	9489851	251,11	1,78	249,33	28,95	Areia grossa
26 (8)	455000	9489911	253,78	2,51	251,27	37,56	Areia média a grossa
27 (9)	454973	9490004	252,84	2,87	249,97	25,57	Areia grossa
28 (10)	454816	9490104	253,94	2,91	251,03	18,23	Areia grossa
29 (11)	454734	9490253	255,11	2,87	252,24	24,13	Areia grossa
30 (12)	454654	9490314	256,5	3,15	253,35	19,00	Areia média a grossa
31 (13)	454669	9490467	256,07	3,15	252,92	25,62	Areia média a grossa
32 (14)	454458	9490568	257,72	2,70	255,02	21,20	Areia grossa
33 (15)	454450	9490586	258,27	3,20	255,07	21,20	Areia média a grossa
34 (16)	454301	9490284	260,37	2,45	257,92	28,55	Areia média a grossa
35 (17)	454152	9490173	262,91	2,37	260,54	22,45	Areia grossa

* - Entre parênteses, numeração correspondente as fichas de campo

TABELA 2.29 – Dados das sondagens a trado – riacho Salgadinho

Furos de sondagens – Barragem Subterrânea do Riacho Salgadinho							
Nº Sondagem*	Coordenadas		Cota do Terreno (m)	Profundidade (m)	Cota de fundo (m)	Largura (m)	Tipo litológico predominante
	N	L					
36 (PZ)	458529,9	9488863,6	234,5	2,1	232,4	22,75	Areia fina
37 (1)	458525,9	9488843,9	234,75	2,11	232,64	18,45	Areia fina
38 (3)	458699,4	9488744,6	235,82	2,55	233,27	25,50	Areia média a grossa
39 (2)	458676,9	9488738	235,6	2,17	233,43	25,50	Areia fina
40 (4)	458750,3	9488664,2	236,39	2,91	233,48	19,53	Areia fina
41 (5)	458809,3	9488521,5	237,97	1,98	235,99	15,70	Areia grossa
42 (6)	458821,2	9488503,3	238,19	1,98	236,21	31,77	Areia média a grossa
43 (7)	458936,7	9488441,8	239,87	2,69	237,18	22,01	Areia fina
44 (8)	458887,5	9488418,8	240,28	2,1	238,18	22,24	Areia média a grossa
45 (9)	458866,9	9488253,6	241,79	1,69	240,1	18,25	Areia fina
46 (10)	459055,4	9487706,4	255,89	1,9	253,99	12,75	Areia média
47 (11)	459094,1	9487637,3	257,6	1,71	255,89	14,53	Areia média
48 (12)	459314,4	9487579	264,27	1,8	262,47	17,47	Areia fina
49 (13)	459331,2	9487528,8	263,37	1,45	261,92	9,87	Areia fina

* - Entre parênteses, numeração correspondente as fichas de campo

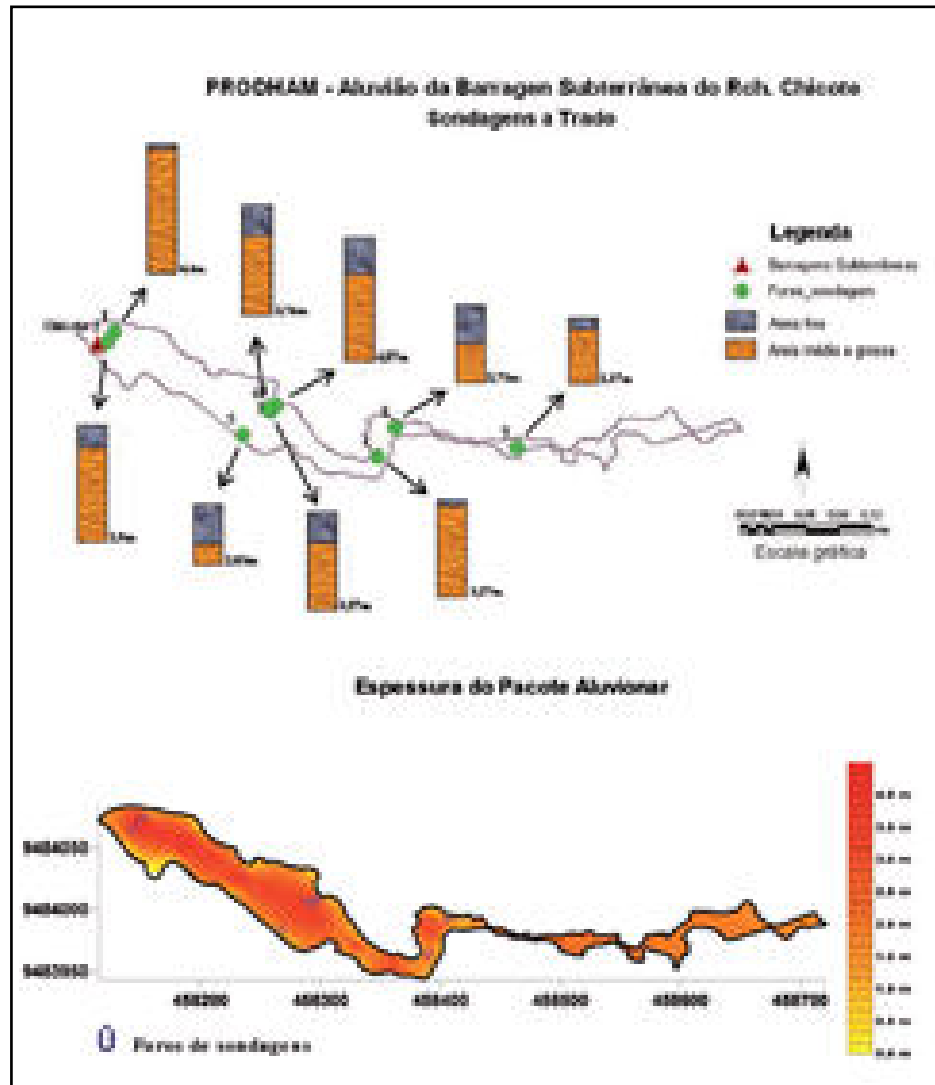


FIGURA 2.49 – Sondagens a trado e espessura estimada do aluvião da B.S. do riacho Chicote.

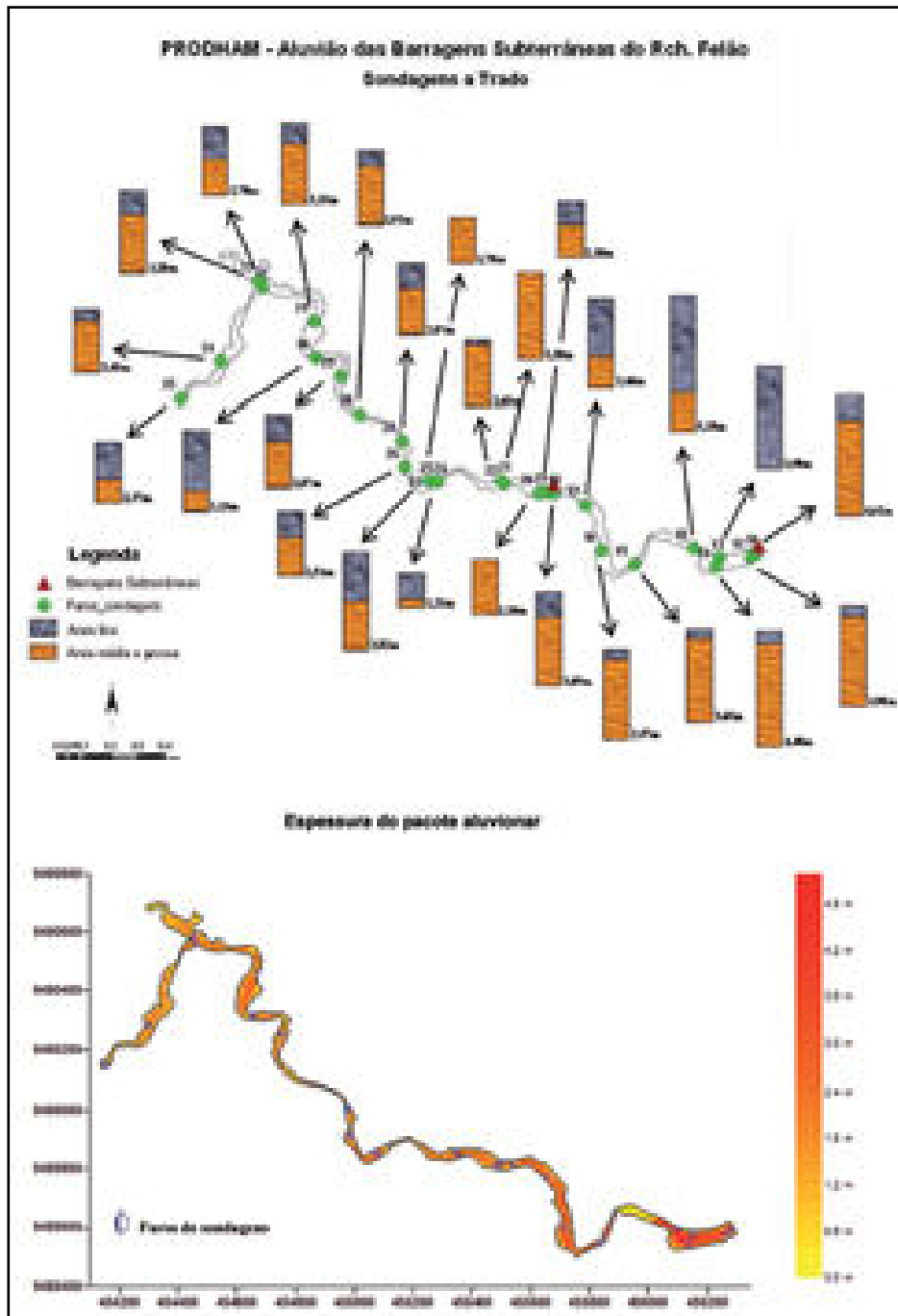


FIGURA 2.50 – Sondagens a trado e espessura estimada do aluvião das B.S. do riacho Felão.

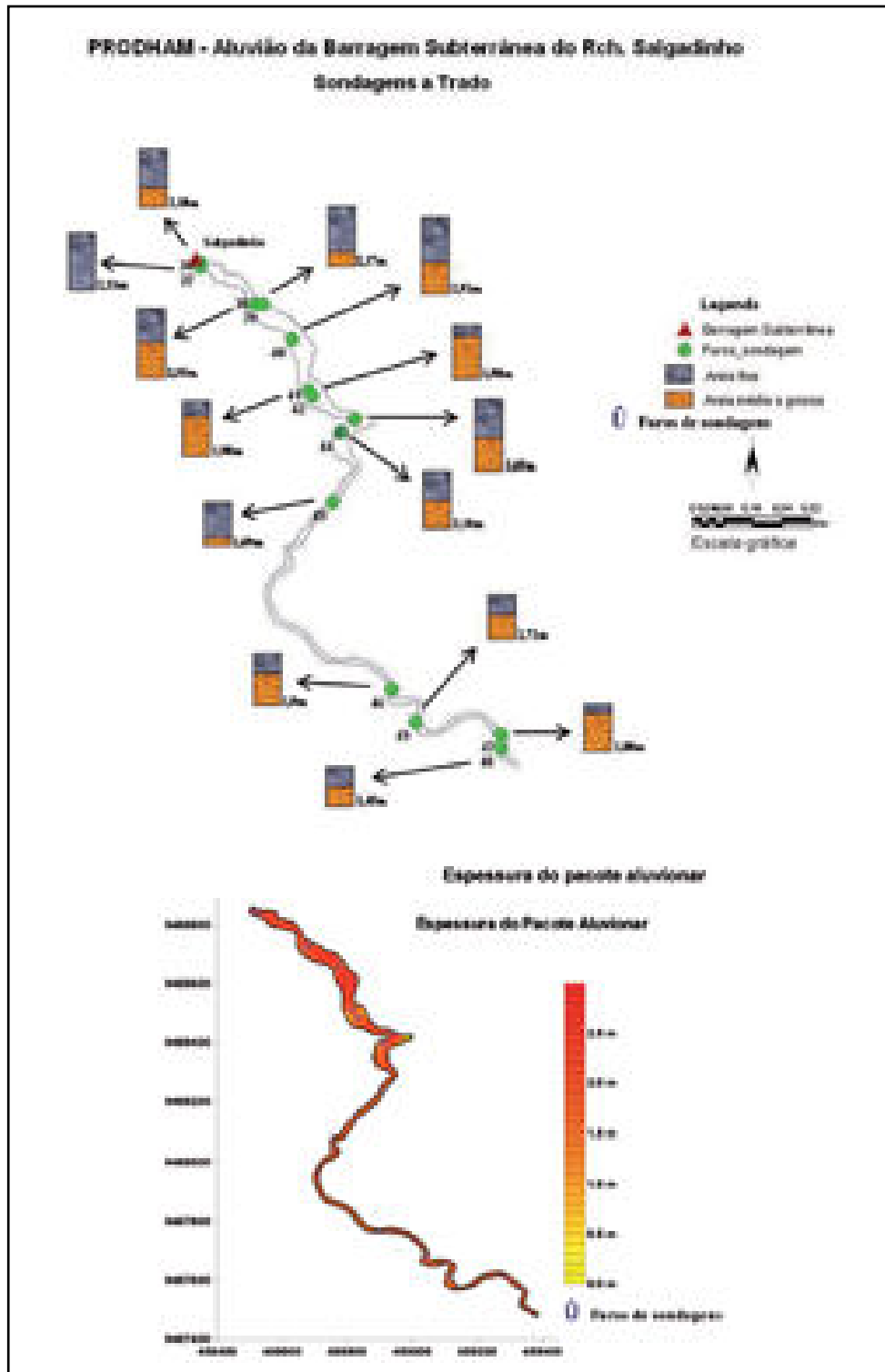


FIGURA 2.51 – Sondagens a trado e espessura estimada do aluvião das B.S. do riacho Salgadinho

2.4.2.2 – Parametrização hidráulica dos trechos aluvionares estudados

Em paralelo aos trabalhos de caracterização geométrica dos trechos aluvionares, foram realizados ensaios em campo para a parametrização hidráulica desses aluviões. Para a execução desses ensaios foram utilizados os seguintes materiais:

- cronômetro & GPS;
- aparelho medidor de níveis d'água em poço; e
- reservatórios de água.

Nas seções onde foram feitas as sondagens a trado, também foram realizados ensaios de estimativa da condutividade hidráulica do meio aluvionar. Por haver níveis mais ou menos permeáveis ao longo de um perfil vertical de um aluvião, e as sondagens exploraram pacotes de aluviões das mais variadas espessuras, optou-se por realizar os ensaios sempre a uma mesma profundidade (1m), buscando assim uma padronização na amostragem.

O método empregado foi o de Pourche, também conhecido por “método do poço invertido”, que é empregado em solos sem a presença do lençol freático. A técnica consiste em abrir um furo a trado e, após saturar a espessura a ser analisada, medir a relação tempo x rebaixamento após o enchimento do furo com água. O ensaio deve ser repetido, no mínimo, por três vezes. O aparelho medidor (FIGURA 2.52) foi confeccionado segundo as orientações apresentadas no Manual de Ensaios de Laboratório e Campo para Irrigação e Drenagem (CAUDURO; DORFMAN, 1988).

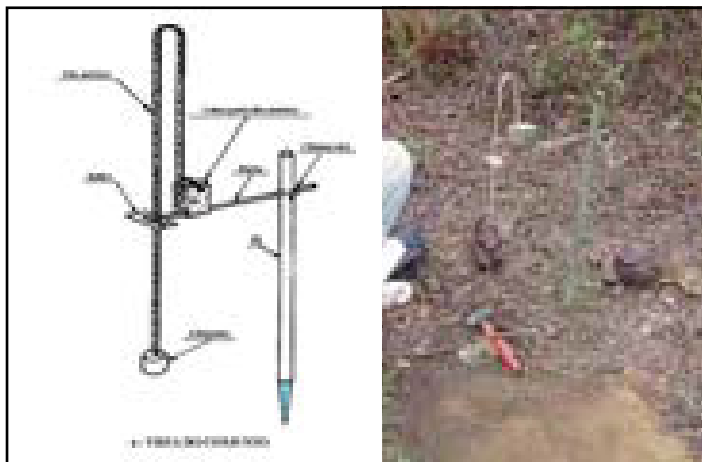


FIGURA 2.52 – Desenho esquemático e foto do medidor de nível d'água

Os dados coletados no ensaio devem ser plotados em um gráfico monolog $(h_i + r/2) \times t$. A Figura 2.53 mostra as variáveis envolvidas.

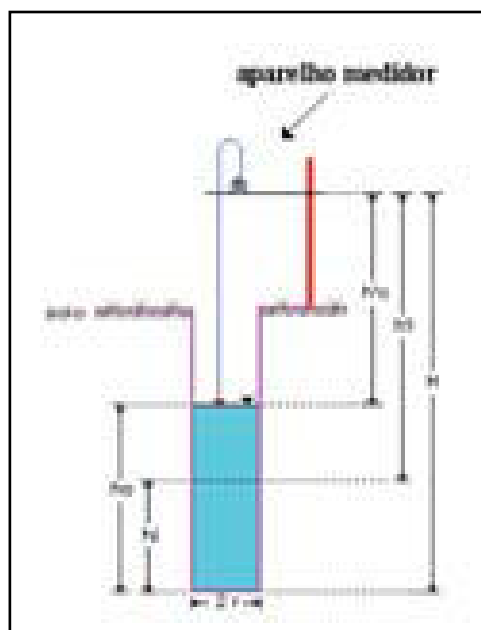


FIGURA 2.53 – Variáveis envolvidas na estimativa da permeabilidade

Assim, a condutividade hidráulica pode ser obtida através da equação:

$$K = 1,15r \frac{\log(h_i(1) + r/2) - \log(h_i(2) + r/2)}{u(2) - u(1)}$$

onde:

- K = condutividade hidráulica (m/dia);
 R = raio do poço (cm);
 $hi(1) + r/2$ = altura correspondente a um dado ponto da reta interpolatriz (cm)
 $hi(2) + r/2$ = altura correspondente a um segundo ponto da reta interpolatriz (cm);
 $ti(1)$ e $ti(2)$ = tempos correspondentes a primeira e segunda leituras de níveis na reta (cm).

As Tabelas 2.30 a 2.32 apresentam os valores característicos das condutividades hidráulicas (K), estimadas a partir dos ensaios de campo nos respectivos trechos de aluvião estudado. Como intervalo de valores da condutividade hidráulica usou-se os sugeridos pelo U.S. Bureau of Plant Industry and Agricultural Engineering (CAUDURO; DORFMAN, 1988). (TABELA 2.33).

TABELA 2.30 – Condutividade hidráulica (K) do aluvião do riacho Chicote

Valores Característicos da Condutividade Hidráulica (K) – Riacho Chicote					
Ensaio / Sondagem	Coordenadas		Profundidade (m)	K (cm/h)	Classe
	N-S	L-O			
01/01	458144	9484065	0,97	3,38	moderada
02/04	458290	9484007	1,05	2,42	moderada
04/08	458407	9484003	0,80	2,28	moderada
Valor médio				2,69	moderada

TABELA 2.31 – Condutividade hidráulica (K) do aluvião do riacho Felão

Valores Característicos da Condutividade Hidráulica (K) – Riacho Felão					
Ensaio / Sondagem	Coordenadas		Profundidade (m)	K (cm/h)	Classe
	N-S	L-O			
FELÃO I					
01/11	456256	9489609	0,94	2,15	Moderada
02/15	455838	9489567	0,96	7,47	Moderadamente rápida
FELÃO II					
01/18	455500	9489822	0,99	4,34	Moderada
02/20	455337	9489861	1,07	3,08	Moderada
03/22	455069	9489861	0,73	10,58	Moderadamente rápida
04/26	454997	9489916	0,80	8,09	Moderadamente rápida
05/23	454962	9490004	1,05	11,07	Moderadamente rápida
06/28	454816	9490107	0,98	15,13	Rápida
07/35	454152	9490173	1,00	6,76	Moderadamente rápida
08/33	454450	9490586	1,03	3,91	Moderada
Valor médio				6,87	Moderadamente rápida

TABELA 2.32 – Condutividade hidráulica (K) do aluvião do riacho Salgadinho

Valores Característicos da Condutividade Hidráulica (K) – Riacho Chicote					
Ensaio / Sondagem	Coordenadas		Profundidade (m)	K (cm/h)	Classe
	N-S	L-O			
01/47	459087	94877628	0,87	6,76	Moderadamente rápida
02/46	459054	9487701	0,92	5,24	Moderada
03/48	459320	9487572	0,95	3,97	Moderada
04/49	459336	9487537	0,94	3,56	Moderada
05/44	458890	9488415	0,99	10,61	Moderadamente rápida
06/43	458935	9488442	0,93	8,78	Moderadamente rápida
07/41	458804	9488529	0,84	6,38	Moderadamente rápida
08/40	458749	9488668	0,96	2,7	Moderada
09/39	458680	9488744	0,99	6,84	Moderadamente rápida
10/45	458862	9488238	0,95	11,01	Moderadamente rápida
Valor médio				6,58	Moderadamente rápida

TABELA 2.33 – Classes de condutividade hidráulica (U.S. Bureau of Plant Industry and Agricultural Engineering).

CLASSES	SIGLA	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA - K (cm/h)
1 – Muito lenta	MLL	< 0,13
2 – Lenta	L	0,13 a 0,51
3 – Moderadamente lenta	ML	0,51 a 2,00
4 – Moderada	M	2,00 a 6,30
5 – Moderadamente rápida	MR	6,30 a 12,70
6 – Rápida	R	12,70 a 25,40
7 – Muito rápida	MRR	> 25,40

Os valores da condutividade hidráulica (K) no aluvião do riacho Chicote mostraram-se uniformes, com valores relativamente baixo para este tipo de depósito. Já os valores de K do aluvião do riacho Felão, nos dois trechos estudados, variaram de moderadas a moderadamente rápidas, classificações coerente com o tipo de material predominante nas camadas superficiais (até 1m) da maioria das sondagens realizadas. No

riacho salgadinho, a condutividade hidráulica também apresentou valores relativamente altos, condizentes com o tipo de material ensaiado (areia), e mostrando haver um nítido aumento positivo neste parâmetro hidráulico à medida que se aproxima das barragens subterrâneas.

2.4.3 – Monitoramento das águas subterrâneas (coleta sistemática de dados)

Em relação as águas subterrâneas na microbacia do rio Cangati, foram realizados o monitoramento dos níveis potenciométricos e a coleta sistemática de amostra d'água em poços de observação nos trechos de aluvião, associados às barragens subterrâneas, assim como também foram coletadas amostras de água subterrâneas em poços existentes no aluvião do rio Cangati, não associadas às barragens subterrâneas. A seguir, são apresentados os dados obtidos nestes monitoramentos, com a análise e algumas considerações sobre o conjunto de dados.

2.4.3.1 – Monitoramento dos níveis potenciométricos

O monitoramento das águas subterrâneas, nos trechos aluvionares selecionados, foi realizado no período de fevereiro a novembro de 2008, quando encerrou-se as atividades de campo do subprojeto. Antes disso, não foi possível realizar leituras de níveis d'água nos piezômetros e poços, pelo fato de estarem secos.

O monitoramento foi realizado com auxílio de um medidor de nível eletrônico e trena. Os pontos selecionados para o monitoramento em cada trecho de aluvião foram definidos em função da posição em relação às barragens subterrâneas. Assim, foram selecionados, em cada trecho, um ponto à montante da barragem (piezômetro a montante), um ponto à jusante (piezômetro à jusante) e um na própria barragem (poço tipo caçimba). A Tabela 2.34 mostra as coordenadas dos pontos selecionados em cada trecho, assim como os níveis d'água, do ponto de vista de profundidade e de carga hidráulica, observados no período de monitoramento.

As Figuras 2.54 a 2.57 mostram estas mesmas informações (a – carga hidráulica; b – profundidade dos níveis) de forma gráfica. Observa-se que, em todas as barragens, o comportamento (padrão) dos níveis d'água, tanto à montante como à jusante, foram semelhantes. O que variou foi a amplitude dessas oscilações. Percebe-se claramente que os níveis subirão, de forma mais expressiva, na porção à montante das barragens (poço e piezômetro a montante) que na porção à jusante, o que mostra a eficiência da obra de barramento (barragem subterrânea) na reservação das águas subterrâneas, sem comprometer de forma significativa, o fluxo natural desse recurso hídrico.

TABELA 2.34 – Dados do monitoramento das cargas potenciométricas nos trechos aluvionares selecionados

Coordenadas		Ponto de Observação	Cota (m)	Altura Externa da Coluna (m)	Dados de Potenciometria							
X	Y				Datas							
					27/02/08		17/03/08		01/04/08		09/04/08	
		Prof. (m)	Carga Hidra. (m)	Prof. (m)	Carga Hidra. (m)	Prof. (m)	Carga Hidra. (m)	Prof. (m)	Carga Hidra. (m)			
458290	9484007	Chicote – Piez. Montante	288,76	0,64	4,56	284,84	3,07	286,33	1,13	288,27	1,19	288,21
458139	9484067	Chicote – Poço Barragem	284,33	0,78	4,42	280,7	1,91	283,2	0,92	284,2	0,99	284,13
458121	9484068	Chicote – Piez. Jusante	284,09	0,64	2,56	282,17	2,19	282,54	1,21	283,52	1,32	283,41
455352	9489851	Felão I – Piez. Montante	250,52	0,72	3,22	248,02	1,51	249,73	1,47	249,77	1,6	249,64
456262	9489601	Felão I – Poço Barragem	241,87	0,29	2,9	239,26	0,71	241,45	0,54	241,62	0,6	241,56
455536	9489816	Felão I – Piez. Jusante	249,43	0,58	2,55	247,46	1,14	248,87	1,07	248,94	1,09	248,92
456094	9489636	Felão II – Piez. Montante	242,89	0,60					1	242,49	1,09	242,4
455511	9489807	Felão II – Poço Barragem	250,37	0,74	4,31	246,8	0,97	250,14	0,74	250,37	0,89	250,22
456280	9489595	Felão II – Piez. Jusante	241,87	0,64	5,2	237,31	0,99	241,52	0,84	241,67	0,89	241,62
458527	9488866	Salgadinho – Piez. Mont.	234,5	0,67	2,73	232,44	0,99	234,18	1,55	233,62	1,71	233,46
458648	9488767	Salgadinho – Poço (B. Nova)	235,49	1,12	4,58	232,03	2,35	234,27	0,92	235,7	1,29	235,33
458487	9488895	Salgadinho – Piez. Jus.	234,71	0,68	2,68	232,72	1,64	233,76	2,03	233,37	2,17	233,23
458530	9488886	Salgadinho – Poço (B. Velha)	233,88	0,69	3,11	231,46	3,25	231,33	1,27	233,31	0,89	233,69

(continua)

RECURSOS HÍDRICOS

(continuação)

Coordenadas		Ponto de Observação	Cota (m)	Altura Externa da Coluna (m)	Dados de Potenciometria							
X	Y				Datas							
					27/02/08		17/03/08		01/04/08		09/04/08	
		Prof. (m)	Carga Hidra. (m)	Prof. (m)	Carga Hidra. (m)	Prof. (m)	Carga Hidra. (m)	Prof. (m)	Carga Hidra. (m)			
458290	9484007	Chicote – Piez. Montante	288,76	0,64	1,19	288,21	1,22	288,18	1,15	288,25	1,24	288,16
458139	9484067	Chicote – Poço Barragem	284,33	0,78	1,05	284,07	1,1	284,02	0,89	284,23	1,11	284,01
458121	9484068	Chicote – Piez. Jusante	284,09	0,64	1,29	283,44	1,39	283,34	1,14	283,59	1,16	283,57
455352	9489851	Felão I – Piez. Montante	250,52	0,72	1,5	249,74	1,58	249,66	1,51	249,73	1,59	249,65
456262	9489601	Felão I – Poço Barragem	241,87	0,29	0,6	241,56	0,66	241,5	1,61	240,55	0,72	241,44
455536	9489816	Felão I – Piez. Jusante	249,43	0,58	1,09	248,92	1,16	248,85	1,1	248,91	1,2	248,81
456094	9489636	Felão II – Piez. Montante	242,89	0,60	1,06	242,44	1,18	242,32	1,07	242,42	1,23	242,27
455511	9489807	Felão II – Poço Barragem	250,37	0,74	0,79	250,32	0,99	250,12	0,82	250,29	1	250,11
456280	9489595	Felão II – Piez. Jusante	241,87	0,64	0,9	241,61	0,97	241,54	0,89	241,62	0,99	241,52
458527	9488866	Salgadinho – Piez. Mont.	234,5	0,67	1,6	233,57	1,76	233,41	1,86	233,31	1,94	233,23
458648	9488767	Salgadinho – Poço (B.Nova)	235,49	1,12	1,29	235,33	1,34	235,28	1,35	235,27	1,39	235,23
458487	9488895	Salgadinho – Piez. Jus.	234,71	0,68	2,08	233,32	2,2	233,2	2,23	233,17	2,27	233,13
458530	9488886	Salgadinho – Poço (B. Velha)	233,88	0,69	0,84	233,74	0,98	233,6	1,06	233,52	1,15	233,43
458290	9484007	Chicote – Piez. Montante	288,76	0,64	1,07	288,33	1,25	288,15	1,28	288,12	1,29	288,11
458139	9484067	Chicote – Poço Barragem	284,33	0,78	1,32	283,8	1,09	284,03	1,13	283,99	1,14	283,98
458121	9484068	Chicote – Piez. Jusante	284,09	0,64	1,22	283,51	1,35	283,38	1,42	283,31	1,44	283,29
455352	9489851	Felão I – Piez. Montante	250,52	0,72	1,52	249,72	1,57	249,67	1,58	249,66	1,59	249,65
456262	9489601	Felão I – Poço Barragem	241,87	0,29	0,62	241,54	0,69	241,47	0,69	241,47	0,69	241,47
455536	9489816	Felão I – Piez. Jusante	249,43	0,58	1,12	248,89	1,17	248,84	1,19	248,82	1,17	248,84

(continuação)

Coordenadas		Ponto de Observação	Cota (m)	Altura Externa da Coluna (m)	Dados de Potenciometria							
X	Y				Datas							
					27/02/08		17/03/08		01/04/08		09/04/08	
		Prof. (m)	Carga Hidra. (m)	Prof. (m)	Carga Hidra. (m)	Prof. (m)	Carga Hidra. (m)	Prof. (m)	Carga Hidra. (m)			
456094	9489636	Felão II – Piez. Montante	242,89	0,60	1,11	242,39	1,19	242,31	1,19	242,3	1,19	242,31
455511	9489807	Felão II – Poço Barragem	250,37	0,74	0,86	250,25	1	250,11	0,99	250,12	0,99	250,12
456280	9489595	Felão II – Piez. Jusante	241,87	0,64	0,89	241,62	1,35	241,16	0,98	241,53	0,96	241,55
458527	9488866	Salgadinho – Piez. Mont.	234,5	0,67	1,87	233,3	1,92	233,25	1,99	233,18	2,03	233,14
458648	9488767	Salgadinho – Poço (B.Nova)	235,49	1,12	1,33	235,29	1,37	235,25	1,49	235,12	1,42	235,2
458487	9488895	Salgadinho – Piez. Jus.	234,71	0,68	2,23	233,17	2,28	233,12	2,29	233,11	2,29	233,1
458530	9488886	Salgadinho – Poço (B. Velha)	233,88	0,69	1,05	233,53	1,11	233,47	1,15	233,43	1,18	233,4
458290	9484007	Chicote – Piez. Montante	288,76	0,64	1,33	288,07	1,48	287,92	1,59	287,81	1,7	287,7
458139	9484067	Chicote – Poço Barragem	284,33	0,78	1,17	283,95	1,24	283,87	1,3	283,81	1,39	283,73
458121	9484068	Chicote – Piez. Jusante	284,09	0,64	1,46	283,27	1,55	283,18	1,62	283,11	1,72	283,01
455352	9489851	Felão I – Piez. Montante	250,52	0,72	1,6	249,64	1,61	249,63	1,72	249,52	1,8	249,44
456262	9489601	Felão I – Poço Barragem	241,87	0,29	0,77	241,39	0,72	241,44	0,73	241,43	0,73	241,43
455536	9489816	Felão I – Piez. Jusante	249,43	0,58	1,19	248,82	1,2	248,81	1,21	248,8	1,22	248,79
456094	9489636	Felão II – Piez. Montante	242,89	0,60	1,21	242,29	1,23	242,27	1,26	242,24	1,3	242,19
455511	9489807	Felão II – Poço Barragem	250,37	0,74	1,03	250,08	1,04	250,07	1,07	250,04	1,11	250
456280	9489595	Felão II – Piez. Jusante	241,87	0,64	1	241,51	0,99	241,52	1,03	241,48	1,07	241,44
458527	9488866	Salgadinho – Piez. Mont.	234,5	0,67	2,04	233,13	2,05	233,12	2,07	233,1	2,13	233,04
458648	9488767	Salgadinho – Poço (B.Nova)	235,49	1,12	1,56	235,06	1,7	234,92	1,76	234,86	1,82	234,8

(continua)

RECURSOS HÍDRICOS

(continuação)

Coordenadas		Ponto de Observação	Cota (m)	Altura Externa da Coluna (m)	Dados de Potenciometria							
X	Y				Datas							
					27/02/08		17/03/08		01/04/08		09/04/08	
		Prof. (m)	Carga Hidra. (m)	Prof. (m)	Carga Hidra. (m)	Prof. (m)	Carga Hidra. (m)	Prof. (m)	Carga Hidra. (m)			
458487	9488895	Salgadinho – Piez. Jus.	234,71	0,68	2,31	233,09	2,32	233,08	2,33	233,07	2,34	233,06
458530	9488886	Salgadinho – Poço (B. Velha)	233,88	0,69	1,19	233,39	1,2	233,38	1,2	233,37	1,23	233,35
458290	9484007	Chicote – Piez. Montante	288,76	0,64	1,96	287,44	2,06	287,34	2,17	287,23	2,22	287,18
458139	9484067	Chicote – Poço Barragem	284,33	0,78	1,6	283,52	1,71	283,41	1,88	283,24	1,96	283,16
458121	9484068	Chicote – Piez. Jusante	284,09	0,64	1,93	282,8	2,02	282,71	2,13	282,6	2,19	282,54
455352	9489851	Felão I – Piez. Montante	250,52	0,72	2,13	249,11	2,22	249,02	2,34	248,9	2,41	248,83
456262	9489601	Felão I – Poço Barragem	241,87	0,29	0,74	241,42	0,74	241,42	0,76	241,4	0,77	241,39
455536	9489816	Felão I – Piez. Jusante	249,43	0,58	1,23	248,78	1,23	248,78	1,32	248,69	1,32	248,69
456094	9489636	Felão II – Piez. Montante	242,89	0,60	1,49	242,01	1,59	241,91	1,75	241,75	1,84	241,66
455511	9489807	Felão II – Poço Barragem	250,37	0,74	1,26	249,85	1,38	249,73	1,56	249,55	1,61	249,5
456280	9489595	Felão II – Piez. Jusante	241,87	0,64	1,24	241,27	1,35	241,16	1,51	241	1,59	240,92
458527	9488866	Salgadinho – Piez. Mont.	234,5	0,67	2,18	232,99	2,22	232,95	1,26	233,91	2,27	232,9
458648	9488767	Salgadinho – Poço (B.Nova)	235,49	1,12	1,92	234,7	1,97	234,65	2,05	234,57	2,11	234,51
458487	9488895	Salgadinho – Piez. Jus.	234,71	0,68	2,4	233	2,47	232,93	2,52	232,88	2,56	232,84
458530	9488886	Salgadinho – Poço (B. Velha)	233,88	0,69	1,25	233,33	1,26	233,32	1,29	233,29	1,29	233,29
458290	9484007	Chicote – Piez. Montante	288,76	0,64	2,26	287,14	2,32	287,08	2,35	287,05	2,4	287
458139	9484067	Chicote – Poço Barragem	284,33	0,78	2,03	283,09	2,15	282,97	2,22	282,9	2,34	282,78
458121	9484068	Chicote – Piez. Jusante	284,09	0,64	2,23	282,5	2,35	282,38	2,4	282,33	2,49	282,24
455352	9489851	Felão I – Piez. Montante	250,52	0,72	2,5	248,74	2,53	248,71	2,55	248,69	2,62	248,62

(continua)

(continuação)

Coordenadas		Ponto de Observação	Cota (m)	Altura Externa da Coluna (m)	Dados de Potenciometria							
X	Y				Datas							
					27/02/08		17/03/08		01/04/08		09/04/08	
		Prof. (m)	Carga Hidra. (m)	Prof. (m)	Carga Hidra. (m)	Prof. (m)	Carga Hidra. (m)	Prof. (m)	Carga Hidra. (m)			
456262	9489601	Felão I – Poço Barragem	241,87	0,29	0,79	241,37	0,84	241,32	0,87	241,29	0,93	241,23
455536	9489816	Felão I – Piez. Jusante	249,43	0,58	1,4	248,61	1,48	248,53	1,53	248,48	1,62	248,39
456094	9489636	Felão II – Piez. Montante	242,89	0,60	1,9	241,6	2,05	241,45	2,13	241,37	2,24	241,26
455511	9489807	Felão II – Poço Barragem	250,37	0,74	1,68	249,43	1,83	249,28	1,91	249,2	2,02	249,09
456280	9489595	Felão II – Piez. Jusante	241,87	0,64	1,65	240,86	1,77	240,74	1,89	240,62	2	240,51
458527	9488866	Salgadinho – Piez. Mont.	234,5	0,67	2,3	232,87	2,35	232,82	2,4	232,77	2,48	232,69
458648	9488767	Salgadinho – Poço (B. Nova)	235,49	1,12	2,16	234,46	2,25	234,36	2,31	234,31	2,42	234,2
458487	9488895	Salgadinho – Piez. Jus.	234,71	0,68	2,58	232,82	2,64	232,76	2,67	232,73	2,67	232,73
458530	9488886	Salgadinho – Poço (B. Velha)	233,88	0,69	1,3	233,27	1,36	233,22	1,39	233,18	1,46	233,12
458290	9484007	Chicote – Piez. Montante	288,76	0,64	2,45	286,95	2,47	286,93	2,5	286,9	2,54	286,86
458139	9484067	Chicote – Poço Barragem	284,33	0,78	2,42	282,69	2,52	282,59	2,62	282,49	2,76	282,36
458121	9484068	Chicote – Piez. Jusante	284,09	0,64	2,53	282,2	2,54	282,19	2,54	282,19	2,53	282,2
455352	9489851	Felão I – Piez. Montante	250,52	0,72	2,67	248,57	2,69	248,55	2,76	248,48	2,84	248,4
456262	9489601	Felão I – Poço Barragem	241,87	0,29	0,96	241,2	1,02	241,14	1,05	241,11	1,07	241,09
455536	9489816	Felão I – Piez. Jusante	249,43	0,58	1,66	248,35	1,71	248,3	1,74	248,27	1,8	248,21
456094	9489636	Felão II – Piez. Montante	242,89	0,60	2,34	241,16	2,43	241,07	2,5	240,99	2,67	240,83
455511	9489807	Felão II – Poço Barragem	250,37	0,74	2,12	248,99	2,23	248,88	2,3	248,81	2,45	248,66
456280	9489595	Felão II – Piez. Jusante	241,87	0,64	2,07	240,44	2,17	240,34	2,27	240,24	2,43	240,08

(continua)

RECURSOS HÍDRICOS

(continuação)

Coordenadas		Ponto de Observação	Cota (m)	Altura Externa da Coluna (m)	Dados de Potenciometria							
X	Y				Datas							
					27/02/08		17/03/08		01/04/08		09/04/08	
		Prof. (m)	Carga Hidra. (m)	Prof. (m)	Carga Hidra. (m)	Prof. (m)	Carga Hidra. (m)	Prof. (m)	Carga Hidra. (m)			
458527	9488866	Salgadinho – Piez. Mont.	234,5	0,67	2,6	232,57	2,69	232,48	2,7	232,47	2,73	232,44
458648	9488767	Salgadinho – Poço (B.Nova)	235,49	1,12	2,5	234,11	2,59	234,02	2,67	233,95	2,76	233,86
458487	9488895	Salgadinho – Piez. Jus.	234,71	0,68	2,67	232,73	2,67	232,73	2,67	232,73	2,67	232,73
458530	9488886	Salgadinho – Poço (B. Velha)	233,88	0,69	1,5	233,07	1,64	232,93	1,64	232,93	1,64	232,93
458290	9484007	Chicote – Piez. Montante	288,76	0,64	2,58	286,82	2,64	286,76	2,70	286,70	2,76	286,64
458139	9484067	Chicote – Poço Barragem	284,33	0,78	2,85	282,26	2,97	282,15	3,06	282,06	3,16	281,96
458121	9484068	Chicote – Piez. Jusante	284,09	0,64	2,53	282,2	2,55	282,18	2,55	282,18	2,55	282,18
455352	9489851	Felão I – Piez. Montante	250,52	0,72	2,91	248,33	2,96	248,28	3,03	248,21	3,06	248,18
456262	9489601	Felão I – Poço Barragem	241,87	0,29	1,21	240,95	1,25	240,91	1,33	240,83	1,44	240,72
455536	9489816	Felão I – Piez. Jusante	249,43	0,58	1,84	248,17	1,88	248,13	1,93	248,08	1,96	248,05
456094	9489636	Felão II – Piez. Montante	242,89	0,60	2,78	240,72	2,89	240,60	3,00	240,50	3,10	248,18
455511	9489807	Felão II – Poço Barragem	250,37	0,74	2,55	248,56	2,67	248,44	2,76	248,35	2,87	240,72
456280	9489595	Felão II – Piez. Jusante	241,87	0,64	2,52	239,99	2,62	239,89	2,72	239,79	2,82	248,05
458527	9488866	Salgadinho – Piez. Mont.	234,5	0,67	2,73	232,44	2,73	232,44	2,73	232,44	2,73	232,44
458648	9488767	Salgadinho – Poço (B.Nova)	235,49	1,12	2,8	233,81	2,85	233,76	2,95	233,66	3,04	233,57
458487	9488895	Salgadinho – Piez. Jus.	234,71	0,68	2,67	232,73	2,67	232,73	2,67	232,73	2,67	232,73
458530	9488886	Salgadinho – Poço (B. Velha)	233,88	0,69	1,64	232,93	1,64	232,93	1,64	232,93	1,64	232,93

(continua)

(continuação)

Coordenadas		Ponto de Observação	Cota (m)	Altura Exter-na da Coluna (m)	Data	
X	Y				10/11/08	
					Prof. (m)	Carga Hidra. (m)
458290	9484007	Chicote – Piez. Montante	288,76	0,64	2,80	286,60
458139	9484067	Chicote – Poço Barragem	284,33	0,78	3,24	281,87
458121	9484068	Chicote – Piez. Jusante	284,09	0,64	2,55	282,18
455352	9489851	Felão I – Piez. Montante	250,52	0,72	3,10	248,14
456262	9489601	Felão I – Poço Barragem	241,87	0,29	1,49	240,67
455536	9489816	Felão I – Piez. Jusante	249,43	0,58	2,00	248,01
456094	9489636	Felão II – Piez. Montante	242,89	0,60	3,19	240,30
455511	9489807	Felão II – Poço Barragem	250,37	0,74	2,97	248,14
456280	9489595	Felão II – Piez. Jusante	241,87	0,64	2,92	239,59
458527	9488866	Salgadinho – Piez. Mont.	234,5	0,67	2,73	232,44
458648	9488767	Salgadinho – Poço (B.Nova)	235,49	1,12	3,08	233,54
458487	9488895	Salgadinho – Piez. Jus.	234,71	0,68	2,67	232,73
458530	9488886	Salgadinho – Poço (B. Velha)	233,88	0,69	1,64	232,93

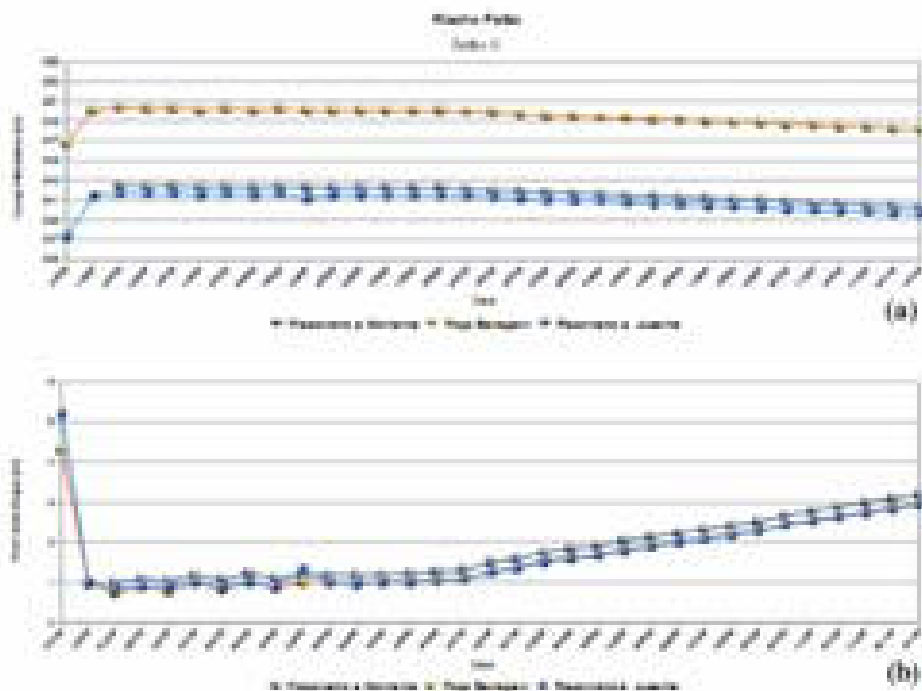


FIGURA 2.54 – Comportamento dos níveis de água nos pontos de monitoramento do aluvião do riacho Chicote

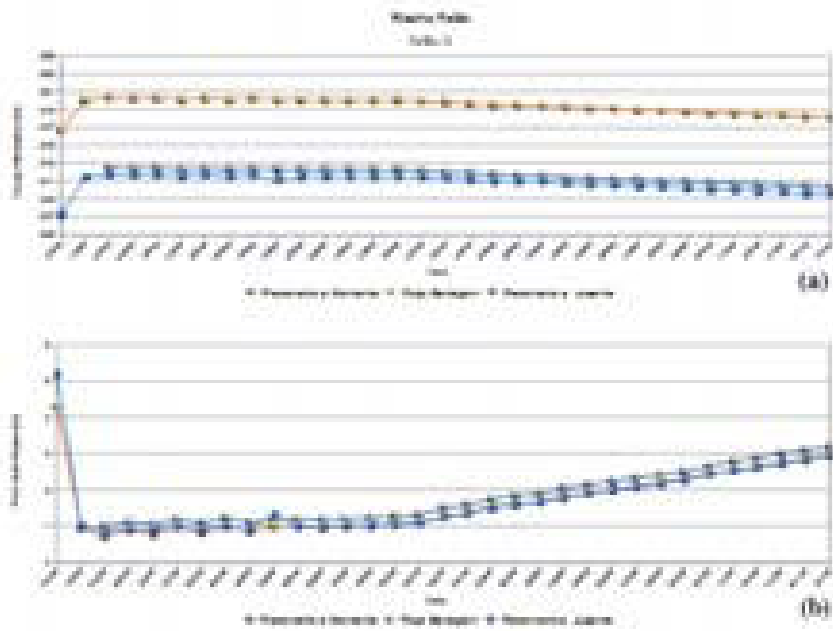


FIGURA 2.55 – Comportamento dos níveis de água nos pontos de monitoramento do aluvião do riacho Felão – B.S. Felão II

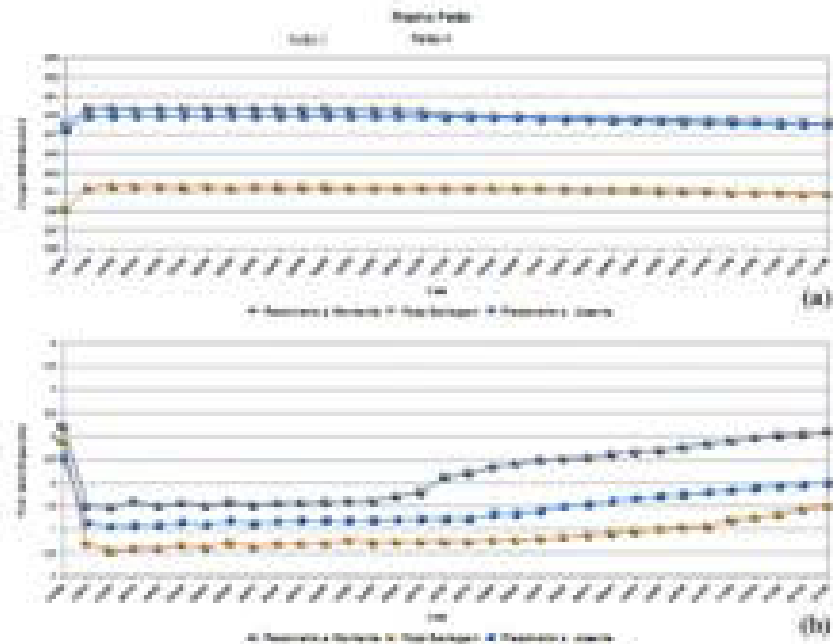


FIGURA 2.56 – Comportamento dos níveis de água nos pontos de monitoramento do aluvião do riacho Felão – B.S. Felão I

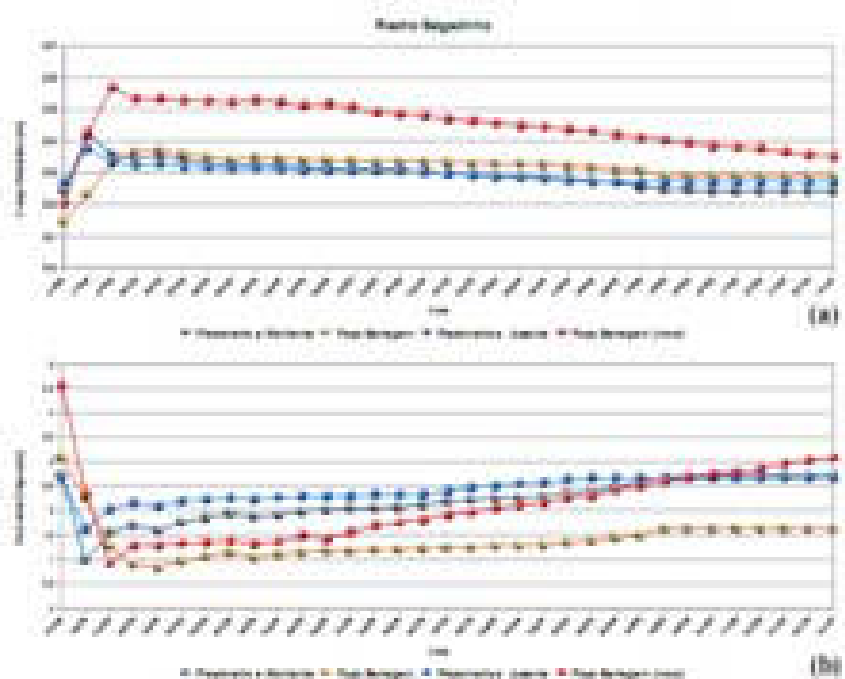


FIGURA 2.57 – Comportamento dos níveis de água nos pontos de monitoramento do aluvião do riacho Salgado

2.4.3.2 – Monitoramento das características físico-químicas das águas subterrâneas

Buscando a caracterização da qualidade das águas subterrâneas na microbacia, foram coletadas, no período de setembro de 2007 a dezembro de 2008, amostras de água para análise físico-química e bacteriológica. As amostras eram coletadas, mensalmente, em poços selecionados nos corpos aluvionares. Foram realizadas 16 (dezesesseis) campanhas de coleta de amostras de água, sendo a amostragem feita com o auxílio de um coletor e, posteriormente, armazenada em um recipiente de plástico.

Dos trechos aluvionares, associados às barragens subterrâneas, foram monitorados os poços das barragens do riacho Felão e do riacho Salgado. As coletas na barragem do riacho Chicote foram interrompidas em fevereiro/2008, dada a dificuldade de acesso ao local. Foram monitorados também três poços em outros aluviões (rio Cangati) da microbacia, para

avaliar a condição de não interferência hidráulica das barragens, nas características hidroquímicas das águas subterrâneas nos aquíferos aluviais. No mapa da Figura 2.58, podem ser visualizados os pontos selecionados para coleta de amostras de água.



FIGURA 2.58 – Pontos de coleta de amostra de água na microbacia do rio Cangati.

A semelhança com o ocorrido nas campanhas de amostragem das águas de açudes e rios, mediu-se “in situ”, com o auxílio de condutivímetro portátil, os valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), sólidos dissolvidos (mg/L), temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) e temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$). As leituras obtidas e outras informações pertinentes foram registradas em ficha de campo. A coleta de amostras seguiu a técnica recomendada pela Companhia de Tecnologia ... (1988). A metodologia de análises seguiu as recomendações da American Public... (1998). As amostras foram processadas no laboratório da Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC).

Na Tabela 2.35, são apresentados os elementos de referência dos pontos de amostragem de água subterrânea na microbacia. Já na Tabela 2.36, estão marcados os meses em que foi possível realizar as coletas em cada ponto. Os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos analisados foram os mesmos aplicados nas amostras de água superficial (vide TABELA 2.5).

TABELA 2.35 – Pontos de coleta de amostras de água subterrânea.

Ponto	Estrutura	Coordenadas UTM		Localidade	Rio/Riacho
		Latitude	Longitude		
BS01	Poço da B. S. do riacho Felão (I)	9489807	455511	São Luís	Felão
BS02	Poço da B. S. do riacho Felão (II)	9489601	456262	São Luís	Felão
BS03	Poço da B. S. do Rch. Salgadinho	9488886	458530	Boqueirão	Salgadinho
PAM01	Poço Amazonas	9488216	457387	Cacimba de Baixo	Cangati
PAM02	Poço Amazonas	9489136	457202	Fazenda Iguaçu	Cangati
PAM03	Poço Amazonas	9489128	457220	Fazenda Iguaçu	Cangati
PAM04	Poço Amazonas	9489222	457069	Fazenda Iguaçu	Cangati

TABELA 2.36 – Meses em que foram realizadas coletas de água subterrânea.

PONTO	MESES							
	Set/07	Out/07	Nov/07	Dez/07	Jan/08	Fev/08	Mar/08	Abr/08
BS01	x	x	x	x	-	-	X	x
BS02	x	x	x	-	-	-	X	-
BS03	-	-	-	-	-	-	-	-
PAM01	-	X	x	x	x	x	-	-
PAM02	-	-	x	x	x	x	-	-
PAM03	-	-	x	x	x	x	-	-
PAM04	-	-	x	x	x	x	X	x

PONTO	MESES							
	Mai/08	Jun/08	Jul/08	Ago/08	Set/08	Out/08	Nov/08	Dez/08
BS01	x	X	x	x	x	x	X	x
BS02	x	X	x	x	x	x	X	x
BS03	-	X	x	x	-	-	-	-
PAM01	-	-	-	-	-	-	-	-
PAM02	-	-	-	-	-	-	-	-
PAM03	-	-	x	x	x	x	X	x
PAM04	x	X	x	x	x	x	X	x

2.5 – Resultados e Discussão – Águas Subterrâneas

2.5.1 - Caracterização da qualidade das águas subterrâneas na microbacia

2.5.1.1 - Consistência dos dados laboratoriais por meio do balanço iônico

Como mencionado no item 2.3.1.2, todos os resultados das análises laboratoriais, para determinação dos íons presentes nas amostras coletadas no âmbito do projeto PRODHAM, foram submetidos a uma análise de consistência, por meio do balanço iônico.

Em linhas gerais, as atividades realizadas durante esta etapa envolveram a tabulação e armazenamento dos dados em planilhas eletrônicas; a triagem, verificação e consistência de dados laboratoriais; realização de análises estatísticas básicas e a classificação das amostras, entre outros.

Os resultados dos balanços iônicos, referentes às amostras de água subterrânea, encontram-se nas Tabelas 2.37 a 2.43, a seguir. Em destaque, encontram-se as datas que apresentaram valores pouco acima dos permissíveis nas suas faixas, nas análises dos balanços iônicos. Como os valores não são tidos como alarmantes, estas amostras não foram desconsideradas nas discussões apresentadas no corpo deste trabalho, dado ao já reduzido conjunto de amostras.

TABELA 2.37 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos no poço da 1ª B.S. do riacho Cangati (Felão I)

Poço da Barragem Subterrânea 01 – Riacho Felão (BS01)												
Data	Dados em mg/L						CE	Soma Cat.	Soma Ani.	B.I. n°1	B.I. n°2	Status
	Na + K	Ca	Mg	Cl	CO ₃ + HCO	SO						
13/09/07	5,25	2,2	1,92	4,59	3,4	1,38	1127	9,37	9,37	0,05	0,02	OK
16/10/07	3,95	2,48	2,83	5,22	4,05	0,05	1089,9	9,26	9,32	0,7	0,35	OK
20/11/07	1,23	2,79	3,66	6,49	0,91	0,31	760	7,68	7,71	0,32	0,16	OK
18/12/07	6,15	2,93	1,97	5,9	5,14	0,1	1290,5	11,05	11,13	0,76	0,38	OK
25/03/08	2,92	1,38	1,32	2,12	2,68	0,25	656	5,63	5,06	10,69	5,34	OK
16/04/08	1,52	0,84	0,34	0,71	1,45	0,5	328	2,7	2,67	1,08	0,54	OK
14/05/08	2,05	1,28	0,78	1,33	2,22	0,58	526	4,12	4,13	0,31	0,16	OK
18/06/08	2,42	1,96	1,14	2,67	2,65	0,21	670,08	5,52	5,53	0,06	0,03	OK
16/07/08	2,23	2,27	1,63	3,11	2,9	0,05	659	6,13	6,06	1,07	0,53	OK
13/08/08	0,56	0,42	1,1	0,2	0,98	0,11	195,8	2,08	1,29	46,92	23,46	BI 1 e BI 2
17/09/08	3,42	2,85	2,2	4,66	3,49	0,07	975,8	8,47	8,22	3,02	1,51	OK
15/10/08	6,54	2,4	4,8	6,91	5,99	0,84	1618,8	13,74	13,74	0,01	0,01	OK
20/11/08	0,56	4,84	2,74	0,46	7,55	0,15	1492,81	8,14	8,17	0,36	0,18	OK
17/12/08	6,44	3,9	4,28	9,87	4,51	0,27	2177,52	14,62	14,65	0,16	0,08	OK

RECURSOS HÍDRICOS

TABELA 2.38 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos no poço da 2ª B.S. do riacho Felão (Felão II)

Poço da Barragem Subterrânea 02 – Riacho Felão (BS02)												
Data	Dados em mg/L						CE	Soma Cat.	Soma Ani.	B.I. nº1	B.I. nº2	Status
	Na + K	Ca	Mg	Cl	CO3 + HCO	SO						
14/09/07	4,55	3,88	4,85	4,45	6,45	2,36	1628,0	13,29	13,26	0,23	0,11	OK
17/10/07	12,96	3,15	7,13	9,38	12,32	1,72	2889,9	23,24	23,42	0,8	0,4	OK
21/11/07	0,41	6,25	3,66	7,99	2,06	0,3	1027,0	10,32	10,34	0,17	0,09	OK
25/03/08	0,66	1,86	1,44	0,78	2,85	0,35	503,0	3,96	3,97	0,47	0,23	OK
16/04/08	0,65	2,64	1,41	2,56	1,93	0,21	544,0	4,7	4,7	0,03	0,01	OK
14/05/08	2,63	3,96	2,08	0,3	8,15	0,23	1224,0	8,67	8,68	0,08	0,04	OK
18/06/08	1,06	2,75	4,19	0,39	7,39	0,24	1079,41	8,01	8,02	0,07	0,04	OK
16/07/08	2,12	4,76	2,72	0,71	7,96	0,12	1242,0	9,59	8,79	8,79	4,39	BI N°1 e 2
13/08/08	2,61	2,56	2,07	3,68	3,18	0,07	931,0	7,24	6,93	4,29	2,15	OK
17/09/08	3,76	1,57	3,15	0,53	7,8	0,16	1178,0	8,48	8,49	0,08	0,04	OK
15/10/08	3,74	3,48	5,09	4,18	7,92	0,21	1529,8	12,31	12,3	0,07	0,03	OK
20/11/08	5,49	2,63	5	8,89	3,88	0,36	1922,93	13,12	13,13	0,1	0,05	OK

TABELA 2.39 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos no poço da B.S. do riacho Salgadinho

Poço da Barragem Subterrânea – Riacho Salgadinho (BS03)												
Data	Dados em mg/L						CE	Soma Cat.	Soma Ani.	B.I. nº1	B.I. nº2	Status
	Na + K	Ca	Mg	Cl	CO3 + HCO	SO						
18/06/08	7,28	1,04	4,12	3,53	7,23	0,63	1553,44	12,44	11,39	8,79	4,4	BI N°1 e 2
16/07/08	4,63	4,27	4,06	4,83	7,87	0,07	1604,0	12,96	12,77	1,48	0,74	OK
13/08/08	0,39	4,76	2,55	0,41	7,16	0,13	1059,2	7,69	7,7	0,07	0,03	OK

TABELA 2.40 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos no poço Amazonas 01 do riacho Cangati

Poço Amazonas – Riacho Cangati (PAM 01)												
Data	Dados em mg/L						CE	Soma Cat.	Soma Ani.	B.I. nº1	B.I. nº2	Status
	Na+K	Ca	Mg	Cl	CO3 + HCO	SO						
17/10/07	5,9	2,71	4,01	5,67	6,27	0,77	1536,6	12,62	12,71	0,7	0,35	OK
21/11/07	0,16	3,27	4,05	5,75	1,45	0,29	743,0	7,47	7,49	0,17	0,09	OK
19/12/07	11,5	0,79	1,04	7,17	6,22	0,1	1671,8	13,33	13,48	1,07	0,53	OK
17/01/08	27,26	3,22	3,78	28,48	6,05	0,18	3814,9	34,26	34,71	1,32	0,66	OK
20/02/08	6,81	1,47	4,98	6,13	7	0,12	1.607,0	13,26	13,26	0,01	0,00	OK

TABELA 2.41 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos no poço amazonas 02 do rio Cangati

Poço Amazonas 02 – Riacho Cangati (PAM 02)												
Data	Dados em mg/L						CE	Soma Cat.	Soma Ani.	B.I. nº1	B.I. nº2	Status
	Na + K	Ca	Mg	Cl	CO ₃ + HCO	SO						
21/11/07	4,64	3,37	7,61	6,49	8,93	0	1.847,0	15,61	15,43	1,19	0,6	OK
19/12/07	13,76	0,79	1,29	8,14	7,83	0,06	2.006,6	15,84	16,03	1,2	0,6	OK
17/01/08	29,95	3,72	5,93	32,27	7,73	0,05	4.406,2	39,6	40,05	1,11	0,55	OK
20/02/08	6,41	2,74	5,52	6,43	8,12	0,13	1.789,0	14,67	14,68	0,08	0,04	OK

TABELA 2.42 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos no poço amazonas 03 do rio Cangati

Poço Amazonas 03 – Rio Cangati (PAM 03)												
Data	Dados em mg/L						CE	Soma Cat.	Soma Ani.	B.I. nº1	B.I. nº2	Status
	Na + K	Ca	Mg	Cl	CO ₃ + HCO	SO						
21/11/07	0,6	4,04	6,64	9,18	1,93	0,2	1111,0	11,29	11,31	0,17	0,08	OK
19/12/07	16,3	0,83	1,33	9,85	8,76	0,07	2325,9	18,46	18,68	1,21	0,61	OK
17/01/08	37,11	3,37	5,17	38,02	8,14	0,04	5087,2	45,66	46,2	1,19	0,59	OK
20/02/08	9,59	1,54	5,37	7,58	8,81	0,11	2020,0	16,5	16,49	0,03	0,02	OK
18/06/08	4,12	1,24	4,08	4,71	4,38	0,34	1105,29	9,44	9,44	0	0	OK
15/07/08	6,8	3,27	4,25	7,71	5,62	1	1672,7	14,32	14,33	0,07	0,03	OK
13/08/08	5,49	3,07	4,74	6,99	6,09	0,22	1599,8	13,3	13,3	0,01	0	OK
17/09/08	7,04	2,43	4	6,8	5,88	0,79	1599,6	13,46	13,47	0,05	0,02	OK
15/10/08	5,2	3,36	3,5	7,47	4,17	0,35	1364,4	12,07	12	0,6	0,3	OK
20/11/08	6,84	1,19	6,03	7,7	5,41	0,97	2149,48	14,06	14,08	0,16	0,08	OK
17/12/08	6,88	3,13	4,78	8,2	6,11	0,5	2297,45	14,79	14,81	0,18	0,09	OK

TABELA 2.43 – Resultado da análise de consistência dos dados iônicos no poço Amazonas 04 do rio Cangati

Poço Amazonas 04 – Rio Cangati (PAM 04)												
Data	Dados em mg/L						CE	Soma Cat.	Soma Ani.	B.I. nº1	B.I. nº2	Status
	Na + K	Ca	Mg	Cl	CO ₃ + HCO	SO						
21/11/07	2,71	3,75	8,18	5,15	9,35	0,15	1733,0	14,64	14,65	0,02	0,01	OK
19/12/07	11,99	0,87	1,85	6,64	8,16	0,07	1889,3	14,71	14,87	1,1	0,55	OK
17/01/08	21,8	3,32	7,15	25,03	7,5	0,04	3591,1	32,27	32,57	0,94	0,47	OK
20/02/08	4,76	2,08	6,76	5,1	8,39	0,11	1665,0	13,6	13,6	0	0	OK
25/03/08	1,31	4,76	10,76	6,92	9,74	0,17	1912,0	16,83	16,83	0,01	0,01	OK
16/04/08	5,86	5,04	6,69	6,54	10,72	0,33	2179,0	17,6	17,6	0,02	0,01	OK
14/05/08	5,57	2,74	8,5	5,68	10,72	0,4	1978,0	16,81	16,8	0,02	0,01	OK
18/06/08	4,52	0,88	8,91	4,96	9,01	0,35	1731,6	14,31	14,32	0,09	0,05	OK
15/07/08	4,18	4,78	5,57	5,14	9,06	0,31	1797,8	14,52	14,52	0,06	0,03	OK
13/08/08	2,87	3,6	6,75	4,72	8,38	0,12	1609,8	13,22	13,21	0,03	0,02	OK
17/09/08	3,53	2,31	5,92	4,05	7,38	0,31	1439,7	11,75	11,74	0,15	0,08	OK
15/10/08	1,17	0,58	0,42	0,32	1,19	0,26	253,2	2,17	1,78	19,6	9,8	BI Nº1 e 2
20/11/08	3,27	2,2	6,21	4,12	7,21	0,36	1895,96	11,68	11,69	0,1	0,05	OK
17/12/08	3,62	3,63	4,42	3,97	7,51	0,2	1943,09	11,67	11,67	0,01	0	OK

2.5.1.2 - Hidroquímica das águas subterrâneas na microbacia

Para identificar a presença dos constituintes dos sais presentes nas águas, foram determinadas as concentrações dos cátions e ânions mais abundantes: cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto, sulfato, bicarbonato e carbonato, expressas em miligrama por litro de água. Com base nestes elementos, foram aplicadas algumas técnicas já consagradas de análise e classificação.

a) Classificação hidroquímica das águas com Diagramas de Piper

Utilizou-se o Diagrama de Piper para classificar as águas, quanto aos íons dominantes (Figuras 2.5.59 a 2.5.65). Essa análise visou avaliar, principalmente, o comportamento temporal das águas subterrâneas, para uma posterior análise com o padrão de recarga dos aquíferos aluvionares.

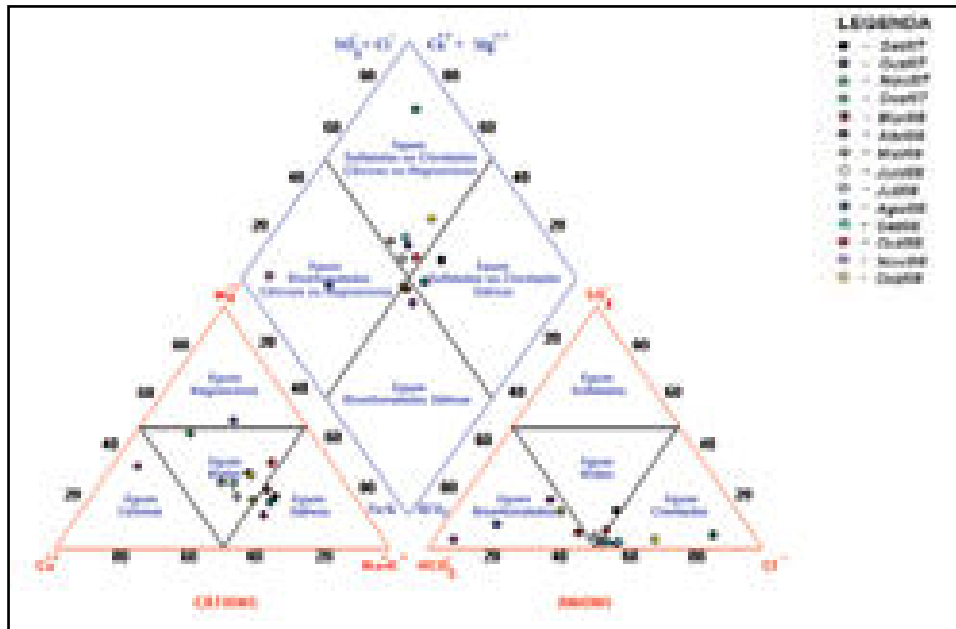


FIGURA 2.59 – Diagrama de Piper das águas da B.S. Felão I – riacho Felão

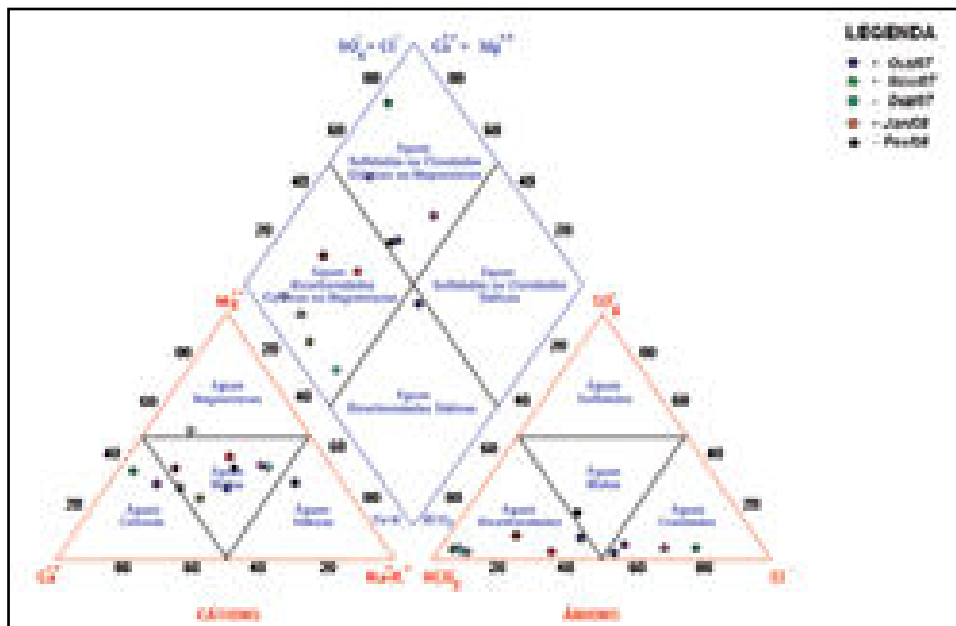


FIGURA 2.60 – Diagrama de Piper das águas da B.S. Felão II – riacho Felão

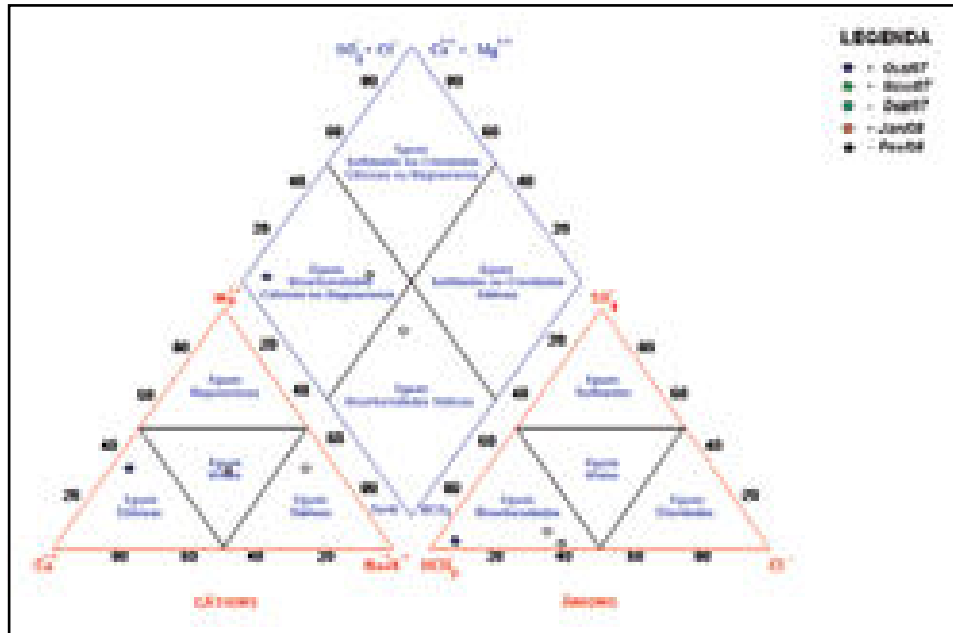


FIGURA 2.61 – Diagrama de Piper das águas da B.S. do riacho Salgado

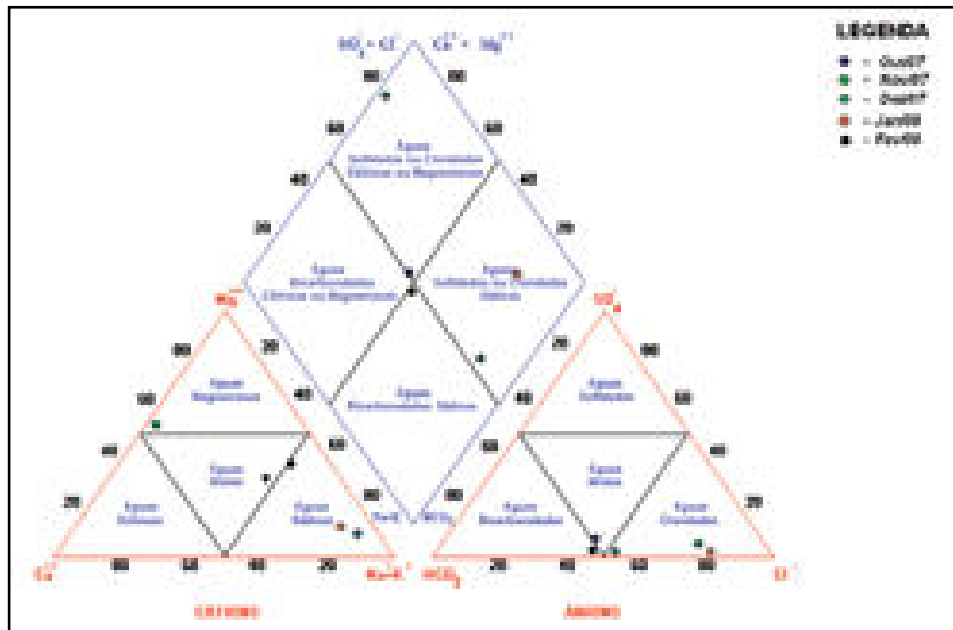


FIGURA 2.62 – Diagrama de Piper das águas do Poço Amazonas 01 (PAM 01)

mas o comportamento apresentado pelas três amostras, coletadas ao final da estação chuvosa, demonstra o comportamento típico de entrada de água recente no sistema.

As águas das cacimbas, amostradas ao longo do riacho Cangati, oscilaram a classificação iônica entre águas cloretadas a bicarbonatadas e magnesianas a mistas. O ponto PAM-04 apresentou teores de magnésio acima do padrão observado na região. Interessante notar a similaridade na composição das amostras de água, ocorridas em janeiro, em todos os poços, cuja relação iônica é singular em relação às demais amostras.

b) Comportamento hidroquímico das águas com diagramas de Stiff

O diagrama de Stiff é uma poderosa ferramenta gráfica na identificação de mudanças de padrões nas relações iônicas em águas subterrâneas. Esse diagrama é obtido pela representação das concentrações dos principais íons e cátions sobre linhas paralelas. Unindo-se os pontos, obtém-se uma figura geométrica, característica para a amostra analisada num determinado momento. As Figuras 2.66 a 2.72 apresentam os respectivos diagramas de cada ponto amostrado, ao longo do período de coleta.

Aparentemente não foi observado um padrão (ou tendência) na evolução no arranjo dos ânions e cátions ao longo do tempo. As águas subterrâneas, associadas ao aluvião do riacho Felão mostram, claramente, o enriquecimento do íon bicarbonato no período de recarga do aquífero. Comportamento semelhante só foi observado no poço amazonas PAM04. Chamou a atenção, o padrão anômalo dos arranjos nos períodos finais da época seca (novembro a dezembro), principalmente nas águas associadas às barragens subterrâneas Felão I e Felão II. Não foi identificado um fator decisivo para este comportamento. A relação iônica singular dos íons das amostras de água das cacimbas do riacho Cangati, coletadas em janeiro, fica novamente evidenciada pelo arranjo diferenciado das respectivas figuras.

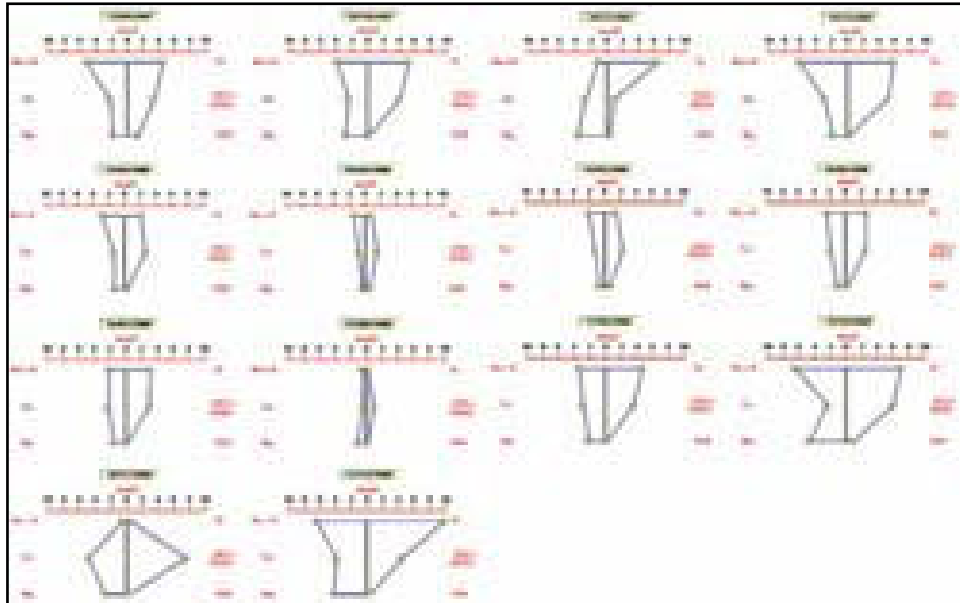


FIGURA 2.66 – Diagrama de Stiff das águas da B.S. Felão I – riacho Felão

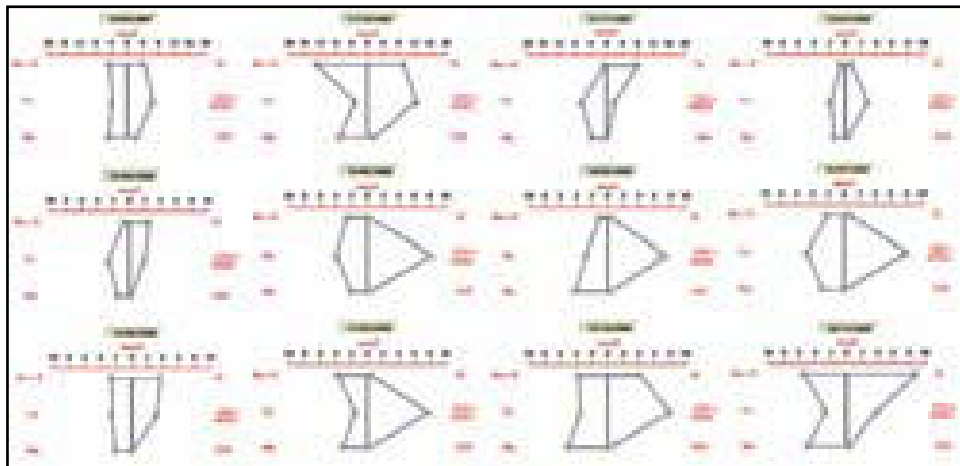


FIGURA 2.67 – Diagrama de Stiff das águas da B.S. Felão II – riacho Felão

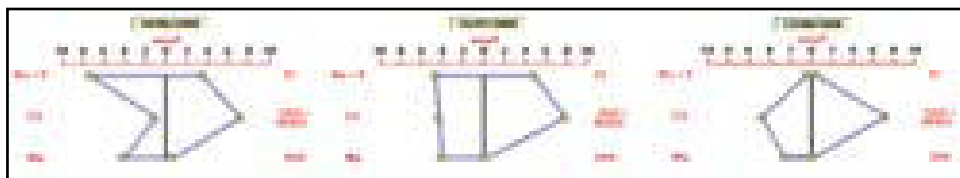


FIGURA 2.68 – Diagrama de Stiff das águas da B.S. do riacho Salgado

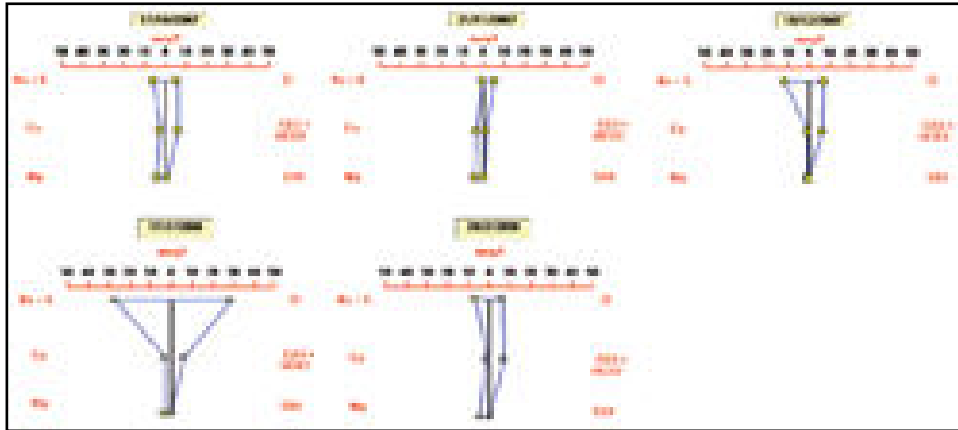


FIGURA 2.69 – Diagrama de Stiff das águas do Poço Amazonas PAM 01 – rio Cangati

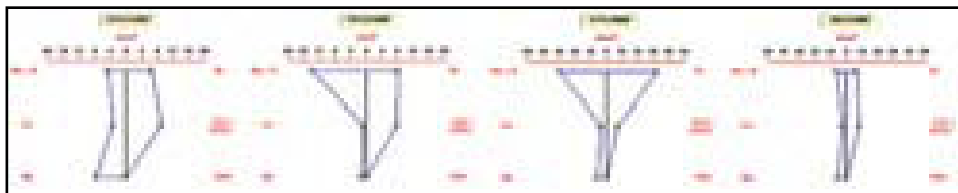


FIGURA 2.70 – Diagrama de Stiff das águas do Poço Amazonas PAM 02 – rio Cangati

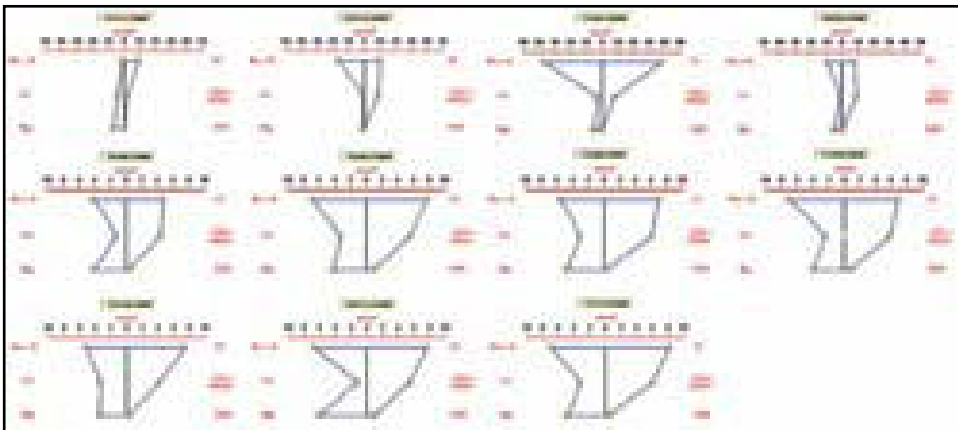


FIGURA 2.71 – Diagrama de Stiff das águas do Poço Amazonas PAM 03 – rio Cangati

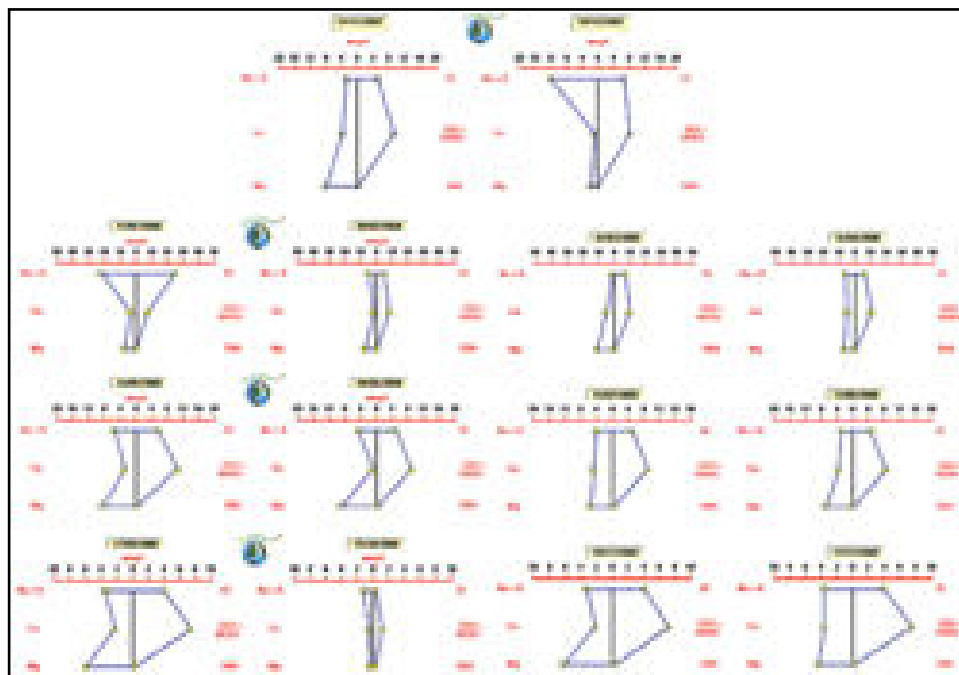


FIGURA 2.72 – Diagrama de Stiff das águas do Poço Amazonas PAM 04 – rio Cangati

c) Classificação de acordo com os sólidos totais dissolvidos (STD)

Com base no STD, estimados a partir da condutividade elétrica, as águas subterrâneas foram classificadas quanto à salinidade (TABELA 2.44), segundo as faixas apresentadas na Tabela 2.23 (classificação das águas de acordo com as concentrações de STD).

TABELA 2.44 – Classificação das águas subterrâneas da microbacia com base nos STD_{estimados}

Ponto de Coleta	Data	CE	STD (mg/L)	Classificação
BS01 – Felão I	13/09/07	1127,0	733	Água salobra
	16/10/07	1089,9	708	Água salobra
	20/11/07	760,0	494	Água doce
	18/12/07	1290,5	839	Água salobra
	25/03/08	656,0	426	Água doce
	16/04/08	328,0	213	Água doce
	14/05/08	526,0	342	Água doce
	18/06/08	670,1	436	Água doce
	16/07/08	659,0	428	Água doce
	13/08/08	195,8	127	Água doce
	17/09/08	975,8	634	Água salobra
	15/10/08	1618,8	1052	Água salobra
	20/11/08	1492,8	970	Água salobra
	17/12/08	2177,5	1415	Água salobra

(continua)

AVALIAÇÃO GEOAMBIENTAL DE PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS IMPLANTADAS NA MICROBACIA DO RIO CANGATI, CANINDÉ-CE

(continuação)

Ponto de Coleta	Data	CE	STD (mg/L)	Classificação
BS02 – Felão II	14/09/07	1628,0	1058	Água salobra
	17/10/07	2889,9	1878	Água salgada
	21/11/07	1027,0	668	Água salobra
	25/03/08	503,0	327	Água doce
	16/04/08	544,0	354	Água doce
	14/05/08	1224,0	796	Água salobra
	18/06/08	1079,4	702	Água salobra
	16/07/08	1242,0	807	Água salobra
	13/08/08	931,0	605	Água salobra
	17/09/08	1178,0	766	Água salobra
	15/10/08	1529,8	994	Água salobra
	20/11/08	1922,9	1250	Água salobra
BS03 – Salgadinho	18/06/08	1553,4	1010	Água salobra
	16/07/08	1604,0	1043	Água salobra
	13/08/08	1059,2	688	Água salobra
PAM 01	17/10/07	1536,6	999	Água salobra
	21/11/07	743,0	483	Água doce
	19/12/07	1671,8	1087	Água salobra
	17/01/08	3814,9	2480	Água salgada
	20/02/08	1607,0	1045	Água salobra
PAM 02	21/11/07	1847,0	1201	Água salobra
	19/12/07	2006,6	1304	Água salobra
	17/01/08	4406,2	2864	Água salgada
	20/02/08	1789,0	1163	Água salobra
PAM 03	21/11/07	1111,0	722	Água salobra
	19/12/07	2325,9	1512	Água salgada
	17/01/08	5087,2	3307	Água salgada
	20/02/08	2020,0	1313	Água salobra
	18/06/08	1105,3	718	Água salobra
	15/07/08	1672,7	1087	Água salobra
	13/08/08	1599,8	1040	Água salobra
	17/09/08	1599,6	1040	Água salobra
	15/10/08	1364,4	887	Água salobra
	20/11/08	2149,5	1397	Água salobra
17/12/08	2297,5	1493	Água salobra	

(continua)

(continuação)

Ponto de Coleta	Data	CE	STD (mg/L)	Classificação
PAM 04	21/11/07	1733,0	1126	Água salobra
	19/12/07	1889,3	1228	Água salobra
	17/01/08	3591,1	2334	Água salgada
	20/02/08	1665,0	1082	Água salobra
	25/03/08	1912,0	1243	Água salobra
	16/04/08	2179,0	1416	Água salobra
	14/05/08	1978,0	1286	Água salobra
	18/06/08	1731,6	1126	Água salobra
	15/07/08	1797,8	1169	Água salobra
	13/08/08	1609,8	1046	Água salobra
	17/09/08	1439,7	936	Água salobra
	15/10/08	253,2	165	Água doce
	20/11/08	1896,0	1232	Água salobra
	17/12/08	1943,1	1263	Água salobra

Com base no exposto na Tabela 2.5.25, pode-se inferir que, na microbacia em geral, as águas subterrâneas, associadas aos aquíferos aluvionares, apresentam teores de sais significativos, sendo suas águas classificadas como salobras (STD: 500 a 1500 mg/L), na maioria do tempo. Somente em dois locais, associados às barragens subterrâneas (Felão I e II), houve uma melhoria na qualidade das águas neste critério (águas doces: < 500 mg/L), quando no período de recarga (estação chuvosa).

d) Classificação das águas para irrigação

Como já mencionado, no tópico equivalente na seção sobre águas superficiais, procurou-se, neste subprojeto, avaliar o potencial da água

em criar condições no solo que possam restringir o seu uso e o seu efeito sobre o rendimento das culturas. Assim, procurou-se determinar o grau de restrição ao uso de tais águas, procedendo-se à classificação das mesmas para a irrigação, segundo o USLL (Unidet States Salinity Laboratory). Esta classificação baseia-se na razão de absorção de sódio (RAS), como indicador de perigo de alcalinização ou sodificação do solo, e na Condutividade Elétrica (CE) da água, como indicador de perigo de salinização do solo. A seguir, são apresentados os diagramas de classificação segundo estes critérios (FIGURAS 2.73 a 2.79).

Interessante observar que, excetuando as águas subterrâneas, associadas às barragens subterrâneas, as demais tendem a apresentar maiores riscos à irrigação, após a quadra chuvosa, atingindo seu ápice de periculosidade em janeiro. As barragens subterrâneas, aparentemente, minimizam a tendência de incremento das concentrações nos períodos de estiagem.

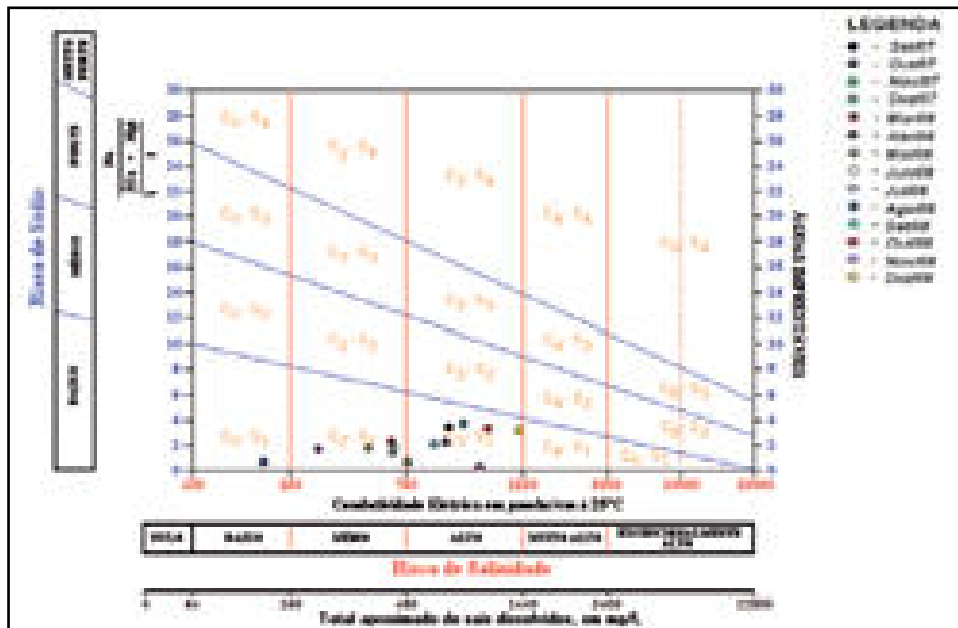


FIGURA 2.73 – Classificação das águas da B.S. Felão I para irrigação – riacho Felão

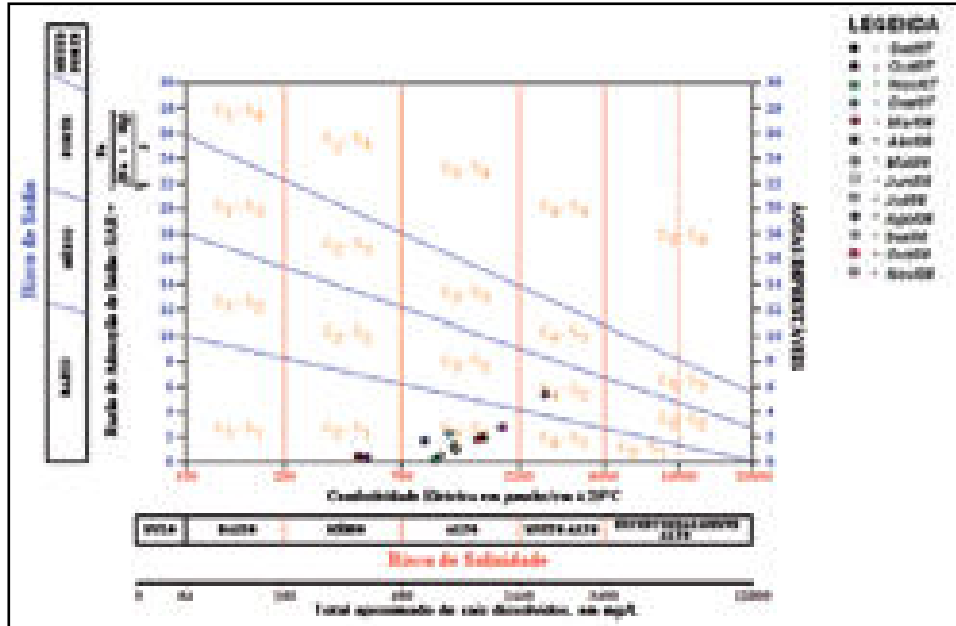


FIGURA 2.74 – Classificação das águas da B.S. Felão II para irrigação – riacho Felão

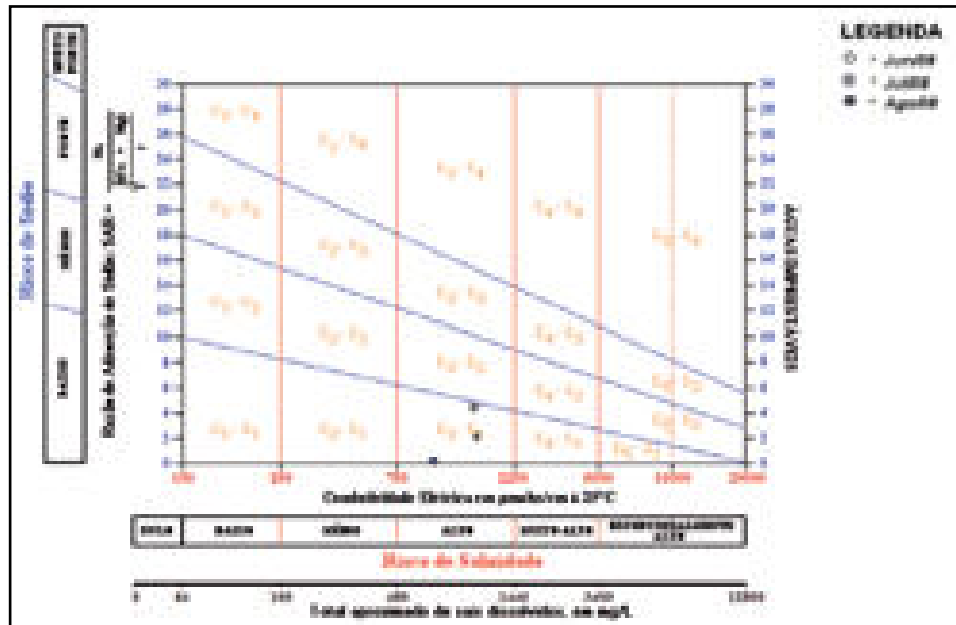


FIGURA 2.75 – Classificação das águas da B.S. do riacho Salgadinho para irrigação

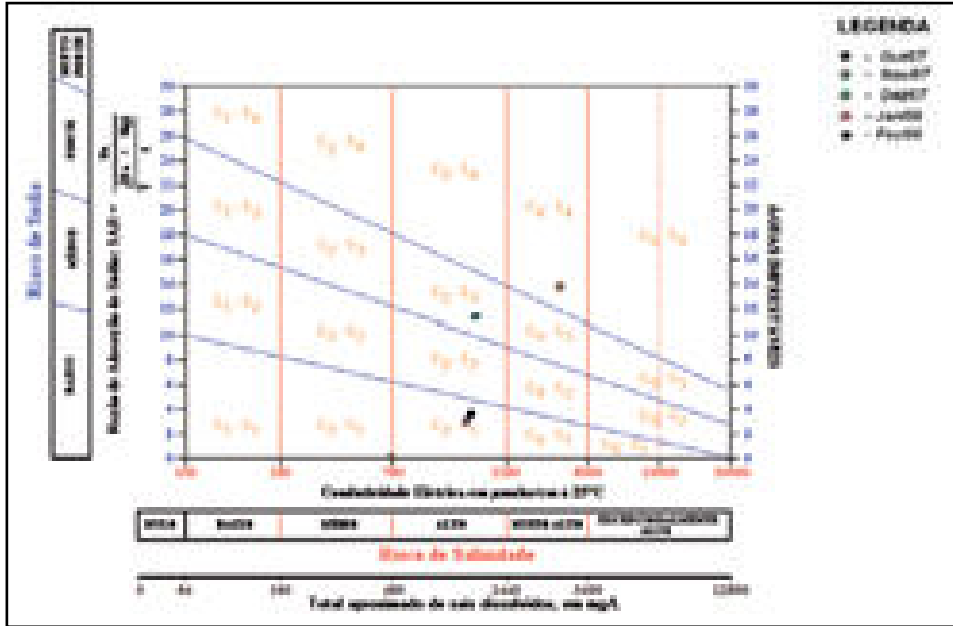


FIGURA 2.76 – Classificação das águas do Poço Amazonas 01 (PAM 01) para irrigação rio Cangati

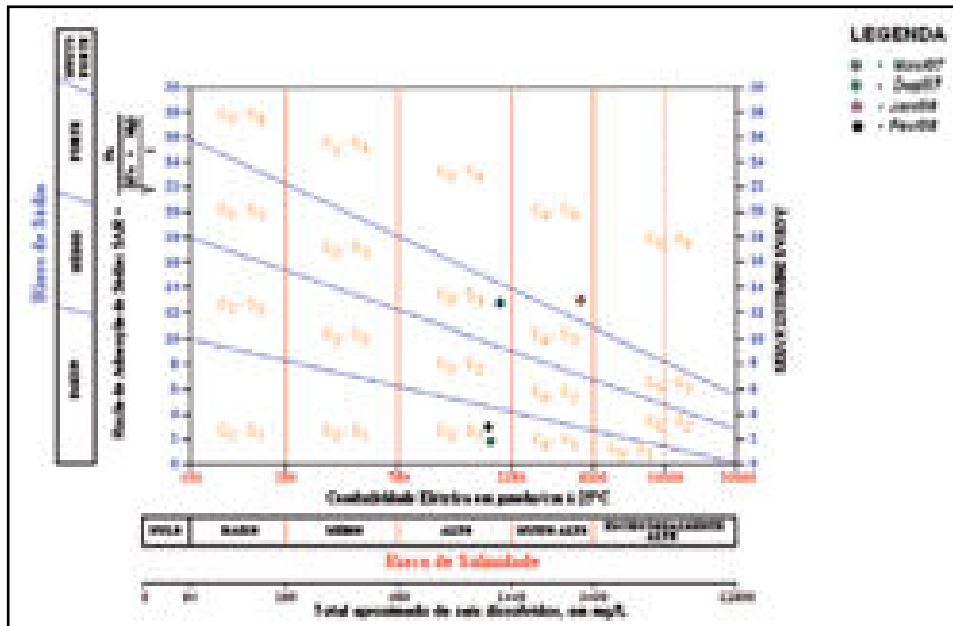


FIGURA 2.77 – Classificação das águas do Poço Amazonas 02 (PAM 02) para irrigação rio Cangati

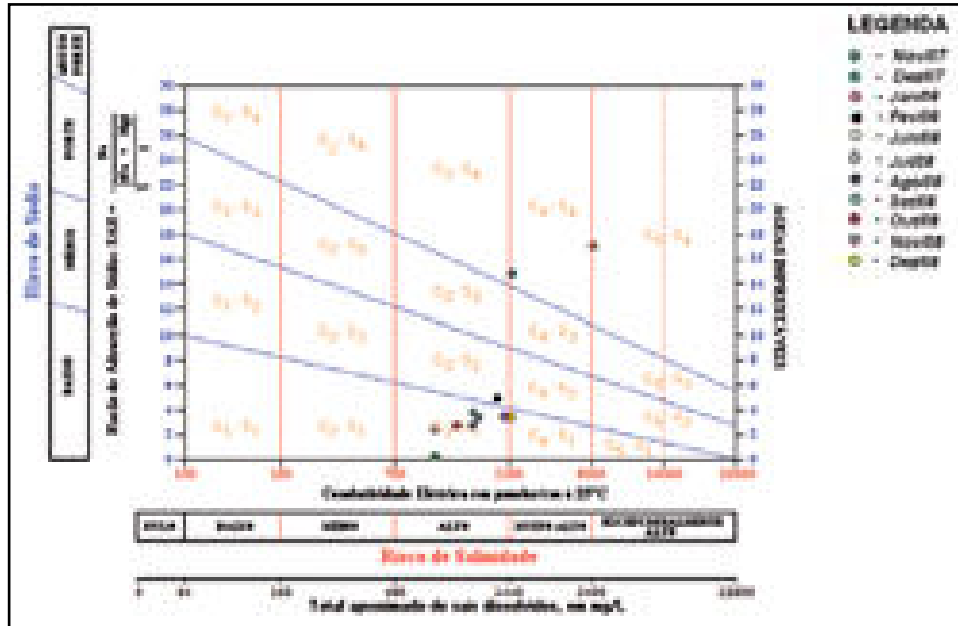


FIGURA 2.78 – Classificação das águas do Poço Amazonas 03 (PAM 03) para irrigação rio Cangati

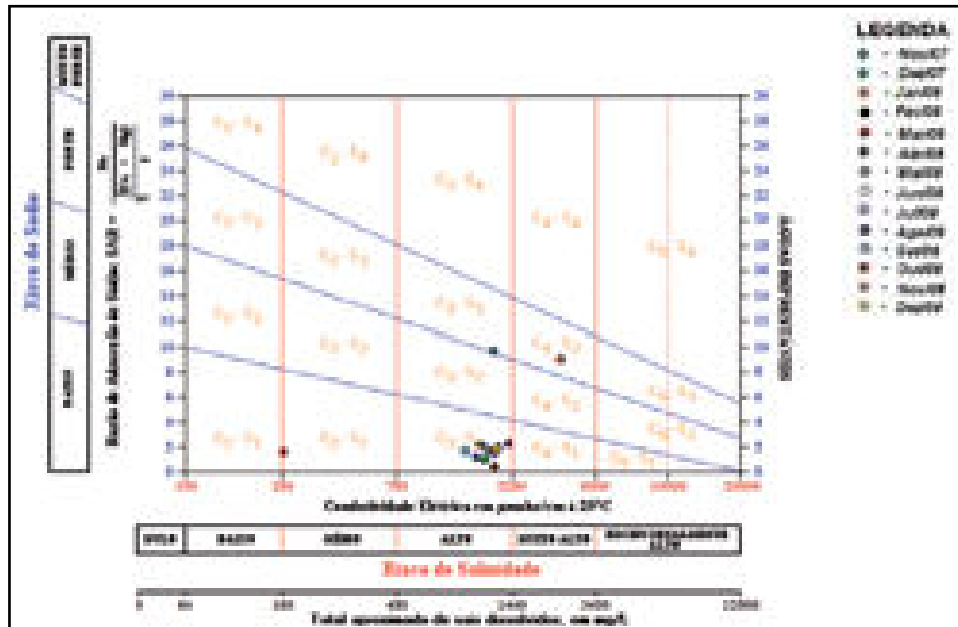


FIGURA 2.79 – Classificação das águas do Poço Amazonas 04 (PAM 04) para irrigação rio Cangati

A classificação das águas subterrâneas, associadas às barragens, tanto do riacho Felão (FIGURAS 2.73 e 2.74) como do riacho Salgadinho (FIGURA 2.75) é, predominantemente, C3-S1. São águas que, apesar de não apresentarem teores nocivos de sódio susceptíveis de troca, mostram salinidade alta, com teores de sólidos totais normalmente superiores a 480 mg/L, o que faz com que haja restrição do seu uso na irrigação de muitas culturas. Mesmo o solo (aluvião) tendo uma drenagem natural muito boa, o uso de tais águas se restringe apenas a vegetais de alta tolerância salina, tais como algodão, cevada, espinafre, etc. Interessante observar que, durante o período chuvoso houve, na barragem subterrânea Felão I (FIGURA 2.73 – amostras de março a junho/2008), significativa diluição dos teores, a ponto de todas as amostras de águas coletadas neste período apresentarem classificação C2-S1, diminuindo o risco de salinização e aumentando o espectro de vegetais passíveis de absorver estas águas.

As águas das cacimbas do rio Cangati (FIGURAS 2.76 a 2.79) mostraram, também, águas com salinidade elevada, o que faz com que estas águas tenham forte restrições ao seu uso na irrigação. No final do período seco de 2007 (dez/2007 e jan/2008), as amostras apresentaram picos de concentrações de sais, sendo que o teor de sódio, passível de causar alcalinização no solo, também foi extremamente elevado.

2.5.1.3 - Variabilidade temporal de parâmetros físico-químicos

No Brasil, as águas subterrâneas, a exemplo do restante do mundo, vêm tendo uma importância cada vez maior como fonte de abastecimento doméstico, agrícola e industrial. A utilização deste recurso intensificou-se nas últimas décadas, em parte pelas vantagens que apresenta em relação aos armazenamentos superficiais e em parte pelo avanço do conhecimento de sua ocorrência e mecanismos de recarga e fluxo. Outro fator importante é o volume de água doce estocado no subsolo que representa cerca de 97% dos recursos hídricos disponíveis na Terra (SILVA et al., 1999).

Embora as águas subterrâneas sejam naturalmente mais protegidas dos agentes contaminantes do que as superficiais, a grande expansão das atividades antrópicas, nas áreas urbanas e rurais, tem provocado a poluição dos sistemas aquíferos, sobretudo através dos lixões, aterros industriais, armazenamento, manuseio e descarte inadequados de produtos químicos, efluentes e resíduos, incluindo o uso indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes, (COMPANHIA TECNOLÓGICA..., 1997).

A Resolução 396/2008 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento, prevenção e controle da poluição das águas subterrâneas, estabelece parâmetros a serem selecionados para subsidiar a proposta de enquadramento, que deverão ser escolhidos em função dos usos preponderantes, das características hidrogeológicas, hidrogeoquímicas, das fontes de poluição e outros critérios técnicos, definidos pelo órgão competente. Dentre os parâmetros selecionados, deverão ser considerados, no mínimo, sólidos totais dissolvidos, nitrato e coliformes termotolerantes.

O comportamento dos sólidos totais dissolvidos das águas subterrâneas estudadas é apresentado nas Figura 2.80 e 2.81. Com exceção da barragem Salgadinho-BSO3, todos os aquíferos estudados ultrapassaram o limite máximo para sólidos dissolvidos da Resolução nº 396/08 do CONAMA para águas subterrâneas. Pode ser observado, para alguns mananciais subterrâneos, a redução na concentração de sólidos dissolvidos no período chuvoso, provavelmente em razão da recarga do aquífero.

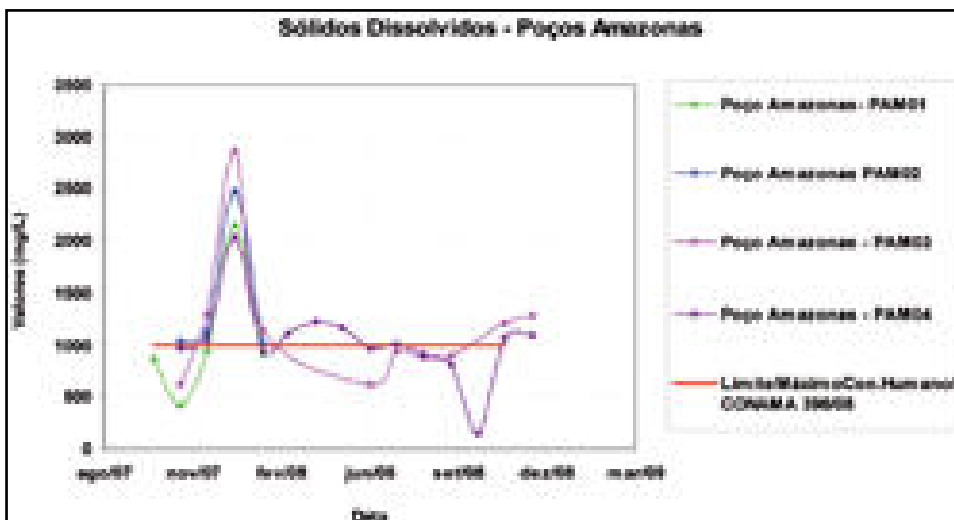


FIGURA 2.80 – Comportamento dos sólidos dissolvidos nos poços amazonas.

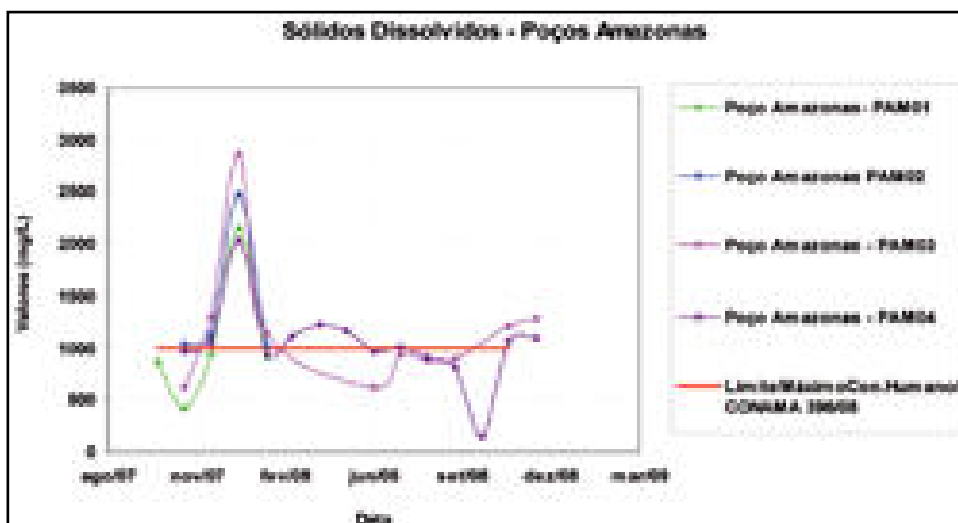


FIGURA 2.81 – Comportamento dos sólidos dissolvidos nas barragens subterrâneas.

Grandes concentrações de sólidos dissolvidos podem afetar, negativamente, a qualidade da água de diversas formas, tanto no aspecto do paladar, promovendo sabor desagradável ou induzindo a uma reação fisiológica desfavorável no consumidor (AMERICAN PUBLIC..., 1998).

Embora a American Public... (1998) estabeleça, como limite desejável para consumo humano, o valor de 500 mg/L, a Resolução nº 396/08 do CONAMA considera o valor recomendável até 1.000 mg/L. Quando altamente mineralizadas, as águas também não são adequadas para muitas aplicações industriais, segundo American Public... (1998).

O comportamento do nitrato das águas subterrâneas é apresentado nas Figuras 2.82 e 2.83. Todas as amostras analisadas encontraram-se em concordância com os limites para consumo humano e dessedentação animal da Resolução nº 396/08 do CONAMA, para águas subterrâneas.

Os nitratos são altamente solúveis em água e com grande mobilidade nos solos. Nas águas subterrâneas, os nitratos ocorrem geralmente em teores abaixo de 6 mg/L. Teores acima deste limite, em águas subterrâneas, é um indicativo de poluição como resultado da penetração direta da água de superfície ou infiltração de água poluída no aquífero, originado de atividades humanas.

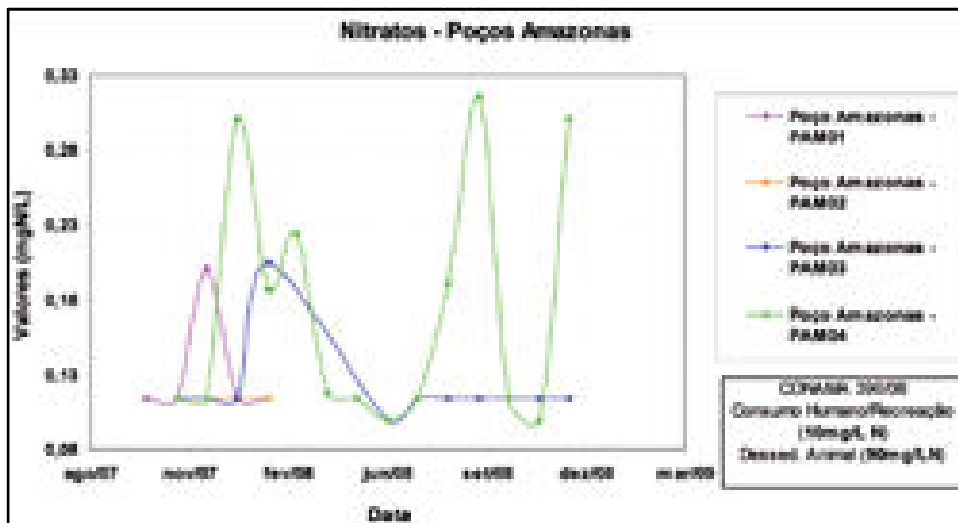


FIGURA 2.82 – Comportamento do nitrato nos poços amazonas.

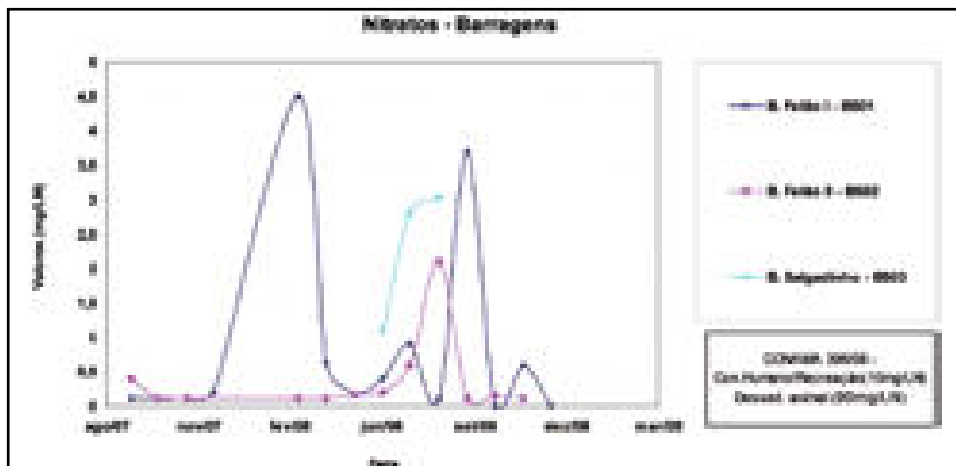


FIGURA 2.83 – Comportamento do nitrato nas barragens subterrâneas.

Devido a sua alta estabilidade molecular, o nitrato é de difícil extração, sendo, portanto, subtraída por osmose reversa – o que demanda muita energia, tornando-se inviável em grandes quantidades. Admitindo teores acima do permitido pela legislação, o nitrato passa a se apresentar extremamente danoso para a saúde humana, gerando a “síndrome do bebê azul” (metemoglobinemia), para bebês de até três meses de idade, conforme Rodrigues e Pereira (2008).

O comportamento do nitrito das águas subterrâneas é apresentado nas Figuras 2.84 e 2.85.

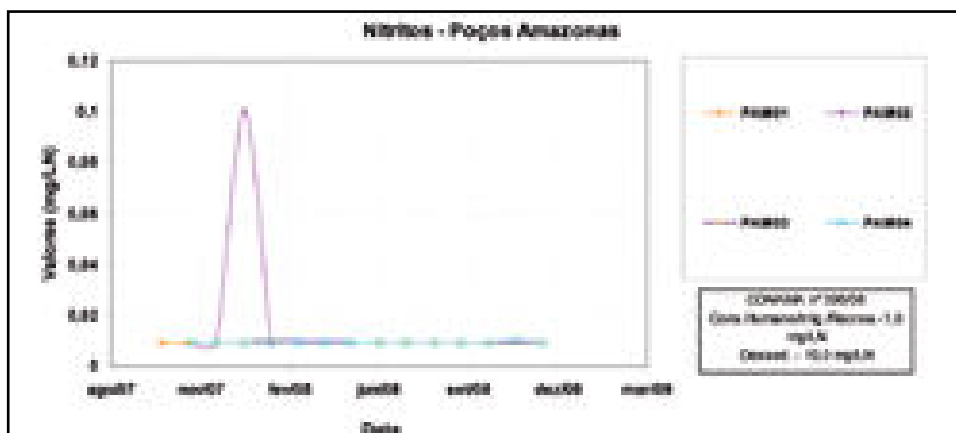


FIGURA 2.84 – Comportamento do nitrito nos poços amazonas.

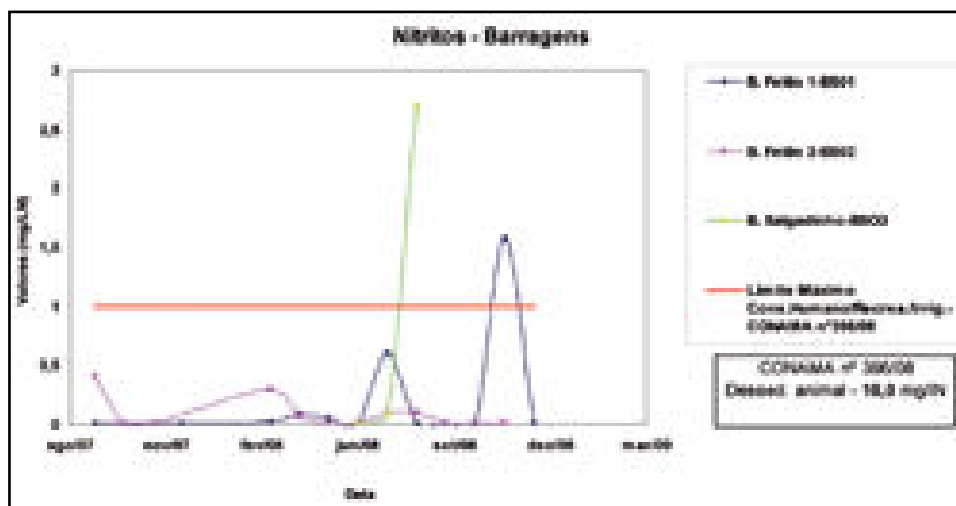


FIGURA 2.85 – Comportamento do nitrato nas barragens subterrâneas.

Somente a barragem Salgadinho-BS03 (2,5 mg/LN) ultrapassou o valor máximo de nitrato preconizado pela Resolução nº 396/08 do CONAMA para consumo humano, recreação e irrigação, estando abaixo somente do valor máximo para dessedentação animal (10,0mg/LN). Todos os outros aquíferos estudados apresentaram teores de nitrato bem inferiores ao limite máximo, para todos os usos estabelecidos pela mesma Resolução.

A presença de compostos de nitrogênio, nos seus diferentes estados de oxidação, é indicativo de contaminação do aquífero e de possíveis condições higiênico-sanitárias insatisfatórias. Além da indução à metemoglobinemia, outro efeito à saúde, causado por elevadas concentrações de nitrato e de nitrito, está associado à formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas, conforme Alaburda e Nisihara (2010).

O comportamento dos coliformes termotolerantes das águas subterrâneas é apresentado nas Figuras 2.86 e 2.87. Todas as amostras coletadas não obedeceram aos padrões (ausência de coliformes termotolerantes), para consumo humano, da Resolução nº 396/08 do CONAMA para águas subterrâneas. As barragens Felão I-BS01 e Felão II-BS02 ultrapassaram os limites superiores para recreação e dessedentação, provavelmente em razão da renovação das águas no período chuvoso, o que

acarretou também a entrada de poluentes, mesmo tendo o solo como um tipo de barreira à entrada de contaminação microbiana.

O solo desempenha importante papel na retenção dos microrganismos, por meio de fatores físicos e químicos ambientais, que afetam a infiltração e o carreamento dos microrganismos em direção ao lençol freático, (MARTINS et al., 1991).

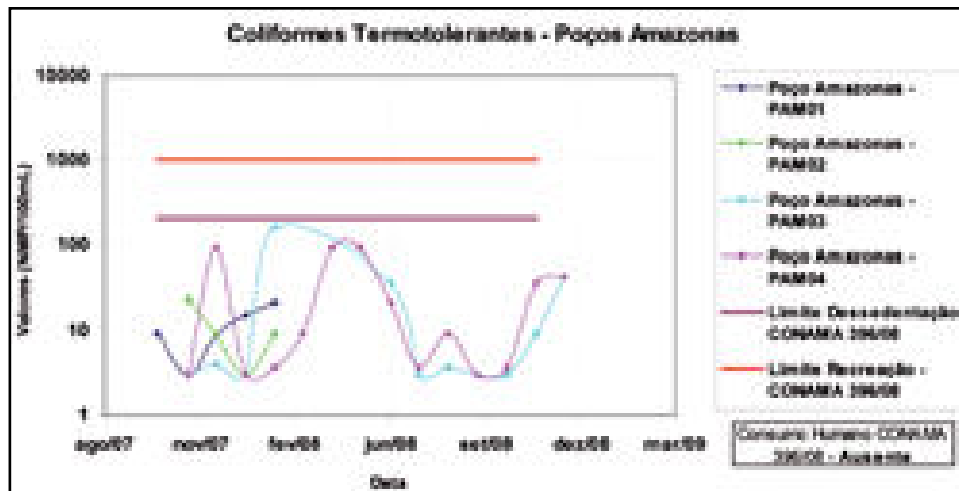


FIGURA 2.86 – Comportamento dos coliformes termotolerantes nos poços amazons.

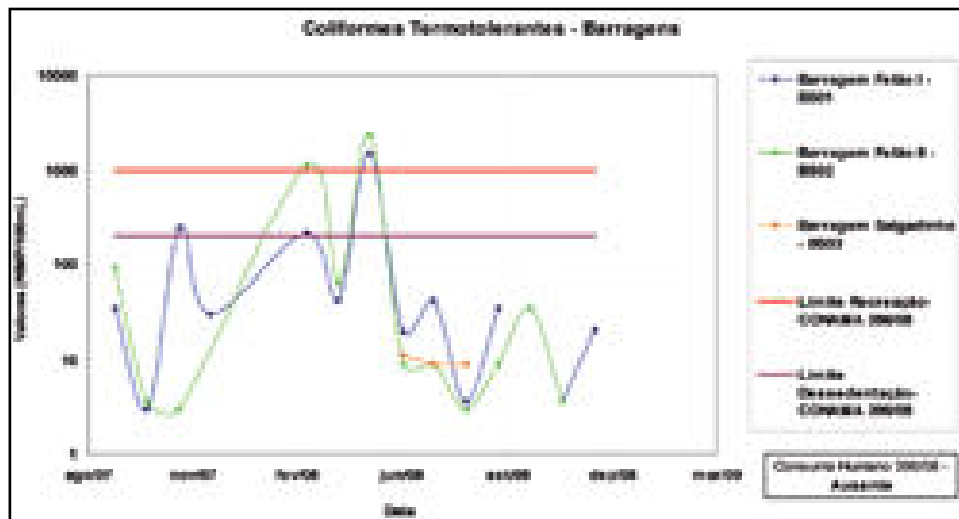


FIGURA 2.87 – Comportamento dos coliformes termotolerantes nas barragens subterrâneas.

Diversos fatores podem comprometer a qualidade da água subterrânea. O destino final do esgoto doméstico e industrial em fossas e tanque sépticos, a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais, postos de combustíveis e de lavagem e a modernização da agricultura representam fontes de contaminação das águas subterrâneas por bactérias e vírus patogênicos, parasitas, substâncias orgânicas e inorgânicas (SILVA; ARAÚJO, 2010).

Segundo a OPS (2000), citado por Silva e Araújo (2010), em torno de 20% da população dos países em desenvolvimento dispõem de fossas sépticas ou outro tratamento *in situ* como medida de proteção da salubridade do seu domicílio. Essas técnicas, porém, podem permitir a liberação de patógenos que se infiltram e podem alcançar as águas subterrâneas, colocando em perigo a saúde dos vizinhos que consomem água desse manancial.

2.5.2 – Avaliação do comportamento das águas nas barragens subterrâneas

O período de análise dos níveis potenciométricos foi muito pequeno para uma avaliação mais conclusiva sobre o comportamento das águas subterrâneas nos aquíferos aluviais, portanto, toda observação aqui exposta está sujeita a uma reavaliação, diante de novos dados sobre os referidos aquíferos.

Primeiramente, avaliou-se o comportamento dos níveis d'água nos aquíferos aluviais, em função da alimentação, por parte das chuvas, por infiltração superficial difusa e, principalmente, ao longo da calha dos respectivos riachos (escoamento superficial). Para tanto, utilizou-se dos dados de precipitação gerados a partir dos polígonos de Thiessen, de três estações próximas a microbacia: postos Bonito, Cachoeira e Esperança (FIGURA 2.88). Os dados de chuva, coletados nos pluviômetros das estações fluviométricas (riachos Salgadinho e dos Gados), apesar do curto período de amostragem, também foram utilizados. Os valores de precipitação (mm),

organizados no mesmo período de observação dos níveis potenciométricos dos poços, são apresentados na Tabela 2.45 e, em totais mensais, na Figura 2.89. Já as Figuras 2.90 a 2.93 apresentam os níveis d'água observados e a distribuição das chuvas no período de cada leitura.

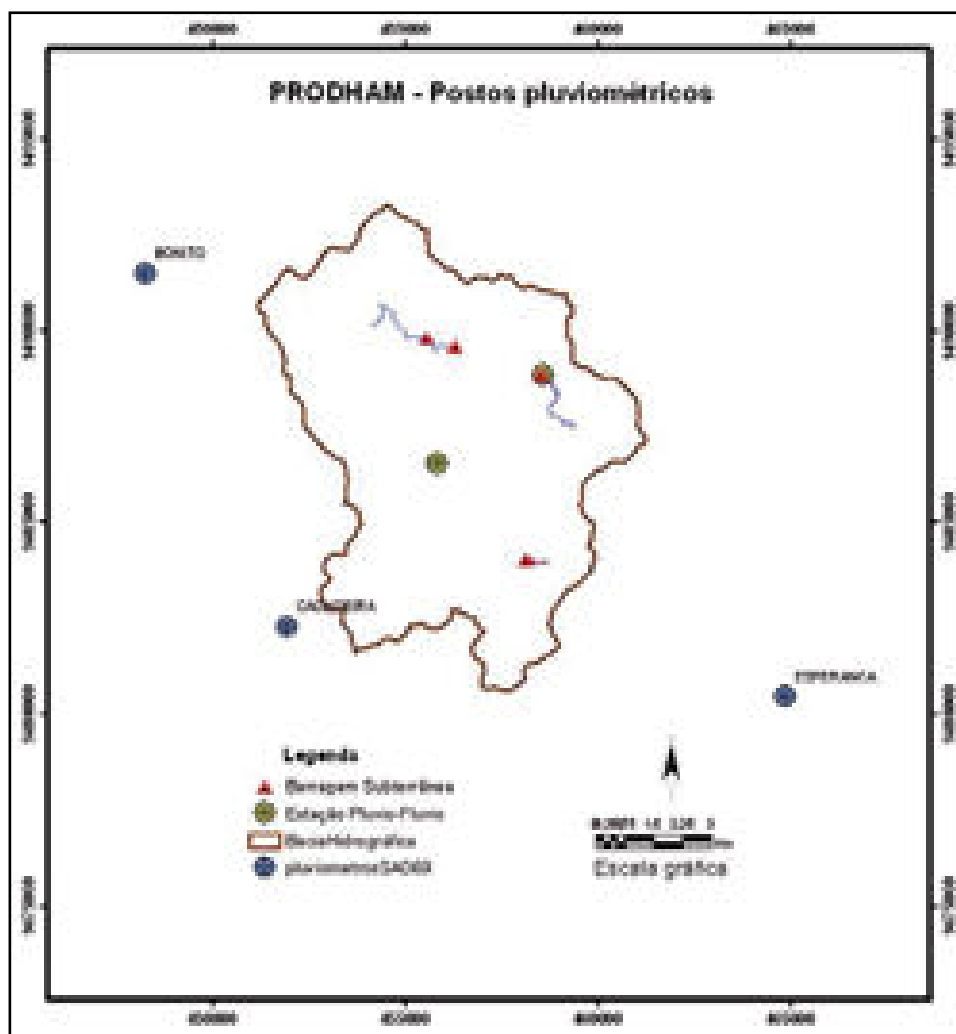


FIGURA 2.88 – Localização das estações pluviométricas da região estudada.

TABELA 2.45 – Dados de precipitação da microbacia hidrográfica do rio Cangati

Mês	Precipitação Mensal (mm)	Data de Leitura	Precipitação no período (mm)
Janeiro	57,02	01/01/08	0
		17/01/08	0
Fevereiro	52,23	07/02/08	65,47
		27/02/08	31,27
Março	341,03	17/03/08	109,71
		01/04/08	243,83
Abril	187,83	09/04/08	114,52
		15/04/08	21,16
		22/04/08	20,64
		30/04/08	13,09
Maio	133,79	08/05/08	41,54
		16/05/08	55,28
		23/05/08	31,69
Junho	17,18	30/05/08	16,4
		06/06/08	7,29
		13/06/08	13,86
Julho	0	22/06/08	3,32
		28/06/08	0
		04/07/08	0
Agosto	5,74	16/07/08	0
		23/07/08	0
		02/08/08	0
		08/08/08	0
Setembro	0	15/08/08	5,74
		22/08/08	0
		29/08/08	0
		06/09/08	0
Outubro	0	12/09/08	0
		19/09/08	0
		28/09/08	0
Novembro	0	05/10/08	0
		11/10/08	0
		20/10/08	0
Dezembro	1,28	27/10/08	0
		10/11/08	0
		30/11/08	0
Total – 2008			796,09

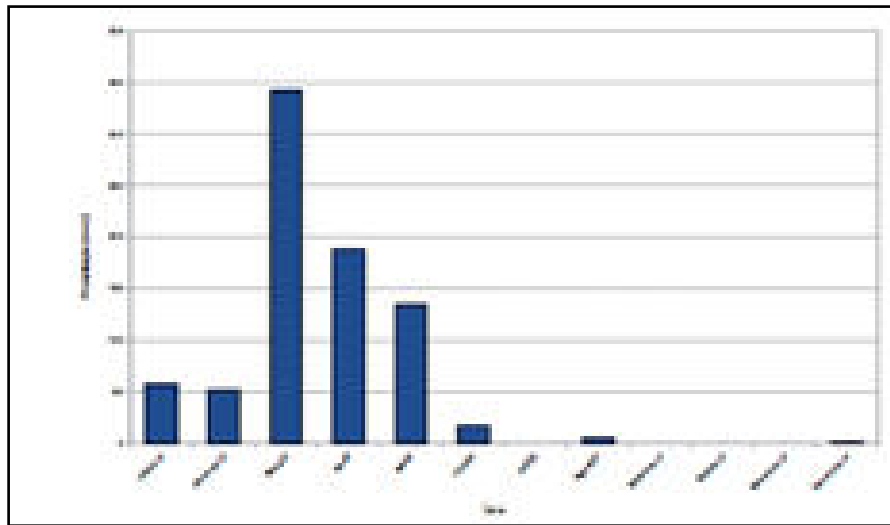


FIGURA 2.89 – Precipitação na microbacia do rio Cangati – 2008 (gerada).

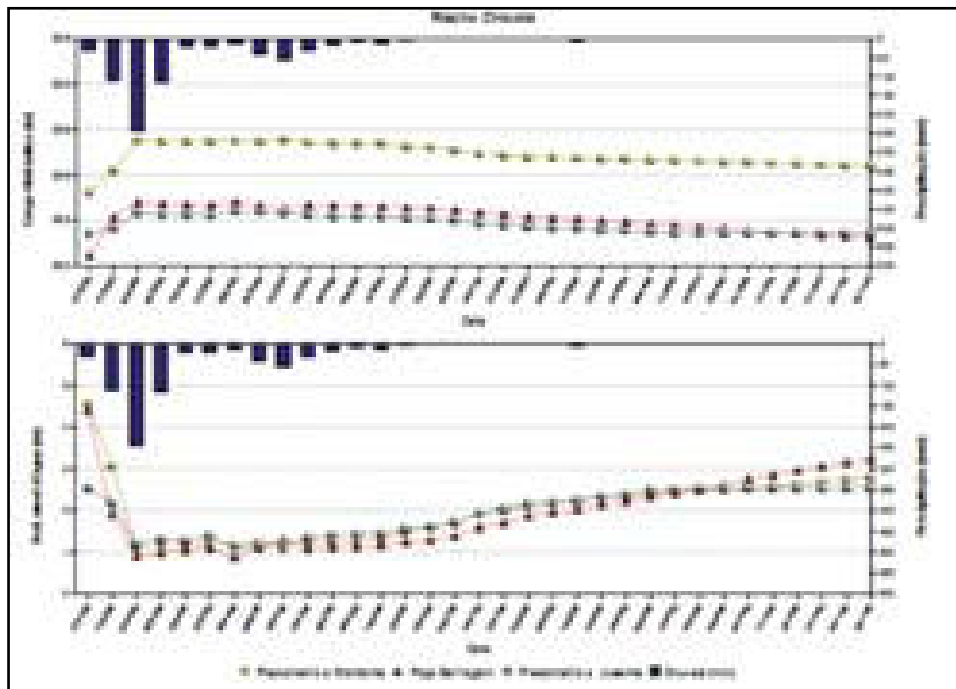


FIGURA 2.90 – Níveis d'água & precipitação: B.S. do riacho Chicote.

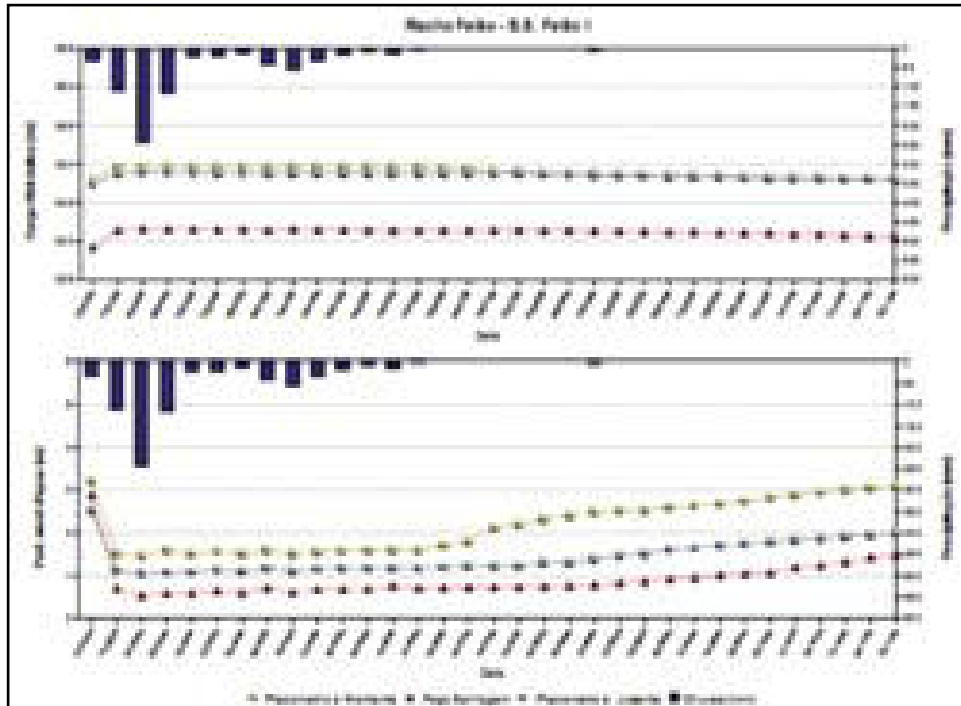


FIGURA 2.91 – Níveis d'água & precipitação: B.S. Felão I – riacho Felão.

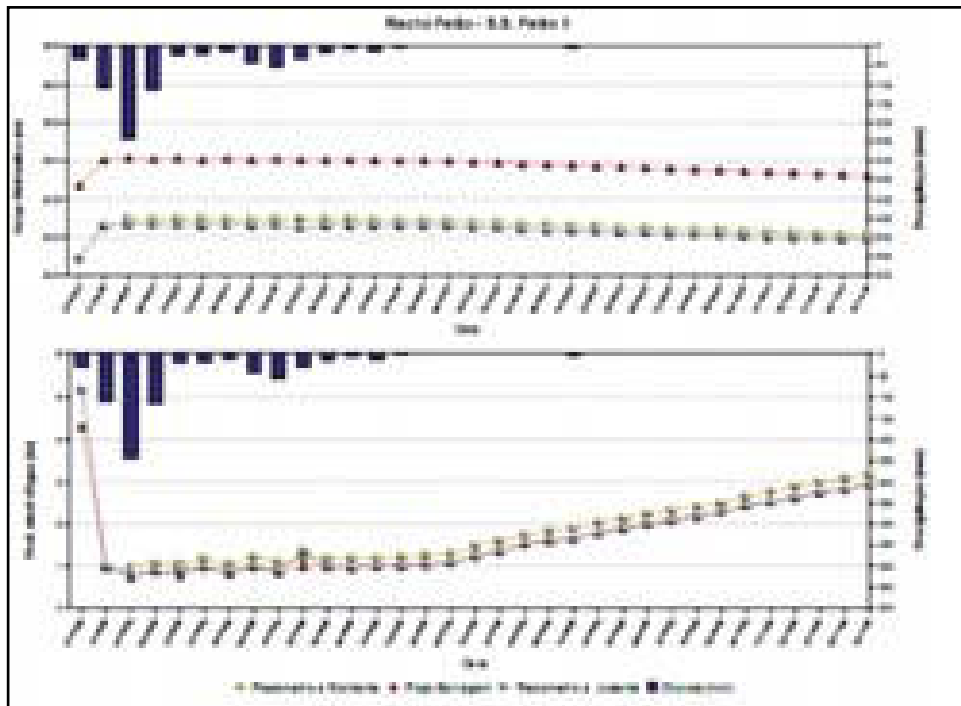


FIGURA 2.92 – Níveis d'água & precipitação: B.S. Felão II – riacho Felão.

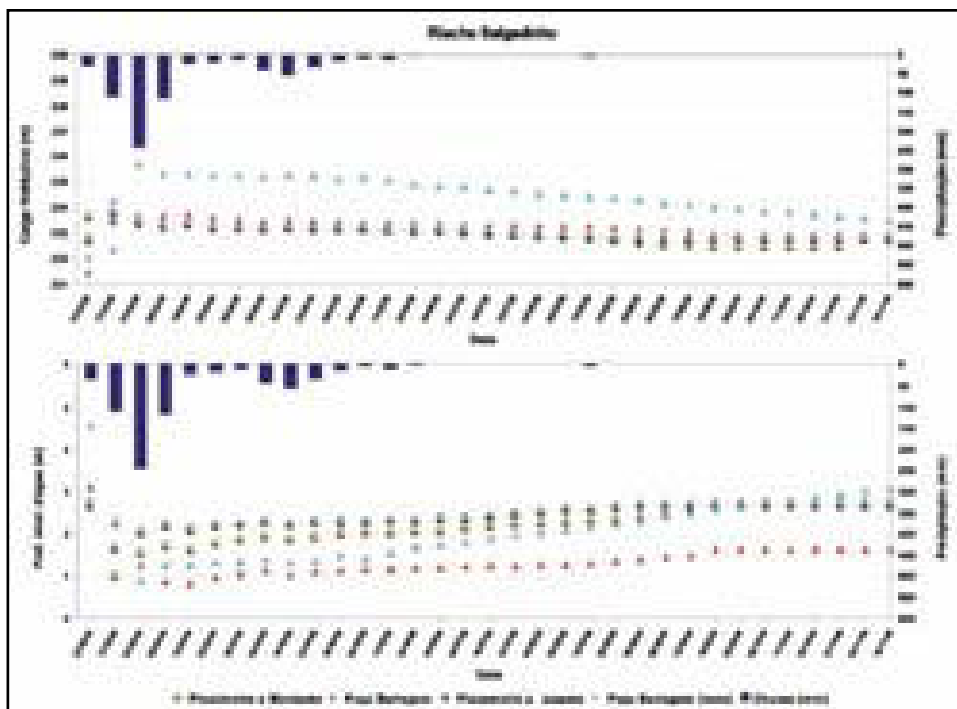


FIGURA 2.93 – Níveis d'água & precipitação: B.S. do riacho Salgadinho.

Com base nos dados apresentados, verifica-se que houve variações significativas nos níveis nos poços monitorados, no curto espaço de monitoramento. A Tabela 2.46 apresenta os valores extremos (máximos e mínimos), verificados em cada ponto de observação.

TABELA 2.46 – Valores extremos das profundidades, verificados nos pontos de observações.

Ponto de Observação	Prof. Máxima (m)	Data	Prof. Mínima (m)	Data	Variação (m)
Chicote – Piez. Montante	4,555	27/02/08	1,065	16/05/08	3,490
Chicote – Poço Barragem	4,415	27/02/08	0,885	30/04/08	3,530
Chicote – Piez. Jusante	2,555	27/02/08	1,135	30/04/08	1,420
Felão I – Piez. Montante	3,215	27/02/08	1,465	01/04/08	1,750
Felão I – Poço Barragem	2,895	27/02/08	0,535	01/04/08	2,360
Felão I – Piez. Jusante	2,545	27/02/08	1,065	01/04/08	1,480
Felão II – Piez. Montante	3,190* ¹	10/11/08	1,000	01/04/08	2,190
Felão II – Poço Barragem	4,305	27/02/08	0,735	01/04/08	3,570
Felão II – Piez. Jusante	5,195	27/02/08	0,835	01/04/08	4,360
Salgadinho – Piez. Montante	2,725* ²	27/02/08	0,985	17/03/08	1,740
Salgadinho – P. Bar. Nova	3,58* ⁴	27/02/08	0,915	01/04/08	2,67
Salgadinho – Piez. Jusante	2,675* ³	27/02/08	1,635	17/03/08	1,040
Salgadinho – P. Bar. Velha	3,110* ⁵	27/02/08	0,835	15/04/08	2,275

*1 , *2 , *3 , *4 , *5 – Vide parágrafo a seguir

Os valores em negrito, na Tabela 2.46, representam as oscilações observadas nos poços das barragens subterrâneas. Vale ressaltar que a variação de nível no piezômetro, à montante da B.S. Felão II (*1), possivelmente deve ter sido maior, pois faltam dados do período que antecede ao período chuvoso de 2008. O aquífero da B.S. do riacho salgadinho foi o único a apresentar, ao final do período de monitoramento, nos piezômetros à montante (*2) e à jusante (*3), um retorno às condições de níveis verificadas no início do monitoramento, o que parece mostrar a pouca eficiência dessa barragem subterrânea, como obra de reservação hídrica. Cabe salientar que esta área sofreu modificações significativas, em função da construção de uma nova barragem subterrânea. Durante o período de chuvas de 2008 (fevereiro a junho), dado ao grande fluxo d'água na calha do riacho Salgadinho, associados a chuvas de alta intensidade, houve um aumento significativo do pacote sedimentar na região das barragens, fazendo com que as profundidades dos níveis d'água, em períodos posteriores (*4 e *5), ficassem mascaradas (alteração do plano de referência).

De uma forma geral, nas barragens subterrâneas, as oscilações dos níveis d'água foram quase sempre maiores na porção à montante, mas o comportamento ao longo do tempo foi muito semelhante em todas as estruturas monitoradas (tanto à montante como à jusante das barragens). A Tabela 2.47 mostra o percentual que estas oscilações representam na espessura do pacote aluvionar, na região da respectiva barragem subterrânea.

TABELA 2.47 – Coluna d'água (variação) x espessura de aluvião nas barragens subterrâneas. Período: fevereiro a novembro/2008.

Poço de Observação	Varição do nível d'água (m)	Espessura estimada do aluvião no local (m)	Percentual (%)
Rch. Chicote	3,5	4,5	78%
Rch. Felão – Felão I	2,4	4,6	55%
Rch. Felão – Felão II	3,5	3,7	95%
Rch. Salgadinho – B.S. Nova	2,6	2,7	96%
Rch. Salgadinho – B.S. Velha	2,2	2,3	96%

Observa-se que, excetuando Felão I, as demais apresentaram saturação de mais de 80% do pacote sedimentar. A barragem subterrânea Felão I, segundo informações, sempre apresentou problemas de fuga, não permitindo o armazenamento d'água subterrânea por longos períodos de estiagem.

Durante o monitoramento das águas subterrâneas, associadas às barragens subterrâneas, foi realizado, também, o monitoramento de poços (tipo cacimbas) em outros aquíferos aluviais. Estes poços são os mesmos em que foram realizadas a coleta de amostras de água para o monitoramento qualitativo das águas subterrâneas. Iniciou-se o monitoramento de 04 (quatro) poços, mas, por motivos técnicos, somente foi concluído o acompanhamento em dois poços. Esses poços correspondem aos pontos PAM-02 e PAM-04 (FIGURA 2.58). Os registros dos níveis d'água, nestes poços, iniciaram em março de 2008 e encerraram em outubro do mesmo ano. A Figura 2.94 apresenta o comportamento dos níveis d'água subterrânea e a precipitação, nos mesmos intervalos de observação dos gráficos anteriormente apresentados.

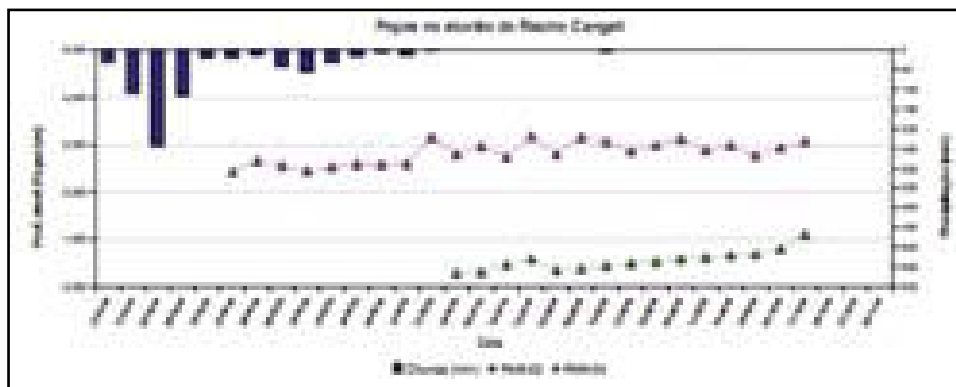


FIGURA 2.94 – Níveis d'água & precipitação nos poços PAM-02 e PAM-04: rio Cangati.

Observa-se que as flutuações nos níveis d'água, principalmente no poço PAM-04, são mais acentuadas que as observadas nos poços das barragens subterrâneas. Como não houve chuvas no período dos picos mais acentuados e não há reservatórios reguladores à montante, acredita-se que isto se deva

a bombeamentos para irrigação. A Tabela 2.48 apresenta as variações máximas, observadas nestes dois poços, e, paralelamente, as oscilações máximas, observadas nos poços associados às barragens subterrâneas, neste mesmo período. Observa-se que, excetuando a barragem subterrânea Felão I (já comentada) e a antiga barragem subterrânea do Salgadinho, as demais barragens mostraram uma maior taxa de rebaixamento dos níveis d'água neste período. A barragem subterrânea do riacho salgadinho, aqui denominada de antiga, teve sua capacidade de armazenamento seriamente comprometida pela construção de uma outra barragem subterrânea, 400m à montante, já em abril de 2008.

TABELA 2.48 – Variação da coluna d'água nos poços. Período: abril a outubro/2008

Poço de Observação	Variação do nível d'água (m)
PAM-02	0.81
PAM-04	0.76
Riacho Chicote	2.36
Riacho Felão – Felão I	0.89
Riacho Felão – Felão II	2.16
Riacho Salgadinho – B.S. Nova	1.75
Riacho Salgadinho – B.S. Velha	0.67

2.5.3 – Avaliação das barragens subterrâneas e dos aquíferos aluviais associados.

Com base nas informações obtidas nos trabalhos de sondagens (item 2.4.2.1), foi possível estimar o modelo 3D para cada um dos trechos aluviais, associados as quatro barragens subterrâneas (FIGURAS 2.95 a 2.97).

Os modelos 3D (blocos-diagramas) dos corpos aluvionares permitiram estimar os volumes de sedimentos em cada bloco-diagrama. A Tabela 2.49 mostra estes volumes. Observa-se que, apesar da área do pacote aluvionar, associado à barragem subterrânea do riacho Salgadinho, ser quase o triplo da área do aluvião da barragem subterrânea do riacho Chicote, o volume armazenado nesta última é, proporcionalmente, maior. Sob este aspecto, os aluviões dos riachos Chicote e Felão apresentam características mais favoráveis ao armazenamento das águas subterrâneas.

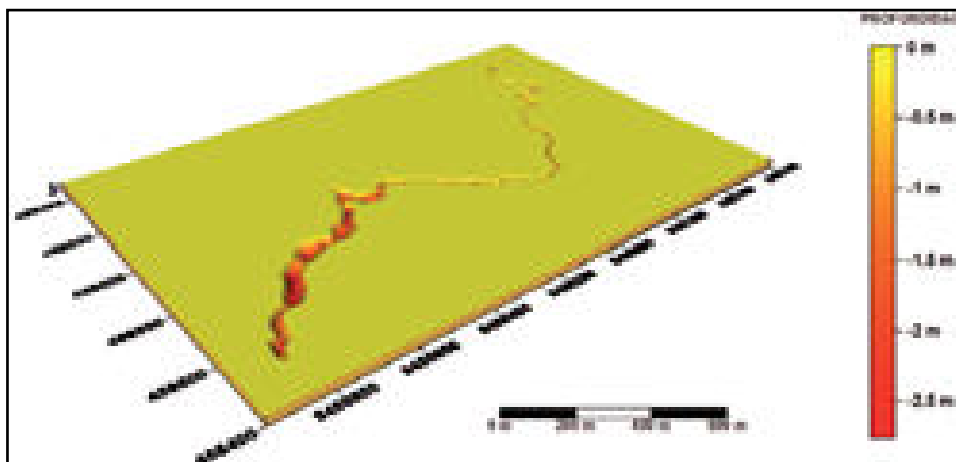


FIGURA 2.97 – Bloco-diagrama do aluvião associado à barragem subterrânea do riacho Salgadinho.

TABELA 2.49 – Área x Volume de sedimentos associados aos pacotes aluvionares das barragens subterrâneas

Aluvião	(A) Área -m ²	(V) Volume de Sedimentos - m ³	(V)/(A)
Riacho Chicote	13.231,59	27.494,10	2,07
Riacho Felão	75.836,44	162.826,25	2,15
Riacho Salgadinho	39.250,67	47.307,87	1,21

Com base nos dados de altimetria foi possível obter-se, além do plano da superfície (cotas de topo), as cotas de base das sondagens. Esses dados permitiram avaliar o gradiente da declividade do pacote e, assim, estimar o “espelho d’água” das barragens subterrâneas, nas cotas de topo das mesmas.

A Figura 2.98 (a) apresenta o comportamento dos níveis d’água em função, exclusivamente, da barragem subterrânea no riacho Chicote, cuja altura (profundidade) foi estimada em 4,5m. A área saturada é relativamente pequena, mostrando haver uma capacidade reduzida de armazenamento. Isso se deve ao gradiente acentuado do terreno nesta região, mostrado de forma destacada na Figura 2.98 (b). Deve-se lembrar, contudo, que a litologia, predominante nesta mesma porção, é de areia média a grossa, o que garante uma porosidade efetiva muito boa.

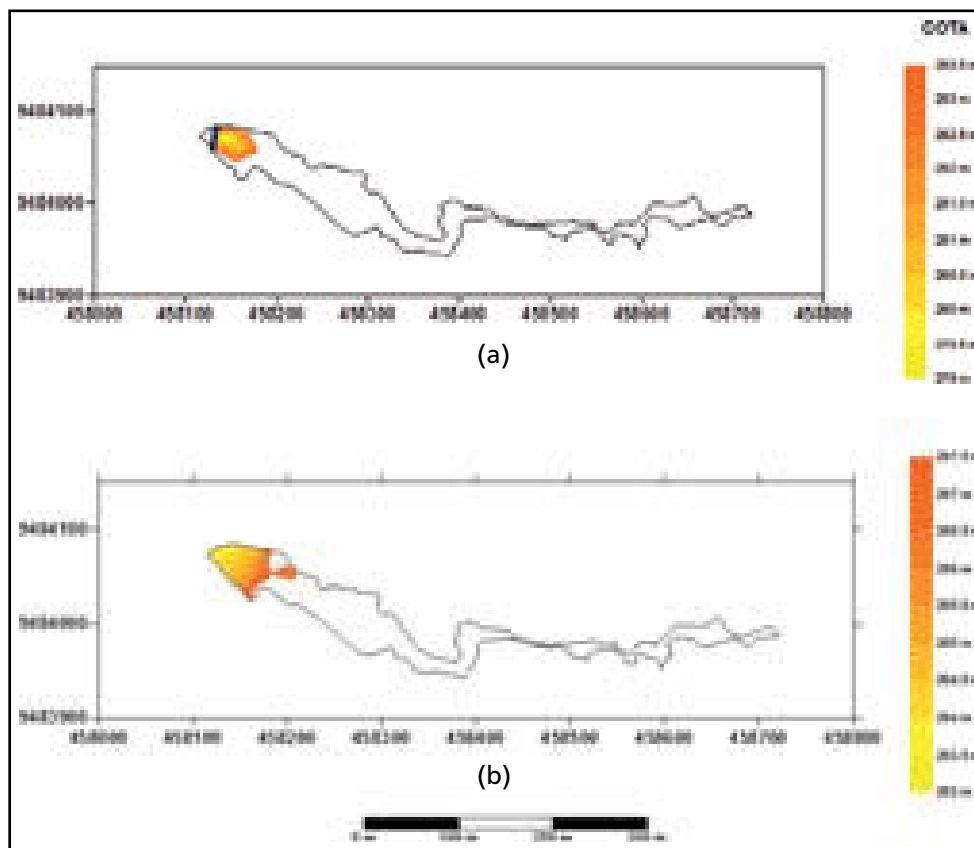


FIGURA 2.98 – “Espelho d’água” (a) e cotas do terreno (b) no local da barragem subterrânea do riacho Chicote.

Com base nesta aproximação, pode-se estimar o volume d’água passível de ser armazenado em função exclusivamente da barragem subterrânea. Para tanto, estimou-se uma permeabilidade na ordem de 10%, valor este considerado como representativo para os sedimentos aluviais, mas bastante conservados para a situação em análise, pelo já mencionado em relação ao tipo litológico predominante, neste trecho do aluvião. Os dados são apresentados na Tabela 2.50. Os valores assim obtidos atestam a pequena capacidade de armazenamento da barragem subterrânea em questão.

TABELA 2.50 – Estimativa dos volumes de sedimentos associados com a barragem subterrânea no riacho Chicote (H=4,5m)

Alvo	Área -m ²	Volume de Sedimentos m ³	Porosidade Efetiva estimada (%)	Capacidade de Armazenamento (m ³)
Aluvião - Todo trecho	13.231,59	27.494,10		-
Aluvião – Bacia hidráulica	1409,18	2.482,38	10%	248,23

A Figura 2.96 mostra, claramente, que há uma independência hidráulica entre as duas barragens subterrâneas no riacho Felão (Felão I e II), apesar da proximidade das obras. A Figura 2.99 apresenta o comportamento dos níveis d'água, em função exclusiva das duas barragens subterrâneas. Tomou-se como alturas dos barramentos, para fins de estimativa das bacias hidráulicas, das barragens subterrâneas Felão I e Felão II, 4,5m e 3,5m, respectivamente.

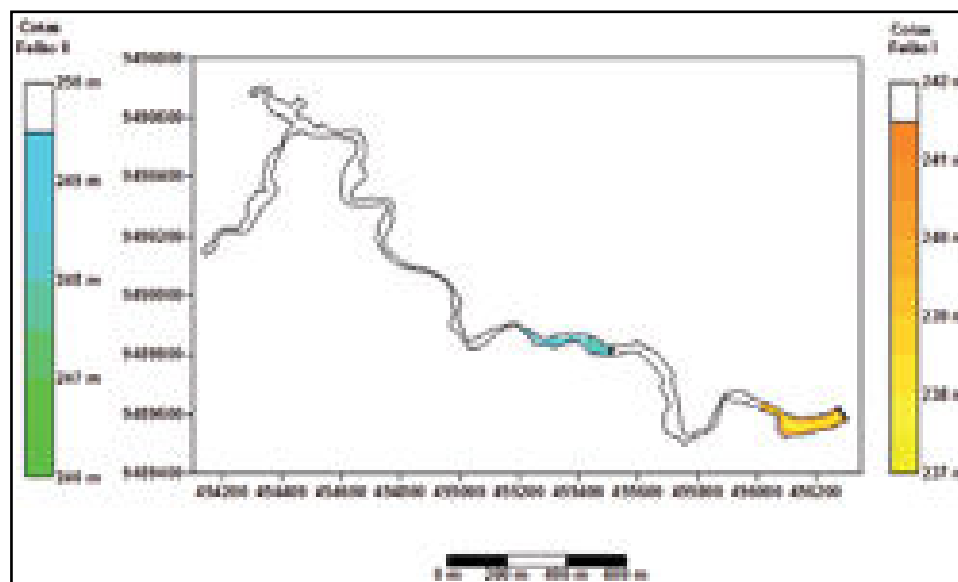


FIGURA 2.99 – “Espelho d’água” (bacia hidráulica) das barragens subterrâneas (Felão I e Felão II) no riacho Felão.

Os mapas gerados permitiram a estimativa dos volumes de sedimentos envolvidos com cada uma das barragens. Esses dados estão expostos na Tabela 2.51 e mostram que, apesar da proximidade entre as obras, a

barragem Felão II encontra-se em uma área de gradiente topográfico mais acentuado que a área da barragem à jusante, o que se reflete tanto na menor espessura do pacote sedimentar e um “espelho d’água” menor. Isto se traduz, também, em uma capacidade significativamente menor de armazenamento da barragem Felão II, em relação a barragem Felão I.

TABELA 2.51 – Estimativa dos volumes de sedimentos associados com as barragem subterrâneas no riacho Felão ($H_{\text{FELÃO I}} = 4,5\text{m}$; $H_{\text{FELÃO II}} = 3,55\text{m}$)

Alvo	Área -m ²	Volume de sedimentos - m ³	Porosidade efetiva estimada (%)	Capacidade de armazenamento (m ³)
Aluvião - Todo trecho	75.836,44	162.827,43		-
Bacia hidráulica – Felão I	11.557,22	24.804,74	10%	2.480,04
Bacia hidráulica – Felão II	7.306,58	8.693,04	10%	869,30

Na barragem subterrânea do riacho Salgadinho, procurou-se simular o comportamento dos níveis d’água perante as duas barragens (a antiga e a mais nova). A figura 2.100 apresenta o resultado dessas abstrações. Observa-se nesta Figura que, aparentemente, a barragem mais nova está fora do domínio (bacia hidráulica) da barragem mais antiga.

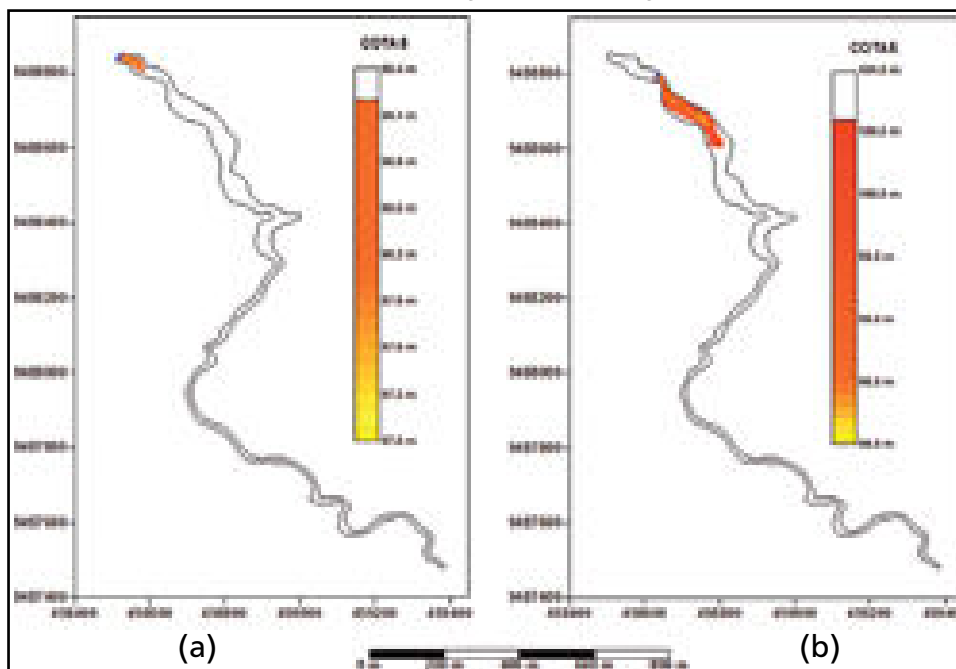


FIGURA 2.100 – “Espelho d’água” (bacia hidráulica) das barragens subterrâneas (antiga (a), mais nova (b)) no riacho Salgadinho.

A Tabela 2.52 apresenta os volumes de sedimentos associados as duas barragens subterrâneas e, conseqüentemente, dá uma estimativa do volume passível de ser armazenado em cada uma das barragens. A altura da barragem antiga corresponde a 2,2m, enquanto que para a barragem mais nova tomou-se o valor de 2,5m. Observa-se que o volume associado à barragem mais nova é quase dez vezes maior que a barragem antiga.

TABELA 2.52 – Estimativa dos volumes de sedimentos associados com as barragem subterrâneas no riacho Salgadinho ($H_{ANTIGA} = 2,2m$; $H_{NOVA} = 2,5m$).

Alvo	Área m ²	Volume de Sedimentos - m ³	Porosidade Efeti-va estimada (%)	Capacidade de Ar-mazenamento (m ³)
Aluvião - Todo trecho	39.250,67	47.307,87		-
Bacia hidráulica – B.S. antiga	1.296,38	794,72	10%	79,47
Bacia hidráulica – B.S. Nova	7.876,29	7.619,67	10%	761,96

2.6 – Modelagem Hidrológica

2.6.1 - Modelagem da hidrologia superficial

A função das ferramentas de modelagem hidrológica, neste estudo, é de dar suporte à equipe multidisciplinar do subprojeto, no que diz respeito aos aspectos específicos de interpretação dos dados hidrológicos e de qualidade de água, obtidos durante monitoramento biofísico.

2.6.1.1 - Objetivos e escopo

O objetivo principal da atividade de modelagem matemática, no que diz respeito a hidrologia superficial, é reconstituir as vazões líquidas e sólidas em seções de controle de interesse das sub-bacias hidrográficas.

A estratégia adotada foi monitorar intensivamente 02 (duas) microbacias, usando as calhas medidoras de vazão, projetadas e construídas em sub-bacias representativas, empreender campanhas eventuais de medição de vazão nos riachos para, posteriormente, integrar estes dados com o auxílio de modelos determinísticos de transformação chuva-vazão.

O escopo desta atividade restringe-se às ferramentas de simulação numérica, utilizadas para realizar estimativas relacionadas ao escoamento superficial, balanço hídricos nos açudes, bem como à quantificação indireta dos fluxos de massa nas microbacias selecionadas. Sempre que possível, as estimativas obtidas pelos modelos foram confrontadas com dados observados. Onde não havia dados de observação, numa seção de controle específica, a magnitude dos valores numéricos, resultantes de qualquer simulação, foi sempre julgada pela experiência anterior dos hidrólogos envolvidos e pela literatura científica disponível.

2.6.1.2 - Climatologia

A microbacia do rio Cangati apresenta tipo climático BSw'h' da classificação de Köppen (1918). Trata-se da região pertencente ao grupo de clima semiárido seco, com uma pequena temporada úmida, permitindo o desenvolvimento de vegetação rasteira e arbustiva, onde a época mais seca é o inverno e o máximo de chuvas ocorre no outono. A temperatura média anual e temperatura do mês mais frio são superiores ou iguais a 20,0°C (TABELA 2.53). Na classificação de Thornthwaite (1948), a microbacia se encontra numa região com tipo climático DdAa'. Esse caracteriza-se por ser um clima semiárido, com pequeno ou nenhum excesso hídrico, megatérmico e a concentração dos três meses de verão é responsável por 29,0% da evaporação potencial normal.

TABELA 2.53 – Climatologia normal da microbacia do rio Cangati.

Mês	Temperatura (°C)			Umidade relativa (%)	Veloc. do vento (m/s)	Precip. (mm)	Nebulos. (0-10)	Insolação (h/mês)
	Máximas	Mínimas	Média					
Jan	33,7	23,1	27,5	73	2,8	50,5	5,3	205,1
Fev	32,6	22,8	26,8	79	2,6	100,0	5,8	167,4
Mar	31,7	22,8	26,5	84	2,3	167,8	6,5	150,5
Abr	31,4	22,6	26,3	85	1,7	155,4	6,3	166,3
Mai	31,7	22,2	26,4	83	1,7	96,0	4,9	204,6
Jun	32,2	21,6	26,3	78	2,0	46,8	4,2	218,9
Jul	32,9	21,5	26,5	72	2,5	26,9	4,0	246,4
Ago	34,3	21,9	27,2	66	2,7	7,6	3,1	271,9

(continua)

(continuação)

Mês	Temperatura (°C)			Umidade relativa (%)	Veloc. do vento (m/s)	Precip. (mm)	Nebulos. (0-10)	Insolação (h/mês)
	Máximas	Mínimas	Média					
Set	34,8	22,3	27,4	65	3,7	3,7	3,2	262,8
Out	35,3	22,6	27,8	66	3,3	6,4	3,2	271,1
Nov	35,0	22,8	27,9	66	2,8	10,9	3,5	269,6
Dez	35,0	23,1	28,2	69	2,8	23,1	4,2	247,3
Anual						695,0	2.681,9	

A microbacia do rio Cangati recebe alta incidência de radiação solar, com faixa de variação diurna de temperatura com amplitude em torno dos 10°C, média anual de umidade relativa do ar próximo de 68%, precipitação extremamente variável e alta taxa de evaporação. A temperatura média máxima histórica é de 35,3°C e ocorre no mês de outubro (FIGURA 2.101). A precipitação média anual soma 695mm, com um coeficiente de variação de 0,42 para a série histórica anual normal, no intervalo 1961-1990. Por outro lado, 74,6% do total de chuvas estão concentrados no quadrimestre fevereiro-março-abril-maio.

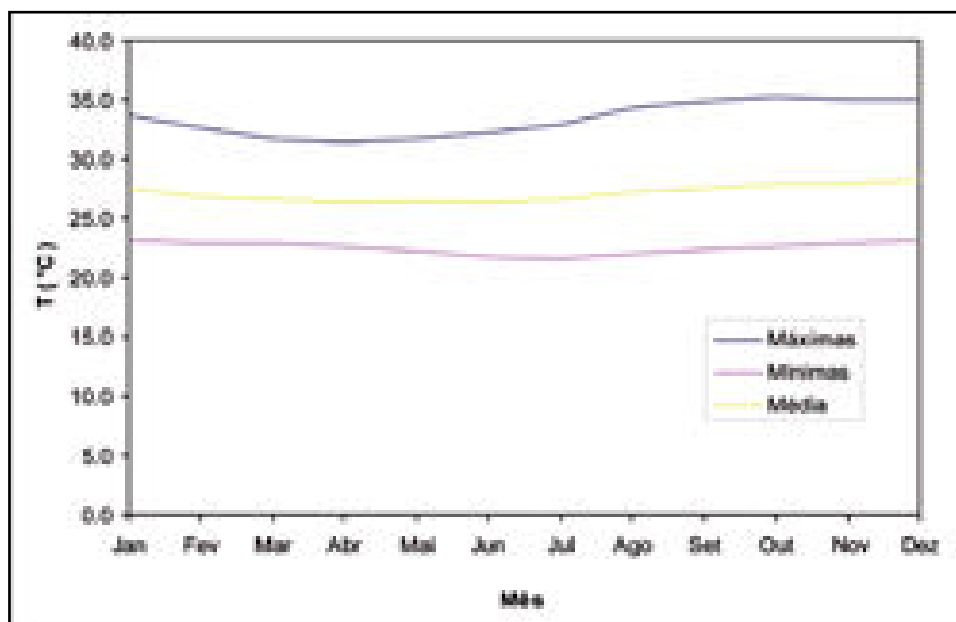


FIGURA 2.101 – Temperaturas máximas, médias e mínimas históricas na estação meteorológica de Quixeramobim (rede nacional do INMET)

O balanço hídrico climatológico (TABELA 2.54 e FIGURA 2.102) foi realizado a partir da pluviometria média mensal do posto de São José da Macaoca e da evapotranspiração potencial de referência, estimada segundo o documento FAO56, que utiliza a formulação de Penman-Monteith, usando dados da estação meteorológica de Quixeramobim. Para determinar a classificação do clima de acordo com Thornthwaite (1948), obtida a partir deste balanço, foram calculados os seguintes índices:

- Im (%) = -40 (índice hídrico ou índice efetivo de umidade);
- Ia (%) = 66 (índice de aridez);
- Iu (%) = 0 (índice de umidade);
- CV (%) = 29 (índice da concentração dos meses de verão).

TABELA 2.54 - Balanço hídrico climático a partir da evapotranspiração de Penman-Monteith - FAO56 (1998), utilizando o método de Thornthwaite & Mather (1955), para 125mm de capacidade de armazenamento do solo.

Mês	P	ETo	P-ETo	NEG ACUM	ARM	ALT	ER	EXC	DEF
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Jan	50,5	189,5	-138,9	-1.478,7	0,0	0,0	50,5	0,0	138,9
Fev	100,0	158,3	-58,3	-1.537,1	0,0	0,0	100,0	0,0	58,3
Mar	167,8	147,9	19,9	-229,9	19,9	19,9	147,9	0,0	0,0
Abr	155,4	123,8	31,6	-110,9	51,5	31,6	123,8	0,0	0,0
Mai	96,0	126,9	-30,9	-141,8	40,2	-11,3	107,3	0,0	19,6
Jun	46,8	127,8	-81,0	-222,9	21,0	-19,2	65,9	0,0	61,8
Jul	26,9	159,5	-132,6	-355,5	7,3	-13,7	40,6	0,0	118,9
Ago	7,6	191,7	-184,1	-539,6	1,7	-5,6	13,2	0,0	178,5
Set	3,7	220,0	-216,3	-755,9	0,3	-1,4	5,1	0,0	214,9
Out	6,4	221,0	-214,6	-970,5	0,1	-0,2	6,6	0,0	214,4
Nov	10,9	203,8	-192,8	-1.163,3	0,0	0,0	11,0	0,0	192,8
Dez	23,1	199,6	-176,5	-1.339,8	0,0	0,0	23,1	0,0	176,5
ANO	695,0	2.069,7	-1.374,7	-	141,9	0,1	695,0	0,0	1.374,7

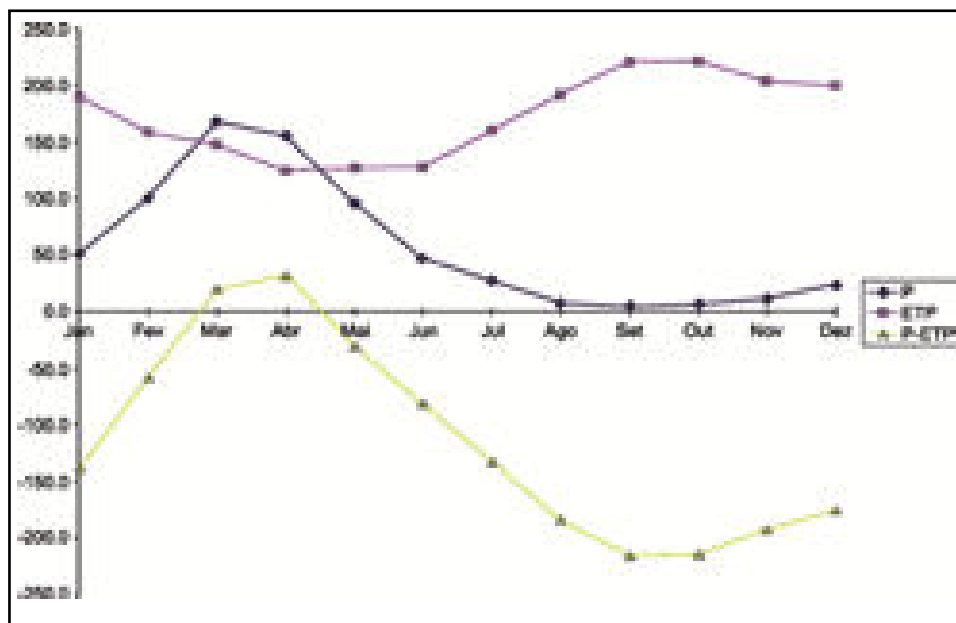


FIGURA 2.102 – Balanço hídrico climático

2.6.1.3 - Domínio espacial e características físicas das sub-bacias

A hidrologia da microbacia está ligada a todas as variáveis monitoradas, desde a qualidade da água nos açudes até a produção e acumulação de sedimentos nas barragens sucessivas. Toda a região incluída na microbacia hidrográfica do rio Cangati foi considerada como nossa área de estudo. O emprego de técnicas de geoprocessamento e o uso de um sistema de informações geográfica foram fundamentais para viabilizar a integração dos dados com os respectivos locais de monitoramento (FIGURA 2.104). A relação das características físicas, medidas em campo e mapeadas com as respectivas áreas ou frações de área de drenagem, permitiu a formulação de hipóteses de funcionamento hidrológico das microbacias monitoradas. A tradução dos temas mapeados em parâmetros de modelos matemáticos é a parte mais estável do processo interativo de quantificação dos balanços de massa. A contextualização geográfica também pode, eventualmente, fundamentar cientificamente as extrapolações decorrentes do monitoramento biofísico, na forma de algum modelo empírico derivado.

A avaliação de parâmetros físicos por sub-bacia foi baseada nos dados obtidos através do mapeamento detalhado da hidrografia, por meio de interpretação de imagem de satélite CBERS, bem como do uso de dados topográficos, derivados do modelo numérico de terreno da área, com resolução interpolada final de 30 metros (FIGURA 2.104).

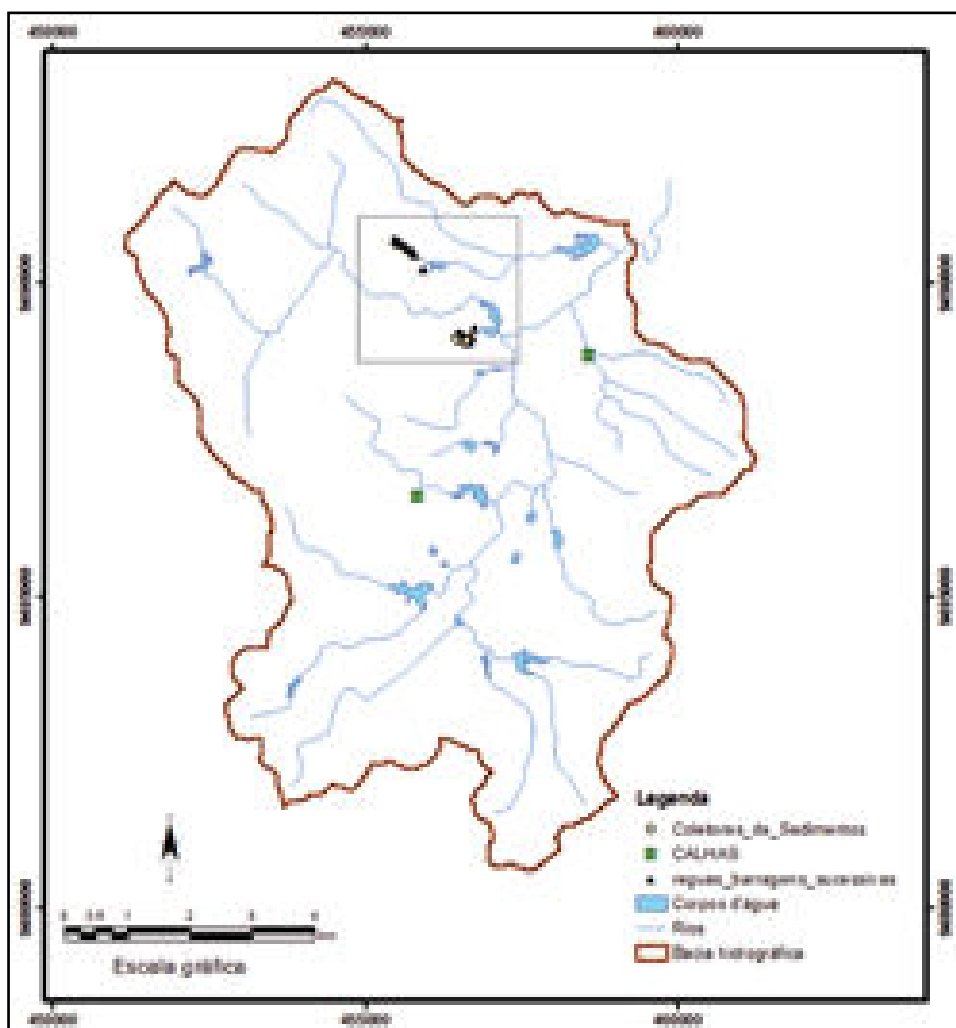


FIGURA 2.103 – Pontos de monitoramento

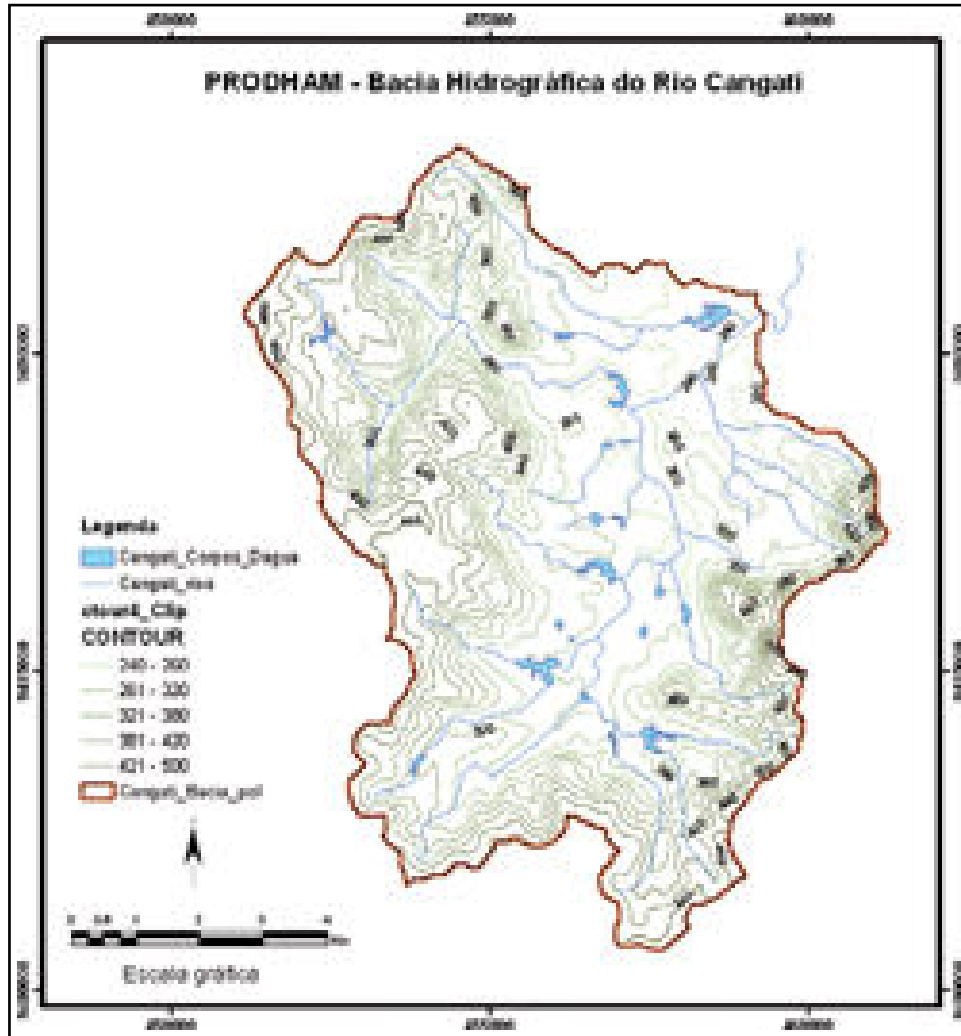


FIGURA 2.104 - Relevo da microbacia hidrográfica

São numerosas as combinações possíveis de parâmetros de superfície, visto que os recortes dependem da localização dos pontos de controle, referindo-se, no mínimo, a 10 (dez) açudes, 03 (três) barragens subterrâneas, 02 (duas) calhas medidoras de vazão, e 02 (duas) áreas com barragens sucessivas para retenção de sedimentos. Organizar os dados sistematicamente num GIS foi a abordagem adotada para concretizar a tarefa de descrever as condições de contorno da modelagem matemática do escoamento superficial. Optou-se por incluir o máximo de informação possível no sistema de informações geográficas, de modo que, após a

consistência e integração com as outras atividades das equipes, o banco de dados georreferenciado pudesse ser naturalmente incorporado ao fluxo de trabalho do subprojeto.

No decorrer da aplicação dos programas de simulação e na interpretação de variáveis físicas observadas em campo, definiu-se uma lista de características físicas importantes de algumas sub-bacias, identificadas em três grupos: sub-bacias das calhas de medição de vazão, sub-bacias dos principais açudes e sub-bacias das barragens de acumulação de sedimentos (FIGURA 2.105; TABELAS 2.55 a 2.63).

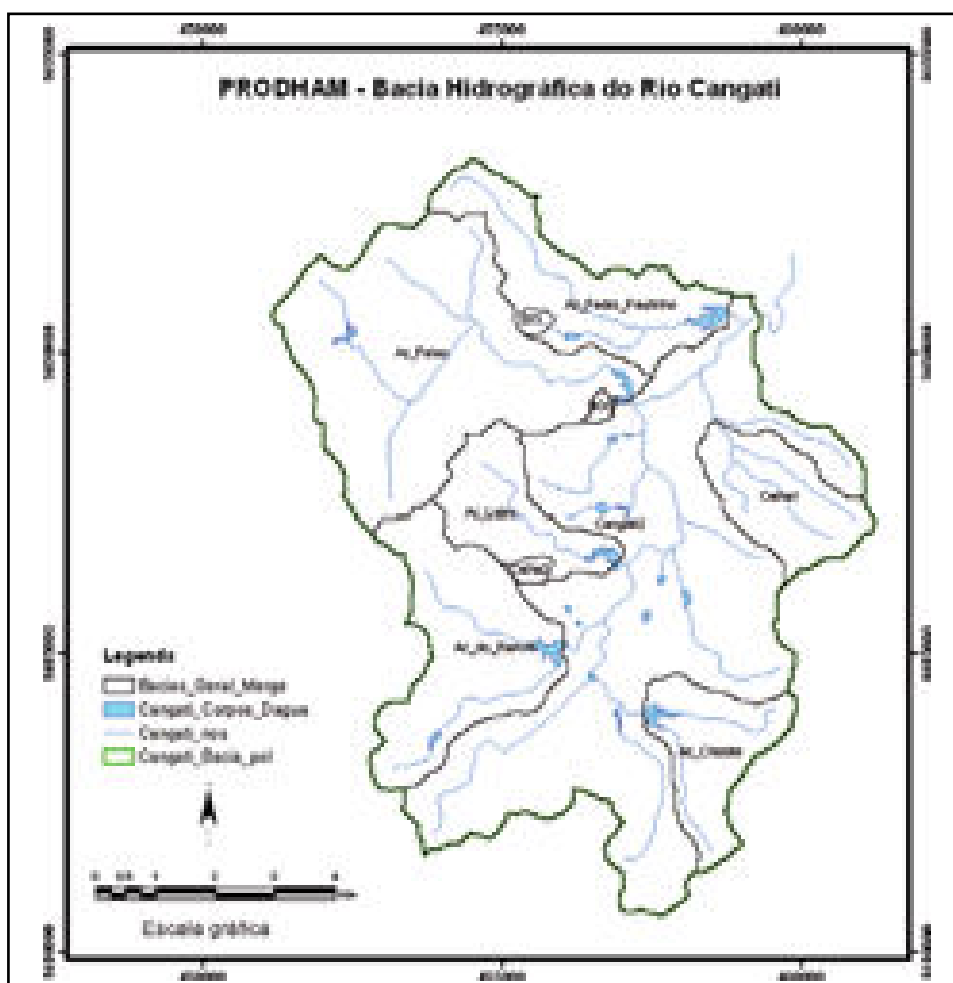


FIGURA 2.105 - Delineamento das sub-bacias

As determinações das características da superfície das sub-bacias, que condicionam o escoamento superficial, recaíram sobre o relevo, os tipos de solo e o estado da cobertura vegetal (FIGURAS 2.104, 2.106 e 2.107). Alguns resultados das análises quantitativas foram resumidos nas Tabelas 2.55 e 2.56.

TABELA 2.55 – Quantificação da abrangência espacial dos tipos de solo

Tipo de solo	Área (km ²)	Área (%)
Ae – Aluvião	2,57	3,56
PE1 – Podzólico Eutrófico 1	8,19	11,34
PE2 – Podzólico Eutrófico 2	10,76	14,88
Re1 – Litólico 1	47,77	66,13
Re2 - Litólico 2	2,95	4,09
Total	72,24	100,00

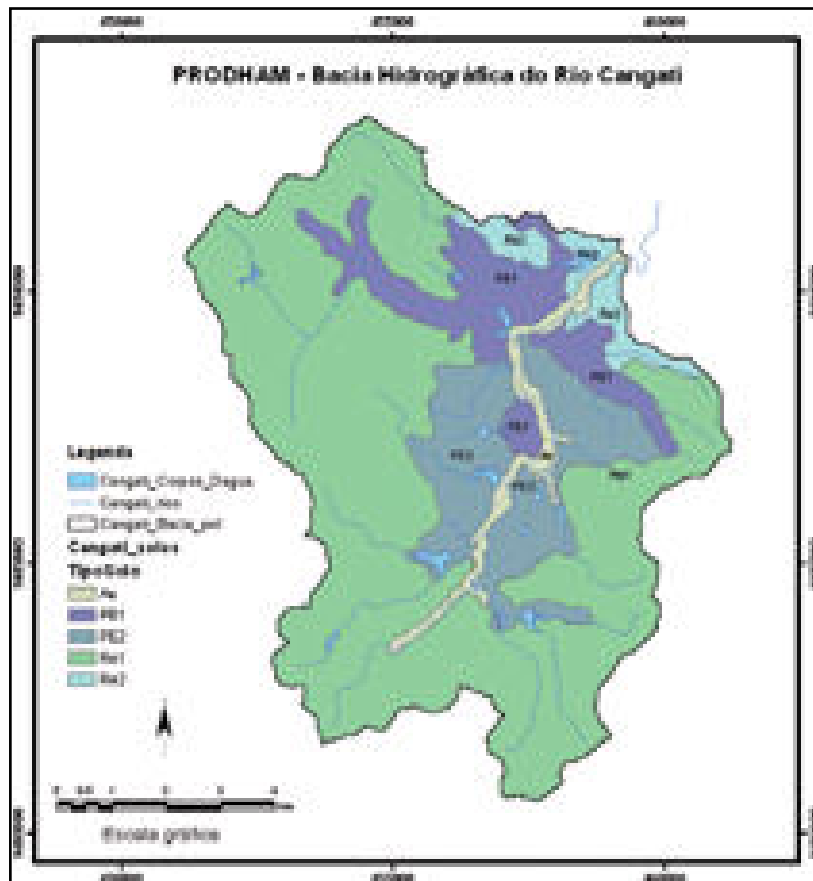


FIGURA 2.106 – Mapa pedológico simplificado

TABELA 2.56 – Estado da vegetação (interpretação digital de uma imagem SPOT5)

Classe	Área (km ²)	Área (%)
Conservada	39,48	54,65
Degradada	12,75	17,64
Fortemente_degradada	4,05	5,63
Parcialmente_degradada	14,44	19,99
Solo_exposto	1,51	2,09
Não classificado		
Total	72,24	100,00

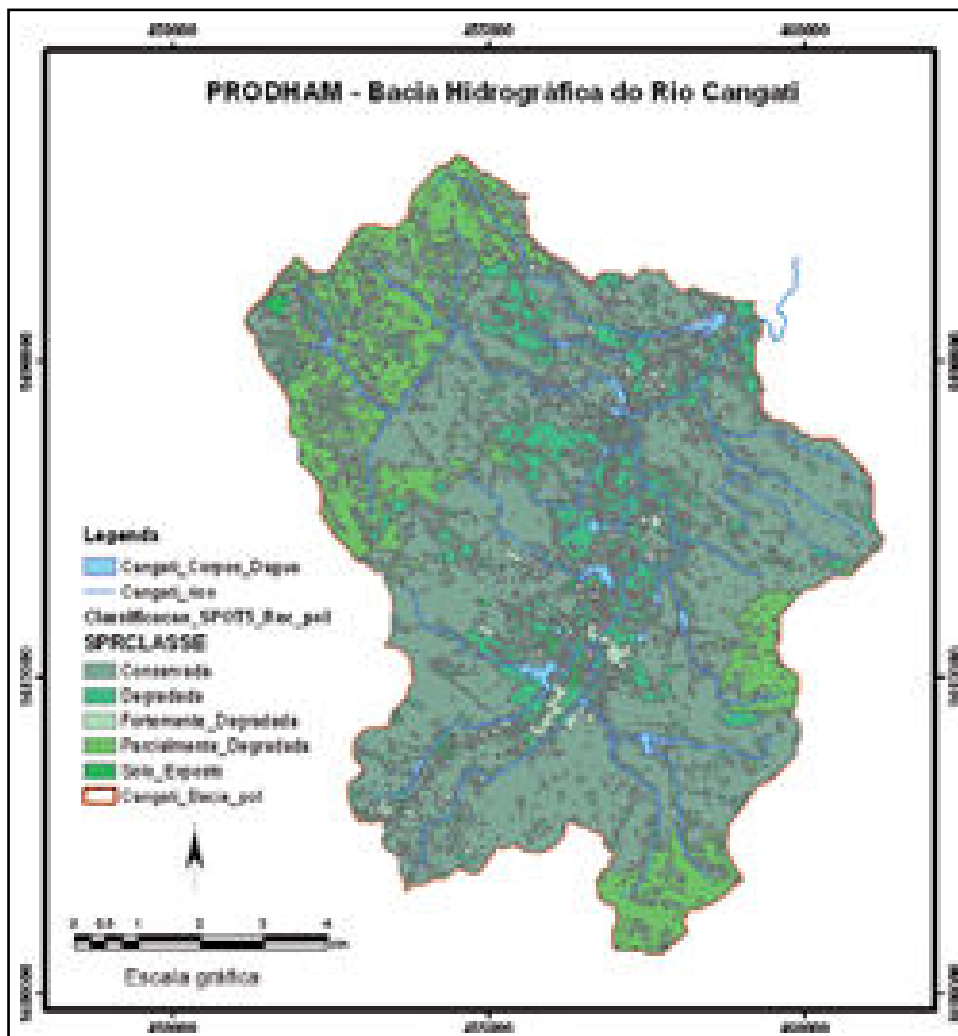


FIGURA 2.107 – Mapa de cobertura vegetal

TABELA 2.57 – Características das sub-bacias

Nome	Área da bacia (km ²)	Perímetro (km)	Declividade média (%)	Declividade do curso d'água (m/m)	Comprimento do curso d'água (km)
Cangati	72,24	55,86	9,68	0,0128	14,47
Ramim	8,10	19,20	9,58	0,0220	4,89
Chicote	4,15	13,14	13,93	0,0474	3,45
P. Paulino	6,63	19,62	7,92	0,0220	7,08
Lajes	4,06	12,54	11,48	0,0299	4,31
Tobias (Felão)	16,73	26,04	13,66	0,0225	9,72

TABELA 2.58 – Características das sub-bacias das calhas medidoras

Nome	Área da bacia (km ²)	Perímetro (km)	Declividade média (%)	Declividade do curso d'água (m/m)	Comprimento do curso d'água (km)
Salgadinho (Calha 1)	4,13	11,76	11,34	0,0312	3,81
Gatos (Calha 2)	0,27	2,17	9,80	0,0976	0,82

TABELA 2.59 – Características das sub-bacias das barragens sucessivas

Nome	Área da bacia (km ²)	Perímetro (km)	Declividade média (%)	Declividade do curso d'água (m/m)	Comprimento do curso d'água (km)
B11	0,24	1,88	25,40	0,08261	0,46
G5	0,17	2,40	4,54	0,03143	0,35

TABELA 2.60 – Estado da vegetação nas microbacias monitoradas

Classe	Salgadinho (%)	Gatos (%)	B11 (%)	G5 (%)
Conservada	81,13	85,76	14,10	34,00
Degradada	12,00	5,60	63,71	41,11
Fortemente degradada	2,60	5,92	8,12	13,20
Parcialmente degradada	3,40	0,38	13,59	5,45
Solo exposto	0,85	2,35	0,49	6,24
Não classificado	0,02	0,00	0,00	0,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

TABELA 2.61 – Percentagem de cada tipo de solo nas sub-bacias dos açudes

Tipo de solo	Sub-bacia (% da área)				
	Ramim	Chicote	P. Paulino	Lajes	Tobias
Ae	-	-	-	0,26	0,10
PE1	-	-	-	-	18,60
PE2	94,69	9,68	20,70	28,82	0,00
Re1	5,31	90,32	55,27	70,92	81,30
Re2	0,00	0,00	24,03	0,00	0,00
Total (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Total (km ²)	8,10	4,15	6,63	4,06	16,73

TABELA 2.62 – Percentagem de cada tipo de solo nas sub-bacias das calhas

Tipo de Solo	Sub-bacia (% da área)	
	Calha 1 (Riacho Salgadinho)	Calha 2 (Riacho dos Gatos)
PE1	25,20	-
PE2	29,56	15,23
Re1	44,50	84,77
Total (%)	100,00	100,00

TABELA 2.63 – Percentagem de cada tipo de solo nas sub-bacias das barragens sucessivas

Tipo de Solo	Sub-bacia (% da área)	
	B11	G5
PE1	-	92,73
Re1	100,00	7,27
Total (%)	100,00	100,00

2.6.1.4 - Dados hidrológicos observados

Dos dados dos pluviômetros convencionais da Funceme, a nível diário, os dados mais completos, durante o ano de 2008, originaram-se em sua maioria da estação Esperança, código 372, armazenada em arquivo texto [“372.txt”]. Outras estações, também utilizadas, foram São João de Macaoca, Bonito e Targinos. Os dados da estação meteorológica tipo plataforma de coleta de dados (PCD), no terreno do Sr. Napoleão, no centro da microbacia hidrográfica, forneceu dados importantes para o cálculo da evapotranspiração potencial. Devido a um problema na bateria, houve uma falha de dados até o dia 21 de maio de 2008. Os dados relativos a radiação solar, temperatura, umidade relativa e velocidade do vento, da estação de Ibaretama, foram utilizados para preencher este vazio no início do ano.

A Figura 2.108, a seguir, mostra um exemplo com alguns dados brutos, coletados a partir da PCD meteorológica, instalada na microbacia do rio Cangati. Já a Figura 2.109 apresenta a série completa para o ano de 2008, com dados consistidos e totalizados diariamente.

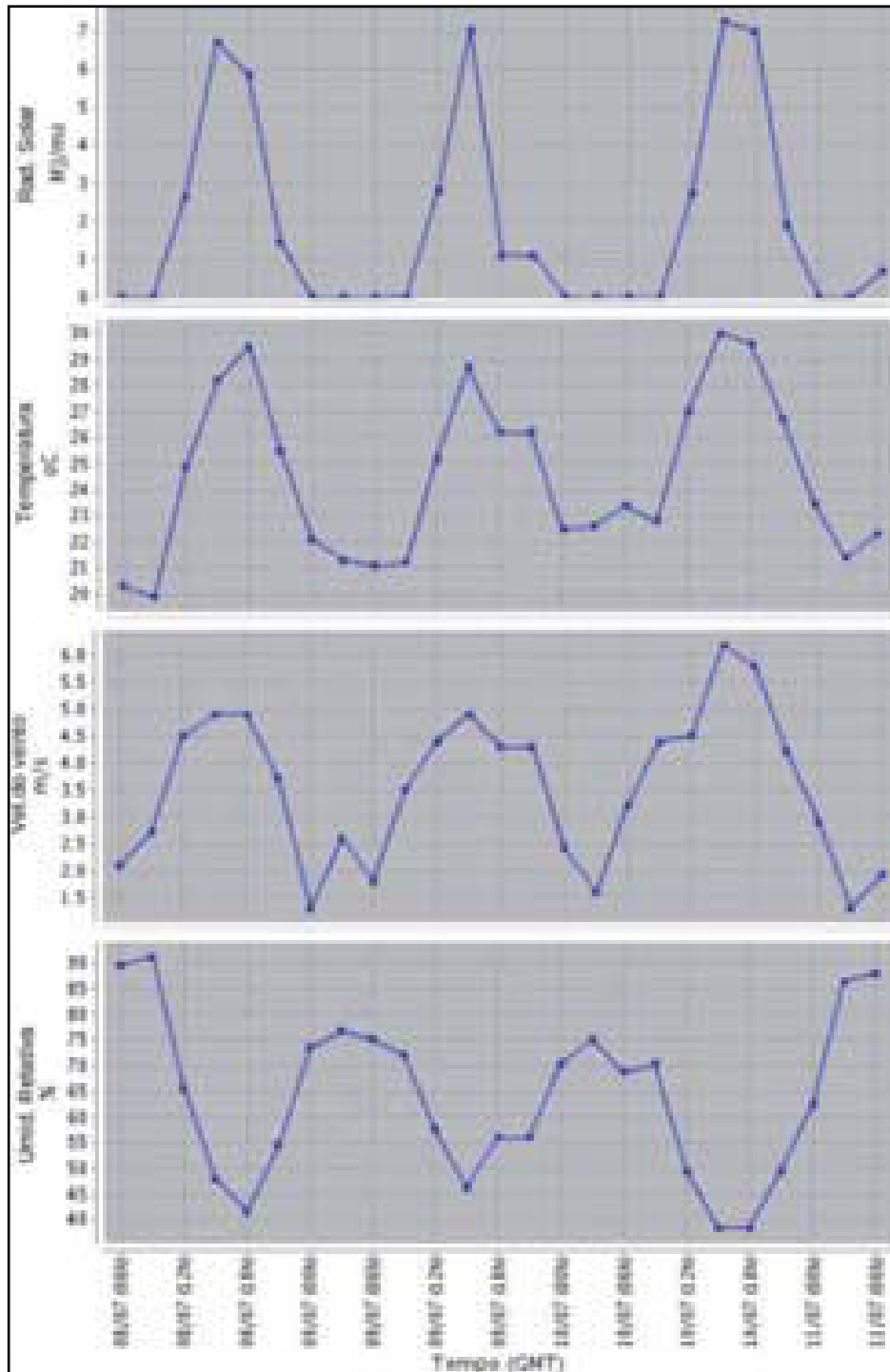


FIGURA 2.108 – Dados brutos de variáveis meteorológicas da PCD Canindé - PRODHAM

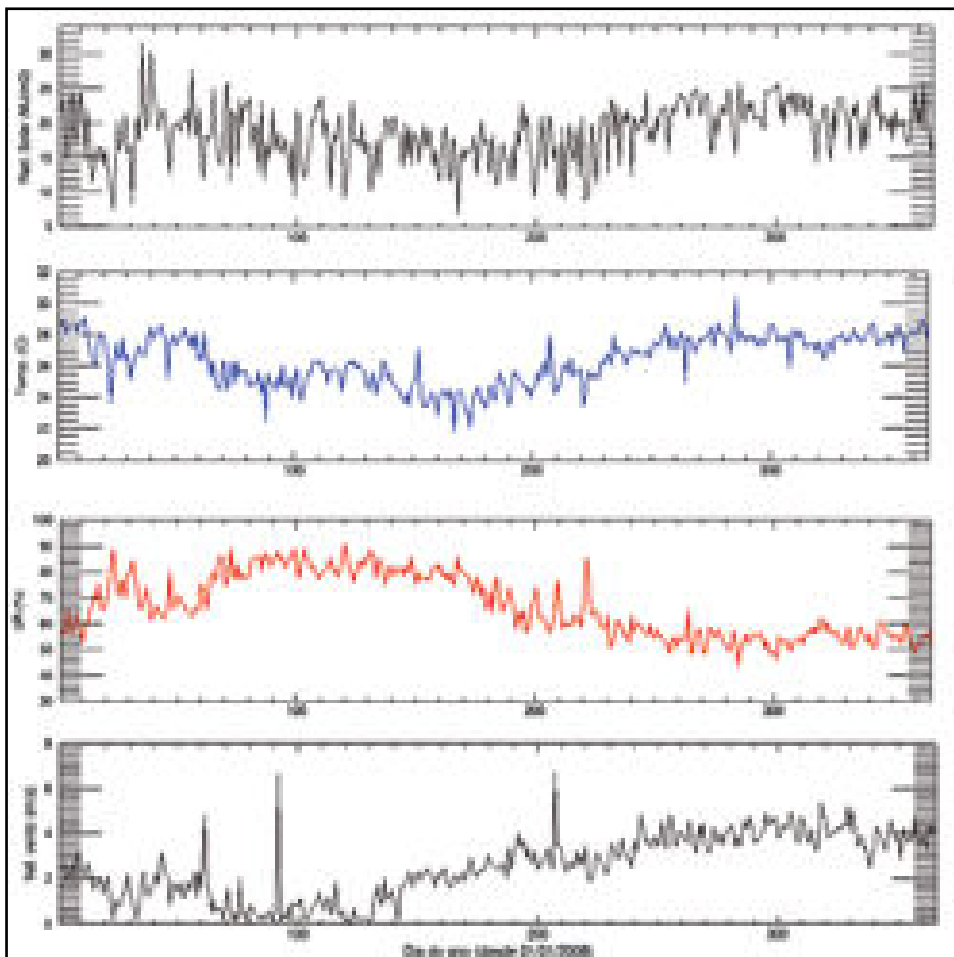


FIGURA 2.109 – Informações meteorológicas consistidas a nível diário – utilizada para estimar a evapotranspiração potencial durante o ano de 2008

Foram estabelecidas duas seções de medição de vazão em riachos, pertencentes à microbacia hidrográfica do rio Cangati, no âmbito do PRODHAM. Optou-se por projetar calhas vertedoras com desenho específico para cada local, obedecendo critérios hidráulicos e construídas de forma a produzir interferência mínima no fluxo de sedimento dos riachos monitorados. Faz parte da estrutura da calha, um poço tranquilizador, onde foi instalado um medidor eletrônico de nível d'água. Também compõem o sistema, uma pequena torre com painel solar para alimentação de energia, um *datalogger* e um pluviômetro capaz de fazer medidas em incrementos de 0,2mm.

O dimensionamento hidráulico das calhas (FIGURAS 2.110 e 2.111) permitiu a formação de duas seções de controle com dados contínuos de vazão nos riachos intermitentes Salgadinho (Calha 1) e dos Gatos (Calha 2). Aspectos construtivos mais detalhados já foram documentados anteriormente neste trabalho. As calhas encontram-se em plena operação e gerando dados de nível a cada 10 minutos, desde maio de 2008. Exemplos de limnigramas medidas e respectivas vazões resultantes são apresentadas como evidência do sucesso da instrumentação das microbacias (FIGURAS 2.112 e 2.113).

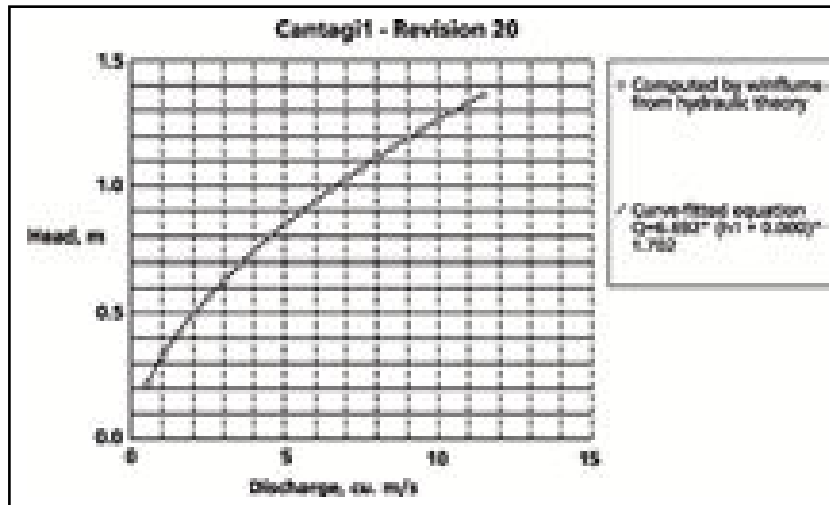


FIGURA 2.110 – Curva chave teórica da calha 1 (riacho Salgadinho)

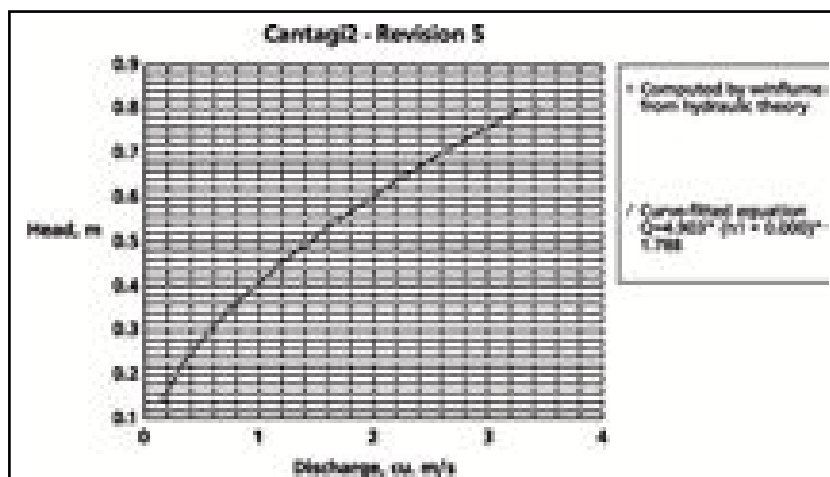


FIGURA 2.111 – Curva chave teórica da calha 2 (riacho dos Gatos)

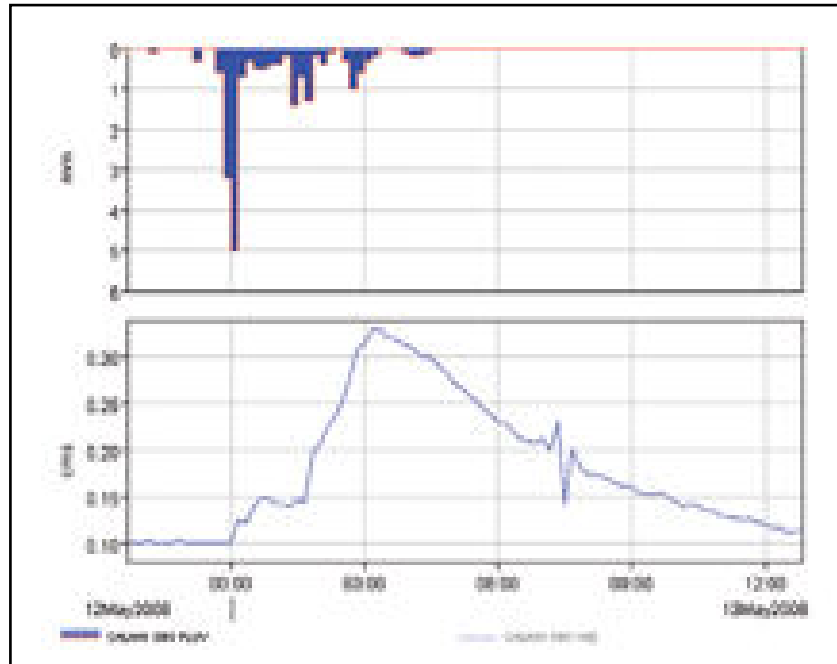


FIGURA 2.112 – Hidrograma observado no evento de 12/05/2008 no riacho Salgado

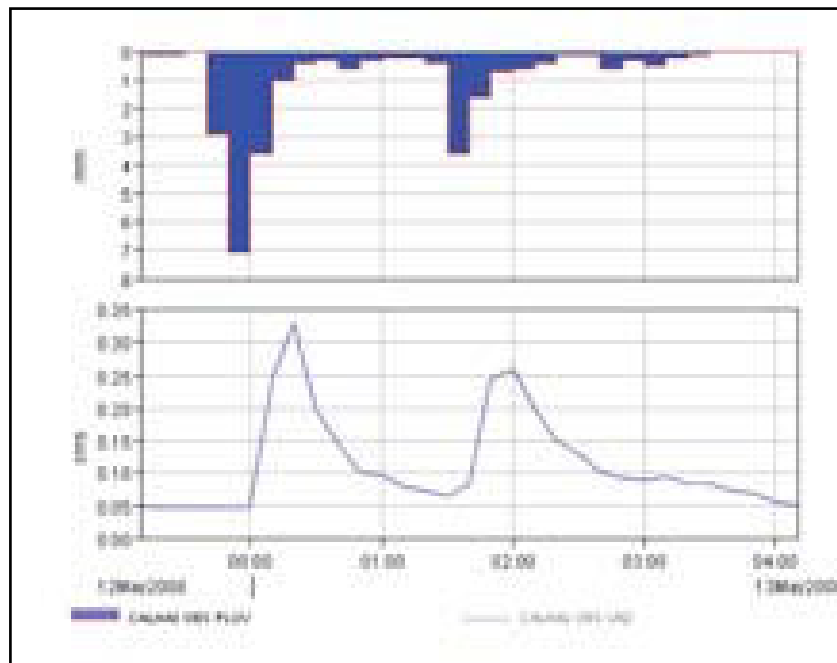


FIGURA 2.113 – Hidrograma observado no evento de 12/05/2008 no riacho dos Gatos

A acumulação de sedimentos nas barragens sucessivas (FIGURA 2.114), localizadas transversalmente aos pequenos riachos da microbacia, foi monitorada ao longo do ano de 2008. Com apenas uma estação chuvosa de monitoramento, a quantidade de dados obtidos não é abundante. Mesmo assim, uma síntese das medidas nas barragens do riacho Guerredo (G1 a G5) e do riacho Bananeiras (B1 a B11) é apresentada para dar uma visão quantitativa aproximada da massa de sedimento retida em cada pequena barragem sucessiva de contenção de sedimentos. Esta informação será comparada com os resultados de um modelo hidrosedimentológico, com o objetivo de entender melhor os fatores que influenciam a eficiência destas estruturas quanto à retenção de sedimentos erodidos nas microbacias e transportados nos canais naturais. A Tabela 2.64 mostra os resultados das estimativas de volume e massa depositadas nas barragens sucessivas durante a estação chuvosa de 2008. O detalhe da localização e esquema geométrico em planta das barragens sucessivas pode ser observado na Figura 2.114, resultante da superposição dos locais de medida de sedimentos na imagem de satélite georreferenciada.



FIGURA 2.114 – Esquema do levantamento da área superficial da barragem B11 de acumulação de sedimentos

TABELAS 2.64 – Estimativa da variação de volume e massa depositadas nas barragens sucessivas

Régua	Valores observados					Volumes calculados		Variação da massa (1000 kg)
	H1 (cm)	H2 (cm)	ΔH (cm)	A (m ²)	V2 (m ³)	V1 (m ³)	ΔV (m ³)	
B1	18	31	13	50,03	5,170	1,012	4,16	5,84
B2	20	43	23	48,86	7,003	0,705	6,3	9,06
B3	13	80	67	53,95	14,386	0,062	14,32	17,76
B4	27	76	49	32,70	8,283	0,37	7,91	10,16
B5	16	38	22	29,18	3,697	0,276	3,42	4,96
B7	60	90	30	52,53	15,759	4,669	11,09	16,29
B10	23	39	16	39,40	5,122	1,051	4,07	5,5
B11	8	39	31	58,05	7,546	0,065	7,48	913
G1	22	67	45	59,32	13,249	0,469	12,78	12,65
G2	20	84	64	60,96	17,070	0,230	16,84	20,54
G3	85	109	24	35,95	13,061	6,194	6,87	8,88
G5	59	73	14	129,77	31,578	16,671	14,91	21,45

ΔV – variação de volume no ano de 2008

ΔH – variação de altura medida na régua em 2008

2.6.1.5- Aplicação de modelos hidrológicos em microbacias selecionadas

a) Evapotranspiração

Fundamento físico

A abordagem concreta para quantificação da evapotranspiração depende de uma grande quantidade de parâmetros, quais sejam: tipo de superfície (água, campo cultivado, vegetação natural e copa das árvores em florestas, massas de terra heterogêneas); disponibilidade de água (limitada ou não); uso de energia estocada (ex. açudes com grande volume); uso de energia advectada (ex. caso de um rio com temperatura diferente chegando num lago); energia advectada pelo ar (fluxo horizontal de massas de ar modificam o balanço energético local). Outros critérios para a escolha e aplicação de modelos físico-matemáticos, baseados em dados meteorológicos, dizem respeito a três aspectos básicos: (1) propósito do estudo (projeto de irrigação, modelagem hidrológica, projeto de açudes, etc); (2) disponibilidade de dados no local ou região de interesse; e (3) a escala temporal (horária, diária, mensal, anual, média climática normal).

Fisicamente, a evaporação é um processo difusivo que segue a lei de Fick que, em diferenças finitas, pode ser escrita na forma:

$$E = K_E \cdot v_a \cdot (e_s - e_a)$$

onde E é a taxa de evaporação, e_s e e_a são as pressões de vapor na superfície evaporante e do ar circundante, respectivamente, e v_a é a velocidade do vento. O coeficiente K_E mede a eficiência do transporte vertical do vapor d'água, devido a própria turbulência do vento. Esse coeficiente é dependente das condições de estabilidade do ar, bem como da rugosidade da superfície que, em última análise, determina a intensidade do fluxo turbulento próximo à superfície.

Evaporação livre

Dingman (1994) discutiu detalhadamente os aspectos teóricos e práticos das abordagens correntemente utilizadas na estimativa da evaporação livre (free evaporation) e da evaporação a partir da superfície de lagos e reservatórios artificiais. Pode-se citar diversas técnicas: balanço hídrico do corpo d'água; transferência de massa para a atmosfera; balanço de energia e Razão de Bowen; método Penman-Combination e uso do tanque classe A.

A equação de Penman resulta da combinação dos princípios da transferência de massa entre a superfície e a atmosfera com a abordagem do balanço de energia, eliminando, em tese, a necessidade de medidas da temperatura da superfície evaporante. Esta abordagem forma uma das teorias físicas mais consistentes para estimativa da evaporação, a partir de dados meteorológicos, e é baseada na seguinte relação matemática:

$$E = \frac{\Delta \cdot (K + L) + \gamma \cdot K_E \cdot \rho_a \cdot \lambda_v \cdot v_a \cdot e_{sat} \cdot (1 - W_a)}{\rho_a \cdot \lambda_v \cdot \Delta + \gamma}$$

onde E é a evaporação estimada para a superfície livre da água, Δ é a declividade da curva de saturação da pressão de vapor à temperatura do ar T_a , K é radiação líquida de ondas curtas; L é a radiação líquida de ondas longas, Y é a constante psicrométrica, W_a é a umidade relativa do ar, K_E é um coeficiente que depende da velocidade do vento e da rugosidade da superfície e do gradiente ($e_{sat} - e_a$) de pressão de vapor entre a superfície e a camada de ar circundante. Para cálculo do termo K , foi estimado o albedo da superfície livre natural da água (açude com água limpa), em aproximadamente 0,05.

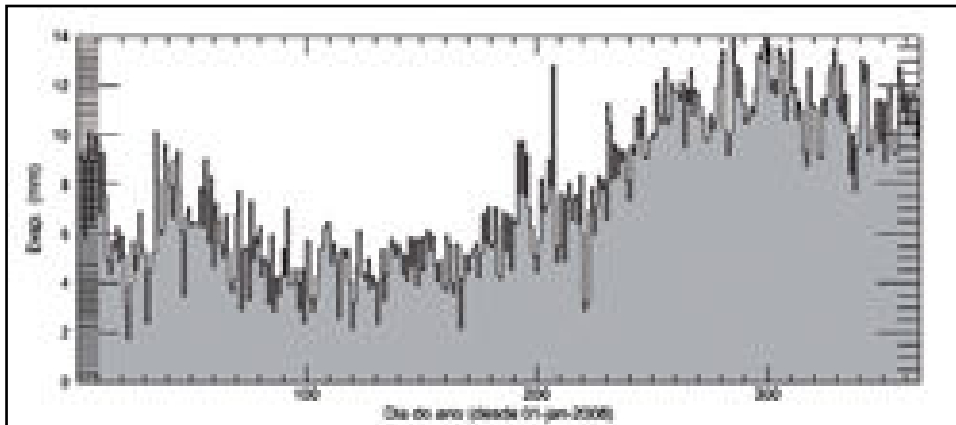


FIGURA 2.115 – Evaporação livre durante o ano de 2008

Evapotranspiração potencial

Monteith mostrou como a equação de Penman original pode ser modificada para representar a taxa de evapotranspiração numa superfície vegetada, incorporando, para isso, o termo denominado condutância da superfície C_{an} . Assim, após a definição da C_{at} (condutância atmosférica) e de um esquema de analogia elétrica para modelar o processo físico, surgiu o modelo de Penman-Monteith (MONTEITH, 1965):

$$E = \frac{\Delta \cdot (K + L) + \gamma \cdot \rho_a \cdot e_a \cdot C_{at} \cdot e_{sat} \cdot (1 - W_a)}{\rho_w \cdot \lambda_v \cdot \left[\Delta + \gamma \cdot \left(1 + \frac{C_{at}}{C_{can}} \right) \right]}$$

Para o nosso caso, a evapotranspiração potencial média foi calculada para todo o ano de 2008, utilizando dados da PCD localizada dentro da área da microbacia hidrográfica do rio Cangati. Foi implementado um programa computacional com equação de Penman-Monteith, lançando mão dos parâmetros climatológicos sintetizados e consistidos diariamente e organizados num banco de dados em um arquivo texto. Foram utilizados valores próprios dos parâmetros de albedo (0,25) e da rugosidade da superfície, para estimar adequadamente as condutâncias da atmosfera e da superfície heterogênea da microbacia hidrográfica.

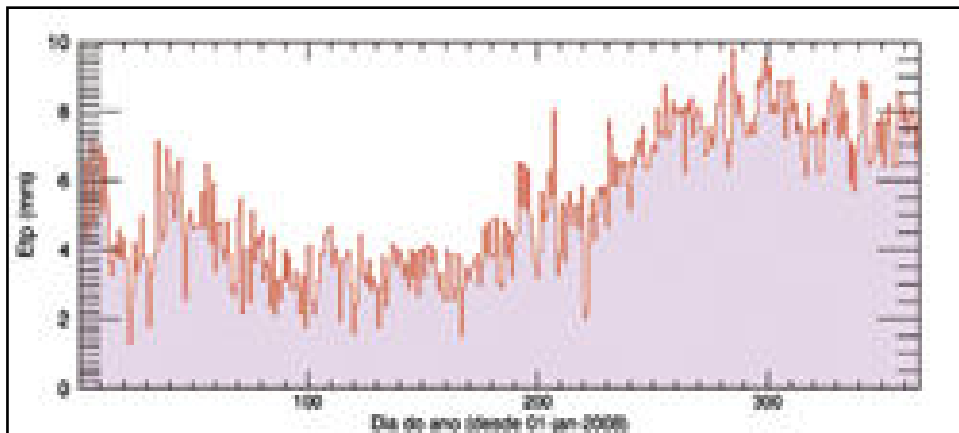


FIGURA 2.116 - Evapotranspiração potencial durante o ano de 2008.

b) Umidade do solo e vazões contínuas naturalizadas com o SMAPd

O modelo chuva-vazão *Soil Moisture Accounting Procedure (SMAP)* é um modelo determinístico com estrutura matemática relativamente simples. (LOPES et al., 1982). A versão utilizada é a da concepção original, com passo de simulação diária, SMAPd, que se constitui de quatro reservatórios lineares, idealizados à semelhança de compartimentos conceituais da bacia hidrográfica. Os fluxos simulados são o Ess (Escoamento subsuperficial), escoamento direto (Ed) e escoamento básico (Eb). A cada intervalo de simulação é estimado o estado do reservatório Rsolo que avalia o grau de saturação das camadas superficiais do solo da bacia. A relação entre os reservatórios hipotéticos do modelo pode ser apreciada na Figura

2.117. Nesta Figura, vemos a evaporação potencial (E_p), a parcela E_{s2} do escoamento superficial que alimenta o reservatório subsuperficial (R_{ssp}) e, finalmente, Q , a vazão escoada no exutório da bacia.

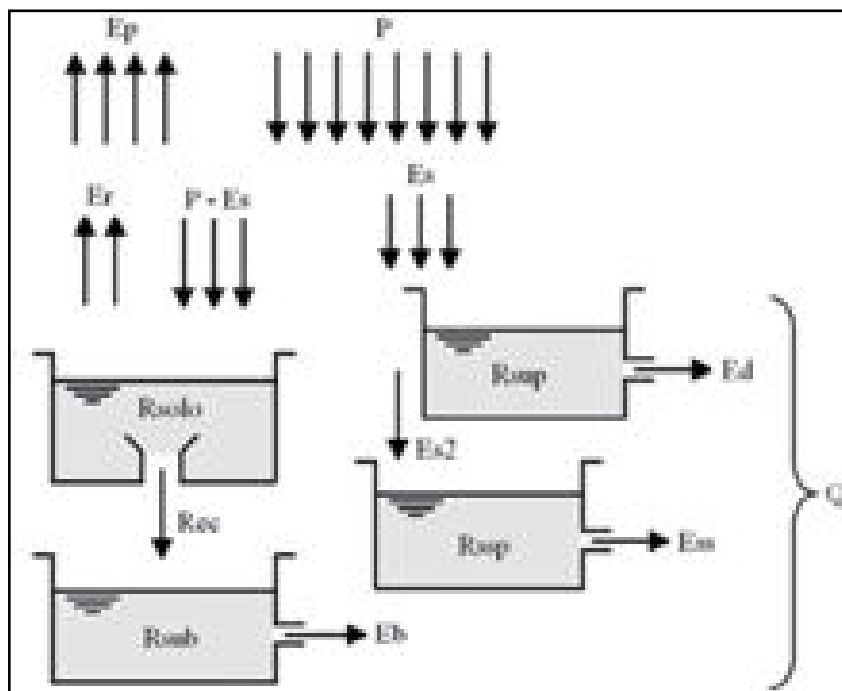


FIGURA 2.117 – Esquema conceitual do modelo SMAPd
Fonte: Lopes et al., (1982)

Neste modelo, o número de parâmetros que depende de calibração é reduzido quando comparado com a complexidade de outros modelos conceituais similares. O objetivo é facilitar a calibração com um número limitado de dados de vazão e, ainda assim, obter uma representação razoável do comportamento do deflúvio na bacia hidrográfica como um todo. O SMAP utiliza, como dados básicos de entrada, a precipitação diária (P) em mm; a evapotranspiração potencial (EP) diária em mm; a área da bacia hidrográfica em km^2 e uma série de vazões médias diárias para calibração. Como condição inicial principal, temos o teor de umidade do solo inicial (T_{uin}). Já os parâmetros do modelo que podem ser ajustados são: taxa de deplecionamento (K), que gera o escoamento de base; k_{2t} e k_{kt} – coeficientes de transferência dos reservatórios do superficial e subterrâneo, a_i – abstração

inicial; sat – relacionado ao nível máximo de saturação da camada superficial do solo; capc – parâmetros que controlam a drenagem da água do solo; crec – coeficiente de recarga, parâmetro relacionado com a taxa máxima de infiltração na zona não saturada do solo. Os resultados da calibração e da simulação são vistos nas Figuras 2.118 e 2.119, respectivamente.

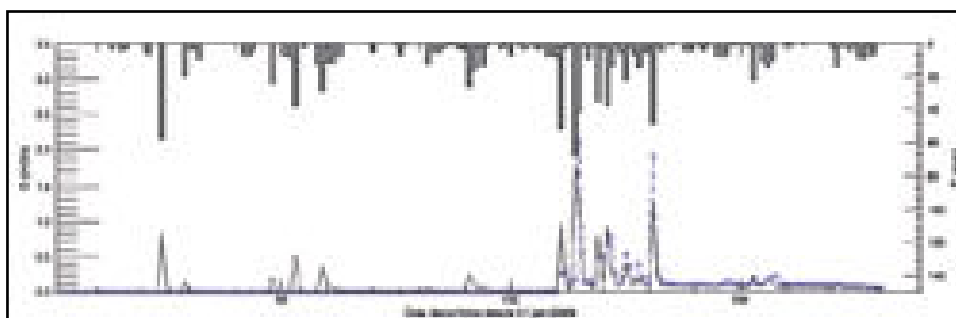


FIGURA 2.118 - Calibração manual do modelo com dados do primeiro semestre de 2009

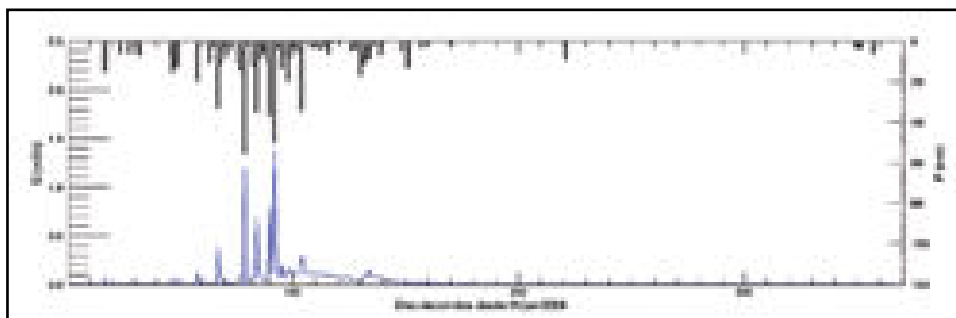


FIGURA 2.119 - Média diária de vazões simuladas durante o ano de 2008 na microbacia do riacho Salgadinho (Calha 1)

c) Simulação do comportamento hidrológico dos pequenos açudes

Balanço hídrico

A equação da continuidade é a base para a simulação do balanço hídrico do açude. A variação do volume do reservatório é igual ao volume afluente, menos o volume efluente, menos as perdas, considerando um intervalo de tempo fixo qualquer. Genericamente, esta equação pode ser expressa da seguinte maneira:

$$\Delta V = I - O - L$$

em que:

V : volume armazenado no reservatório; I : volume afluente ao reservatório;

O : volume efluente do reservatório (volumes controlados e não controlados);

L : perdas (evaporação líquida, perdas por infiltração, etc.).

A equação do balanço hídrico de um reservatório, detalhada na forma que foi utilizada para solução através de um programa de computador, foi escrita da seguinte maneira:

$$V_{t+1} = V_t + I_t + Q_t + \frac{A_{t+1} + A_t}{2} (P - E) - R - S_t$$

com:

$$S_t = \max(B - K; 0)$$

$$B = V_t + I_t + Q_t + \frac{A_{t+1} + A_t}{2} (P - E) - R$$

em que:

V_t = volume armazenado no início do ano t ;

I_t = volume afluente ao reservatório durante o ano t ;

Q_t : volume aduzido para o açude;

A_t = área do espelho d'água no início do ano t ;

E = lâmina evaporada durante o mês t , suposta constante ao longo dos anos;

P = precipitação sobre o lago durante o mês

K = capacidade do reservatório;

S_t = volume perdido por sangria durante o mês t ;

R_t = total das retiradas, dependente das demandas requeridas e do volume disponível no instante t

Representando-se a bacia hidráulica por $V = f(h)$ e $A = f(h)$, com $h =$ altura d'água, que nada mais é do que a Tabela cota-área-volume.

Observa-se que o termo, em que a precipitação e evaporação sobre a superfície do lago aparecem, depende da área superficial do lago nos tempos t e $t - 1$, o que torna necessária a utilização de um processo iterativo para determinação das variáveis de estado no tempo t . O programa de simulação leva em consideração este fato na sua implementação, solucionando o problema de modo a manter o balanço de massa continuamente.

Estudos anteriores mostram que a evaporação, a partir da superfície livre de açudes, difere dos valores observados em tanques evaporimétricos ou estimativas que não consideram o efeito tamanho e o efeito oásis. Para considerar estes efeitos, foi utilizado uma equação proposta por Molle (1994), na qual a evaporação livre é corrigida pelo coeficiente $Ka(S)$ de acordo com a expressão:

$$Ka(S) = 0,9 - 0,165 \cdot \operatorname{arctg} \frac{2 \cdot S}{30}$$

em que S é o valor numérico da área do espelho d'água, em hectares, a qualquer momento.

O balanço hídrico de dois açudes da microbacia, Tobias e Chicote, é apresentado a seguir como exemplo (FIGURAS 2.120 e 2.121). Os dados principais sobre os açudes da microbacia são apresentados na Tabela 2.65. A estimativa dos volumes iniciais partiu do cálculo da área do espelho d'água, observado numa imagem de satélite CBERS2B, pancromática, com 2,5m de resolução, com data de aquisição de 14/02/2008, juntamente com dados medidos em campo num levantamento expedito das características geométricas dos açudes da microbacia.

Os volumes apresentados, em 1.000 m³, são valores médios de 5 dias.

TABELA 2.65 – Características dos açudes da microbacia hidrográfica

Ponto	Açude	Capacidade máxima (m ³)	Área da bacia hidráulica (m ²)	Profundidade máxima (m)	Área da bacia hidrográfica (km ²)
AC01	Acude Chicote	188.457,7	80.767,6	7,0	4,14
AC02	Acude do Ramim	20.2817,0	119.304,1	5,1	8,09
AC03	Acude Zuir	4.246,2	4.246,2	3,0	0,04
AC04	Acude das Lages	254.122,8	81.975,1	9,3	4,06
AC05	Acude Chico Miguel I	33.273,0	23.766,4	4,2	0,38
AC06	Acude Chico Miguel II	17.315,0	11.805,7	4,4	0,65
AC07	Acude Antônio Cruz	17.797,3	10.267,6	5,2	1,97
AC08	Acude Tobias (BR020)	114.496,1	70.822,3	4,9	16,73
AC09	Acude Novo	17.337,5	18.575,9	2,8	0,52
AC10	Acude Pedro Paulinho	169.271,5	110.394,4	4,6	6,63

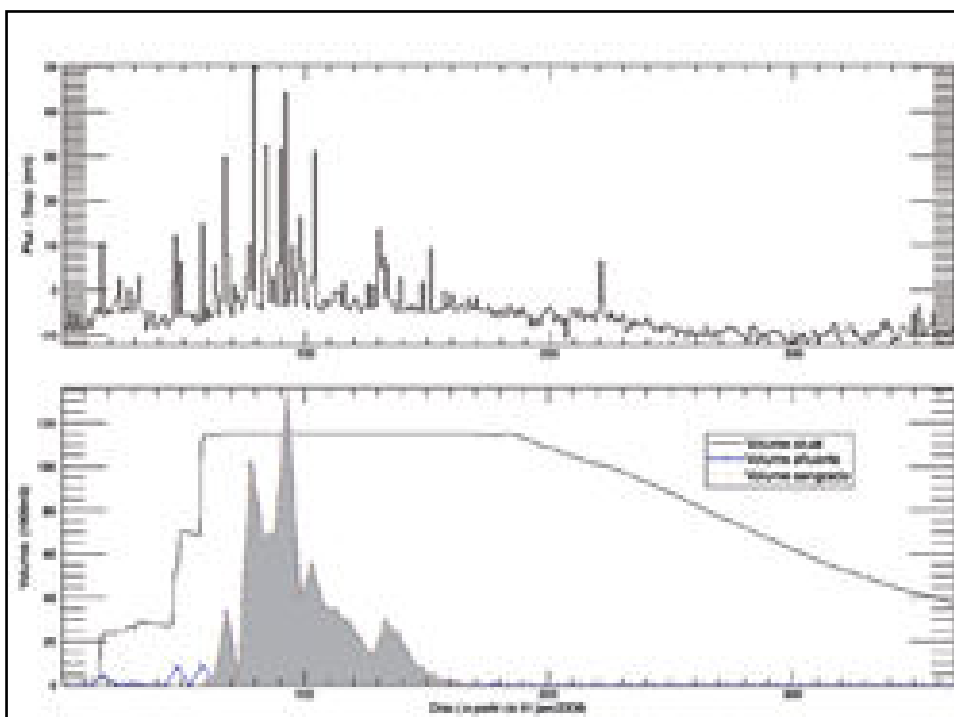


FIGURA 2.120 – Balanço de hídrico do açude Tobias, a jusante do riacho Felão

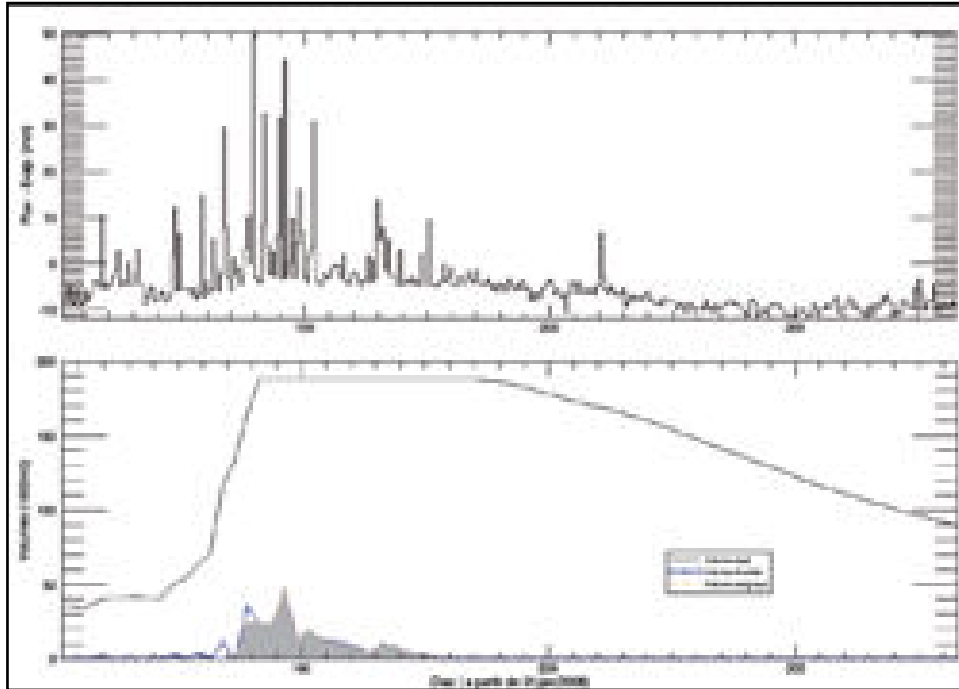


FIGURA 2.121 – Balanço hídrico do açude Chicote

Balanço de sais

No curso das atividades, de coleta e análise de consistência das amostras de qualidade de água coletadas, foi necessário o uso de ferramentas que relacionassem a hidrologia das microbacias com os valores de concentração de sais nos pequenos açudes estudados. Assim, foi desenvolvido um modelo de balanço de solutos, especificamente para estudar a influência da geoquímica natural da microbacia hidrográfica na salinização dos açudes das microbacias, a partir dos dados de qualidade de água obtidos durante o monitoramento biofísico do PRODHAM.

O balanço de sais nos pequenos açudes da microbacia foi simulado, a partir da seguinte equação:

$$\frac{dm}{dt} = m_i - m_e - m_d$$

em que:

m_i = massa de sais que entra;

m_o = massa descarregada pelo vertedouro ou galeria;

m_d = massa depositada (precipitada) ou consumida no interior do açude.

A hipótese de mistura completa pode ser utilizada para estimar valores médios, considerando o próprio açude como um volume de controle simples. Estes são denominados modelos zero-dimensionais, já que não consideram a variação espacial de concentração de sais no interior do lago. Operando algebricamente, com a equação acima, e simplificando e substituindo os termos para utilizar as concentrações monitoradas, temos:

$$\frac{d(V\bar{C})}{dt} = Q_i C_i - Q_o \bar{C} - K_d \bar{C}$$

Observe que a concentração, na saída do sangradouro, foi assumida como igual à concentração média dentro do açude, o que, na maioria dos casos, é uma simplificação aceitável. As vazões sangradas e volumes atuais do açude são obtidos do balanço hídrico. As vazões afluente e sangrada, Q_i e Q_o , foram estimadas a partir dos dados observados na microbacia, com o auxílio do modelo contínuo de umidade do solo, SMAP, e do modelo de balanço hídrico no açude. O coeficiente K_d pode ser estimado por calibração ou, independentemente, a partir de um modelo de equilíbrio químico. No nosso caso, foi assumido uma taxa de deposição média, r_d (m/dia), a qual foi multiplicada pela área do açude em cada passo da simulação, $K_d = r_d \cdot A_t$.

A concentração afluente C_i não foi monitorada com tanta frequência como a \bar{C} concentração média dentro do corpo d'água. Os poucos dados obtidos foram aproveitados para derivar uma relação do tipo $C_i = aQ_i^b$, de forma que pudéssemos ter um registro contínuo da carga de sólidos totais dissolvidos afluentes, como função da vazão média diária no riacho. Os coeficientes a e b foram calibrados apenas para o riacho Felão, pois era o único riacho com dados suficientes ($a = 267.7$; $b = -0.17$; FIGURA 2.122).

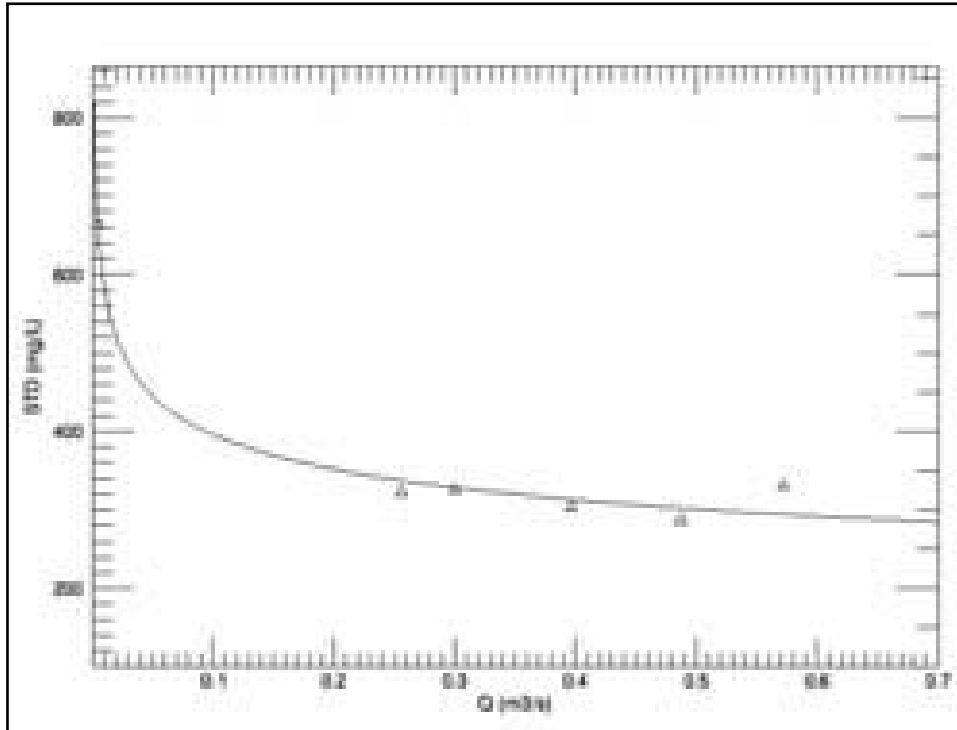


FIGURA 2.122 – Curva de carga de sólidos dissolvidos para o riacho Felão

Para aplicar esta equação no riacho Chicote, usando uns poucos valores de TDS monitorados neste local, foi estimado o fator de correção $f_c=0,54$, em relação às concentrações determinadas no riacho Felão. Com efeito, o balanço de sais, acoplado ao balanço hídrico do açude Chicote, mostrou que estas estimativas eram razoáveis, caso contrário haveria uma superestimação considerável na carga afluyente de sais. Apesar das incertezas, quanto aos dados hidrológicos utilizados e das simplificações matemáticas, o balanço de massa realizado mostrou-se bastante preciso quando comparado com os dados de concentração observados em campo, durante o ano de 2008 (FIGURAS 2.123 e 2.124).

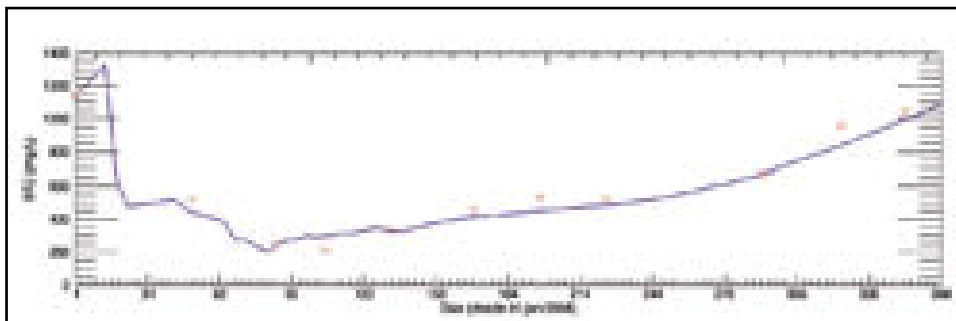


FIGURA 2.123 – Balanço de sais no açude Tobias, a jusante do riacho Felão

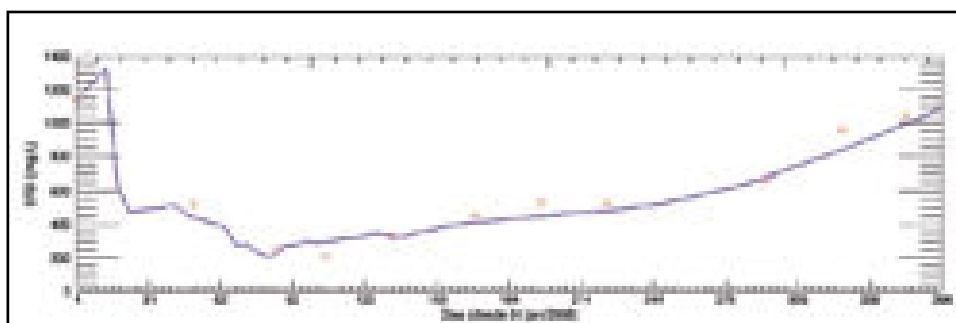


FIGURA 2.124 – Balanço de sais no açude Chicote

2.6.1.6 - Eventos de cheia e produção de sedimentos

Modelo HEC-HMS

O Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) foi desenvolvido para simular os processos de precipitação-escoamento de bacias hidrográficas dendríticas, tendo a capacidade de simular hidrogramas em diversas escalas temporais e espaciais, incluindo desde a hidrologia de grandes rios até o escoamentos em pequenas bacias metropolitanas. As hidrógrafas, produzidas pelo programa, podem ser exportadas e utilizadas diretamente em conjunto com outras técnicas hidrológicas, para estudos de disponibilidade hídrica, drenagem urbana, quantificação de prejuízos provocados por enchentes, entre outros. É uma pacote gratuito com código fechado, isto é, só os programas executáveis estão disponíveis, evolução do tradicional HEC1. A robustez, versatilidade e facilidade de uso são as características mais atrativas deste

modelo. A última versão é a 3.3, disponível para as plataformas Windows, Sun e Linux 32 bits. As simulações foram feitas tanto na distribuição para Linux como para Windows.

O uso principal do HEC-HMS, neste estudo, foi para verificar a adequação do modelo de onda cinemática para simular as ondas de cheia nas sub-bacias com dados observados de chuva e vazão. O HEC-HMS possui um interface gráfica bastante sofisticada, o que permite a montagem de modelos genéricos com componentes funcionais interconectados em rede. Apesar disso, como acontece com todo modelo matemático, a aplicação e interpretação dos resultados, especialmente em bacias com poucos dados, requer experiência do hidrólogo para a correta discretização do domínio físico e parametrização, bem como na seleção dos algoritmos mais adequados para cada problema.

O bom resultado da calibração preliminar do HEC-HMS comprovou a boa representação do modelo de onda cinemática, acoplado ao modelo de infiltração de Green-Ampt como protótipo físico-conceitual, representativo do processo de geração de escoamento superficial nas sub-bacias estudadas (TABELA 2.66; FIGURAS 2.125 e 2.126). A partir daí, foi possível utilizar um outro modelo, o KINEROS2, que baseia seu algoritmo de geração de escoamento em hipótese similar e, adicionalmente, calcula a produção de sedimentos nas sub-bacias.

TABELA 2.66 – Parâmetros do modelo HEC-HMS

Parâmetro	Faixa de valores adotados
Perda inicial (mm)	1.0 - 2.5
Déficit de umidade	0.12 - 0.3
Potencial de sucção matricial do solo (mm)	447
Condutividade hidráulica saturada (mm/h)	3.5 - 4.8
Recessão razão p/ pico de vazão	0.08 - 0.12
Rugosidade N dos planos de escoamento (encostas)	0.100 - 0.160
Coefficiente n de Manning para escoamento nos canais	0.038 - 0.043

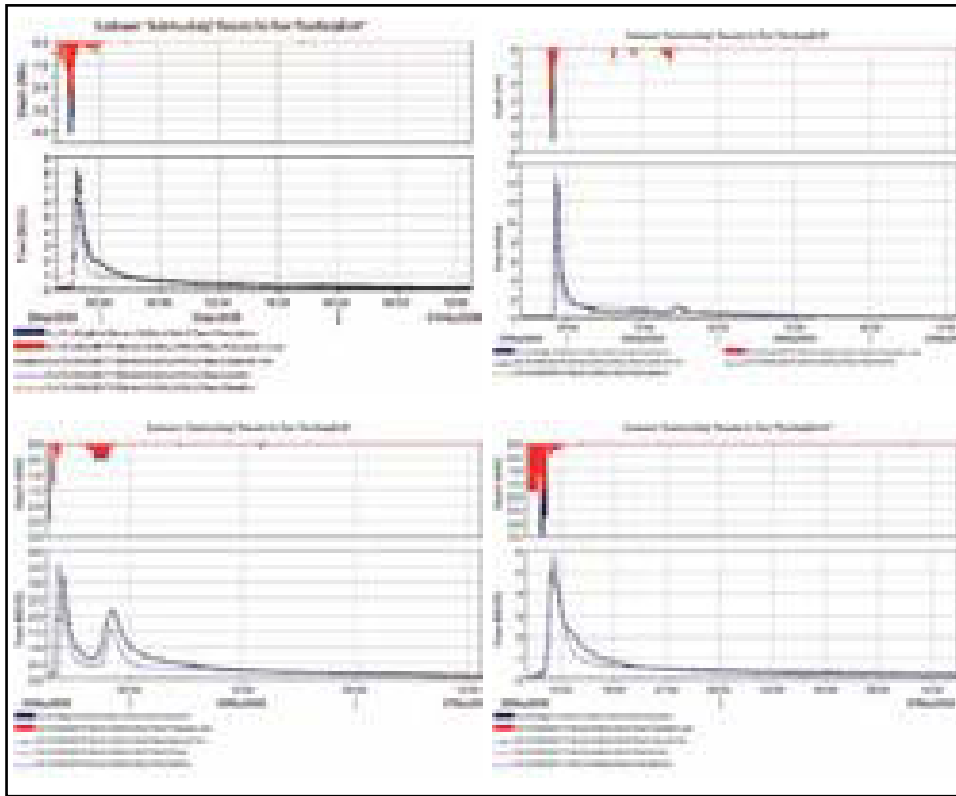


FIGURA 2.125 – Ajuste dos parâmetros do modelo HEC-HMS com eventos de cheia observados no ano de 2009

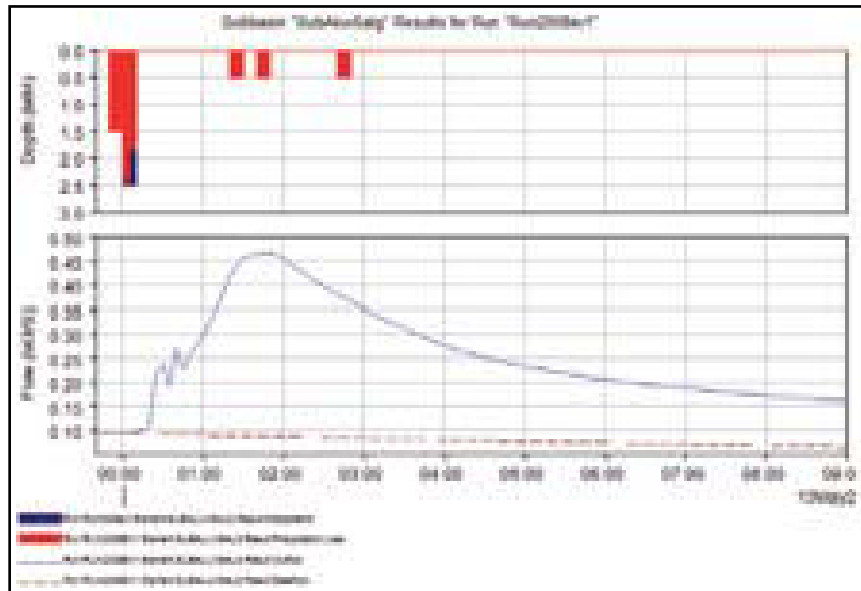


FIGURA 2.126 a – Simulação de um evento de cheia em 2008 (riacho Salgadinho)

Modelo KINEROS2

O kinematic runoff and erosion model (KINEROS2) é um modelo orientado a eventos com base física, que descreve os processos de interceptação da chuva, infiltração, escoamento superficial e erosão de pequenas bacias rurais e urbanas. A bacia é representada por uma cascata de planos retangulares e canais, e as equações diferenciais que descrevem o escoamento, erosão e transporte de sedimentos são resolvidas por técnicas de diferenças finitas. As variações espaciais de chuvas, infiltração, runoff e parâmetros de erosão podem ser devidamente acomodados no modelo.

O KINEROS2 (1990) tem seu código-fonte distribuído em FORTRAN 77 e versões compiladas para plataformas PC 32 bits, utilizando arquivos de entrada e saída na linha de comando para realizar as simulações. A interatividade e facilidade de uso não são o forte deste software, porém, como o código fonte está disponível, a auditoria, sobre os possíveis erros de implementação dos algoritmos, é total. O programa foi compilado para a plataforma Linux 64 bits e todas as simulações foram realizadas neste ambiente.

A seleção do modelo deveu-se a sua base física, simulação acoplada da erosão hídrica e a possibilidade de utilizar a experiência adquirida neste subprojeto para, futuramente, aplicá-lo em outras áreas do semiárido com problemas similares. O escoamento superficial simulado por este modelo é Hortoniano e baseado na onda cinemática. A infiltração é acoplada e distribuída no espaço, integrada dinamicamente com um algoritmo de infiltração, implementado a partir da metodologia de Smith e Parlange (1978).

A erosão hídrica e transporte de sedimentos é calculada a partir da resolução da equação da continuidade de massa em cada plano ou canal. É possível a descrição da erosão por destacamento das gotas de chuva, erosão laminar e também do transporte e deposição de sedimentos na bacia, a

partir de formulações que levam em conta a capacidade de transporte do escoamento superficial em todos os instantes. Mais detalhes, sobre a teoria e os conceitos originais adotados na implementação deste modelo, podem ser encontrados em Woolhiser et. al. (1990), Govers (1990) e disponível em: < <http://www.tucson.ars.ag.gov/kineros/> >.

Um dado essencial, para a aplicação do modelo KINEROS2, é a distribuição temporal das intensidades de precipitação sobre a bacia hidrográfica analisada. Durante o ano de 2008, uma parte dos eventos de magnitude média e grande não foram registrados devido a problemas no datalogger da calha medidora de vazão. Por esta razão, foi necessário usar hietogramas, observados no ano de 2009, para produzir uma regra de transformação de totais de chuva diária para menores durações. Uma curva logística, com três parâmetros, ajustou-se bem ao formato típico dos eventos de chuva observados, apesar da grande variabilidade observada entre os eventos. O importante, aqui, é que foi incorporada informação medida no local da microbacia, em vez de utilizar relações obtidas da literatura, na maioria das vezes desenvolvidas a partir de dados provenientes de regiões com regime pluviométrico completamente diferente do nosso. Os parâmetros principais utilizados podem ser vistos na Tabela 2.67, enquanto que exemplos de simulações de escoamento superficial e de produção de sedimentos são apresentados nas Figuras 2.126 e 2.127.

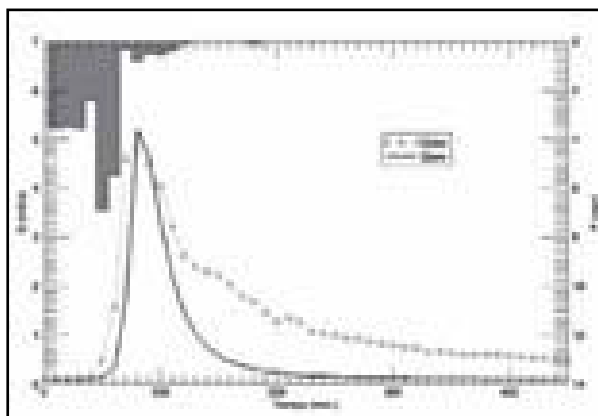


FIGURA 2.126 b – Teste da simulação do escoamento superficial do modelo KINEROS2

As Tabelas 2.68 e 2.69 são a síntese da estimativa da produção potencial de sedimentos esperada para o ano de 2008, caso não houvesse nenhuma obra de retenção. Os valores obtidos são comparados para as microbacias B11 e G5. Os resultados referem-se a diversas simulações com o modelo KINEROS2, sujeitas a várias incertezas, porém, com base unicamente nestes valores, identificou-se claramente uma suscetibilidade à erosão, na microbacia do riacho Bananeiras, bem maior do que na do riacho Guerreiro. As barragens sucessivas do riacho Bananeiras contiveram aproximadamente 16% dos sedimentos, carregados durante o ano de 2008, enquanto que as barragens sucessivas do riacho Guerredo tiveram uma eficiência relativa de retenção de solo igual 69%.

TABELA 2.67 – Parâmetros do modelo KINEROS2

Parâmetro	Identificação no programa	Faixa de valores Adotados
Condutividade hidráulica saturada (mm)	KSAT	3,5 – 4,8 mm/h
Capilaridade média do solo	G	230 – 290 mm
Fração volumétrica de rocha	ROCK	0,05 – 0,15
Porosidade do solo	POROSITY	0,38 – 0,41
Coefficiente de distribuição	DIST	0,4
Coefficiente de variação de KSAT	CV	0,4 – 0,7
Interceptação máxima	INTER	2,5 mm
Fração de cobertura vegetal	CANOPY	0,65 – 0,85
Microtopografia	RELIEF	2,0 – 4,0
	SPACING	0,2 – 0,4
Granulometria do solo	FRACT	DIAMS = 0,005; 0,05; 0,25 mm
		FRACT = 0,18; 0,32; 0,50
Coefficiente de amortecimento do impacto das gotas de chuva	SPLASH	40 – 70
Coesão do solo	COH	0,5

TABELA 2.68 – Produção total de sedimentos de 2008 na microbacia B11 (riacho Bananeiras), estimada a partir dos eventos simulados com o modelo KINEROS2

Classe de chuva total por evento (mm)	Num. de eventos	Produtividade média por evento (kg/ha)	Erosão bruta por evento (kg)	Produção total (kg)
1 – 5	21	-	-	-
5 – 10	22	-	-	-
10 – 20	13	-	0,4	5,0
20 – 30	4	1.337,2	23.227,0	92.908,2
30 – 40	4	5.720,5	99.365,0	397.460,1
Total do ano (kg) =				490.373,2
Produtividade de 2008 (ton/ha/ano) =				20,33
Retenção das barragens sucessivas de contenção de sedimentos (kg) =				78.704,0
Eficiência de retenção (%) =				16,1

TABELA 2.69 – Produção total de sedimentos em 2008 na microbacia G5 (riacho Guerredo), estimada a partir de dados dos eventos simulados com o modelo KINEROS2

Classe de chuva total por evento (mm)	Num. de eventos	Produtividade média por evento (kg/ha)	Erosão bruta por evento (kg)	Produção total (kg)
1 – 5	21	-	-	-
5 – 10	22	-	-	-
10 – 20	13	-	-	0,3
20 – 30	4	126,9	2.204,5	8.817,8
30 – 40	4	1.198,4	20.815,7	83.262,7
Total do ano (kg) =				92.080,8
Produtividade de 2008 (ton/ha/ano) =				5,30
Retenção das barragens sucessivas de contenção de sedimentos (kg) =				63.533,0
Eficiência de retenção (%) =				69,0

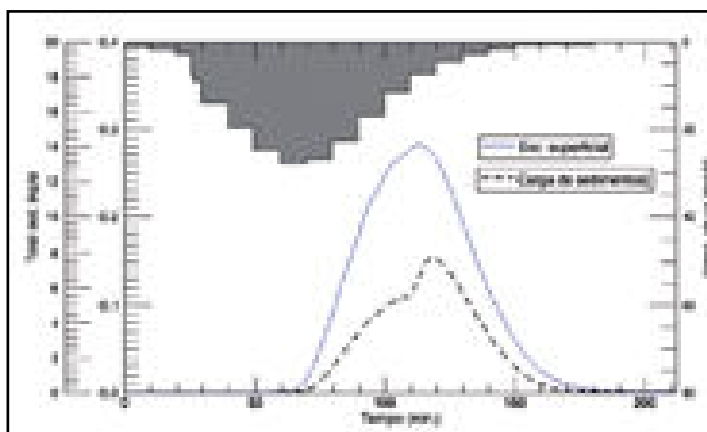


FIGURA 2.127 – Hidrograma e sedimentograma para um evento típico

2.6.2 – Modelagem numérica do escoamento das águas subterrâneas dos riachos Chicote, Felão e Salgadinho

Para viabilizar os trabalhos, no que tange a análise de cenários dos aquíferos dos aluviões estudados, foi desenvolvido um modelo numérico de escoamento das águas subterrâneas. Para tanto, foi utilizado o Processing Modflow – PMWIN 5.3.0. O *software* em pauta é, também, além de uma ferramenta gráfica de montagem de casos para simulação computacional, um *front-end* para o MODFLOW e diversos pacotes para ele desenvolvidos.

O MODFLOW é um programa que representa o estado-da-arte da simulação de escoamento em aquíferos. Ele modela tanto regiões saturadas como insaturadas, além de possuir diversos pacotes desenvolvidos por terceiros para simular condições físicas específicas (e.g. precipitação, evapotranspiração, recarga por rios e/ou reservatórios, entre vários outros). Matematicamente, o MODFLOW usa um esquema implícito de diferenças finitas para resolver o escoamento, o que lhe garante estabilidade e convergência. Ele opera somente sobre malhas hexaédricas retangulares, o que para grandes sistemas físicos não representa qualquer problema. Contudo, o MODFLOW, pela sua abrangência, necessita da entrada de muitos parâmetros, que torna-se uma tarefa laboriosa e, às vezes, complexa para problemas reais.

Para cada um dos três aluviões estudados, foi montado um modelo no PMWIN. Conforme referido anteriormente, para cada modelo, precisam ser inseridos muitos dados: dimensões da malha (extensão e dimensão da célula), número de camadas, condutividades hidráulicas (K), definição do estado hidráulico da célula (se a carga é constante ou variável), cotas do topo e base das camadas, porosidade efetiva, etc. As características da introdução desses dados serão detalhadas a seguir.

a) A Malha Gerada

Conforme já apontado, o MODFLOW utiliza malha hexaédrica retangular para representar o domínio de solução do problema. Esta malha

deve ser especificada logo ao início da montagem do modelo de simulação. Assim sendo, foram especificadas três malhas, sendo uma para cada aluvião estudado. As características das malhas foram determinadas pela consultora, baseadas na experiência da mesma e nas características dimensionais dos aquíferos estudados. Estas características são apresentadas na Tabela 2.70.

TABELA 2.70 – Características das malhas para cada aquífero estudado

NOME	LINHAS	D_C_V*	COLUNAS	D_C_H**
Chicote	30	5	124	10
Felão	260	5	220	10
Salgadinho	140	10	200	5

* D_C_V (Dimensão da célula na vertical) ; ** D_C_H (Dimensão da célula na horizontal)

O MODFLOW permite que sejam usadas várias camadas (layers) para representar diferentes níveis do aquífero. Como os aquíferos em estudo são essencialmente bidimensionais (área muito maior que a profundidade), foram utilizadas duas camadas, sendo a primeira para representar a área não confinada e a segunda para representar o embasamento cristalino.

Para facilitar a entrada de dados, condições de contorno, etc., o PMWIN permite que seja inserida uma imagem do aquífero. Desta forma, utilizou-se a imagem digitalizada (a mesma utilizada pelo levantamento topográfico), que foi transformada em arquivo de bitmap e inserida no programa. Os dados referentes a cada aluvião são apresentados na Tabela 2.71.

TABELA 2.71 – Dados de posição para cada aquífero estudado

NOME	Coordenadas do georreferenciamento		Coordenadas dos limites	
	Superior esquerda	Inferior direita	Inferior esquerda	Superior direita
Chicote	458116 / 9484072	458722 / 9483988	458113 / 9483824	458731 / 9484168
Felão	454133 / 9490154	456299 / 9489579	454074 / 9489447	456349 / 9490726
Salgadinho	458477 / 9488910	459358 / 9487533	456940 / 9487215	460440 / 9489485

Com o georreferenciamento terminado, foram movidas as malhas para o local do estudo, terminando esta fase com a situação representada nas Figuras 2.128 a 2.130.

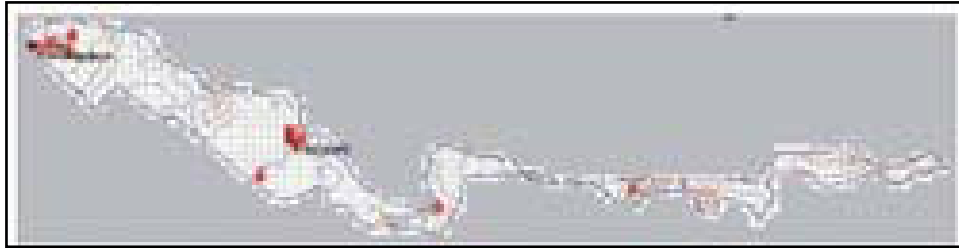


FIGURA 2.128 – Domínio georreferenciado do riacho Chicote

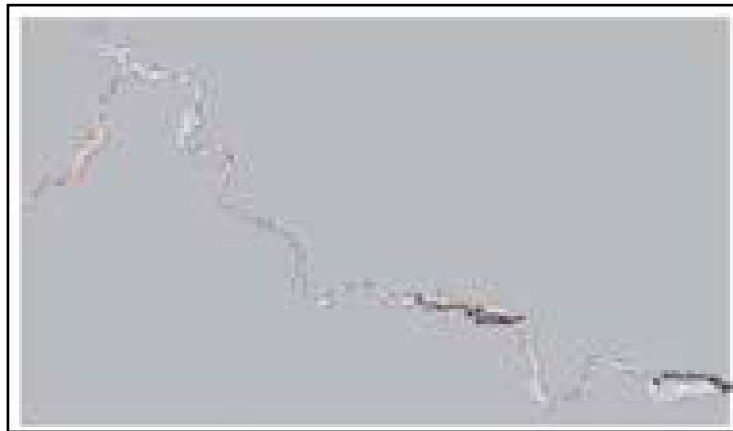


FIGURA 2.129 – Domínio georreferenciado do riacho Felão

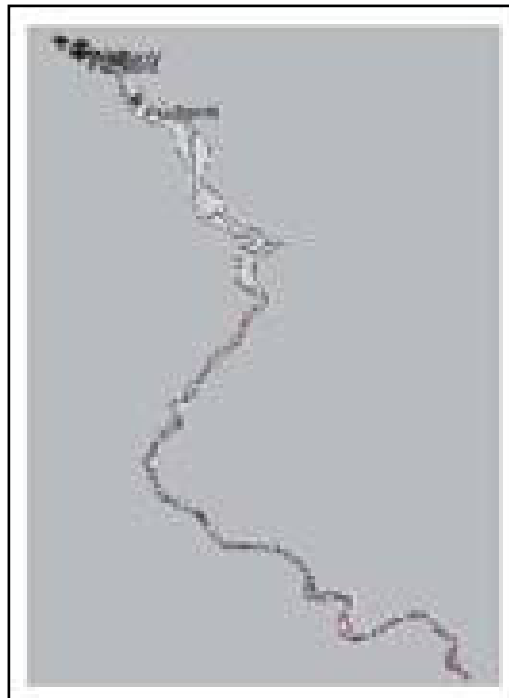


FIGURA 2.130 – Domínio georreferenciado do riacho Salgadinho

b) Interpolação da condutividade hidráulica

O cálculo da condutividade hidráulica horizontal (KH) foi baseado em testes de poço invertido realizados em campo. Usou-se então a ferramenta “Digitizer” do PMWIN, para colocar os valores e gerar o “arquivo .xyz”. Com este arquivo, procedeu-se a interpolação, para todo o domínio, com o uso da ferramenta Field Interpolator (também do PMWIN), para interpolar valores e gerar o “arquivo.dat”.

O campo gerado foi colocado nos dois níveis (layers). De forma análoga, interpolou-se a condutividade hidráulica vertical, sendo que os valores foram divididos por 10 (dez) em relação aos valores de condutividade horizontal.

c) Aplicação das condições de contorno

Para o primeiro nível (layer), colocou-se como não confinado e condição de não fluxo ao redor do aquífero (cinza nas FIGURAS 2.2.56 a 2.2.58). Dentro do aquífero, colocou-se condição de célula ativa (calcula a carga hidráulica). Para o segundo nível (layer), colocou-se como confinado e condição de não fluxo nele todo (embasamento).

d) Interpolação das cotas (topo e base das camadas)

Com o mapa digitalizado (topografia), obteve-se a tabela de cotas nos pontos de monitoramento. A tabela foi então inserida no ‘Arquivo de cotas e profundidades para simulação’. Daí, foram extraídos dados para a confecção do arquivo ‘cotas_elevacao.xyz’. Usou-se novamente o Field Interpolator, para interpolar valores e gerar o .dat e colocou-se o campo gerado no primeiro nível (layer).

Procedeu-se de forma análoga com as planilhas de sondagem, das quais se obteve a tabela de profundidades nos pontos de monitoramento. A tabela foi inserida no ‘Arquivo de cotas e profundidades para simulacao’ e corrigida

para o datum local. Foi extraído o arquivo 'cotas_fundo.xyz' e utilizou-se o Field Interpolator para interpolar valores e gerar o .dat. Colocou-se, então, o campo gerado no primeiro nível (layer). Para o segundo layer (sem escoamento), foi utilizado valor zero (origem do datum).

**e) Porosidade efetiva/drenagem específica (Specific Yield)/
armazenamento específico**

Para estes parâmetros, em um primeiro momento, foram utilizados os valores padrões do programa (0.25 / 0.25 / 0.0001). Investigações futuras poderão corrigir estes valores para faixas mais representativas da realidade física local.

f) Cargas hidráulicas iniciais

Foram utilizados os valores medidos em campo, em 27/02/2008, e colocados no arquivo 'cargas_hidr_iniciais.xyz'. Foi utilizado, então, o Field Interpolator para interpolar valores e gerar o arquivo .dat. Colocou-se o campo gerado no primeiro nível (layer). Para o segundo layer (sem escoamento), foram copiados os valores, simplesmente.

g) Parâmetros de tempo

Foram definidos 28 (vinte e oito) períodos de tempo, cada um com o comprimento do período entre amostragens de campo. Foram utilizados o regime transiente e o número de passos, dentro de cada período foi dez vezes maior que o tamanho do período.

h) Dados de pluviosidade e evapotranspiração

Para avaliação do comportamento dos modelos gerados, procedeu-se com a inserção de pacotes no MODFLOW. Foram usados os dados do arquivo 'Dados de pluviosidade e evapotranspiração Canindé' que são médias mensais. Foi lançada a diferença da média entre a pluviosidade e a evapotranspiração do período (após converter de mm/mês para m/s) no

pacote 'Recharge'. Os valores foram lançados uniformemente por todo o aquífero.

i) Execução das Primeiras Rodadas de Simulação

Com o modelo físico totalmente inserido no PMWIN/MODFLOW, além do pacote de 'Recharge' (pluviosidade – evapotranspiração), conseguiu-se então proceder com as primeiras simulações. Para o riacho Chicote, o resultado é o apresentado graficamente na Figura 2.131, para o final do segundo período de amostragem. Como pode-se constatar, o aquífero já “secou”. Isto pode ser inferido do fato de o modelo ter utilizado a evapotranspiração potencial, que é maior que o observado na prática. Ajustes, nestes parâmetros, podem ser facilmente realizados, para futuras análises de cenários.



FIGURA 2.131 – Perfil de carga hidráulica após simulação no riacho Chicote, para o segundo período de amostragem (stress período).

Pode-se inferir que os modelos (parâmetros) físicos dos três aquíferos estudados já foram completamente inseridos no ambiente de simulação. Para tanto, utilizou-se intensamente as medições de campo, desde a topografia, até testes de poço invertido (para estimativa da condutividade hidráulica) e perfis de sondagens geológicas. Desta forma, tem-se os ambientes para simulação de cenários dos ambientes estudados, além de dados de campo para validação do modelo. Para esta empreitada, devem ser inseridos os pacotes do MODFLOW pertinentes e avaliados os resultados em regime de retroalimentação de dados.

Solos 3

PARTE 3 – SOLOS

3.1- Aspectos Operacionais do Monitoramento

Para se conhecer o comportamento dos processos erosivos e deslocamento de sedimentos na área estudada, foi realizado o acompanhamento dos efeitos ocasionados pela quadra chuvosa em duas glebas distintas. Uma gleba foi cultivada com culturas anuais, na qual se fez o emprego das práticas edáficas preconizadas, quais sejam: cordões de pedras em contorno, plantio em nível, cobertura morta e adubação orgânica, além de conterem barragens sucessivas de pedra ou em arco romano invertido. A outra gleba continha vegetação de caatinga e pastagem nativa e era utilizada com pecuária bovina, onde foram construídas barragens sucessivas.

3.1.1- Área com culturas anuais

Cordões em contorno

Os cordões de contorno foram construídos com pedras, segundo a “linha de nível” estabelecida sobre a superfície do terreno, e têm como objetivo a retenção do solo removido pelos processos erosivos, visando diminuir as perdas de macro e micronutrientes e de matéria orgânica. Sabe-se que esses processos são influenciados diretamente pela característica das chuvas, pela declividade do terreno, pela capacidade de infiltração do solo, e, ainda, pela densidade da cobertura vegetal.

Na realização do monitoramento desta área, foram instalados coletores para retenção de água e solo, conforme modelo desenvolvido pelo professor Anor Fiorini de Carvalho, do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

Os coletores (FOTO 3.01) consistem de uma “mesa” de 20cm de largura, acoplada a uma calha móvel que sustenta um saco plástico de 25 x 35 x 0,2cm.

SOLOS

Foram instalados 28 (vinte e oito) coletores de solos e o mesmo número para coleta de água. As Fotos 3.2, 3.3 e 3.4 ilustram a instalação e disposição dos coletores no solo. Para a coleta de água, os sacos plásticos foram microperfurados à *laser* para reter apenas as partículas sólidas.



FOTO 3.01 – Coletor de solo e água.



FOTO 3.02 – Instalação de um coletor de solo.



FOTO 3.03 – Vista frontal de um coletor de solo.



FOTO 3.04 – Vista por cima de um coletor instalado com saco fixado.

Os coletores foram colocados aos pares, a uma distância de 10m entre si, em nível e à montante dos cordões de pedras. FIGURA 3.01 e FOTO 3.05.

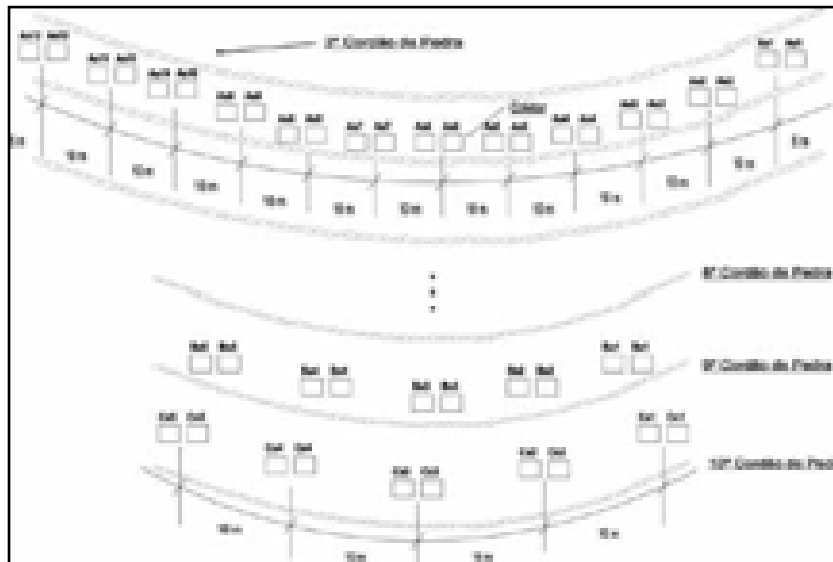


FIGURA 3.01 – Esquema de localização dos coletores de solo e água



FOTO 3.05 – Vista do conjunto coletor de solo e coletor de água.

O solo, proveniente do escoamento superficial após um evento chuvoso, que foi arrastado e ficou retido nos coletores foi recolhido e armazenado em saco plástico (cerca de 500g), com etiquetas indicando a referência do coletor, a data da colocação do recipiente plástico e a data da coleta. O material sólido foi levado ao laboratório de solo e água onde foram feitas análises física (granulometria, grau de floculação, densidade, umidade e condutividade elétrica) e química (Ca, Mg, K, Na, P, C, N, MO e pH).

O mesmo procedimento foi adotado para as amostras de água após o evento chuvoso, ou seja, foi coletada a água acumulada no saco plástico (FOTOS 3.6 e 3.7), homogenizada e vertida em uma proveta para medição do volume. Em seguida, colocada em uma garrafa (cerca de 600ml) fechada e etiquetada, contendo a data da colocação do coletor, data da retirada do saco plástico, volume armazenado e o número de referência do coletor. Depois, encaminhada ao laboratório onde foi procedida a análise da água, observando a turbidez, os macronutrientes, os sólidos em suspensão e a condutividade elétrica.

As Tabelas 3.01, 3.02 e 3.03 mostram dados da instalação dos coletores de solo e água, relacionados a:

- posição entre os cordões de pedra;
- coordenada geográfica;
- tipo de amostra (água ou solo);
- distância entre eles;
- comprimento da rampa;
- declividade;
- cobertura do solo;
- uso do solo;

- tipo do solo; e
- posição na vertente.



FOTO 3.06 – Diferença de turbidez observado no coletor.

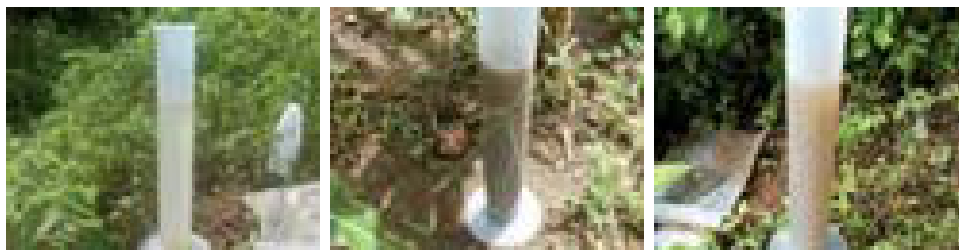


FOTO 3.07 – Diferença de turbidez observada nas provetas durante a medição do volume.

Salienta-se que os coletores, iniciados pela letra **A**, foram instalados entre o terceiro e o quarto cordão de pedra. Os iniciados com a letra **B** ficaram compreendidos entre o oitavo e o nono cordão. Já os iniciados pela letra **C** foram posicionados entre o nono e décimo e, por fim, os da letra **D**, após o décimo cordão de pedra.

TABELA 3.01 – Coletores de solo e água 1 - dados da instalação

Coletor	Posição GPS do primeiro da fila	Fila	Tipo	Distância entre eles (m)	Comprimento da rampa (m)	Declividade %	Cobertura do solo %	Uso do solo	Tipo de solo	Posição da vertente
As1	0456521 / 9489174	A	solo	10	6,45	12,09	80,00	sem uso	Podzólico - PE	NW - SE
Aa1		A	água	10	6,45	12,09	80,00	sem uso	Podzólico - PE	NW - SE
As2		A	solo	10	7,45	11,07	65,00	sem uso	Podzólico - PE	NW - SE
Aa2		A	água	10	7,45	11,07	65,00	sem uso	Podzólico - PE	NW - SE
As3		A	solo	10	10,25	10,54	67,50	sem uso	Podzólico - PE	NW - SE
Aa3		A	água	10	10,25	10,54	67,50	sem uso	Podzólico - PE	NW - SE
As4		A	solo	10	11,60	8,62	100,00	sem uso	Podzólico - PE	NW - SE
Aa4		A	água	10	11,60	8,62	100,00	sem uso	Podzólico - PE	NW - SE
As5		A	solo	10	13,45	7,06	90,00	sem uso	Podzólico - PE	NW - SE
Aa5		A	água	10	13,45	7,06	90,00	sem uso	Podzólico - PE	NW - SE
As6		A	solo	10	15,00	7,87	95,00	sem uso	Podzólico - PE	NNW - SSE
Aa6		A	água	10	15,00	7,87	95,00	sem uso	Podzólico - PE	NNW - SSE
As7		A	solo	10	14,25	6,81	86,25	sem uso	Podzólico - PE	N - S
Aa7		A	água	10	14,25	6,81	86,25	sem uso	Podzólico - PE	N - S
As8		A	solo	10	10,65	10,80	97,50	sem uso	Podzólico - PE	N - S
Aa8		A	água	10	10,65	10,80	97,50	sem uso	Podzólico - PE	N - S
As9		A	solo	10	7,75	10,45	92,50	sem uso	Podzólico - PE	NNE - SSW
Aa9		A	água	10	7,75	10,45	92,50	sem uso	Podzólico - PE	NNE - SSW
As10		A	solo	10	7,65	10,98	87,50	sem uso	Podzólico - PE	NNE - SSW
Aa10		A	água	10	7,65	10,98	87,50	sem uso	Podzólico - PE	NNE - SSW
As11		A	solo	10	5,85	16,58	80,00	sem uso	Podzólico - PE	NNE - SSW
Aa11		A	água	10	5,85	16,58	80,00	sem uso	Podzólico - PE	NNE - SSW
As12		A	solo	10	6,15	11,87	62,50	sem uso	Podzólico - PE	N - S
Aa12	0456454 / 9489119	A	água	10	6,15	11,87	62,50	sem uso	Podzólico - PE	N - S

SOLOS

TABELA 3.02 – Coletores de solo e água 2 - dados da instalação

Coletor	Posição GPS do primeiro da fila	Fila	Tipo	Distância Entre eles (m)	Comprimento da rampa (m)	Declividade %	Cobertura do solo %	Uso do solo	Tipo de solo	Posição da vertente
Bs1	0456604 / 9489113	B	solo	10	24,75	11,47	82,50	milho/feijão	Podzólico - PE	NNW - SSE
Ba1		B	água	10	24,75	11,47	82,50	milho/feijão	Podzólico - PE	NNW - SSE
Bs2		B	solo	10	25,35	11,56	62,50	milho/feijão	Podzólico - PE	NNW - SSE
Ba2	0456589 / 9489084	B	água	10	25,35	11,56	62,50	milho/feijão	Podzólico - PE	NNW - SSE
Bs3		B	solo	10	25,55	10,68	47,50	milho/feijão	Podzólico - PE	NNW - SSE
Ba3		B	água	10	25,55	10,68	47,50	milho/feijão	Podzólico - PE	NNW - SSE
Bs4	0456624 / 9489094	B	solo	10	25,75	10,37	10,00	milho/feijão	Podzólico - PE	NNW - SSE
Ba4		B	água	10	25,75	10,37	10,00	milho/feijão	Podzólico - PE	NNW - SSE
Bs5		B	solo	10	22,05	11,97	28,75	milho/feijão	Podzólico - PE	NNW - SSE
Ba5	0456607 / 9489072	B	água	10	22,05	11,97	28,75	milho/feijão	Podzólico - PE	NNW - SSE
Cs1		C	solo	10	24,25	10,06	32,50	milho/feijão	Podzólico - PE	NNW - SSE
Ca1		C	água	10	24,25	10,06	32,50	milho/feijão	Podzólico - PE	NNW - SSE
Cs2	0456607 / 9489072	C	solo	10	23,55	10,79	21,25	milho/feijão	Podzólico - PE	NNW - SSE
Ca2		C	água	10	23,55	10,79	21,25	milho/feijão	Podzólico - PE	NNW - SSE
Cs3		C	solo	10	21,25	13,32	33,75	milho/feijão	Podzólico - PE	NNW - SSE
Ca3	0456607 / 9489072	C	água	10	21,25	13,32	33,75	milho/feijão	Podzólico - PE	NNW - SSE
Cs4		C	solo	10	19,85	13,55	2,50	milho/feijão	Podzólico - PE	NNW - SSE
Ca4		C	água	10	19,85	13,55	2,50	milho/feijão	Podzólico - PE	NNW - SSE
Cs5	0456607 / 9489072	C	solo	10	18,00	13,61	28,75	milho/feijão	Podzólico - PE	NNW - SSE
Ca5		C	água	10	18,00	13,61	28,75	milho/feijão	Podzólico - PE	NNW - SSE

TABELA 3.03 – Coletores de solo e água 3 - dados da instalação

Coletor	Posição GPS do primeiro da fila	Fila	Tipo	Distância Entre eles (m)	Comprimento da rampa (m)	Declividade %	Cobertura do solo %	Uso do solo	Tipo de solo	Posição da vertente
Ds1	0456450 / 9489220	D	solo	5	8,45	30,18	18,75	milho/feijão	Podzólico - PE	?
Da1		D	água	5	8,45	30,18	18,75	milho/feijão	Podzólico - PE	?
Ds2		D	solo	5	8,40	29,29	6,75	milho/feijão	Podzólico - PE	?
Da2		D	água	5	8,40	29,29	6,75	milho/feijão	Podzólico - PE	?
Ds3		D	solo	5	9,80	25,20	6,25	milho/feijão	Podzólico - PE	?
Da3		D	água	5	9,80	25,20	6,25	milho/feijão	Podzólico - PE	?
Ds4		D	solo	5	9,25	24,00	15,00	milho/feijão	Podzólico - PE	?
Da4		D	água	5	9,25	24,00	15,00	milho/feijão	Podzólico - PE	?
Ds5		D	solo	5	9,55	23,35	18,75	milho/feijão	Podzólico - PE	?
Da5		D	água	5	9,55	23,35	18,75	milho/feijão	Podzólico - PE	?
Ds6	0456430 / 9489238	D	solo	9	8,95	24,69	25,00	milho/feijão	Podzólico - PE	?
Da6		D	água	9	8,95	24,69	25,00	milho/feijão	Podzólico - PE	?

Barragens sucessivas

Nesta área, corre o riacho do Guerredo, no qual foram construídas 05 (cinco) barragens sucessivas em arco romano. Para o monitoramento, foram afixadas réguas graduadas com 150cm, à montante e adjacente das barragens, em barrotes de maçaranduba com dois parafusos fenda de estrela, nas extremidades, e um outro de fenda normal no meio, atravessando o barrote e tendo o trespasse amassado, para dificultar atos de vandalismo, FOTOS 3.8 e 3.9.



FOTO 3.08 – Trincheira para instalação da régua na barragem sucessiva.



FOTO 3.09 – Instalação da régua.

Após a quadra chuvosa, foi realizada a medição em cada uma das réguas da altura final do nível de sedimentos e calculada a área sedimentada (FIGURAS 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 e 3.6). Para tanto, com o uso de trena, foi medida a superfície visualmente percebível, sendo as bordas medidas de forma reta (arestas), até se formar um polígono fechado. Todos os vértices foram interligados internamente (marcados) e medidos de tal forma que todas as figuras geométricas internas na área fossem triângulos, permitindo assim a perfeita leitura da área.

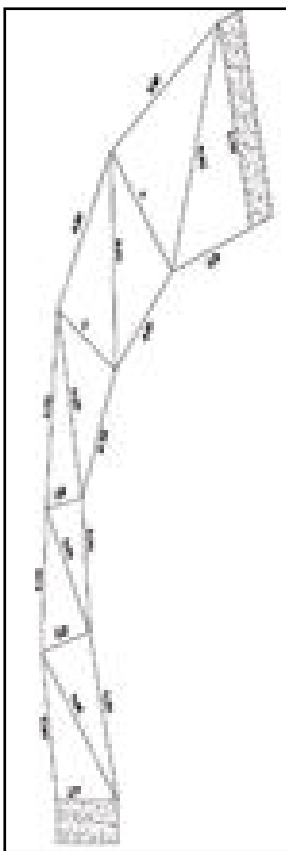


FIGURA 3.02 – Desenho esquemático da área da barragem G1.

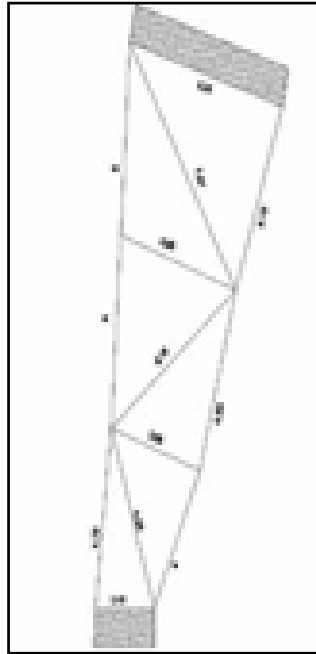


FIGURA 3.03 – Desenho esquemático da área da barragem G2.

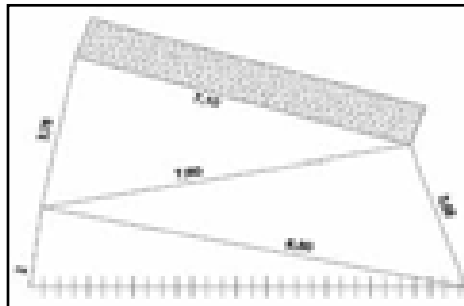


FIGURA 3.04 – Desenho esquemático da área da barragem G3.

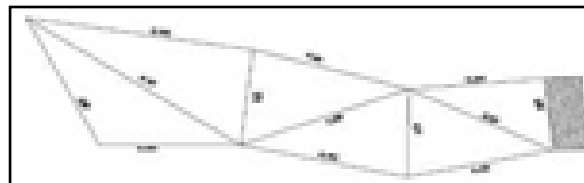


FIGURA 3.05 – Desenho esquemático da área da barragem G4.



FIGURA 3.06 – Desenho esquemático da área da barragem G5.

Quando da colocação das réguas, foram abertas trincheiras (FOTO 3.10) com um metro de comprimento por meio metro de largura e profundidade variando de acordo com a altura dos sedimentos carregados e acumulados desde a construção das barragens.



FOTO 3.10 – Abertura da trincheira.

Neste perfil (invertido), fez-se a identificação e separação das camadas (extratos) e se procedeu à coleta do material existente. Esse material foi acondicionado em sacos plástico (FOTO 3.11), etiquetados e enviados ao laboratório de solo para que fossem feitas as determinações físicas e químicas.



FOTO 3.11– Amostras de solos.

3.1.2. Área com vegetação natural e pastagem nativa

Barragens sucessivas

Na área delimitada para o monitoramento, foi escolhido o riacho Bananeira, onde foram fixadas 11 (onze) réguas graduadas, a partir de sua nascente.

O procedimento foi o mesmo adotado para área com culturas, ou seja, após a quadra chuvosa foi realizada a medição em 08 (oito) réguas pelo fato de uma ter sido danificada e 02 (duas) arrastadas pela enxurrada, e calculada a área de acúmulo de sedimentos (FIGURAS 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13 e 3.14). Após a identificação e separação das camadas de solo, procedeu-se à coleta do material existente e encaminhado ao laboratório de solos e água de UFC/Funceme, para que fossem executadas as análises físico-químicas.

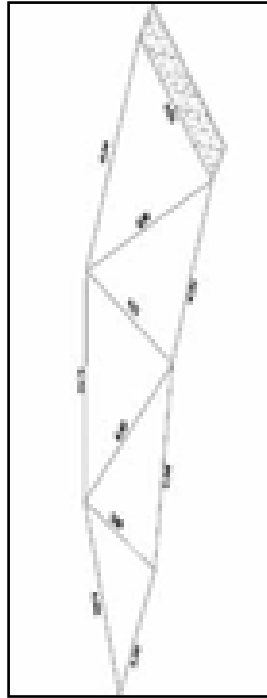


FIGURA 3.07 – Desenho esquemático da área da barragem B1.

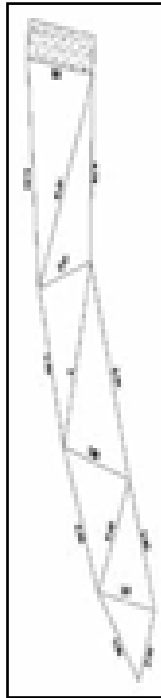


FIGURA 3.08 – Desenho esquemático da área da barragem B2.

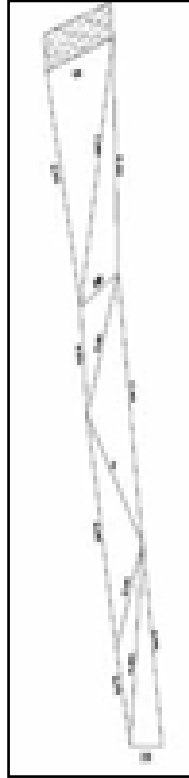


FIGURA 3.09 – Desenho esquemático da área da barragem B3.

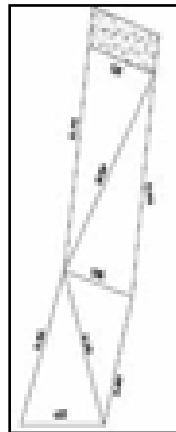


FIGURA 3.10 – Desenho esquemático da área da barragem B4.

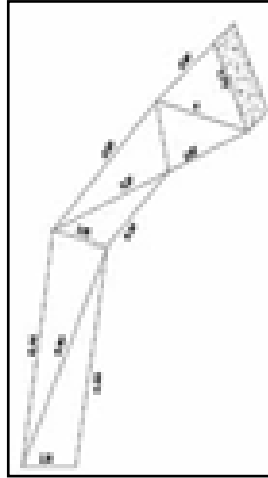


FIGURA 3.11 – Desenho esquemático da área da barragem B5.

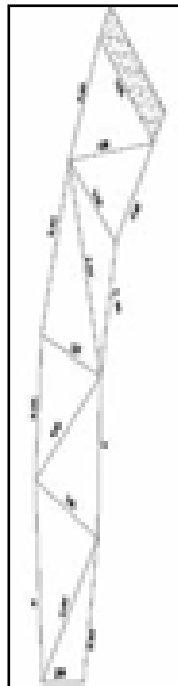


FIGURA 3.12 – Desenho esquemático da área da barragem B7.

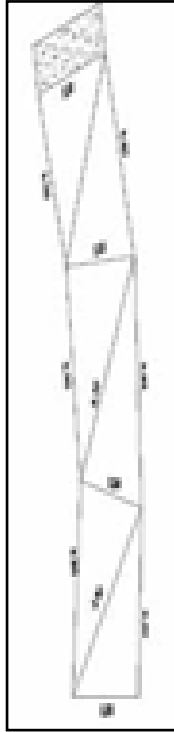


FIGURA 3.13 – Desenho esquemático da área da barragem B10.

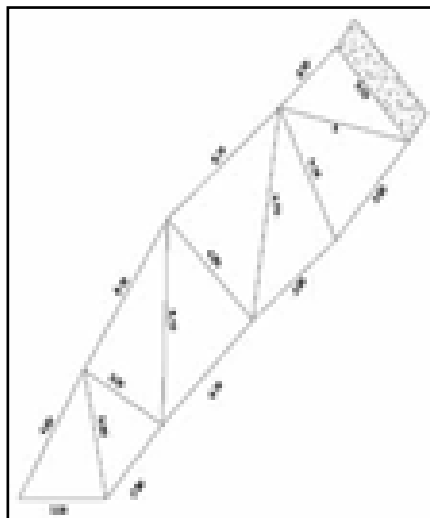


FIGURA 3.14 – Desenho esquemático da área da barragem B11.

3.2 – Resultados e Discussões

Para monitorar as áreas estudadas, acompanhando os processos erosivos, o deslocamento de sedimentos e a situação do solo e da água, após a quadra chuvosa, foram coletados dados, nas duas glebas estabelecidas inicialmente; uma localizada no riacho do Guerredo e a outra localizada no riacho Bananeira. Os resultados da medição do volume dos sedimentos acumulados encontram-se no Quadro 3.01.

QUADRO 3.01 – Dados do volume de sedimentos acumulados nas barragens sucessivas

Régua	MEDIDAS LEVANTADAS				MEDIDAS CALCULADAS		
	Altura antes da estação chuvosa (cm)	Altura depois da estação chuvosa (cm)	Evolução da altura na estação chu-vosa (cm)	Área sedimentada final (m ²)	Volume de sedimento acumulado final (m ³)	Volume de sedimento acumulado inicial (m ³)	Varição do volume de sedimento acumulado (m ³)
B1	18	31	13	50,03	5,17	1,01	4,16
B2	20	43	23	48,86	7,00	0,70	6,30
B3	13	80	67	53,95	14,39	0,06	14,32
B4	27	76	49	32,70	8,28	0,37	7,91
B5	16	38	22	29,18	3,70	0,28	3,42
B7	60	90	30	52,53	15,76	4,67	11,09
B10	23	39	16	39,40	5,12	1,05	4,07
B11	8	39	31	58,05	7,55	0,07	7,48
G1	22	67	45	59,32	13,25	0,47	12,78
G2	20	84	64	60,96	17,07	0,23	16,84
G3	85	109	24	35,95	13,06	6,19	6,87
G5	59	73	14	129,77	31,58	16,67	14,91

Legenda: B = Barragens sucessivas do riacho Bananeira e G = Barragens sucessivas do riacho do Guerredo.

As informações contidas no Quadro 3.01 mostram a altura, a área e o volume de sedimentos acumulados, após a estação chuvosa, nas barragens sucessivas monitoradas, indicadas pelos códigos B1, B2, B3, B4, B5, B7, B10, B11, correspondendo às réguas colocadas no riacho Bananeiras, e códigos G1, G2, G3 e G5, correspondendo às réguas do riacho Guerredo. Em todos os pontos, foi observado um acúmulo de sedimentos. Analisando a evolução da altura dos sedimentos nas réguas das barragens sucessivas, observa-se uma situação semelhante nos dois riachos (FIGURA 3.15). Há um crescente

acúmulo inicial de sedimentos (B1 com 13cm, B2 com 23cm e B3 chegando a 67cm; G1 com 45cm, G1 com 45cm e G2 com 64cm), depois continua o acúmulo, mas em menor proporção.

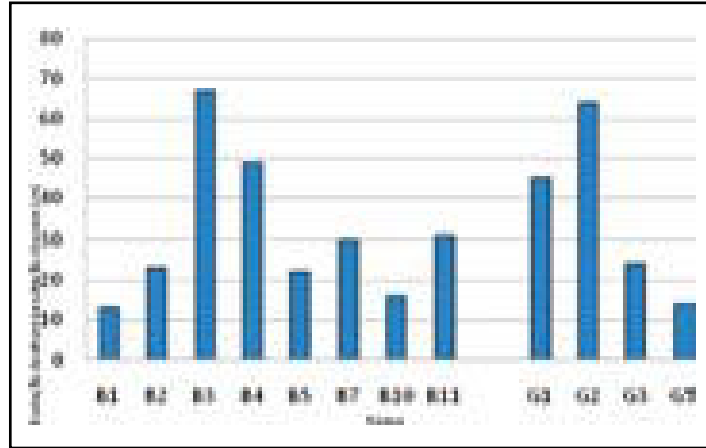


FIGURA 3.15 – Evolução da altura dos sedimentos acumulados por barragens sucessivas

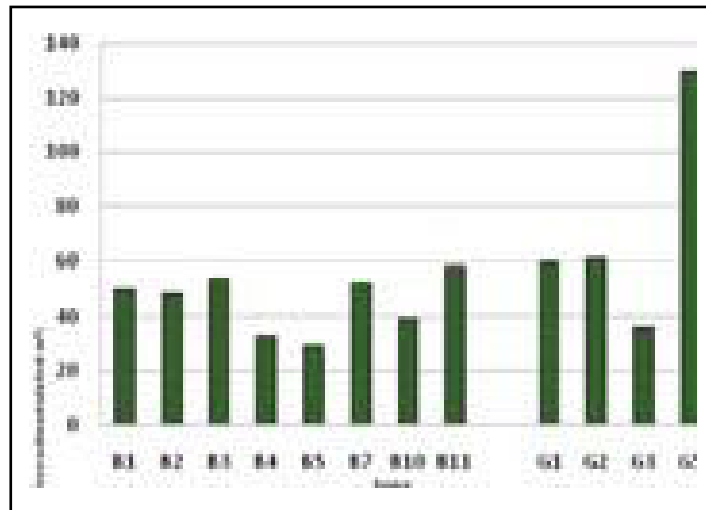


FIGURA 3.16 – Área sedimentada por barragens sucessivas

Comparando-se a área sedimentada, entre as barragens do riacho Bananeira, observa-se (FIGURA 3.16) um equilíbrio de valores. No riacho Guerredo, as primeira barragens apresentaram áreas semelhantes (G1 com $59,32 \text{ m}^2$ e G2 com $60,96 \text{ m}^2$), mas a ultima, G5, apresentou uma área bem maior, chegando a $129,77 \text{ m}^2$. Pelos cálculos do volume de sedimentos acumulados, em ambos os riachos, ocorre também um acúmulo crescente inicial, chegando a $14,32 \text{ m}^3$ no B3 e $16,84$ no G2 e depois o acúmulo diminui e passa a ser variável (FIGURA 3.17).

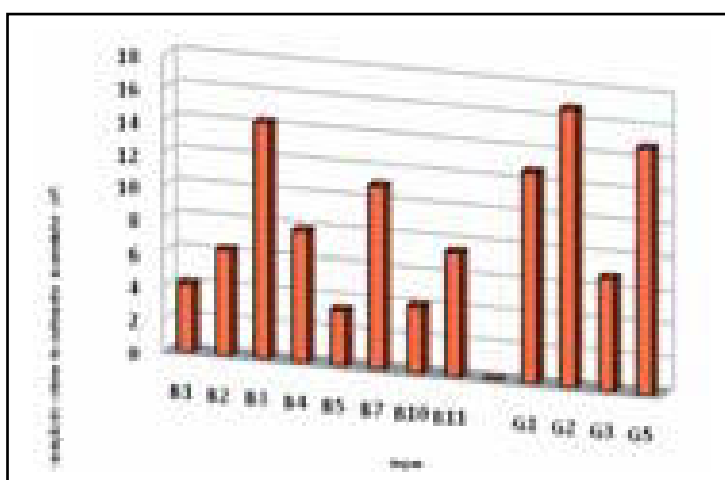


FIGURA 3.17 - Variação do volume de sedimentos acumulados por barragens sucessivas

De uma maneira geral, observa-se que, após a quadra invernos, houve um acúmulo de sedimentos em todas as barragens sucessivas de ambos os riachos e que minimizou os impactos dos processos erosivos, promovendo a recomposição do solo e da vegetação nas áreas trabalhadas.

3.2.1 – Avaliação da água retida nos coletores instalados nas barragens sucessivas

No monitoramento da água e do solo foram avaliadas as análises das amostras, coletadas após o evento chuvoso, provenientes dos coletores de retenção instalados.

Nas amostras de água, foram analisados os cátions (Ca, Mg, K, Na), os ânions (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-}), condutividade elétrica (CE), razão de adsorção de sódio (RAS), pH, Sólidos dissolvidos, turbidez e sólidos em suspensão. A água foi classificada em função desses parâmetros. Pelos resultados obtidos, todas as amostras foram classificadas como sendo **C1S1**. A categoria de salinidade - C1 indica que a água é de baixa salinidade, que pode ser utilizada na irrigação da maioria das culturas, apresentando pouco risco de salinidade. A categoria de sódio - S1 indica que a água é de baixo conteúdo de sódio e pode irrigar quase todos os tipos de solos, alertando apenas para a possibilidade de afetar certas culturas que são altamente sensíveis ao sódio. Desta forma, conclui-se que a água analisada é de qualidade. No que diz respeito a razão de adsorção de sódio (RAS), todas as análises apresentaram valores iguais ou inferiores a 0,70 meq por litro, portanto, bastante inferiores ao máximo considerado adequado para irrigação, que é de 3 meq por litro. Confirmando, assim, que não existe risco direto de haver problemas de salinidade do solo. O risco de haver problemas de salinidade, na área de estudo, é indireto, pouco provável de ocorrer e, caso ocorra, será em decorrência do manejo incorreto da irrigação.

3.2.2 – Avaliação do solo nos coletores instalados nas barragens sucessivas

As amostras de solos referentes aos sedimentos foram enviadas para o Laboratório de Solos da UFC/Funceme para a caracterização física e química. No laboratório, as amostras foram protocoladas, registradas com um número de identificação do campo e preparadas para as determinações analíticas. É importante destacar que os dados analíticos são fundamentais para os levantamentos pedológicos e mapeamento das classes de solos, pois permitem o conhecimento real do solo e podem direcionar ações que visam indicar o uso, manejo e conservação adequados, bem como sua aptidão agrícola, além de outras indicações técnicas essenciais para a pesquisa e produção agrícola. Daí a necessidade de se ter esses resultados neste trabalho.

Os perfis dos solos coletados na área de estudo mostraram o domínio de uma textura de areia, areia franca, franco e franco arenoso. Não foram encontrados solos de textura argilosa (argila, argilo-arenoso e argilo siltoso). A identificação da textura do solo, através da análise granulométrica, permite algumas considerações de contexto geral, relacionadas às implicações de manejo e de fertilidade do solo. Nos perfis, que foram classificados como areia e areia franca, tem-se, na fração sólida mineral, uma constituição de quartzo, com teores de argila + silte, inferior a 15%. O grau de floculação (informa o grau de estabilidade dos agregados do solo) está abaixo de 50%, sendo considerado um índice muito baixo. A capacidade de água disponível está abaixo de $0,10 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$. Quanto às características do solo, explicitamente relacionado ao complexo sortivo, é provável que haja elevada susceptibilidade à erosão, pela própria textura em si, com capacidade de troca de cátions (CTC) baixa. Entretanto, os teores de matéria orgânica estão altos, mostrando que a fração orgânica é responsável, em parte, pela CTC destes solos. A matéria orgânica é o principal suporte energético e nutritivo dos microorganismos do solo. A sua influência, na capacidade do solo para resistir à variação de pH (poder tampão), faz com que a matéria orgânica seja indispensável quando da interpretação dos resultados analíticos das amostras de solos, especialmente quanto aos solos ácidos. É importante ressaltar em alguns perfis que o alumínio trocável é ligeiramente tóxico para a maioria das culturas, necessitando de aplicação de corretivos para minimizar a problemática deste elemento na nutrição de plantas.

Não há problemas de sódio trocável pelo fato dos teores desse nutriente se apresentarem baixos. Entretanto, por apresentarem textura arenosa, a tendência desses solos é de um padrão de drenagem excessiva, com problemas de lixiviação de nutrientes, especialmente os nitratos. Os solos apresentaram-se com baixa retenção de umidade, tanto em capacidade de campo (CC) como em ponto de murcha permanente (PMP). A densidade global mostrou valores próximos a $1,4 \text{ g/cm}^3$. De maneira geral, pode-se afirmar que, quanto mais elevada é a densidade global do solo, maior será

sua compactação, menor será sua estruturação, menor sua porosidade total e, conseqüentemente, maiores serão as restrições para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Quando ocorrer a necessidade de aplicação de adubo potássico, o mesmo deve ser parcelado, quando este nutriente for recomendado em doses mais elevadas. O uso de herbicidas deve ser realizado de forma bastante cautelosa, com doses baixas, devido a menor adsorção pelos coloides.

Nos perfis que evidenciaram uma textura média (franco, franco arenoso), apresentaram teores de argila + silte maior que 15% e argila < 35%, mostraram valores médios/baixos de retenção de umidade indicativo de baixa ou moderada susceptibilidade à erosão. O grau de flocculação pode ser considerado moderado (50-75%). Há uma tendência de acúmulo de matéria orgânica nestes solos, evidenciando a importância deste coloide numa maior CTC, quando comparados com a CTC dos solos de textura arenosa.

Vegetação 4

PARTE 4 – VEGETAÇÃO

4.1- Aspectos Gerais da Vegetação

Entre abril e setembro de 2008, foi feito um levantamento florístico e fitossociológico em duas parcelas de 800m², com coletas de espécimes da flora e de dados sobre vegetação (fitossociologia, estrutura vegetacional, cobertura do solo e biomassa). O estudo foi conduzido em duas Parcelas de 20m x 40m, previamente delimitadas pelo PRODHAM, na localidade de Iguaçu (Canindé). A “Parcela 1” foi estudada em uma área de barragens sucessivas próximo a um pequeno riacho e a “Parcela 2”, em uma área de reflorestamento, às margens do rio Cangati.

O critério de inclusão utilizado para a coleta dos dados fitossociológicos e a contagem dos indivíduos arbóreos, foi o de diâmetro ao nível do solo, (DNS) > 3cm, critério tradicionalmente utilizado em estudos fitossociológicos na Caatinga (RODAL; SAMPAIO; FIGUEIREDO, 1992). Desse modo, em toda a extensão das parcelas foram coletados dados de espécie, diâmetro, fuste e altura de todo indivíduo com DNS > 3cm, totalizando uma área amostrada de 1.600 m² (800 m² em cada parcela), com 358 (trezentas e cinquenta e oito) árvores.

A vegetação dominante na microbacia do rio Cangati é a Caatinga – vegetação típica e dominante em todo o Nordeste brasileiro. (RODAL; SAMPAIO; FIGUEIREDO, 1992). A caatinga é uma vegetação xerófila, de fisionomia e florística variadas, caracterizada principalmente pela caducifolia total da maioria de seus componentes, devido ao déficit hídrico de pelo menos 06 (seis) meses anuais (RODAL; SAMPAIO; FIGUEIREDO, 1992; VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991).

Durante a realização do estudo, foram feitos registros florísticos em vários pontos do entorno das Parcelas e de outras barragens sucessivas, não incluídas nas parcelas. As espécies listadas (TABELA 4.01) são em sua

maioria típicas da Caatinga, como o angico, pau-ferro, jurema, marmeleiro, sabiá, pinhão, mofumbo, catingueira, juazeiro, trapiá, pau-branco, mandacaru, entre outras; embora, também, houvessem espécies exóticas (como a Hortência) e até mesmo invasoras (como leucena e “viuvinha-alegre”) – indicadoras da presença humana e de degradação ambiental.

A construção das barragens sucessivas, ao longo dos riachos da região, está ocasionando uma intensa retenção de sedimentos. Devido ao pequeno porte dos riachos e das barragens, a área afetada pelo acúmulo de sedimentos não é muito extensa (FIGURA 4.01). Nessas áreas, foi registrada a presença de várias plantas herbáceas, como *Alternanthera tenella*, *Senna obtusifolia* (Leguminosae, mata-pasto), *Ludwigia spp.* e *Spermacoce verticillata*, além de herbáceas das famílias *Poaceae* e *Cyperaceae*. Foram encontrada, ainda, algumas espécies lenhosas pioneiras, como *Jatropha mollissima* (Euphorbiaceae, pinhão), *Croton blanchetianus* (Euphorbiaceae, marmeleiro), *Mimosa caesalpinifolia* (Leguminosae, sabiá) e *Combretum leprosum* (Combretaceae, mofumbo) sobre os sedimentos.

TABELA 4.01 – Lista de espécies nativas encontradas na região das áreas de estudo.

Nome científico	Família	Nome popular	Hábito
<i>Alternanthera brasiliana</i>	Amaranthaceae	Cabeça-branca	Herbácea
<i>Alternanthera tenella</i>	Amaranthaceae	Cabeça-branca	Herbácea
<i>Amaranthus sp.</i>	Amaranthaceae	Caruru	Herbácea
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Fabaceae-Mimosoideae	Angico	Árvore
<i>Anacardiaceae spl</i>	Anacardiaceae	Aroeira**	Árvore
<i>Auxemma oncocalix</i>	Boraginaceae	Pau-branco	Árvore
<i>Bauhinia cheilantha</i>	Fabaceae-Cercideae	Mororó	Árvore
<i>Bidens sp.</i>	Asteraceae	Carrapicho-agulha	Herbácea
<i>Caesalpinia bracteosa</i>	Fabaceae-Caesalpinioideae	Catingueira	Árvore
<i>Caesalpinia férrea</i>	Fabaceae-Caesalpinioideae	Jucá	Árvore
<i>Capparis cynophallophora</i>	Capparaceae	Feijão-brabo	Árvore
<i>Cardiospermum coridum</i>	Sapindaceae	-	Herbácea trepadeira
<i>Calotropis procera*</i>	Apocynaceae	Ciúme; Algodão-de-seda	Arbusto
<i>Cereus jamacaru</i>	Cactaceae	Mandacará	Cacto
<i>Cissus albida</i>	Vitaceae	-	Trepadeira
<i>Cnidioscolus urens</i>	Euphorbiaceae	Cansansão	Arbusto
<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mofumbo	Arbusto
<i>Commiphora leptophloeos</i>	Burseraceae	Imburana	Árvore
<i>Cratogeomys tapia</i>	Capparaceae	Trapiá	Árvore
<i>Croton blanchetianus</i>	Euphorbiaceae	Marmeleiro	Árvore/Arbusto
<i>Cryptostegia grandiflora*</i>	Apocynaceae	Viuvinha-alegre	Arbusto

(continua)

(continuação)

Nome científico	Família	Nome popular	Hábito
<i>Delilia biflora</i>	Asteraceae	-	Herbácea
<i>Hyptis suaveolens</i>	Lamiaceae	Bamburral	Herbácea
<i>Ipomoea nil</i>	Convolvulaceae	Jitirana	Herbácea trepadeira
<i>Ipomoea sericophylla</i>	Convolvulaceae	Jitirana	Herbácea trepadeira
<i>Jatropha mollissima</i>	Euphorbiaceae	Pinhão	Árvore
<i>Lantana camara</i>	Verbenaceae	Chumbinho	Arbusto
<i>Laportea aestuans</i>	Urticaceae	Urtiga	Herbácea
<i>Leucaena leucocephala</i> *	Fabaceae-Mimosoideae	Leucena	Árvore
<i>Licania rígida</i>	Chrysobalanaceae	Oiticica	Árvore
<i>Ludwigia sp1</i>	Onagraceae	-	Herbácea
<i>Ludwigia sp2</i>	Onagraceae	-	Herbácea
<i>Merremia aegyptia</i>	Convolvulaceae	Jitirana-cabeluda	Herbácea trepadeira
<i>Mimosa cf. acutistipula</i>	Fabaceae-Mimosoideae	Vaca-velha	Árvore/Arbusto
<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	Fabaceae-Mimosoideae	Sabiá	Árvore
<i>Mimosa tenuiflora</i>	Fabaceae-Mimosoideae	Jurema-preta	Árvore/Arbusto
<i>Momordica charantia</i> *	Cucurbitaceae	Melão-de-são-caetano	Herbácea trepadeira
<i>Moringa oleifera</i> *	Moringaceae	Moringa	Árvore
<i>Pilosocereus gounellei</i>	Cactaceae	Faxeiro	Cacto
<i>Poaceae SP</i>	Poaceae	Capim	Herbácea
<i>Polygala martiana</i>	Polygalaceae	-	Herbácea
<i>Pseudabutylon spicatum</i>	Malvaceae	Malva	Herbácea
<i>Senna obtusifolia</i> ?	Fabaceae-Caesalpinioideae	Mata-pasto-liso	Herbácea
<i>Senna occidentalis</i> ?	Fabaceae-Caesalpinioideae	Manjerioba; mata-pasto	Herbácea
<i>Senna uniflora</i>	Fabaceae-Caesalpinioideae	Mata-pasto-peludo	Herbácea
<i>Spermacoce capitata</i>	Rubiaceae	Vassourinha	Herbácea
<i>Spermacoce verticillata</i>	Rubiaceae	Vassourinha	Herbácea
<i>Spondias cf. mombin</i>	Anacardiaceae	Cajá	Árvore
<i>Tabebuia sp.</i>	Bignoniaceae	Pau-darco	Árvore
<i>Vitex gardneriana</i>	Verbenaceae	Jaramataia	Árvore/Arbusto
<i>Ximenia americana</i>	Olacaceae	Ameixa	Arbusto
<i>Ziziphus joazeiro</i>	Rhamnaceae	Joazeiro	Árvore

* Espécies exóticas ? Espécies de origem duvidosa ** Espécies sem confirmação de nome

Não foi possível confirmar se a planta, apontada pelos moradores como aroeira, é a espécie *Myracrodruon urundeuva* (*Anacardiaceae*), pois só foram encontrados indivíduos jovens em estado vegetativo. Como a área, em que os indivíduos foram encontrados, era de reflorestamento, feito em grande parte com espécies exóticas, é possível que se trate de uma espécie de *Spondias* (*Anacardiaceae*) plantada com fins frutíferos.

As plantas herbáceas, listadas anteriormente, são plantas anuais de pequeno porte (com não mais que 1,5m de altura), que se desenvolvem durante a estação chuvosa e, com o início da estação seca, murcham deixando

gemas, ou morrem, deixando sementes para o próximo período chuvoso. Essas plantas são pioneiras na sucessão secundária, desenvolvendo-se bem em locais com intensa radiação solar (como clareiras, áreas desmatadas e bordas de fragmentos florestais). Algumas delas, como *Senna obtusifolia*, são inclusive daninhas – dispersas pelo gado bovino.



FOTO 4.01 – Área próxima à barragem sucessiva - predomínio de plantas herbáceas anuais.

As espécies lenhosas (de porte arbóreo), encontradas sobre os sedimentos, também são espécies pioneiras, típicas da sucessão secundária, e, portanto, indicadoras de fases iniciais de processos de (re)colonização ou recuperação ambiental. Essas árvores chegam a medir 2 ou 3 metros de altura, indicando que o processo de colonização já tem alguns anos. Devido a falta de registros fitossociológicos e florísticos, no início da implementação das ações do PRODHAM, ficou impossível quantificar a velocidade de crescimento das árvores presentes nessas áreas de acúmulo de sedimentos.

4.2 - Descrição das Parcelas Estudadas

Os estudos foram realizados nas parcelas previamente delimitadas pelo PRODHAM.

Os dados brutos de diâmetro, fuste e altura, coletados nas parcelas de barragens sucessivas e de reflorestamento da margem do rio Cangati, encontram-se nas Tabelas 4.02 e 4.03, respectivamente. A Tabela 4.04 apresenta alguns dados gerais das parcelas e, a seguir, a descrição da vegetação, das condições ambientais e do estado de conservação de cada uma.

TABELA 4.02 – Dados fitossociológicos coletados em campo na Parcela 1 (Barragem Sucessiva).

Plaqueta	Nome científico	Família	Nome popular	Diâmetro (cm)	Fuste (m)	Altura (m)
1	<i>Mimosa tenuiflora</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Jurema	4,10	0,20	3,50
2	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	Catingueira	3,30	2,00	2,00
3	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	Catingueira	5,70	0,90	0,90
4	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	Catingueira	6,70	1,15	0,10
5	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	Catingueira	6,70	0,56	0,30
6	<i>Croton blanchetianus</i>	Euphorbiaceae	Marmeleiro	11,10	0,10	0,58
7	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	Catingueira	4,10	0,00	2,00
8	<i>Croton blanchetianus</i>	Euphorbiaceae	Marmeleiro	8,90	0,06	1,60
9	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	Catingueira	9,60	0,04	2,50
10	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	Catingueira	7,00	0,07	2,50
11	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	Catingueira	3,50	1,80	3,00
12	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	Catingueira	3,20	1,00	2,50
13	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	Catingueira	7,60	0,03	3,00
14	<i>Mimosa caesapiniifolia</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Sabiá	3,00	0,10	2,00
15	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	3,80	0,50	2,50
16	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	4,90	0,00	2,50
17	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	3,50	0,00	2,50
18	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	9,90	0,02	3,00
19	<i>Mimosa acutistipula</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Vaca-velha	2,90	0,50	3,00
20	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	Catingueira	3,80	0,10	3,50
21	<i>Mimosa caesapiniifolia</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Sabiá	15,60	1,70	4,00
22	<i>Bauhinia cheilantha</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	mororó	15,60	1,10	4,50
23	<i>Mimosa acutistipula</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Vaca-velha	17,20	23,00	4,50
24	<i>Polygonum sp.</i>	Polygonaceae	-	35,70	0,08	4,00

(continua)

VEGETAÇÃO

(continuação)

Plaqueta	Nome científico	Família	Nome popular	Diâmetro (cm)	Fuste (m)	Altura (m)
25	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	8,00	0,40	2,00
26	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	5,40	-	2,00
27	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	4,00	-	2,00
28	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	3,80	-	2,50
29	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	6,40	-	2,00
30	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	4,80	0,75	3,00
31	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	3,80	0,73	3,00
32	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	9,90	0,05	4,00
33	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	5,40	0,72	3,00
34	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	5,60	0,56	3,00
35	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	5,70	1,30	3,00
36	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	4,80	0,80	3,00
37	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	16,90	0,05	1,80
38	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	5,40	0,13	1,50
39	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	10,80	0,05	1,50
40	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	16,20	0,12	3,50
41	<i>Mimosa acutistipula</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Vaca-velha	3,30	0,13	3,00
42	<i>Mimosa acutistipula</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Vaca-velha	3,00	1,20	2,50
43	<i>Mimosa acutistipula</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Vaca-velha	4,00	0,20	2,50
44	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	3,70	0,80	2,20
45	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	4,30	0,15	2,50
46	<i>Mimosa acutistipula</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Vaca-velha	3,50	0,20	2,50
47	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	7,30	0,11	2,50
48	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Angico	14,30	0,60	5,00
49	<i>Croton blanchetianus</i>	Euphorbiaceae	Marmeleiro	4,10	0,88	3,00
50	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Angico	6,80	1,65	5,00
51	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Angico	13,10	0,36	5,00
52	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	Catingueira	2,90	0,64	1,80
53	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	3,80	1,03	2,50
54	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	Catingueira	3,20	0,04	1,50
55	<i>Mimosa tenuiflora</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Jurema	4,00	0,90	3,00
56	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	Catingueira	3,50	0,50	2,00

(continua)

(continuação)

Plaqueta	Nome científico	Família	Nome popular	Diâmetro (cm)	Fuste (m)	Altura (m)
57	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinioideae)	Catingueira	6,10	0,07	2,50
58	<i>Mimosa acutistipula</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Vaca-velha	9,60	0,05	2,50
59	<i>Mimosa acutistipula</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Vaca-velha	11,10	0,03	2,50
60	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinioideae)	Catingueira	3,80	0,03	1,40
61	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinioideae)	Catingueira	15,90	0,05	3,50
62	<i>Auxemma oncocalyx</i>	Boraginaceae	Pau branco	30,60	0,02	4,00
63	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	5,70	0,06	3,00
64	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	3,50	0,33	3,00
65	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	5,10	0,06	2,50
66	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	6,40	0,45	2,50
67	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	5,40	0,07	2,50
68	<i>Calotropis procera</i>	Apocynaceae	Hortência	9,60	0,08	2,30
69	<i>Calotropis procera</i>	Apocynaceae	Hortência	3,50	1,50	2,50
70	<i>Calotropis procera</i>	Apocynaceae	Hortência	5,40	0,00	2,50
71	<i>Calotropis procera</i>	Apocynaceae	Hortência	16,60	0,02	2,50
72	<i>Croton blanchetianus</i>	Euphorbiaceae	Marmeleiro	8,60	0,02	3,00
73	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinioideae)	Catingueira	3,50	0,36	2,00
74	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinioideae)	Catingueira	4,30	0,05	2,00
75	<i>Mimosa tenuiflora</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Jurema	3,50	0,98	2,50
76	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinioideae)	Catingueira	4,50	0,06	2,00
77	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinioideae)	Catingueira	4,10	0,08	2,00
78	<i>Cryptostegia grandiflora</i>	Apocynaceae	Viúva alegre	4,10	0,05	1,00
79	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	14,30	0,10	2,00
80	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Leucena	15,30	0,14	3,00
81	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	6,70	0,19	2,50
82	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	5,40	0,4	2,50
83	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	5,60	0,15	2,00
84	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	7,80	0,05	2,00
85	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	3,70	-	15,00
86	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	4,90	0,9	2,00
87	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	14,60	0,05	2,00
88	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	5,70	0,52	2,50

(continua)

VEGETAÇÃO

(continuação)

Plaqueta	Nome científico	Família	Nome popular	Diâmetro (cm)	Fuste (m)	Altura (m)
89	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	2,90	0,27	0,50
90	<i>Mimosa tenuiflora</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Jurema	47,80	0,05	1,80
91	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	4,60	0,03	2,50
92	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	3,80	0,3	2,50
93	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	11,10	0,1	2,50
94	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Leucena	12,40	0,1	4,00
95	<i>Croton blanchetianus</i>	Euphorbiaceae	Marmeleiro	3,30	0,3	1,50
96	<i>Croton blanchetianus</i>	Euphorbiaceae	Marmeleiro	6,70	0,2	2,50
97	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	Catingueira	10,20	0,05	1,10
98	<i>Croton blanchetianus</i>	Euphorbiaceae	Marmeleiro	15,30	0,05	1,30
99	<i>Mimosa caesapiniifolia</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Sabiá	3,50	1,2	2,50
100	<i>Calotropis procera</i>	Apocynaceae	Hortência	3,80	1,3	1,80
101	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	Catingueira	6,10	0,36	2,00
102	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	Catingueira	5,40	0,39	2,00
103	<i>Mimosa tenuiflora</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Jurema	3,80	0,19	2,00
104	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	4,80	0,05	2,50
105	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	6,20	0,12	2,50
106	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	5,40	0,85	2,50
107	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	15,00	0,05	2,50
108	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	3,50	0,29	2,50
109	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	5,10	0,31	2,50
110	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	3,80	0,36	2,50
111	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	5,10	0,25	2,50
112	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	3,20	0,24	2,50
113	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	7,30	0,07	2,50
114	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	4,50	0,25	2,50
115	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	8,90	0,05	2,50
116	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Leucena	11,90	0,05	1,50
117	<i>Calotropis procera</i>	Apocynaceae	Hortência	4,10	0,19	1,50
118	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	Catingueira	3,80	0,99	2,50
119	<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	Catingueira	3,30	0,24	2,50

TABELA 4.03 – Dados fitossociológicos coletados em campo na Parcela 2 (Reflorestamento na margem do rio Cangati).

Plaqueta	Nome científico	Família	Nome popular	Diâmetro (cm)	Fuste (m)	Altura (m)
501	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	1,10	4,50	7,00
502	<i>Jatropha mollissima</i>	Euphorbiaceae	pinhão	2,90	-	1,50
503	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	16,90	1,16	7,00
504	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	12,40	0,19	6,00
505	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,00	3,00	7,00
506	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	5,10	5,50	6,00
507	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	9,20	6,00	7,00
508	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	11,00	1,80	7,00
509	<i>Vitex cf. gardneriana</i>	Verbenaceae	-	27,10	0,10	5,00
510	<i>Jatropha mollissima</i>	Euphorbiaceae	pinhão	13,10	2,00	7,00
511	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,80	3,50	8,00
512	<i>Auxemma oncocalyx</i>	Boraginaceae	pau branco	8,60	0,34	6,00
513	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	6,70	6,00	8,00
514	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	3,50	-	4,50
515	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	4,50	1,50	5,00
516	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,30	4,00	7,00
517	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	6,20	-	7,00
518	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	5,10	-	6,00
519	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	14,60	0,95	8,00
520	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	9,10	5,00	8,00
521	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	11,60	0,08	8,00
522	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	9,20	-	8,00
523	<i>Tabebuia sp.</i>	Bignoniaceae	pau d'arco	4,10	0,90	2,50
524	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	3,70	-	3,00
525	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	10,20	-	7,00
526	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,20	1,60	6,50
527	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	9,70	0,60	6,50
528	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	5,10	-	5,50
529	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	5,40	-	5,00
530	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,30	3,00	6,00
531	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	9,40	3,50	6,50
532	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,60	3,50	7,00
533	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	6,70	6,00	7,00
534	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	3,30	-	7,00
535	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	3,30	-	6,00
536	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	3,50	-	2,00
537	<i>Spondias sp.1*</i>	Anacardiaceae	aroeira	3,70	-	4,00

(continua)

VEGETAÇÃO

(continuação)

Plaqueta	Nome científico	Família	Nome popular	Diâmetro (cm)	Fuste (m)	Altura (m)
538	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,60	4,00	5,00
539	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	10,50	1,00	5,00
540	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	9,90	6,00	8,50
541	<i>Licania rigida</i>	Chrysobalanaceae	oiticica	41,40	0,01	6,00
542	<i>Licania rigida</i>	Chrysobalanaceae	oiticica	38,20	0,01	6,00
543	<i>Licania rigida</i>	Chrysobalanaceae	oiticica	40,10	0,01	6,00
544	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,60	4,50	7,00
545	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	10,20	-	6,50
546	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	6,80	3,50	7,50
547	<i>Ximenia americana</i>	Olacaceae	ameixa	6,10	1,30	3,30
548	<i>Ximenia americana</i>	Olacaceae	ameixa	3,50	-	3,50
549	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	4,10	-	6,50
550	<i>Ximenia americana</i>	Olacaceae	ameixa	3,80	-	4,00
551	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	16,60	1,00	7,50
552	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	9,90	2,50	8,00
553	<i>Tabebuia sp.</i>	Bignoniaceae	pau d'arco	3,50	0,50	2,50
554	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	26,80	0,20	8,00
555	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,30	3,00	5,00
556	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	5,10	-	5,00
557	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,00	-	6,00
558	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	3,70	-	5,50
559	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	13,10	0,12	6,00
560	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	3,50	2,50	4,00
561	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	9,90	1,40	6,00
562	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	3,30	-	4,00
563	<i>Jatropha mollissima</i>	Euphorbiaceae	pinhão	2,90	-	1,50
564	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	5,70	-	6,50
565	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	10,80	0,40	7,00
566	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	6,50	-	6,00
567	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,60	2,00	6,50
568	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,10	2,50	7,00
569	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,60	2,50	6,50
570	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,60	2,50	7,00
571	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	6,40	2,00	7,00
572	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	5,10	3,00	5,50
573	<i>Spondias sp.1*</i>	Anacardiaceae	aroeira	5,90	3,00	5,50
574	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	9,20	2,50	7,00
575	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	5,10	2,00	5,50

(continua)

(continuação)

Plaqueta	Nome científico	Família	Nome popular	Diâmetro (cm)	Fuste (m)	Altura (m)
576	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,90	5,00	6,50
577	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,30	4,50	7,00
578	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	11,80	0,40	7,50
579	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	6,10	5,50	6,00
580	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	4,50	3,00	5,50
581	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,60	5,50	7,00
582	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	12,10	0,33	7,00
583	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,30	1,85	7,50
584	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,60	4,50	7,00
585	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	9,20	0,86	6,50
586	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	3,50	-	6,00
587	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	12,10	0,05	5,00
588	<i>Crateva tapia</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	trapiá	0,50	0,01	5,00
589	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	5,70	1,40	5,00
590	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,00	1,60	6,00
591	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,30	5,00	7,00
592	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	6,10	-	6,00
593	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	3,20	-	3,00
594	<i>Spondias sp.1*</i>	Anacardiaceae	aroeira	4,80	-	4,00
595	<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	sabiá	11,50	0,08	6,00
596	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,00	0,80	6,00
597	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	5,10	-	6,00
598	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	11,50	0,11	5,50
599	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,30	2,00	6,00
600	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	6,70	-	5,50
601	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,90	1,25	6,00
602	<i>Jatropha mollissima</i>	Euphorbiaceae	pinhão	2,90	-	1,20
603	<i>Jatropha mollissima</i>	Euphorbiaceae	pinhão	2,90	-	1,70
604	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,30	1,10	6,00
605	<i>Tabebuia sp.</i>	Bignoniaceae	pau d'arco	2,90	-	3,00
606	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	3,00	-	4,00
607	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	4,80	-	6,00
608	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,30	4,00	6,50
609	<i>Spondias sp.1*</i>	Anacardiaceae	aroeira	9,20	2,50	6,50
610	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,60	5,00	7,00
611	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,60	-	6,00
612	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	9,20	3,50	5,50
613	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	6,10	4,00	6,00

(continua)

VEGETAÇÃO

(continuação)

Plaqueta	Nome científico	Família	Nome popular	Diâmetro (cm)	Fuste (m)	Altura (m)
614	<i>Jatropha mollissima</i>	Euphorbiaceae	pinhão	3,20	-	1,80
615	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,30	0,50	6,00
616	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	2,90	-	3,00
617	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,90	4,50	6,50
618	-	-	(morta)	0,40	-	5,00
619	<i>Capparis cynophallophora</i>	Capparaceae	feijão-brabo	2,90	1,30	3,00
620	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	6,70	3,50	5,50
621	<i>Jatropha mollissima</i>	Euphorbiaceae	pinhão	5,70	-	5,00
622	<i>Jatropha mollissima</i>	Euphorbiaceae	pinhão	4,80	-	5,00
623	<i>Jatropha mollissima</i>	Euphorbiaceae	pinhão	6,10	3,00	5,50
624	<i>Spondias sp.1*</i>	Anacardiaceae	aroeira	3,80	-	3,50
625	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	4,10	-	3,00
626	<i>Jatropha mollissima</i>	Euphorbiaceae	pinhão	3,80	-	2,50
627	<i>Jatropha mollissima</i>	Euphorbiaceae	pinhão	3,50	-	3,00
628	<i>Jatropha mollissima</i>	Euphorbiaceae	pinhão	3,80	-	2,50
629	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	4,80	-	5,00
630	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,90	1,80	5,50
631	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	3,20	-	2,00
632	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	3,20	-	4,00
633	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	4,10	-	4,00
634	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	4,10	-	5,00
635	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,90	2,00	7,50
636	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	4,50	2,50	4,00
637	<i>Auxemma onocalyx</i>	Bignoniaceae	pau branco	4,80	-	3,00
638	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,60	6,00	6,50
639	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	2,90	-	2,00
640	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	13,10	1,00	7,00
641	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,30	-	6,50
642	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	6,10	-	6,50
643	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	11,80	1,10	7,00
644	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	9,90	-	7,00
645	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	12,70	1,40	6,50
646	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	3,80	-	3,50
647	<i>Moringa oleifera</i>	Moringaceae	muringa	7,60	1,20	3,00
648	<i>Moringa oleifera</i>	Moringaceae	muringa	9,20	0,40	4,00
649	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	15,30	80,00	7,50
650	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,60	0,95	5,50
651	<i>Spondias sp.1*</i>	Anacardiaceae	aroeira	4,90	0,80	3,00

(continua)

(continuação)

Plaqueta	Nome científico	Família	Nome popular	Diâmetro (cm)	Fuste (m)	Altura (m)
652	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	2,90	-	1,30
653	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	14,60	3,00	8,00
654	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,60	-	7,50
655	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,00	2,80	7,00
656	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	4,50	3,50	7,00
657	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	3,20	0,68	3,00
658	<i>Tabebuia sp.</i>	Bignoniaceae	pau d'arco	3,00	-	1,80
659	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	6,70	2,50	6,00
660	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,00	4,00	6,50
661	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	6,70	-	6,50
662	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	13,70	0,60	6,00
663	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	3,80	-	5,00
664	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	6,10	-	5,00
665	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	9,20	1,00	6,50
666	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	10,80	1,20	6,00
667	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,60	-	6,00
668	<i>Spondias sp.2</i>	Anacardiaceae	cajá	4,10	-	4,00
669	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,60	1,10	6,00
670	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	5,10	-	6,50
671	<i>Jatropha mollissima</i>	Euphorbiaceae	pinhão	2,90	-	1,60
672	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	5,70	1,00	5,00
673	<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	sabiá	8,00	0,30	5,00
674	<i>Jatropha mollissima</i>	Euphorbiaceae	pinhão	3,50	-	2,50
675	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	3,50	-	4,00
676	<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	sabiá	5,10	-	4,50
677	<i>Jatropha mollissima</i>	Euphorbiaceae	pinhão	2,90	-	1,10
678	<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	sabiá	7,30	0,60	5,00
679	<i>Spondias sp.2</i>	Anacardiaceae	cajá	7,30	4,00	5,50
680	<i>Tabebuia sp.</i>	Bignoniaceae	pau d'arco	4,10	0,70	3,50
681	<i>Jatropha mollissima</i>	Euphorbiaceae	pinhão	2,90	-	3,00
682	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,30	0,23	5,00
683	<i>Caesalpinia ferrea</i>	Leguminosa (Caesalpinoideae)	jucá	3,80	1,20	3,00
684	<i>Caesalpinia ferrea</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	jucá	3,80	3,80	3,00
685	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	angico	16,20	16,20	9,00
686	<i>Caesalpinia ferrea</i>	Leguminosa (Caesalpinoideae)	jucá	4,50	4,50	4,00
687	<i>Caesalpinia ferrea</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	jucá	10,80	10,80	5,50
688	<i>Caesalpinia ferrea</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	jucá	29,00	29,00	6,00
689	<i>Caesalpinia ferrea</i>	Leguminosae (Caesalpinoideae)	jucá	5,10	5,10	5,00

(continua)

VEGETAÇÃO

(continuação)

Plaqueta	Nome científico	Família	Nome popular	Diâmetro (cm)	Fuste (m)	Altura (m)
690	<i>Tabebuia</i> sp.	Bignoniaceae		pau d'arco	3,80	3,50
691	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)		leucena	5,40	5,00
692	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)		leucena	8,60	6,50
693	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)		leucena	6,70	6,00
694	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)		leucena	6,70	5,50
695	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)		leucena	6,40	7,00
696	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)		leucena	7,00	7,00
697	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)		leucena	8,60	6,00
698	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)		leucena	6,40	7,00
699	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)		leucena	8,00	6,50
700	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)		leucena	9,90	7,50
701	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)		leucena	4,50	7,00
702	<i>Tabebuia</i> sp.	Bignoniaceae		pau d'arco	4,10	3,00
703	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)		leucena	14,80	7,00
704	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)		leucena	7,00	6,00
705	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)		leucena	7,60	6,50
706	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)		leucena	4,30	5,50
707	<i>Spondias</i> sp.1 *	Anacardiaceae		aroeira	3,00	3,00
708	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)		leucena	4,50	4,50
709	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)		leucena	6,40	5,00
710	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)		leucena	3,30	5,50
711	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)		leucena	2,90	4,00
712	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)		leucena	8,30	7,00
713	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,60	1,3	7,00
714	<i>Auxemma onocalyx</i>	Boraginaceae	pau branco	5,40	-	5,00
715	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,30	4,5	6,50
716	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,30	4,5	7,50
717	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	9,70	5	8,50
718	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,60	3,3	7,00
719	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	3,50	-	5,00
720	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,30	3	5,00
721	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	3,20	0,02	2,50
722	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	4,80	0,07	5,50
723	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	4,80	1,7	5,00
724	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	6,40	2,1	5,50
725	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,30	2,5	5,50
726	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	13,40	0,4	6,00
727	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,50	2,5	6,50

(continua)

(continuação)

Plaqueta	Nome científico	Família	Nome popular	Diâmetro (cm)	Fuste (m)	Altura (m)
728	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	5,10	-	2,00
729	<i>Spondias sp.1*</i>	Anacardiaceae	aroeira	3,20	-	2,50
730	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	11,00	0,67	5,50
731	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,30	2,75	6,00
732	<i>Tabebuia sp.</i>	Bignoniaceae	pau d'arco	3,80	0,9	3,00
733	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	7,00	2,2	6,00
734	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,60	2	7,00
735	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	8,00	4	7,00
736	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	leucena	10,80	2,5	7,00
737	<i>Auxemma oncocalyx</i>	Boraginaceae	pau branco	3,80	-	2,50
738	<i>Licania rigida</i>	Chrysobalanaceae	oiticica	1,00	0,01	8,00
739	<i>Licania rigida</i>	Chrysobalanaceae	oiticica	1,30	0,01	8,00

4.2.1- Parcela 1 (Barragens Sucessivas)

Coordenadas geográficas: 4° 37' 19,9" S / 39° 23' 25,8" O

A primeira parcela estudada foi em uma área de barragens sucessivas, abrangendo as redondezas de uma barragem sucessiva e uma área, um pouco mais extensa, à jusante dela. Por ficar em uma região de relevo acidentado, a declividade na Parcela chegava a 25%, drenando a água para um pequeno riacho que beira a margem Noroeste da Parcela.

A fisionomia da vegetação desta Parcela é de “savana estépica arborizada” (mais detalhes, ver item 4.4), com árvores de baixo porte e de baixa densidade (Tabela 4.4). A Parcela é cercada por roçados (FOTO 4.2) e sua fisionomia parece estar associada ao desmatamento passado – pois são comuns as árvores cortadas em rebrota e antigos troncos queimados – apresentando-se, portanto, em estado de sucessão secundária (recuperação).

VEGETAÇÃO

TABELA 4.04 – Aspectos gerais da vegetação das parcelas analisadas (Parcela 1 = Barragens Sucessivas; Parcela 2 = Reflorestamento – rio Cangati).

Parcela	Nº árvore	Nº espécie	Nº família	Densidade total (ind/ha)	Área basal total (m²)	Peso verde (kg)	Peso seco (kg)	Volume empilh. (estéreo)
1	119	13	6	1.487,5	0,9016	3.348,54	2.211,04	10,59
2	239	15	10	2.987,5	1,5767	13.037,43	8.608,61	41,22



FOTO 4.02 – Barragem Sucessiva da Parcela 1 com sedimentos acumulados à esquerda.

4.2.2- Parcela 2 (Reflorestamento da mata ciliar do rio Cangati)

Coordenadas geográficas: 4° 37' 20,7" S / 39° 23' 23,6" O

A segunda parcela estudada foi em uma área de Reflorestamento na margem Sul do rio Cangati (FOTO 4.03). É uma área plana, totalmente contida na planície fluvial e sujeita a enchentes em épocas de intensa precipitação. O reflorestamento foi conduzido na fase inicial do PRODHAM – segundo relato de moradores locais, por volta do ano 2000.

O reflorestamento desrespeitou alguns princípios básicos do reflorestamento, plantando plantas exóticas e frutíferas sem respeitar a composição e proporção original das espécies da mata nativa da área. A fisionomia da vegetação desta Parcela apresenta árvores com altura média de 5 a 6 metros, relativamente densas (TABELA 4.04) e regularmente espaçadas (reflorestamento), sendo semelhante a uma “savana estépica florestada” (Caatinga Arbórea), embora com árvores ordenadas e com constituição florística completamente distinta.



FOTO 4.03 – Área de reflorestamento às margens do rio Cangati (localidade – Iguaçu).

4.3- Resultados e Discussões

4.3.1 - Composição das comunidades

As espécies encontradas (TABELA 4.05) e os parâmetros fitossociológicos de cada Parcela estudada (TABELAS 4.6 e 4.7) mostraram diferenças conspícuas. Na Parcela 1, foram encontradas menos espécies e famílias que na Parcela 2 (TABELA 4.04), o que é explicado pela composição artificial da comunidade da última (Reflorestamento, onde a composição é direta e artificialmente determinada). Além disso, o padrão fitossociológico das duas parcelas, também se apresentou bastante diferente.

A Parcela 1 apresentou uma composição relativamente equilibrada. As espécies mais expressivas foram *Combretum leprosum* (mofumbo) e *Mimosa tenuiflora* (jurema-preta), que respondem, respectivamente, por 25,09% e 20,39% da área basal da Parcela. As outras 11 (onze) espécies são menos expressivas, apresentando entre 0,15% e 11,08%.

TABELA 4.05 – Ocorrência das espécies inventariadas em cada parcela de estudo (Parcela 1= Barragens Sucessivas; Parcela 2= Reflorestamento no rio Cangati).

Nome Científico	Família	Nome popular	Grupo de sucessão	Parcela	
				1	2
<i>Spondias sp.1</i>	Anacardiaceae	Aroeira	-		X
<i>Spondias sp.2</i>		Cajá	-		X
<i>Calotropis cf. procera</i>	Apocynaceae	Hortência	Exótica	X	
<i>Cryptostegia grandiflora</i>		Viuvinha	Exótica (invasora)	X	
<i>Tabebuia sp.</i>	Bignoniaceae	Pau d'arco	-		X
<i>Auxemma oncocalyx</i>	Boraginaceae	Pau-branco	Intermediária / clímax	X	X
<i>Capparis cynophallophora</i>	Capparaceae	Feijão-brabo	Pioneira / intermediária		X
<i>Crateva tapia</i>		Trapiá	Clímax		X
<i>Licania rigida</i>	Chrysobalanaceae	Oiticica	-		X
<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mofumbo	Pioneira	X	
<i>Croton blanchetianus</i>	Euphorbiaceae	Marmeleiro	Pioneira	X	
<i>Jatropha mollissima</i>		Pinhão	-		X

(continua)

(continuação)

Nome Científico	Família	Nome popular	Grupo de sucessão	Parcela	
				1	2
<i>Anadenanthera colubrina</i>		Angico	Clímax	X	X
<i>Bauhinia cheilantha</i>		Mororó	-	X	
<i>Caesalpinia ferrea</i>		Pau-ferro	Clímax		X
<i>Caesalpinia gardneriana</i>	Leguminosae	Catingueira	-	X	
<i>Leucaena leucocephala</i>		Leucena	Exótica (invasora)	X	X
<i>Mimosa acutistipula</i>		Vaca-velha	-	X	
<i>Mimosa caesalpinifolia</i>		Sabiá	Pioneira	X	X
<i>Mimosa tenuiflora</i>		Jurema-preta	Pioneira	X	
<i>Moringa oleifera</i>	Moringaceae	Moringa	Exótica		X
<i>Ximenia americana</i>	Olacaceae	Ameixa	-		X
<i>Polygonum sp.</i>	Polygonaceae	-	-	X	
<i>Vitex gardneriana</i>	Verbenaceae	Jaramataia	-		X

A Parcela 2, Reflorestamento na margem do rio Cangati, apresentou uma composição pouco equitativa, fortemente dominada pela espécie exótica e invasora *Leucaena leucocephala* (Leguminosae), que respondeu por quase 3/5 (59,04%) da área basal da Parcela. Aproximadamente 1/4 da área basal (23,84%) é referente à espécie *Licania rígida* (Chrysobalanaceae, Oiticica), espécie nativa típica das matas ciliares nordestinas. As demais 13 (treze) espécies são muito pouco expressivas, respondendo por 0,01% a 5,14% da área basal.

TABELA 4.06 – Dados fitossociológicos da Parcela 1 (Barragem Sucessiva). Dab = Densidade absoluta; Drel = Densidade relativa; AB = Área basal; AB (%) = Área basal em porcentagem.

Nome	Nº indivíduos	Dab (ind/ha)	Drel (%)	AB (cm²)	AB (%)
<i>Anadenanthera colubrina</i>	3	37,50	2,52	331,87	3,68
<i>Caesalpinia gardneriana</i>	26	325,00	21,85	773,39	8,58
<i>Polygonum sp.</i>	1	12,50	0,84	998,73	11,08
<i>Calotropis cf. procera</i>	6	75,00	5,04	344,51	3,82
<i>Mimosa tenuiflora</i>	5	62,50	4,20	1.838,40	20,39
<i>Leucaena leucocephala</i>	3	37,50	2,52	416,50	4,62
<i>Croton blanchetianus</i>	7	87,50	5,88	458,78	5,09
<i>Bauhinia cheilantha</i>	1	12,50	0,84	191,16	2,12
<i>Combretum leprosum</i>	54	675,00	45,38	2.262,00	25,09

(continua)

(continuação)

Nome	Nº indivíduos	Dab (ind/ha)	Drel (%)	AB (cm²)	AB (%)
<i>Auxemma onocalyx</i>	1	12,50	0,84	733,76	8,14
<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	3	37,50	2,52	207,98	2,31
<i>Mimosa acutistipula</i>	8	100,00	6,72	445,84	4,94
<i>Cryptostegia grandiflora</i>	1	12,50	0,84	13,46	0,15
TOTAL	119	1.487,50	100,00	9.016,36	100,00

As espécies invasoras, como *Leucaena leucocephala*, são hoje reconhecidas como uma das principais causas para a perda de biodiversidade e extinção de espécies no planeta (Brasil, 2006; MCKINNEY; LOCKWOOD, 1999; VITOUSEK et al., 1997). Pesquisas mostram que esta planta apresenta efeito alelopático sobre outras plantas (SCHERER et al, 2005; INSTITUTO HÓRUS, 2008), ou seja, ela possui substâncias que inibem ou prejudicam o crescimento de outras árvores, podendo inclusive comprometer o reflorestamento da mata ciliar do rio Cangati.

A Convenção sobre Diversidade Biológica (BRASIL, 2000) é um tratado internacional da ONU sobre a conservação da biodiversidade, assinada durante a ECO'92. Esse tratado prevê que os países membros devem evitar a introdução de espécies exóticas e, caso alguma espécie já introduzida se torne invasora, o País deve controlar ou mesmo erradicar esta espécie.

TABELA 4.07 – Dados fitossociológicos da Parcela 2 (Reflorestamento da margem do rio Cangati). Dab = Densidade absoluta; Drel = Densidade relativa; AB = Área basal; AB (%) = Área basal em porcentagem.

Nome	Nº indivíduos	Dab (ind/ha)	Drel (%)	AB (cm²)	AB (%)
<i>Ximena americana</i>	3	37,50	1,26	49,84	0,32
<i>Anadenanthera colubrina</i>	1	12,50	0,42	207,09	1,31
<i>Spondias sp.1*</i>	8	100,00	3,36	168,39	1,07
<i>Spondias sp.2</i>	2	25,00	0,84	55,57	0,35
<i>Caesalpinia ferrea</i>	6	75,00	2,52	810,27	5,14
<i>Leucaena leucocephala</i>	176	2.200,00	73,95	9.309,24	59,04
<i>Capparis cynophallophora</i>	1	12,50	0,42	6,45	0,04

(continua)

(continuação)

Nome	Nº indivíduos	Dab (ind/ha)	Drel (%)	AB (cm²)	AB (%)
<i>Moringa oleifera</i>	2	25,00	0,84	112,82	0,72
<i>Licania rigida</i>	5	62,50	2,10	3.758,23	23,84
<i>Auxemma oncocalyx</i>	4	50,00	1,68	110,43	0,70
<i>Tabebuia sp.</i>	8	100,00	3,36	86,56	0,55
<i>Jatropha mollissima</i>	16	200,00	6,72	301,59	1,91
<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	4	50,00	1,68	215,45	1,37
<i>Crateva tapia</i>	1	12,50	0,42	0,17	0,00
<i>Vitex cf. gardneriana</i>	1	12,50	0,42	575,24	3,65
TOTAL	238	2.975,00	100,00	15.767,34	100,00

O Brasil, como país signatário da Convenção sobre Diversidade Biológica, está realizando o Informe Nacional Sobre Espécies Exóticas Invasoras, em parceria com o Instituto Hórus e a The Nature Conservancy, além do Projeto Plantas Exóticas, em parceria com o Núcleo de Ensino e Pesquisa Aplicada (NEPA), o Instituto Hórus e a The Nature Conservancy.

Considerando que a *Leucaena leucocephala* é uma espécie invasora, que seu predomínio, na flora da Caatinga, não é natural e que pode causar sérios danos à biodiversidade local, sugere-se que seja instaurado um plano de controle para a espécie em toda a área do reflorestamento e nas áreas adjacentes, com supervisão de biólogos ou engenheiros florestais, no intuito de sintonizar as ações do PRODHAM com a Convenção sobre Diversidade Biológica.

4.3.1.1 - Fitossociologia

A densidade total estimada das Parcelas 1 e 2, foram, respectivamente: 1.488 e 2.975 indivíduos/ha, resultado inferior ao que vem sendo encontrado em áreas de caatinga, que possuem, em geral, uma densidade de 3.000 a 4.000 indivíduos/ha (SAMPAIO, 1996). A área basal estimada para as Parcelas 1 e 2 foi, respectivamente, 11,30 e 20,00 m²/ha, respectivamente. Embora os valores sejam baixos, encontram-se dentro do padrão geral encontrado para a caatinga que varia de 4,00 a 52,00 m²/ha (SAMPAIO, 1996).

4.3.1.2 - Diversidade

Os índices de diversidade são uma forma simplificada de se avaliar uma determinada comunidade ou amostra. Dizem respeito à riqueza de espécies, ou seja, à quantidade de espécies presentes em determinada amostra (n) e a proporção entre os indivíduos de cada espécie. O índice de diversidade mais comumente utilizado, o de Shannon-Wiener (H'), apresenta um valor maior para amostras com maior riqueza e sem dominância, mas possui um valor máximo variável conforme o valor “ n ” da respectiva amostra, tornando inviável a comparação do índice entre duas amostras com “ n ” diferentes. Já o índice de equitabilidade (J') é uma adaptação de H' para uma base comum, variando sempre de 0,0 a 1,0, tornando, portanto possível a comparação entre índices de amostras com “ n ” diferentes.

A Tabela 4.08 mostra os valores para os índices H' e J' de cada parcela analisada. Um baixo valor, para o índice de equitabilidade (J'), significa que a proporção entre indivíduos de espécies diferentes não é igualitária, havendo dominância de 1 ou mais espécies. No caso das parcelas analisadas, isto pode ser constatado com os dados fitossociológicos (TABELAS 4.6 e 4.7), onde se pode observar a dominância do mofumbo (*Combretum leprosum*) na Parcela 1 e da leucena (*Leucaena leucocephala*) na Parcela 2.

TABELA 4.08 – Índice de diversidade de espécies em cada parcela estudada.

Área	Número de indivíduos	Número de espécies	Índices de diversidade	
			Shannon-Wiener (H')	Equitabilidade (J')
1 (Barragem)	119	13	0.7476	0.6712
2 (Mata ciliar)	239	15	0.5088	0.4326

Conforme os dados apresentados na Tabela 4.08, apesar de possuir maior quantidade de indivíduos e de espécies, a Parcela 2 (Reflorestamento) apresentou menor equitabilidade (J') que a Parcela 1. Isto pode ser atribuído ao fato da comunidade da Parcela 1 ter se formado em condições naturais de recuperação ambiental (uma vez que as espécies se estabeleceram sem

intervenção humana direta), enquanto que a comunidade da Parcela 2 foi artificialmente composta (reflorestamento), onde predominaram as mudas de *Leucaena leucocephala*.

4.3.2 - Arquitetura da vegetação (fisionomias)

Para análise da fisionomia da vegetação estudada, foram analisados os seguintes parâmetros: estrutura diamétrica (FIGURAS 4.01 e 4.02), estrutura vertical (FIGURAS 4.03 e 4.4) e densidade de árvores (TABELA 4.40), além de observações in loco.

A estrutura diamétrica da Parcela 1 (FIGURA 4.01) mostra um grande predomínio de árvores com troncos finos: 84% dos indivíduos possuem menos que 12cm de diâmetro, e o maior diâmetro é de 47,8cm. Essa configuração é reflexo do estado sucessional da comunidade da Parcela: uma área que se encontra em pleno estágio de recuperação (sucessão secundária) – com muitos indivíduos jovens e poucos indivíduos adultos.

A estrutura diamétrica da Parcela 2 (FIGURA 4.02) mostrou um padrão bastante semelhante. Embora a frequência das classes de diâmetro seja um pouco melhor distribuída, também há um grande predomínio de árvores com troncos finos: 91% dos indivíduos possuem menos que 12cm de diâmetro, e o maior diâmetro é de 41,4cm.

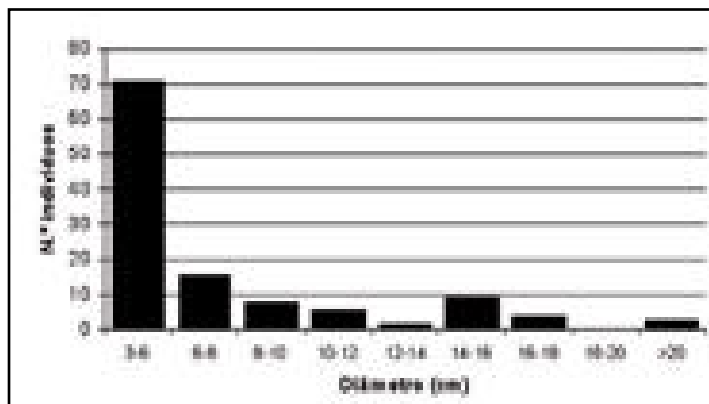


FIGURA 4.01 – Estrutura diamétrica da comunidade vegetal da Parcela 1 (Barragens Sucessivas).

VEGETAÇÃO

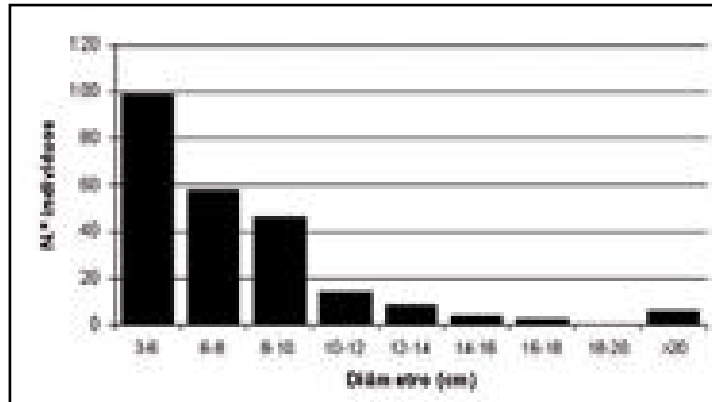


FIGURA 4.02 – Estrutura diamétrica da comunidade vegetal da Parcela 2 (Reflorestamento).

Em ambas as parcelas, há uma lacuna de indivíduos no intervalo de 18 a 26cm de diâmetro. Isto mostra que há dois componentes na vegetação de ambas as parcelas: um componente mais antigo, de árvores velhas que não foram derrubadas, com mais de 26cm de diâmetro; e um componente novo, surgido a menos de uma década (depois do início das ações do PRDOHAM), formado por árvores jovens e de troncos finos, com não mais que 17,2cm de diâmetro.

A estrutura vertical da Parcela 1 (FIGURA 4.03) mostra a maioria dos indivíduos (83%), com a altura entre 1 e 3m. Os pouco indivíduos que excedem os 3m de altura não ultrapassaram a marca dos 5m.

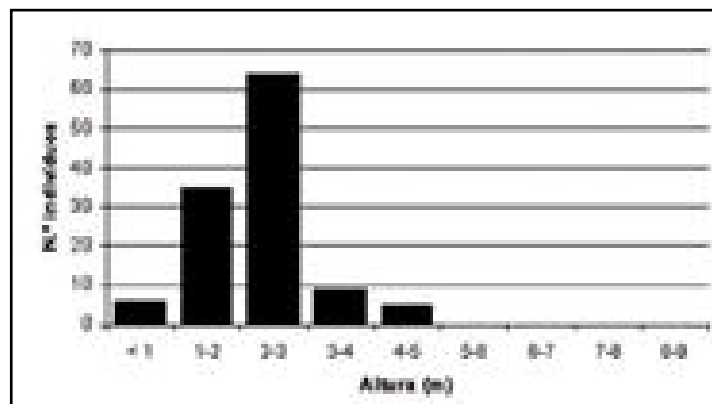


FIGURA 4.03 – Estrutura vertical da comunidade vegetal da parcela 1 (Barragens Sucessivas).

A estrutura vertical da Parcela 2 (FIGURA 4.04) mostra uma configuração diferente, com árvores significativamente mais altas e melhor distribuídas entre as diferentes classes de altura. Apesar da maioria dos indivíduos (53%) possuírem alturas entre 5 e 7m, existem muitos indivíduos (~37%) com alturas menores que 5m e cerca de 10% de indivíduos maiores que 7m.

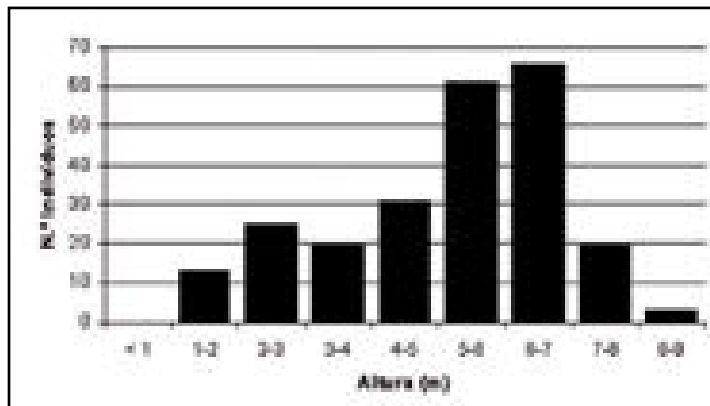


FIGURA 4.04 – Estrutura vertical da comunidade vegetal da Parcela 2 (Reflorestamento).

A fisionomia da vegetação da Parcela 1 (Barragens Sucessivas) foi classificada, conforme o sistema de classificação de Veloso; Rangel-Filho; Liam (1991), como Savana Estépica Arborizada, uma formação composta por micro e nanofanerófitos com altura em geral menor que 5m, pouco densos (separados por clareiras em que predominam as plantas herbáceas), com uma conspícua sazonalidade anual e um período de déficit hídrico. O predomínio de indivíduos com troncos finos (jovens) e a análise do estrato subarbustivo (ver próximo tópico – sucessão natural) sugerem que a Parcela 1 encontra-se em regeneração, de modo que no futuro, provavelmente, assumirá uma fisionomia de Savana Estépica Florestada.

A fisionomia da vegetação da Parcela 2 (Reflorestamento), apesar de artificialmente produzida, assemelha-se a de uma Savana Estépica Florestada sensu (VELOSO; RANGEL-FILHO; LIMA, 1991); uma formação semelhante a anterior, embora mais alta, com altura média de 5 a 6m, às

vezes ultrapassando 7m, com indivíduos mais densos e com troncos mais grossos.

4.3.3 - Sucessão natural

Devido à demora no início do monitoramento da vegetação e ao curto período de tempo disponibilizado para realização do estudo, não foi possível analisar quaisquer aspectos demográficos das comunidades estudadas – estudos estes que necessitariam de um período de, pelo menos, 02 (dois) anos para apresentar resultados preliminares. Em uma amplitude de meses, não foi possível constatar qualquer evolução significativa. No entanto, a delimitação das duas parcelas de monitoramento deste estudo, o cadastramento, e a marcação de todas as árvores, das respectivas parcelas, com plaquetas enumeradas, permitem, a um futuro monitoramento da vegetação, constatar posterior evolução no estágio de sucessão natural nas parcelas analisadas.

Em uma análise instantânea, a observação do componente subarbustivo (plântulas e árvores jovens), permite conhecer como está ocorrendo o recrutamento de indivíduos jovens e que espécies estão se estabelecendo nas parcelas. Na Parcela 1, foram encontrados 12 (doze) indivíduos com DNS < 3cm, em uma área amostrada de 40 m². A partir deste dado, estima-se uma população de 240 (duzentas e quarenta) plântulas na Parcela (densidade de 3.000 plântulas/ha), enquanto que na Parcela 2 (onde foram encontrados 08 (oito) indivíduos na mesma área amostrada) estima-se uma população de 160 (cento e sessenta) plântulas em toda a Parcela (densidade de 2.000 plântulas/ha).

Essas estimativas sugerem que há um maior recrutamento de árvores jovens na Parcela 1 (Barragens Sucessivas), sendo um resultado esperado, uma vez que a vegetação dessa Parcela encontra-se em estágio menos avançado de sucessão natural que o Reflorestamento (onde a intervenção humana direta acelera a sucessão da comunidade).

Entre os indivíduos do componente subarbustivo inventariados na Parcela 1 (Barragens Sucessivas), 50% pertenciam a espécies *Caesalpinia gardneriana* (Leguminosae, catingueira), 41% pertenciam a espécies *Leucaena leucocephala* (Leguminosae) e somente 01 (um) indivíduo de *Combretum leprosum* (Combretaceae, mofumbo). Na Parcela 2 (Reflorestamento), 50% dos indivíduos pertenciam a espécies *Leucaena leucocephala* (leguminosae), 25% eram da trepadeira *Dalechampia spp.* (Euphorbiaceae), 12,5% de *Tabebuia sp.* (Bignoniaceae, ipê) e 12,5% de espécies não identificadas.

Quanto à composição do estrato subarbustivo, estas estimativas mostram que, em ambas as parcelas, há uma forte participação da espécies *Leucaena leucocephala* (Leguminosae). Este resultado era previsível e esperado para a Parcela 2 (Reflorestamento), onde predominam as árvores plantadas de leucena (TABELA 4.7). No entanto, na Parcela 1, onde esta espécie está presente, mesmo sem ser um componente nativo da Caatinga cearense, sua forte participação no estrato subarbustivo mostra que ela está se propagando e estabelecendo autonomicamente, sem controle humano, podendo ser caracterizada como uma espécie exótica invasora.

Este fenômeno de invasão biológica pode causar sérios impactos às comunidades vegetais da Caatinga. A invasora, *Leucaena leucocephala*, pode estar competindo com as espécies nativas e alterando a composição e a equitabilidade natural dessas comunidades, podendo causar prejuízo à biodiversidade local.

4.3.4 - Cobertura do solo

A estimativa da porcentagem da cobertura do solo por plantas herbáceas foi realizada com o auxílio de uma grade de 1 x 1m (FOTO 4.04), dividida com fio de náilon em 100 (cem) quadrados de 0,1 x 0,1m. Sempre que alguma parte de uma planta herbácea tocou um dos quadrados da Parcela amostrada, foi considerado que 1% da área estava coberta. Uma vez

que a cobertura vegetal não é constante em toda a Parcela, a cobertura foi estimada a partir da média da cobertura vegetal de 10 (dez) amostras para cada parcela.

Os Quadros 4.01 e 4.02 mostram os valores de cada amostra e a média de cobertura para as Parcelas 1 e 2, respectivamente.



FOTO 4.04 – Quadrante de 1 x 1m utilizado para estimativa de cobertura do solo por plantas herbáceas.

QUADRO 4.01 – Percentual de cobertura do solo por plantas herbáceas na Parcela 1 (Barragens Sucessivas).

Período	Amostra										Média
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Mar/Abr	100%	40%	95%	89%	93%	81%	80%	86%	100%	100%	86%
Jun/Jul	71%	75%	22%	91%	64%	58%	26%	48%	48%	75%	58%

QUADRO 4.02 – Percentual de cobertura do solo por plantas herbáceas na Parcela 2 (Reflorestamento da margem do rio Cangati).

Período	Amostra										Média
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Mar/Abr	26%	83%	79%	75%	26%	36%	46%	66%	48%	94%	58%
Jun/Jul	93%	53%	73%	70%	52%	14%	92%	98%	99%	89%	73%

A área de Barragens Sucessivas apresentou maior cobertura de plantas herbáceas que a de Reflorestamento (QUADROS 4.1 e 4.2, respectivamente) – um resultado esperado, pois um estrato herbáceo desenvolve-se de modo mais robusto sobre intensa radiação solar. Uma vez que a Parcela 1 (Barragens Sucessivas) possui menor densidade de árvores (TABELA 4.04) e árvores de menor porte (FOTO 4.03), foi possível um maior aporte de radiação solar do solo, permitindo que as herbáceas cobrissem até 86% do solo nos meses de março e abril de 2008 (QUADRO 4.01). Embora o valor de cobertura tenha diminuído nos meses de junho e julho de 2008, o estrato herbáceo continuou se desenvolvendo. Essa redução no índice de cobertura deve-se ao intenso desenvolvimento das herbáceas anuais de maior porte, como o “bamburral” (*Hyptis sp. Lamiaceae*), cujos indivíduos ultrapassam a altura de 2m, sombreando o solo e impedindo o desenvolvimento de herbáceas de menor porte.

A Parcela 2 (Reflorestamento, QUADRO 4.02) apresentou um valor de cobertura relativamente baixo (quando comparado à Parcela 1), nos meses de março e abril de 2008. O menor desenvolvimento do estrato herbáceo, nesta Parcela, deve-se a sua maior densidade de árvores (TABELA 4.04) e ao maior porte de suas árvores (FIGURA 4.01), chegando a formar uma fisionomia florestada, com maior sombreamento do solo. Uma vez que não houve intensa proliferação de herbáceas anuais de grande porte (como *Hyptis sp.* e *Bidens sp.*) na Parcela 2, com o passar do período chuvoso, houve maior proliferação das herbáceas anuais de menor porte, causando um incremento no valor de cobertura, que atingiu a marca de 73% nos meses de junho e julho. Devido a sua formação florestada (com sombreamento), mesmo em seu auge de cobertura por herbáceas, o valor de cobertura da Parcela 2 (73%) não se iguala ao da Parcela 1 (86%) – onde a vegetação é mais aberta e, portanto, há mais insolação.

Devido a demora no início do monitoramento da cobertura vegetal nas parcelas estudadas e a inexistência desses dados, antes da implementação das ações do PRODHAM, não foi possível inferir qualquer efeito das respectivas

ações (Barragens Sucessivas e Reflorestamento) sobre qualquer aumento ou redução na cobertura vegetal das parcelas estudadas.

4.3.5 - Fenologia

Nos estudos fenológicos foram selecionados 10 (dez) indivíduos arbóreos de cada Parcela, dos quais foram registrados dados sobre presença ou ausência de flores, frutos e folhas (percentual) durante o período de estudo.

Extrapolando os dados fenológicos amostrados na Parcela 1 (Barragens Sucessivas, TABELA 4.09), observa-se que as árvores da Parcela parecem ter mantido a totalidade das folhas (100%) até o mês de abril, iniciando a queda de folhas nos meses de maio e junho, quando atingiram uma perda de até 40% de folhas (embora metade das árvores sequer tenham perdido folhas).

Similarmente ao observado na Parcela anterior, as árvores da Parcela 2 mantiveram as folhas até o mês de abril (Tabela 4.10), embora tenham apresentado maior perda de folhas no mês de junho. As árvores da Parcela 2 parecem ter iniciado a caducifolia cedo, no mês de maio, pois em junho nenhuma das árvores apresentava a totalidade (100%) de suas folhas, e a perda de folhas nessa época foi maior que na Parcela 1, variando de 10% a 100%.

Apesar das árvores da Parcela 1 (Barragens Sucessivas) aparentemente terem retido suas folhas por mais tempo (estando com maior percentual de folhas em junho), essa diferença não pode ser atribuída à implantação da barragem sucessiva, pois as duas Parcelas possuem diferentes vegetações e encontram-se em situações pedológicas e geomorfológicas completamente distintas. Somente seria possível inferir alguma conclusão se as vegetações e condições ambientais fossem idênticas (grupo controle).

Os padrões fenológicos (épocas de floração, frutificação e decíduidade) são característicos e inerentes às espécies, que reagem de modo diferente às

variações ambientais. Os eventos de floração e frutificação, observados nesse estudo (em ambas as Parcelas), não permitem a detecção de um padrão para as espécies selecionadas, pois em alguns casos, havia somente um único indivíduo da espécie ou, em outros casos, indivíduos de uma mesma espécie se comportaram de maneiras diferentes, impedindo qualquer conclusão.

Do mesmo modo que em alguns parâmetros anteriores, a demora para o início do monitoramento da vegetação, a inexistência de dados fenológicos anteriores à implementação das ações do PRODHAM, o pequeno número amostral e a inexistência de um grupo controle para cada Parcela analisada inviabilizam qualquer inferência à respeito de uma possível influência das Barragens Sucessivas sobre qualquer aspecto fenológico das comunidades afetadas pelas ações.

TABELA 4.09 – Indivíduos selecionados na Parcela 1 (Barragens Sucessivas) para os estudos fenológicos, conforme a metodologia sugerida pelo PRODHAM.

Nº da plaqueta	Nome científico	Família	Nome popular	Abril			Junho		
				Folhas (%)	Flores	Frutos	Folhas (%)	Flores	Frutos
18	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mofumbo	100	A	A	100	A	P
48	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Angico	100	A	A	90	A	A
55	<i>Mimosa tenuiflora</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Jurema	100	A	A	80	A	A
59	<i>Mimosa cf. acutistipula</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Vaca velha	100	A	A	60	A	P
62	<i>Auxemma onocalix</i>	Boraginaceae	Pau branco	100	P	A	100	A	P
63	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	100	A	A	100	P	A
72	<i>Croton blanchetianus</i>	Euphorbiaceae	Marmeleiro	100	P	P	90	A	A
80	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Leucena	100	P	P	100	A	P
101	<i>Caesalpinia bracteosa</i>	Leguminosae (Caesalpinioideae)	Catingueira	100	P	A	85	A	A
110	<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	Mufumbo	100	A	A	100	A	P

VEGETAÇÃO

TABELA 4.10 – Indivíduos selecionados na Parcela 2 (Reflorestamento) para os estudos fenológicos, conforme a metodologia sugerida pelo PRODHAM.

Nº da plaqueta	Nome científico	Familia	Nome popular	Abril			Junho		
				Folhas (%)	Flores	Frutos	Folhas (%)	Flores	Frutos
510	<i>Jatropha mollissima</i>	Euphorbiaceae	Pinhão	100	A	P	80	A	P
530	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Leucena	100	P	P	60	A	P
588	<i>Crateva tapia</i>	Capparaceae	Trapiá	100	P	P	0	A	A
595	<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Sabiá	100	A	A	85	A	A
604	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Leucena	100	P	P	60	A	P
630	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Leucena	100	P	P	30	A	P
654	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Leucena	100	P	P	50	A	P
685	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Angico	100	A	A	90	A	A
725	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leguminosae (Mimosoideae)	Leucena	100	P	P	40	A	P
738	<i>Licania rigida</i>	Chrysobalanaceae	Oiticica	100	A	A	90	A	A

Conclusões e Recomendações 5

PARTE 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conclui-se que o projeto PRODHAM, por meio do monitoramento biofísico da microbacia do rio Cangati – Ceará, contribuiu efetivamente para a melhoria das condições geoambientais da região estudada, na medida em que, ao gerar dados e informações sobre os parâmetros físicos da microbacia, também forneceu subsídios para o planejamento e gestão sustentável dos seus recursos naturais. Entendam-se como condições geoambientais não somente a dimensão física, uma vez que toda a infraestrutura implantada na microbacia permitiu um melhor controle e entendimento dos processos físicos que nela ocorrem, mas também, e principalmente, por incorporar a dimensão humana. Com efeito, a participação da comunidade local na construção e implantação da infraestrutura de monitoramento, na coleta de variáveis hidroambientais, constituiu-se num grande diferencial e, em muito, contribuiu para o êxito do subprojeto.

Dentro desta ótica, evidencia-se a necessidade de continuidade das ações de monitoramento iniciadas na microbacia do rio Cangati-CE e recomenda-se que o “Monitoramento Biofísico de Microbacias” seja replicado para outras áreas que apresentem seu ambiente comprometido. De fato, para que se possa avaliar com maior exatidão a interferência de ações antrópicas no meio ambiente de pequenas bacias hidrográficas e se estas ações são responsáveis por alterações no comportamento de parâmetros físicos, torna-se imprescindível a execução de estudos continuados e sistemáticos sobre o tema. Salientamos, no entanto, que por motivos burocráticos o tempo de monitoramento foi curto, o ideal seria de pelo menos dois anos, para que um maior número de dados pudesse refletir melhor a realidade das intervenções executadas e, conseqüentemente, dar maior respaldo às conclusões obtidas.

Conclui-se, ainda, por meio deste subprojeto, a importância da integração com outras instituições de pesquisa, não só para realizar estudos

mais específicos que busquem compreender e/ou responder questões e problemas ligados à realidade local, mas também para permitir a troca de informações e a difusão e disponibilização dos resultados alcançados. Neste sentido, ressalta-se a parceria feita com a Universidade Federal do Ceará, através do seu Departamento de Geologia, que culminou no desenvolvimento de uma dissertação de mestrado intitulada “Efeitos dos microbarramentos na agricultura de subsistência – riacho Bananeiras - Canindé –Ceará – Brasil”.

Diante deste contexto, é essencial registrar neste documento as contribuições geradas pelos diversos estudos realizados na microbacia. Sendo assim, encontram-se listadas a seguir as conclusões obtidas em cada área de conhecimento abordada pelo subprojeto, e as recomendações pertinentes.

Sobre a qualidade das águas superficiais:

- apesar de informações locais indicarem que os principais usos das águas armazenadas nos pequenos reservatórios da microbacia serem a pesca artesanal de subsistência, dessedentação animal e pequenos cultivos de subsistência, a qualidade destas águas indicam que, após um tratamento convencional, as mesmas poderiam ser utilizadas para consumo humano;
- avaliando-se o padrão hidroquímico das águas, conclui-se que predominam, na maioria dos açudes monitorados pelo PRODHAM, águas bicarbonatadas mistas;
- de acordo com os valores de sólidos totais dissolvidos, as águas armazenadas na maioria dos açudes estudados, não apresentam restrições de uso, uma vez que foram classificadas como doces classe 2, segundo a Resolução do CONAMA nº 357/2005;
- os íons que mais predominam nas águas armazenadas nos açudes estudados são os bicarbonatos, seguidos de cloretos. As concentrações de potássio, carbonatos e sulfatos foram, em geral, inexpressivas. Salienta-se que, na maior parte do período avaliado, as concentrações

de cloretos mantiveram-se inferiores a 250 mg/L, limite estabelecido pela Resolução nº 357/05 do CONAMA, para águas doces classe 2, e, portanto, sem restrições para consumo humano;

- com relação à qualidade da água para irrigação, considerando-se o período monitorado como um todo, predominam águas C2S1, e, portanto, apresentando médio risco de salinização do solo e sem perigo de alcalinização do mesmo;
- analisando-se o comportamento sazonal dos reservatórios estudados, conclui-se que há uma forte variação nas concentrações dos parâmetros analisados, de acordo com a estação considerada. De fato, a estação seca de 2007 foi o período em que foram encontradas as maiores concentrações de íons nas águas; com a chegada da estação chuvosa de 2008, há uma queda nos teores destes elementos, indicando o efeito diluidor das chuvas;
- no estudo realizado, somente o nitrato e nitrito apresentaram-se dentro dos limites preconizados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para todos os açudes e riachos. Com relação aos outros parâmetros analisados, a maioria estava em desacordo com a legislação, sendo o fósforo o que mostrou maior alteração na água em todos os reservatórios analisados;
- de maneira geral, pode-se dizer que a sazonalidade teve influência nas variações de fósforo, oxigênio dissolvido (OD) e turbidez, ocorrendo uma elevação significativa das concentrações na maioria dos reservatórios estudados, no período de maior concentração pluviométrica;
- recomenda-se a realização de um estudo mais aprofundado nas microbacias de contribuição dos açudes selecionados, com o intuito de identificar as principais fontes de aporte excessivo de fósforo.

Sobre as barragens subterrâneas:

- como reservatórios, a curto prazo, as barragens subterrâneas mostraram-se eficientes, pois os níveis d'água subterrânea, na região de influência dos barramentos (montante), apresentaram as maiores oscilações dentre os pontos monitorados, durante o período das

chuvas (recarga), chegando a quase 100% da espessura do pacote sedimentar;

- a longo prazo, o comportamento das águas subterrâneas (níveis) apresentaram-se de forma semelhante, tanto à montante como à jusante das barragens subterrâneas, mostrando não haver interferência significativa das obras no escoamento natural das águas subterrâneas;
- os estudos das barragens subterrâneas, na microbacia do rio Cangati, mostraram quão importante é o trabalho preliminar de sondagens das profundidades (tradagem ou levantamento geofísico) e no levantamento topográfico, na definição do local da construção da obra de barramento, pois, como exemplificado no caso das barragens subterrâneas do riacho salgadinho, uma boa locação pode significar um grande aumento na capacidade de armazenamento da barragem (bacia hidráulica);
- a barragem subterrânea do riacho Chicote, apesar da espessura do pacote sedimentar ser significativa, está muito próxima à cabeceira da microbacia e apresenta um gradiente topográfico significativo, razão pela qual estimou-se pequeno seu potencial de armazenamento de água subterrâneo (248,23 m³);
- a barragem subterrânea Felão I (riacho Felão), apesar da boa localização (espessuras significativas e gradiente do terreno pequeno), tem sua capacidade de armazenamento limitada pela presença de um afloramento rochoso. Mesmo assim, foi a barragem, dentre as estudadas, com maior capacidade de armazenamento de água subterrâneas (2.480,04 m³);
- também no riacho Felão, a barragem subterrânea Felão II, mesmo próxima a barragem Felão I, apresentou um volume de sedimentos muito menor, mas, mesmo assim, com boa capacidade de armazenamento (869,30 m³);
- no riacho Salgadinho foi observado como os critérios de locação de uma barragem podem ser decisivos para a sua eficiência ou não. A barragem antiga mostrou-se pobre no quesito armazenabilidade (79,47 m³). Já a nova barragem subterrânea, construída com

pouco mais de 200m à montante, apresentou uma capacidade de armazenamento d'água dez vezes maior (761,96 m³).

Sobre a qualidade das águas subterrâneas:

- todas no riacho Felão, a barragem subterrânea Felão II, mesmo próxima a barragem Felão I, apresentou um volume de sedimentos muito menor, mas, mesmo assim, com boa capacidade de armazenamento (869,30 m³);
- todas as amostras de águas subterrâneas não obedeceram aos padrões estabelecidos para consumo humano, oriundo da Resolução nº 396/08 do CONAMA para águas subterrâneas (ausência de coliformes termotolerantes);
- apesar de informações locais indicarem que o principal uso das águas subterrâneas da microbacia é a irrigação, verificou-se que as mesmas apresentam fortes restrições para tal uso;
- avaliando-se o padrão hidroquímico das águas, conclui-se que predominam, na maioria dos poços monitorados pelo PRODHAM, águas bicarbonatadas a cloretadas mistas;
- as amostras de águas subterrâneas, em sua maioria, apresentam restrições de uso quando ao teor de sólidos totais dissolvidos (STD), já que foram classificadas como salobras, com os valores de STD variando entre 500 a 1.500 mg/L. Somente as águas subterrâneas, associadas diretamente às barragens subterrâneas, melhoraram suas condições em relação a este item (teores de STD < 500 mg/L: águas doces), no período de chuvas (recarga);
- os ânions que mais predominam nas águas subterrâneas, nos pontos monitorados, são os bicarbonatos, seguidos de cloretos. Já entre os cations houve um equilíbrio entre o sódio, o cálcio e o magnésio. As concentrações de potássio, carbonatos e sulfatos foram, em geral, inexpressivas;
- com relação à qualidade da água para irrigação, considerando-se o período monitorado como um todo, predominam águas C3S1 e, portanto, apresentando risco de salinização do solo (alta salinidade),

mas sem perigo de alcalinização do mesmo;

- a estação seca influenciou no aumento das concentrações de sólidos dissolvidos na maioria dos mananciais subterrâneos analisados, sendo mais acentuada nos poços amazonas, que apresentaram os maiores valores para sólidos totais dissolvidos;
- as amostras analisadas para nitrato e nitrito permaneceram dentro dos limites preconizados para os diversos usos pela Resolução nº 296/08 do CONAMA, podendo-se supor que, para esses mananciais, não houve influência das ações antrópicas, como a utilização de fertilizantes, nos teores de nitratos e nitritos, no período estudado. Exceção somente para a barragem Salgadinho, que apresentou um pico de nitrato após a estação chuvosa, provavelmente em decorrência da recarga do aquífero;
- os maiores valores de coliformes termotolerantes foram encontrados nas barragens subterrâneas, provavelmente em função de sua localização nas proximidades de criatórios de bovinos, podendo os coliformes termotolerantes estarem presentes tanto em fezes humanas como de animais homeotérmicos.

Sobre a modelagem hidrológica:

- a atividade de modelagem da hidrologia superficial gerou informações importantes, tais como: registros contínuos de chuva, evaporação e vazão, em locais de interesse da microbacia hidrográfica;
- a precipitação, a vazão observada, bem como a evapotranspiração diária modelada permitiram o ajuste dos parâmetros do modelo chuva-vazão SMAPd. O balanço de umidade nas sub-bacias, com este modelo, forneceu informações suficientes para estimar as vazões diárias em vários riachos da microbacia, em que não haviam dados observados;
- o modelo de simulação integrada do transporte e da diluição de elementos químicos, empregado neste estudo, reproduziu com bastante fidelidade os valores de TDS, observados durante as campanhas de monitoramento nos açudes;

- a concepção de um banco de dados georreferenciado facilitou a análise dos dados oriundos do monitoramento. Além disso, o mesmo foi empregado para estabelecer as condições de contorno para a estimativa dos parâmetros dos modelos de simulação de eventos de cheia, HEC-HMS e KINEROS2;
- o emprego do modelo KINEROS2, neste estudo, permitiu somente a avaliação do potencial de produção de sedimentos pelas sub-bacias durante o ano de 2008. Salienta-se que os dados obtidos em apenas uma estação chuvosa foram insuficientes para permitir a simulação do processo de distribuição da massa de sedimento em cada uma das barragens sucessivas. Neste sentido, recomenda-se a continuidade do monitoramento hidrológico e sedimentológico nesta microbacia, de modo a aperfeiçoar a compreensão da dinâmica de transporte e deposição de sedimentos ao longo dos corpos hídricos.

Sobre o Solo:

- o acúmulo de sedimentos nas barragens sucessivas construídas nos riachos Bananeiras e Guerredo, 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, pelo presente estudo, que as mesmas não apresentam risco direto de causar problemas de salinidade ao solo. O risco da ocorrência de problemas de salinidade, na área de estudo, é indireto e pouco provável; caso este ocorra, será decorrente do manejo incorreto da irrigação;
- de acordo com as análises realizadas, concluiu-se que o acúmulo de sedimentos, além de minimizar os efeitos negativos dos processos erosivos, 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. Nestas condições, 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 o acúmulo de sedimentos ricos em matéria orgânica.

Sobre a Vegetação:

- apesar dos registros florísticos, feitos durante a realização do estudo, indicarem que a maior parte das espécies listadas sejam típicas da Caatinga, tais como: angico, pau-ferro, jurema, marmeleiro, sabiá, pinhão, mandacaru, entre outras, a presença de espécies exóticas (como a Hortêncica) e até mesmo invasoras (como leucena e “viuvinha-alegre”) 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;
- a partir dos dados referentes à diversidade da vegetação, conclui-se que a intervenção humana na Parcela 2, recompondo artificialmente a vegetação por meio do reflorestamento, resultou numa menor equitabilidade, em que a proporção entre indivíduos de espécies diferentes não era igualitária, havendo dominância de 1 ou mais espécies, no caso a *Leucaena leucocephala*. Salienta-se que as comunidades na Parcela 1 (Barragens Sucessivas), mais igualitária, se formaram em condições naturais de recuperação ambiental, onde as espécies se estabeleceram sem intervenção humana direta;
- considerando-se que o Reflorestamento na margem Sul do rio Cangati (Parcela 2), apresentou uma composição pouco equitativa, fortemente dominada pela espécie exótica e invasora *Leucaena leucocephala* (Leguminosae), sugere-se que seja instaurado um plano de controle para a espécie em toda a área do Reflorestamento e nas áreas adjacentes. Salienta-se que tal plano deve ser executado sob a supervisão de biólogos ou engenheiros florestais, no intuito de sintonizar as ações do PRODHAM com a Convenção sobre Diversidade Biológica;

- com relação à fisionomia da vegetação da Parcela 1, apesar de classificada como savana estépica arborizada, o predomínio de indivíduos com troncos finos (jovens) e a análise do estrato subarbustivo sugere que a mesma encontra-se em regeneração, de modo que no futuro provavelmente assumirá uma fisionomia de Savana Estépica Florestada;
- no tocante aos estudos fenológicos realizados, conclui-se que, apesar das árvores da Parcela 1 aparentemente terem retido suas folhas por mais tempo, essa diferença não pode ser atribuída à implantação das barragens sucessivas, pois as duas Parcelas estudadas possuem diferentes vegetações e se encontram em situações pedológicas e geomorfológicas completamente distintas. Somente seria possível inferir alguma conclusão se as vegetações e condições ambientais fossem idênticas (grupo controle);
- os eventos de floração e frutificação, observados nesse estudo (em ambas as Parcelas), não permitem a detecção de um padrão para as espécies selecionadas. Em alguns casos, havia somente um único indivíduo da espécie, em outros casos, indivíduos de uma mesma espécie se comportaram de maneiras diferentes, impedindo qualquer conclusão;
- devido a demora no início do monitoramento da vegetação e ao curto período de tempo disponibilizado para realização do estudo, não foi possível analisar quaisquer aspectos demográficos das comunidades estudadas. Dentro desta ótica, sugere-se a continuidade das atividades de monitoramento iniciadas nas Parcelas, de modo a constatar posterior evolução no estágio de sucessão natural da vegetação nas Parcelas analisadas;
- 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.

Referências

REFERÊNCIAS

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. **Revista de Saúde Pública**. Rio de Janeiro, v. 32, n. 2, p. 160-165, 1998. Disponível em: <<http://biblioteca.universia.net/ficha>>. Acesso em: 20.dez.2009.

ALLEN, G. A.; et al. Crop Evapotranspiration - Guidelines for Computing Crop Water Requirements. **FAO Irrigation and Drainage Paper**, v. 56, p. 78-86, 1998.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Brasília-DF, 2005.

APHA / AWWA / WEF: **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 20th. Ed., USA, APHA, 1998.

AYRES, R. S.; WESTCOT, D. W. A. **Qualidade da Água na Agricultura**. Tradução de Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa: UFPB, 1987.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Recife, 1973. 2v.
(DNPEA. Boletim Técnico, 26; SUDENE. DRN. Série Pedologia, 14).

BRASIL. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. **Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências**. Disponível em: <<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518.htm>>. Acesso em: 2010.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008. **Dispõe sobre classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>>. Acesso em: 2009.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento**

de efluentes e dá outras providências. Disponível em: < http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/praias/res_conama_357_05.pdf>. Acesso em: 2010.

BRASIL. **Convenção sobre Diversidade Biológica**–CDB. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Brasília – DF. 2000.

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

CASTRO, M. A. H. et al. Obtenção de parâmetros hidrogeológicos de um aquífero aluvionar no semi-árido. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2000.

CAUDURO, F. A.; DORFMAN, R. **Manual de ensaios de laboratório e de campo para irrigação e drenagem.** Porto Alegre: Proni, 1988.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Relatório de qualidade ambiental do Estado de São Paulo,** 2005. São Paulo, 2006.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL-CETESB. **Relatório da qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo:** 1997/CETESB. São Paulo, 1998.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Atlas digital de recursos hídricos subterrâneos do Ceará.** 2. ed. Fortaleza: ABAS, 1998.

CONVENÇÃO SOBRE DIVERSIDADE BIOLÓGICA, 2000, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2000.

COSTA, S. L. C. **Efeitos dos microbarramentos na agricultura de subsistência:** riacho Bananeiras – Canindé – Ceará – Brasil. 2004. 93 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

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

CUSTÓDIO, E.; LHAMAS, M. R. **Hidrologia subterrânea.** Barcelona: Ediciones Omega, [19--]. V. 1-2.

DERISIO, J. C. **Introdução ao controle da poluição ambiental.** São Paulo: CETESB, [19--].

DINGMAN, S.L., **Physical Hydrology,** Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1994.

- DUQUE, J. G. **Solo e água no polígono das secas**. 5. ed. Fortaleza: DNOCS, 1980.
- EMBRAPA. **Definições e notações de horizontes e camadas do solo**. Rio de Janeiro, 1988.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 1999.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006.
- ESTEVEVES, F. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
- FAHMA. **Cadastro das famílias/produtores: Relatórios de implantação experimental do sistema de monitoramento socioeconômico nas áreas de atuação do Projeto PRODHAM**. Fortaleza, 2009.
- FEITOSA, F. A. C.; MANOEL-FILHO, J. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. CPRM, 2. ed., Fortaleza, 391 pp, 2000.
- FELDMAN, A. D. **Hydrologic modeling system HEC-HMS: technical reference manual**. [S.l.: s.n.], 2000.
- FERNANDES, A. G. **Relatório do levantamento das espécies das microbacias hidrográficas dos rios Cangati e Pesqueiro**. Fortaleza, 2001.
- FUNCEME. **Levantamento semi-detalhado dos solos e avaliação da capacidade de uso das terras da microbacia hidrográfica do Rio Cangati – Canindé – CE**. Fortaleza, 2001.
- FUNCEME. **Perdas de água em trânsito em rios perenizados do Semi-Árido**. Fortaleza, 2002
- FUNCEME. **Mapeamento e avaliação do potencial hídrico subterrâneo dos aluviões em zonas semi-áridas utilizando técnicas de sensoriamento remoto e sig**. Fortaleza, 2007
- FUNCEME. **Estudo da salinidade das águas em pequenas bacias hidrográficas**. Fortaleza, 2002.
- GALVÃO, M. V. Regiões bioclimática do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 1, p. 2-36, 1967.
- GOVERS, G. Empirical relationships for the transport capacity of overland flow: erosion, transport and deposition processes. **Jerusalem Workshop**, p. 45-63, Mar./Apr. 1987.

- IBGE. **Censo demográfico 2000**. Brasília-DF, 2000.
- INSTITUTO HÓRUS. **Leucaena leucocephala**. [S.l.: s.n.], 2008.
- JACOMINE, P. K. T. **Levantamento exploratório**: reconhecimento de solos do Estado do Ceará. Recife: Convênio de Mapeamento de Solos MA/DNPEA SUDENE/DRN, 1973. (Série Pedologia, n. 16.).
- KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 1948.
- LARAQUE, A. **Estudo e previsão da qualidade da água de açudes do Nordeste semi-árido brasileiro**. Recife: SUDENE, 1989.
- LEITE, C. E. S. et al. **Modelagem geométrica de um trecho aluvionar do Rio Palhano na comunidade do Chile, no limite dos municípios de Morada Nova e Ibicuitinga – CE**. Fortaleza: FUNCEME, 2000.
- LEMO, R. C. D.; SANTOS, R. D. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 2. ed. Campinas: SBCS, 1996.
- LOGAN, J. Interpretação de análises químicas da água. US. Agency for International Development. Recife, 1965.
- LOPES, J. E. G.; BRAGA, B. P. F.; CONEJO, J. G. L. **SMAP: A Simplified Hydrological Model, Applied Modelling in Catchment Hydrology**. [S.l.]: Water Resources Publication, 1982.
- MACEDO, M. V. A. **Características físicas e técnicas dos açudes públicos do Estado do Ceará**. Fortaleza: DNOCS, 1977.
- MARTINS, M. T. et al. Qualidade bacteriológica de águas subterrâneas em cemitérios. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 47-52, 1991.
- MCKINNEY, M. L.; LOCKWOOD, J. L. Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. **TREE**, v. 14, n. 11, p. 450-453, 1999.
- MELLO, V. F. B. D. **Apresentação do projeto básico**: especificações resumidas para barragem de fornecimento de água industrial para planta piloto: Açude Quixaba. [S.l.: s.n.], 1980.
- MÖBUS, G.; ANDRADE, F. C. M.; LEITE, C. E. S. **Estimativa do potencial hidrogeológico de barragem subterrânea**: um estudo de caso. Aracaju: [s.n.], 2001.

MOLLE, F. **Perdas por evaporação e infiltração em pequenos açudes**. Recife: SUDENE, 1999.

MONTEITH, J. L., Evaporation and environment. pp. 205-234. In G.E. Fogg (ed.) **Symposium of the Society for Experimental Biology**, The State and Movement of Water in Living Organisms, Vol. 19, Academic Press, Inc., NY, 1965.

NASCIMENTO, D. A. D.; GAVA, A. **Geologia da folha AS.24-Z-C: Fortaleza e parte do extremo sudeste da folha contígua AS.24-Y-D**. Sobral, 1977.

PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings of the Royal Society of London**, London, v. 193, n. 1032, p. 120-145. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/98151>>. Acesso em: 2010.

PEREIRA, L. et al. A salinidade das águas superficiais e subterrâneas na bacia da Gameleira, município de Aiuaba/Ce. **Águas Subterrâneas**, v. 20, n. 2, p. 9-18, 2006.

RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; FIGUEIREDO, M. A. **Manual sobre métodos de estudo florístico e fitossociológico: ecossistema caatinga**. [S.l.]: Sociedade Botânica do Brasil, 1992.

RODRIGUES, M.; PEREIRA, R. Avanço da contaminação por nitrato no aquífero dunas/barreiras em Natal – RN. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 3., Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2008.

SAMPAIO, E. V. S. B. **Fitossociologia: pesquisa botânica nordestina: progresso e perspectivas**. Recife: [s.n.], 1996.

SANTIAGO, M. M. F. **Mecanismos de salinização em regiões semi-áridas: estudo dos açudes Pereira de Miranda e Caxitoré no Ceará**. 1984. f. Tese (Pós-Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

SANTOS, J. S. D.; OLIVEIRA, E. D.; MASSARO, S. Avaliação da salinização de açudes no semi-árido brasileiro por ICP-AES. **Revista Química Nova**, p. 23-24, 2000.

SCHARFFENBERG, W. A.; FLEMING, M. J. **Hydrologic modeling system HEC-HMS: users manual**. [S.l.: s.n.], 2008.

SCHERER, L. M. et al. Efeitos alelopático do extrato aquoso de folha e de fruto de leucena (*Leucaena leucocephala* Wit) sobre a germinação e crescimento de raiz da canafístula (*Peltophorum dubium* Spreng.). **Ciências Agrárias**, v. 26, n. 2., p. 161-166, 2005.

SECRETARIADO DA CONVENÇÃO SOBRE DIVERSIDADE BIOLÓGICA. **Panorama da biodiversidade global 2**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006.

SILVA, C. M. S. V. et al. Mecanismos de recarga de poços no cristalino - Juá/CEARÁ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13., 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 1999.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, São Paulo, v. 8, n. 4, p. 1019-1028, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csc/v8n4/a23v8n4.pdf>>. Acesso em: 2010.

SMITH, R. E.; PARLANGE, J. Y. A parameter-efficient hydrologic infiltration model. **Water Resources Research**, [S.l.], v. 14, n. 3, p. 533-538, 1978.

SOUZA, M. J. N. D. Contribuição ao estudo das unidades morfoestruturais do Estado do Ceará. **Revista de Geologia**, Fortaleza, v. 9, p. 73-91, 1988.

TEIXEIRA, E. C.; SENHORELO, A. P. Avaliação de correlação entre turbidez e concentração de sólidos suspensos em bacias hidrográficas com uso e ocupação diferenciada. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁ, 27., 2000, [S.l.]. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2000.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geogr. Rev**, v.38, p.55-94, 1948.

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

USDA. **Soil survey manual USDA: agriculture handbook**. Washington, DC, 1951.

_____. **Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys: USDA agriculture handbook**. Washington, DC, 1975.

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

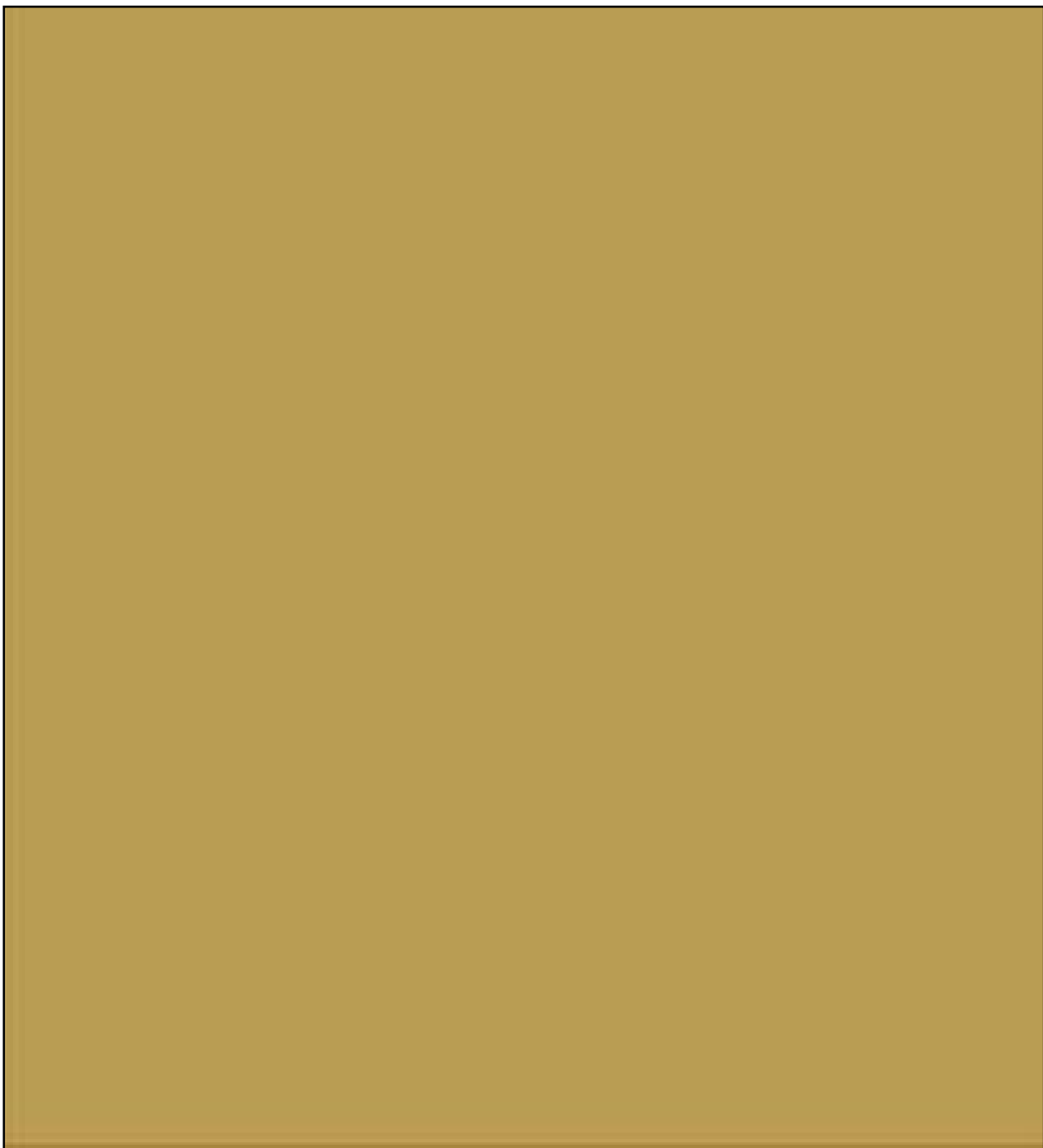
VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

VITOUSEK, P. M. et al. Human domination of Earth's ecosystems. **Science**, v. 277, p. 494-499, 1997.

WOOLHISER, D. A.; SMITH, R. E.; GIRALDEZ., J. V. Effects of spatial

variability of saturated hydraulic conductivity on Hortonian overland flow. **Water Resources Research**, v. 32, n. 3, p. 671-678, [S.l.].

WOOLHISER, D. A. et al. **Kinematic runoff and erosion model**: documentation and user manual. [S.l.]: Department of Agriculture, 1990. (Agricultural Research Service, n. 77).



 GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

