



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS – ESCOLA DE ENGENHARIA DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**  
Área de Concentração: Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**MARGARIDA REGUEIRA DA COSTA**

***AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE  
RESERVATÓRIOS CONSTITUÍDOS POR BARRAGENS  
SUBTERRÂNEAS NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO***

**Orientador: JOSÉ ALMIR CIRILO**

**Recife-PE**

**Julho de 2002**

**MARGARIDA REGUEIRA DA COSTA**

***AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE RESERVATÓRIOS  
CONSTITUÍDOS POR BARRAGENS SUBTERRÂNEAS NO SEMI-ÁRIDO  
BRASILEIRO***

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

**Área de Concentração: Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos**

**José Almir Cirilo, D. Sc.  
Orientador**

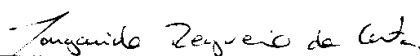
**Recife-PE  
Julho de 2002**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE RESERVATÓRIOS  
CONSTITUÍDOS POR BARRAGENS SUBTERRÂNEAS NO SEMI-ÁRIDO  
BRASILEIRO**

**MARGARIDA REGUEIRA DA COSTA**

Esta dissertação foi submetida como parte integrante dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Recursos Hídricos, outorgado pela Universidade Federal de Pernambuco.

A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida, desde que seja feita conforme as normas da ética científica.

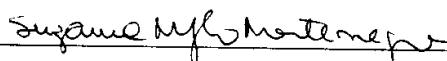


Margarida Regueira da Costa

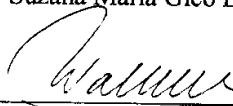
Dissertação aprovada



Prof. José Almir Cirilo, D. Sc. - Orientador



Prof. Suzana Maria Gico Lima Montenegro, Ph. D.



Prof. Waldir Duarte Costa, D. Sc.

**C837a**

**Costa, Margarida Regueira da.**

Avaliação do potencial de aproveitamento de reservatórios constituídos por barragens subterrâneas no semi-árido brasileiro / Margarida Regueira da Costa. - Recife: O Autor, 2002.  
xvi, 198 folhas, il : figs., tabs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2002.

Inclui Bibliografia e Anexos.

1. Engenharia Civil. 2. Barragens Subterrâneas. 3. Aluvião. 4. Semi-Árido - Brasil. I. Título.

**UFPE**

**624**

**CDD (22. ed.)**

**BCTG/2009-179**

“ Fazer uma tese significa aprender a pôr ordem nas próprias idéias e ordenar os dados: é uma experiência de trabalho metódico. Quer dizer, construir um “objeto” que, como princípio, possa também servir aos outros. Assim, não importa tanto o tema da tese quanto a experiência de trabalho que ela comporta.” Humberto Eco (1977).

## ***DEDICATÓRIA***

DEDICO ao meu pai José Alcimar Albert da Costa, que num golpe cruel do destino, foi embora mais cedo, quando a festa-vida apenas começara.

OFEREÇO a minha mãe Maria Aldenôra Regueira da Costa, fonte de amor e eterna dedicação.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela vida, pelo conhecimento, pela misericórdia e principalmente pela força que possibilitaram a realização deste trabalho.

À minha mãe Aldenôra e ao meu irmão Bruno que são parte deste sonho, hoje realidade.

Ao meu orientador, professor Dr. José Almir Cirilo, pela amizade e ensinamentos ministrados, além de todo o acompanhamento ao desenvolvimento deste trabalho.

Ao amigo Gustavo Abreu, que compartilhou comigo momentos importantes para a concretização do sonho.

A todos os professores da área de pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Civil da UFPE, não só pelo apoio, como também por sugestões, transmissão de conhecimentos e incentivos dados durante todo o curso.

Ao professor, Dr. Waldir Duarte Costa, pelas sugestões e orientação desta dissertação além da colaboração direta ao longo das minhas pesquisas em hidrologia subterrânea.

Aos Professores Jaime Cabral e Suzana Gico Montenegro pela paciência, amizade, dedicação e estímulo ao aprendizado.

A todos meus amigos colegas do mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos, como também aos funcionários, pelos maravilhosos dias de convívio.

Aos meus amigos da Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), que muitas vezes sofreram comigo as angústias de um longo trabalho, especialmente Robson de Carlo da Silva e Rodrigo Diniz, pelo empréstimo de suas forças físicas.

Aos amigos de Mutuca pelo carinho e cuidado, especialmente a Valdo, que tantas vezes caminhou comigo pelas longas e escaldantes estradas do projeto.

Agradeço também especialmente à minha diretora e amiga, Lúgia Maria Souza Barros de Oliveira, pelo apoio dado ao longo destes anos, sem o qual este trabalho não seria concluído e a Paulo Roberto Jurema de Dutra, que durante todo o tempo incentivou e apoiou a pesquisa possibilitando seu andamento.

Aos laboratoristas da Compesa e UFPE, pelo apoio técnico e colaboração na realização dos ensaios.

E finalmente, a todos que acreditaram e colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, meus mais que sinceros agradecimentos.



# SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	xi
LISTA DE TABELAS .....	xv
RESUMO .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivos deste trabalho .....	3
1.1.1 Objetivo geral .....	3
1.1.2 Objetivos específicos .....	4
1.2 Estrutura da dissertação .....	4
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	6
2.1 Estudos de barragens subterrâneas e exploração de aluviões.....	6
2.2 Processos de acumulação de água no nordeste.....	11
2.3 Aquíferos aluvionares .....	12
3. AÇÕES DE CONVIVÊNCIA COM A SECA.....	15
3.1 Cisternas .....	17
3.2 Poços tubulares e dessalinizadores.....	22
3.3 Açudes / barreiros.....	26
3.4 Barragens subterrâneas .....	29
3.4.1 Objetivos das barragens subterrâneas.....	30
3.4.2 Tipos de barragens subterrâneas .....	32
4. BARRAGENS SUBTERRÂNEAS DE PERNAMBUCO .....	40
4.1 Experiências existentes .....	40
4.2 Locais de implantação .....	42
5. AVALIAÇÃO DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS DE MUTUCA .....	43
5.1 Escolha do local de implantação do projeto .....	43
5.1.1 Breve caracterização da região.....	45
5.1.2 Localização e população .....	46
5.1.3 Clima .....	47
5.1.4 Vegetação .....	48
5.1.5 Geologia .....	48
5.2 Trabalho de campo .....	49
5.2.1 Análise construtiva e de locação das barragens .....	51
5.2.2 Avaliação da qualidade das águas .....	58
5.2.2.1 Coleta de Amostras de Água.....	59
5.2.2.2 Métodos para obtenção de parâmetros .....	60
5.2.2.3 Critérios Adotados para classificação da qualidade.....	61

5.2.2.3.1 Potabilidade .....	61
5.2.2.3.2 Irrigação .....	62
5.2.2.3.3 Dessedentação de animais .....	65
5.2.3 Avaliação da capacidade de acumulação .....	68
5.2.3.1 Dispositivos experimentais .....	68
5.2.3.1.1 Poços de observação .....	68
5.2.3.1.2 Pluviometria.....	71
5.2.3.1.3 As reservas de água subterrânea .....	74
5.2.4 Avaliação das aspectos econômicos e sociais .....	77
<b>6. ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>78</b>
6.1 Atividades nas barragens .....	78
6.2 Aspectos qualitativos da água .....	79
6.2.1 Análise dos resultados .....	79
6.2.2 Discussões .....	94
6.2.2.1 Quanto à Potabilidade .....	94
6.2.2.2 Quanto à Irrigação.....	95
6.2.2.3 Quanto à Dessedentação de Animais .....	96
6.3 Aspectos técnicos .....	97
6.3.1 Problemas construtivos .....	97
6.3.2 Risco de salinização .....	102
6.3.3 Concentração dos elementos .....	102
6.4 Aspectos econômicos e sociais.....	104
<b>7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>115</b>
7.1 Conclusões .....	115
7.2 Recomendações .....	117
<b>BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS .....</b>	<b>118</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>125</b>
<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>126</b>
<b>ANEXO 2 .....</b>	<b>140</b>
<b>ANEXO 3 .....</b>	<b>145</b>
<b>ANEXO 4 .....</b>	<b>149</b>
<b>ANEXO 5 .....</b>	<b>172</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Delimitação do “Polígono das secas” no espaço físico brasileiro.....	2
Figura 2.1 - Mangas para exportação da Fazenda Pernambuco- São Mamede/PB. ....	8
Figura 3.1 – Esboço geológico do Nordeste (AUDRY E SUASSUNA, 1995). ....	17
Figura 3.2 - Cisternas para captação da água do telhado.....	19
Figura 3.3 - Cisternas de placas de cimento (armação e reboco das paredes).....	20
Figura 3.4 - Cisterna de tela-cimento: Colocação da primeira camada de argamassa acima da tela (BERNAT et al., 1993). ....	21
Figura 3.5 - Cisterna de tijolos e cal (semelhante a um forno de carvão) (GNADLINGER, 1995).....	22
Figura 3.6 - Causas de desuso de poços tubulares na Bacia do Ipojuca (SECTMA, 1998).....	23
Figura 3.7 - Condutividade elétrica das águas (medida em $\mu\text{S}/\text{cm}$ a $25^{\circ}\text{C}$ ) na bacia do rio Ipojuca (SECTMA, 1998).....	24
Figura 3.8 - Distribuição dos tipos de uso nos poços tubulares e amazonas na bacia do rio Ipojuca (SECTMA, 1998).....	24
Figura 3.9 – Modelo de dessalinizador instalado em Pernambuco. ....	25
Figura 3.10 - Armazenamento de água no açude Pão de Açúcar - período de chuvas.....	27
Figura 3.11 – Reservatórios de acumulação na bacia do rio Capibaribe, região agreste de Pernambuco (SECTMA,1998).....	28
Figura 3.12 – Esboço em seção vertical longitudinal (COSTA, 1997). ....	30
Figura 3.13 - Água utilizada para o abastecimento humano captada em depósito aluvional com barragem subterrânea. ....	31
Figura 3.14 - Irrigação por aspersão realizada a partir do poço da barragem subterrânea. ....	31
Figura 3.15 – Barragem subterrânea - Modelo utilizado pelo CPATSA (COSTA, 1997).....	35
Figura 3.16 – Modelo de barragem subterrânea desenvolvida pela UFPE (CIRILO et al, 1998). ....	36
Figura 3.17 – Barragem subterrânea, modelo utilizado pelo CAATINGA (COSTA, 1997)...	37
Figura 3.18 – Esboço de uma barragem de assoreamento construída por etapas de construção e assoreamento, adaptado de SILVA (1998). ....	38

Figura 3.19 – Barragem de assoreamento – Estado de Pernambuco.....	39
Figura 5.1 – Bacias hidrográficas de Pernambuco, com identificação aproximada da região das barragens subterrâneas avaliadas. (adaptado da SECTMA,1998) .....	44
Figura 5.2 - Distrito de Mutuca fotografado do cruzeiro local.....	45
Figura 5.3 – Escavação a montante da barragem CI (Mutuca-PE). .....	53
Figura 5.4- Mulheres lavando roupa no poço da barragem MV. ....	57
Figura 5.5 - Esquema das barragens monitoradas pela UFPE, destacando em azul as barragens escolhidas para o monitoramento, as amarelas as assoreadas, em marrom as barragens secas, em cinza a barragem natural já existente e em verde a barragem superficial.....	58
Figura 5.6 – Coleta de amostra de água na barragem MV. ....	60
Figura 5.7 - Gráfico do USSL para classificação da água em irrigação. FONTE: (SECTMA, 1998).....	63
Figura 5.8 – Esquema construtivo do poço de observação na área em estudo.....	69
Figura 5.9- Gráfico da evolução do nível freático no tempo (agosto/00 a abril/01). ....	70
Figura 5.10 – Pluviômetro instalado na área em estudo.....	71
Figura 5.11 - Médias mensais pluviométricas do município de Jataúba (PE), num período de 23 anos e pluviometria da região em estudo para um período de 02 anos.....	73
Figura 5.12- Precipitações médias mensais de Jataúba e evapotranspiração potencial.....	74
Figura 5.13 – Evolução do volume de acumulação no aluvião. ....	75
Figura 6.1 - Gráfico dos valores de cloretos no açude e precipitação na área de pesquisa (juntamente com o padrão de potabilidade recomendado pela OMS).....	80
Figura 6.2 – Precipitação (mm) na área em estudo, padrão da OMS para cloretos e valores observados de cloreto nas barragens CI e CII.....	81
Figura 6.3 – Precipitação (mm) na área em estudo, padrão da OMS para cloretos e valores observados de cloreto nas barragens SI e MII. ....	82
Figura 6.4 – Precipitação (mm) na área em estudo, padrão da OMS para cloretos e valores observados de cloreto na barragem MIII. ....	83
Figura 6.5 - Variação dos valores da condutividade elétrica no período de aproximadamente um ano hidrológico no açude.....	84
Figura 6.6 – Precipitação (mm) na área em estudo, padrão da OMS para condutividade elétrica e valores observados de condutividade elétrica na barragem CI. ....	85

Figura 6.7 – Precipitação (mm) na área em estudo, padrão da OMS para condutividade elétrica e valores observados de condutividade elétrica na barragem CII. ....	85
Figura 6.8 – Precipitação (mm) na área em estudo, padrão da OMS para condutividade elétrica e valores observados de condutividade elétrica nas barragens SI e MII. ....	86
Figura 6.9 – Precipitação (mm) na área em estudo, padrão da OMS para condutividade elétrica e valores observados de condutividade elétrica nas barragens MIII e RS.....	87
Figura 6.10 – Precipitação (mm) na área em estudo, padrão da OMS para condutividade elétrica e valores observados de condutividade elétrica nas barragens MV e TI. ....	88
Figura 6.11 - Precipitação (mm) na área em estudo, padrão da OMS para a presença de coliformes totais e valores observados de coliformes totais para o açude. ....	89
Figura 6.12 - Precipitação (mm) na área em estudo, padrão da OMS para a presença de coliformes totais e valores observados de coliformes totais para as barragens CI e CII. ....	90
Figura 6.13 - Precipitação (mm) na área em estudo, padrão da OMS para a presença de coliformes totais e valores observados de coliformes totais para a barragem SI. ....	91
Figura 6.14- Precipitação (mm) na área em estudo, variação dos valores de pH no açude e no aluvião e o padrão médio recomendado para o pH pela OMS. ....	92
Figura 6.15 - Variação dos valores de Dureza Total no período de um ano hidrológico no açude e no aluvião.....	93
Figura 6.16 - Variação dos valores de Alcalinidade Total no período de um ano hidrológico no açude e no aluvião.....	94
Figura 6.17 - Barragem superficial construída a montante de FI. ....	98
Figura 6.18 - Corrosão na parede de tijolos provocada pela água salinizada.....	98
Figura 6.19 – Enrocamento com sacos de areia na barragem MIV (Mutuca- PE).....	99
Figura 6.20 - Enrocamento de pedras na barragem SJ (Mutuca-PE). ....	100
Figura 6.21 – Orifícios executados nos anéis de concreto do poço a montante da barragem FI (Mutuca- PE).....	101
Figura 6.22 – Escavação do dreno da barragem FI ( Mutuca - PE). ....	101
Figura 6.23 - Fase de escavação da vala final com drenagem (bombeamento) – Mimoso I (MI). ....	101
Figura 6.24 - Plantio de cenoura na barragem Cafundó I (CI). ....	107

Figura 6.25 - Plantação de beterraba na barragem CII. ....	107
Figura 6.26 - Colheita de beterraba na barragem MII. ....	109
Figura 6.27 - Colheita de beterraba e cenoura realizada em junho de 2001.....	111

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Volume per capita total de água necessária para consumo humano e animal. ....	17
Tabela 5.1	– Distribuição da população nos municípios de Jataúba e Belo Jardim Fonte: (IBGE, 2000).....	46
Tabela 5.2	- Características das Barragens Subterrâneas da Região de Mutuca. ....	50
Tabela 5.3	- Métodos utilizados na obtenção dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos no laboratório de Análise do Grupo de Saneamento Ambiental da UFPE. ....	61
Tabela 5.4	.- Padrões de potabilidade.....	62
Tabela 5.5	– Limites médios de tolerância a sais em relação a STD (Sólidos Totais Dissolvidos). ....	67
Tabela 5.6	– Classificação das águas para consumo animal (LOGAN, 1965).....	67
Tabela 5.7	– Precipitação média mensal (PRE) do município de Jataúba (PE). Médias mensais em um período de 23 anos. (Fonte: CONDEPE / SUDENE, 1990) .....	72
Tabela 5.8	- Precipitação média mensal (PRE) da região em estudo (PE). Médias mensais para um período de 02 anos. ....	72
Tabela 5.9	- Dados climatológicos do município de Pesqueira (PE). Médias mensais em um período de 30 anos. (TEMP = temperatura média; ETP = evapotranspiração potencial) .....	73
Tabela 5.10	– Variação das reservas de água subterrânea.....	76
Tabela 6.1	- Fator de concentração de parâmetros analisados. ....	103
Tabela 6.2	- Produção alcançada em junho de 2001 .....	110
Tabela 6.3	– Produção alcançada na barragem TI no início do ano de 2001. ....	112

## **RESUMO**

A heterogeneidade de situações agroclimáticas e sócio-econômicas do semi-árido brasileiro exige adaptações, ao nível local, das tecnologias de utilização e conservação dos recursos hídricos. Em decorrência disso, são várias as alternativas de obtenção de água para usos diversos. Dentre elas pode-se destacar a exploração racional dos aquíferos aluviais que, no estágio atual de necessidades de água para a região, são tão importantes quanto os grandes aquíferos.

Neste trabalho foi feita uma abordagem sobre uma destas alternativas através da construção de barragens subterrâneas no Nordeste do Brasil, em particular Mutuca - Município de Pesqueira, Estado de Pernambuco, onde foram estudadas as causas de sucessos e insucessos da técnica empregada, analisando-se a capacidade de acumulação de água no poço além do comportamento qualitativo do aquífero aluvionar barrado para um período de aproximadamente um ano hidrológico. As potencialidades e riscos são analisadas, buscando-se um manejo otimizado de represamento e captação de água para abastecimento humano, dessedentação de animais e irrigação.

Palavras Chave: Barragens subterrâneas; aluvião, semi-árido.



## **ABSTRACT**

The heterogeneity of agro-climatic, social and economic situation in the Brazilian semi-arid land requires some local adaptations of water resources and conservation technologies. For the reason, there are many alternatives for the acquisition of clean water. Among those we can outline the rational exploration of underground alluvial reservoirs, which, in the present situation of water necessity in the region, are as important as any major underground reservoir.

In this work, an approach was made about one alternative being the construction of subsurface dams in the Northeast region of Brazil, specifically the Mutuca - district of Pesqueira in the state of Pernambuco, where causes for the successes of the techniques applied or lack of it were studied by the analysis of the water accumulation capacity in the well beyond the qualitative behavior of the alluvial reservoir was analyzed during one year. The potentialities and risks are analyzed and a better handling for water contention in the benefit of people, animal and agriculture is sought.

Keywords: underground reservoirs, alluvial, semi-arid.

## **1. INTRODUÇÃO**

Desde o aparecimento da espécie humana, a busca por fontes hídricas tem sido uma constante. Hoje em todo o mundo, com o aumento da população e conseqüentemente, da demanda da produção de alimentos, agravada pelo fato da metade dos países do planeta possuir parte ou a totalidade de suas áreas constituídas por zonas áridas ou semi-áridas (UNESCO, 1979), há uma preocupação não só em relação à obtenção, mas também quanto ao armazenamento e distribuição de água, problemas estes cuja solução em larga escala, requerem o monitoramento muito mais intensivo do que o hoje existente, para a quantificação dos processos físicos naturais e as intervenções feitas nos ecossistemas.

O Brasil por ser um país com dimensões continentais, com naturais variações geológicas e geomorfológicas, enfrenta diferentes problemas com relação à água, onde a crescente necessidade de reduzir, a níveis mínimos, as disparidades intra e inter-regionais tem suscitado uma especial atenção aos problemas vinculados ao setor rural, principalmente daquelas regiões onde há numerosas e graves limitações em seus recursos naturais e sócio-econômicos (SILVA, 1982).

A situação é particularmente severa no chamado “Polígono das secas” (Figura 1.1) que compreende uma área de 940.000 km<sup>2</sup> sobre o embasamento cristalino, desfavorável à retenção dos volumes d’água precipitados e produzindo uma aridez quase generalizada, onde vivem cerca de 18 milhões de pessoas, sob forte irregularidade climática (ARAÚJO, 2002). Há muito se reconhece que as secas periódicas que castigam a zona semi-árida do Nordeste são catástrofes naturais que assumem dimensões de calamidade pública devido à situação de pobreza em que vive a maior parte de seus habitantes e a vastidão da área que assola (BRASIL, 1967; DUQUE, 1973). Antes de tudo, a seca é um fenômeno físico, natural, que atua com freqüência e regularidade no Nordeste com repetição de 8 a 10 vezes no século, prolongando-se por 3, 4 ou até 5 anos, atingindo toda a região ou parte dela (DUARTE, 1999). Em grande parte da região, os problemas se tornam mais graves devido à intermitência dos cursos de água; assim à medida que as fontes habituais de água vão se esgotando, as

famílias passam a utilizar as não habituais, geralmente partilhadas com animais, comprometendo não só sua qualidade (que concorre para maior incidência de doenças no meio rural), como também agravando o problema da escassez, pela competição que se estabelece.

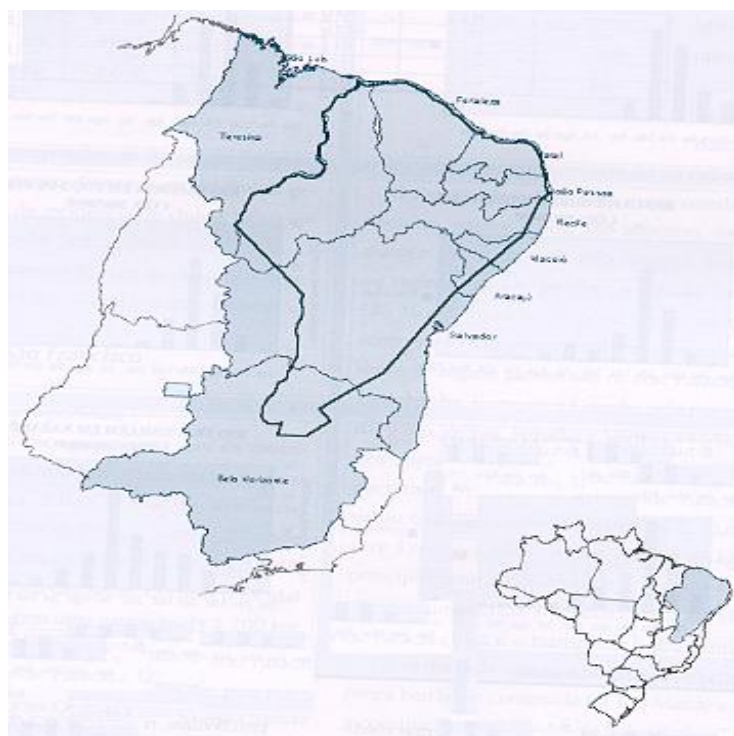


Figura 1.1 – Delimitação do “Polígono das secas” no espaço físico brasileiro.  
(fonte: FREITAS, 1999)

O Estado de Pernambuco sofre sérias dificuldades no suprimento hídrico de sua população e particularmente, no meio rural, onde falta adequada infra-estrutura de combate às estiagens (LEAL, 1997). A adoção da pequena bacia hidrográfica como unidade de planejamento do aproveitamento dos recursos hídricos apresenta-se, algumas vezes, como a melhor alternativa, quando se quer considerar mananciais em que o potencial dos recursos hídricos que não têm como ser estimados na escala de planejamento de grandes bacias. É este o caso do potencial hídrico subterrâneo dos aquíferos aluviais formados pelos leitos e margens de riachos e de afluentes menores de algumas importantes bacias do semi-árido.

Pelos motivos apresentados, a parcela semi-árida da região Nordeste do Brasil tem no correto aproveitamento dos seus escassos recursos hídricos condição absolutamente indispensável, embora não suficiente à superação da sua situação de subdesenvolvimento econômico e social, que já assume caráter crônico sendo a principal causa do êxodo rural das populações nordestinas. Essa constatação vem provocando, desde o final do século passado, a implantação de considerável quantidade de obras hidráulicas, como a construção de grandes barragens, a difusão da pequena e da média açudagem, a implantação de longas adutoras, a intensiva perfuração de poços no sistema cristalino e, mais recentemente, a transposição de vazões entre bacias hidrográficas, que já começam a ocorrer nos estados e podem vir a ser implantadas em escala nacional, como as estudadas transposições do São Francisco e Tocantins. Essas obras representam diferentes linhas de atuação que têm sido levadas a efeito na região para a atenuação dos problemas decorrentes das condições de semi-aridez. Todavia, soluções definitivas estão ainda longe de serem alcançadas.

## **1.1 OBJETIVOS DESTE TRABALHO**

### **1.1.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo central da pesquisa foi o estabelecimento de parâmetros para uma proposta de manejo integrado e otimizado de recursos hídricos subterrâneos aluviais, sob intervenções artificiais com barramentos subterrâneos, através do monitoramento das características da água e análise de causas e efeitos decorrentes das intervenções. A determinação destes aspectos possibilitará o aconselhamento quanto ao uso adequado dos recursos hídricos para a comunidade que utiliza a água, assim como estabelecer procedimentos para a implantação adequada desse tipo de obra.

### 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A partir de observações realizadas num período de aproximadamente um ano hidrológico (agosto/00 a agosto/01), na região semi-árida entre os Municípios de Belo Jardim e Jataúba, no Estado de Pernambuco, a pesquisa teve como objetivos específicos:

- ✘ Promover uma avaliação dos resultados obtidos com a implantação das barragens subterrâneas na região Agreste do Estado de Pernambuco, analisando seus aspectos técnicos, econômicos e sociais;
- ✘ Avaliar a qualidade da água e sua caracterização nos dois subsistemas (superficial e subterrâneo), situados na micro-região onde se encontra o distrito de Mutuca - PE, possibilitando a comparação entre eles, através do monitoramento dos parâmetros físico-químicos e sanitários (bacteriológicos) da água.

Desta forma, o armazenamento de água a partir da implantação de barragens subterrâneas é estudado neste trabalho sob vários aspectos, visando definir o alcance dessa alternativa, isto é, a possibilidade de exploração do aquífero aluvial para o abastecimento das comunidades e para a irrigação.

## 1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O conteúdo deste trabalho se desenvolve nos seguintes capítulos:

O Capítulo 2 (Revisão Bibliográfica), onde são narrados trabalhos técnicos realizados empregando a técnica de intervenção em aquíferos aluviais com barragens subterrâneas para a região Nordeste do Brasil. No Capítulo 3 é feito um relato geral tratando das pequenas obras hídricas usadas na atenuação do convívio com a seca, discutindo-se também as formas como estas geralmente são feitas no semi-árido do

Nordeste. A experiência com barragens subterrâneas no Estado de Pernambuco é apresentada no Capítulo 4. O Capítulo 5 explica a metodologia utilizada na pesquisa e o trabalho de campo realizado na área em estudo. A análise dos resultados é apresentada no Capítulo 6 e finalmente no Capítulo 7 são apresentadas as conclusões e recomendações deste trabalho. Em anexo são mostrados mapas, resultados de análises e características das barragens subterrâneas de Pernambuco.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 ESTUDOS DE BARRAGENS SUBTERRÂNEAS E EXPLORAÇÃO DE ALUVIÕES**

Muitos pesquisadores contribuíram para o desenvolvimento das teorias ligadas à percolação em meios porosos e estudos de aluviões, incluindo a qualidade de suas águas. Porém, a pesquisa de aluviões com barragens subterrâneas é um aspecto novo e com muito poucas referências bibliográficas.

Em HANSON & NILSSON (1986), o uso de barragens de fluxo da água subterrânea é apresentado como uma concepção antiga, onde os autores reportam-se as construções que remontam à época do Império Romano, na Sardenha, e a civilizações antigas do Norte da África.

Desde o início do século XVIII, entretanto, as barragens vêm sendo utilizadas principalmente no Norte e Sudeste da África, Índia, Israel e Irã (PONÇANO, 1981). Segundo o IPT(1981), este tipo de barragem foi utilizado também no Saara, por hidrogeólogos franceses, com vistas à exploração de uma agricultura de vazante.

TIGRE (1949) afirma que os primeiros trabalhos realizados utilizando esta técnica de armazenamento de águas no subsolo foram na Califórnia, em Santo Antônio, por volta de 1895.

No Brasil, SILVA (1998) refere-se à existência da primeira barragem subterrânea construída em 1919 na região semi-árida da Paraíba, com plantações de cana-de-açúcar e arroz, entre outras culturas. Já SILVA & REGO NETO (1992), menciona a existência de barragens subterrâneas construídas por volta do ano de 1920 na região semi-árida do Rio Grande do Norte, onde eram utilizados materiais da própria região, sendo sua principal

produção voltada para as culturas forrageiras, no sistema de exploração semelhante ao de agricultura de vazante.

Segundo o IPT (1981), no Nordeste brasileiro, a construção de barragens subterrâneas ocorreu com ênfase a partir de 1935, em Mossoró - RN, através da Inspetoria de Obras Contra as Secas, que tinha, como um de seus objetivos, a construção dessas barragens em rios intermitentes da região.

A divulgação da tecnologia para construção de barragens subterrâneas foi feita internacionalmente pela UNESCO, em 1951, através do “Projeto Maior para a Zona Árida” que sintetizou técnicas empregadas por vários países em obras deste tipo (BENVENUTO & POLLA, 1982).

COSTA (1997) mencionou que o DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra a Seca, construiu em 1965, uma barragem subterrânea no depósito aluvial do rio Trici, visando a complementação do abastecimento de água da cidade de Tauá - Ceará.

Em meados da década de 80, o IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo elaborou estudos e construiu barragens subterrâneas nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, respectivamente no Rio Palhano (Bacia do Rio Jaguaribe) e rios das Cabras e dos Quintos (Bacia do Rio Seridó), construindo a montante das mesmas uma cacimba para monitorar a qualidade da água. Revelou-se ali um contínuo aumento da salinidade, resultado que poderia ser esperado pelo fato de não ter havido exploração nenhuma da água.

Segundo COSTA (1987), Clóvis Lima, em 1985, proprietário e técnico agrícola em São Mamede (PB), dedicou-se em buscar uma alternativa para armazenar água em sua fazenda. Após contato com o grupo da UFPE, construiu uma barragem subterrânea, posteriormente mais três, com poço amazonas, estando hoje com cerca de 40 ha irrigados por micro-aspersão, exportando mangas (Figura 2.1). Os poços amazonas, com 2 m de raio, foram devidamente projetados para permitirem o bombeamento de 30 m<sup>3</sup>/h cada um, com um regime de bombeamento de 8 horas/dia, durante 10 meses por ano (dois meses são chuvosos). O consumo médio para irrigação nesta área é de 11/s (para culturas de maior demanda e



irrigação por gravidade), numa área irrigável de 46 ha de fruticultura, além de milho, feijão e capim na calha viva, por sub-irrigação. Hoje, o proprietário é exportador de frutas e ainda cria gado sob regime de confinamento, não faltando à pastagem a água acumulada nas barragens subterrâneas.



Figura 2.1 - Mangas para exportação da Fazenda Pernambuco- São Mamede/PB.

Um estudo detalhado sobre o comportamento hidráulico de um aquífero aluvial foi realizado na área do curso inferior do rio Encanto - RN (MELO & LOPES, 1987). Neste aluvião, com 19 km de extensão, foram realizados vários levantamentos de campo, perfurações com trado de mão em 14 seções transversais e executados 8 testes de bombeamento de longa duração. Este estudo teve como objetivo a avaliação das condições de armazenamento e captação de água do aluvião, considerando a recarga por indução de água superficial proveniente da barragem Encanto. Os vários perfis litológicos mostraram uma grande variação no material rochoso e assim uma variação no valor da condutividade hidráulica ( $K = 1,3 \cdot 10^{-4} - 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ ) e do coeficiente de armazenamento ( $S = 1,3 \cdot 10^{-3} - 5,6 \cdot 10^{-2}$ ) assim como uma irregularidade muito grande da superfície da base cristalina.

Já no ano de 1990 foi realizado um estudo sobre o comportamento de uma aquífero aluvial represado por barragem subterrânea, localizado no rio Palhano/CE (GOMES,1990)

através de modelagem matemática pelo método das diferenças finitas. Os resultados apontaram que a barragem subterrânea aumenta a propriedade reguladora do aquífero que antes tinha apenas como característica a propriedade condutora.

No IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos/ V Simpósio Luso Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos, ocorrido no ano de 1991, SANTOS *et al.*(1991) apresentaram simulações em modelo matemático, segundo as quais a interferência da barragem subterrânea aumenta as vazões exploráveis e seu potencial hidráulico, ampliando as reservas hídricas, permitindo irrigação de culturas de subsistência ao longo de todo o período seco.

Outro estudo também detalhado de um aquífero aluvial foi desenvolvido em Catolé do Rocha - PB (SANTOS, 1992), onde foi simulado um modelo unidimensional com barragens subterrâneas ao longo da área em estudo. Segundo SANTOS (1992), o modelo apresentava duas restrições básicas: a primeira era quanto à condição inicial para a aplicação com barragens subterrâneas que não era a mesma utilizada nas aplicações anteriores e no processo de calibração, e a segunda restrição do modelo era quanto a elevação do nível freático à superfície do terreno.

Em 1997, foi lançado o “Manual de Barragens Subterrâneas” (COSTA,1997), onde foram descritas as condições necessárias para uma correta locação e construção, assim como também foram fornecidos elementos sobre a capacidade de acumulação e os custos de construção.

No ano de 1998, foi realizado próximo ao município de Santa Luzia - PB, outro estudo sobre o comportamento hidráulico de um aquífero aluvial (SILVA, 1998). Este teve como objetivo estimar os principais parâmetros hidrológicos, como também a quantidade de água disponível no trecho selecionado. Para avaliar as variações dos níveis de água durante os anos de pesquisa foram realizadas 8 (oito) sondagens na área de estudo no período de 05-08-1996 a 13-08-96, onde todos os dados de campo serviram como entrada para um modelo numérico de simulação do comportamento hidrológico espacial e temporal, admitindo-se fluxo bidimensional e não-estacionário em meio anisotrópico e heterogêneo.

Sobre a comparação dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos em reservatórios superficiais e no aquífero aluvial foi realizado um estudo no rio Palhano – CE (PUERARI, 1999), onde se estabeleceu uma proposta de manejo integrado e otimizado de recursos hídricos superficiais e subterrâneos aluviais, sob intervenções artificiais (barragens), avaliando a qualidade da água nos dois subsistemas. Como conclusão foi mostrado que a maioria dos parâmetros analisados para a água do reservatório superficial estava fora dos padrões de potabilidade permitidos, enquanto que as amostras de água do aquífero aluvionar apresentam melhor qualidade.

Ainda no ano de 2000, no 1º Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas - ABAS/ALSHUD/IAH, COSTA *et.al.* (2000) apresentaram o trabalho “O aparente insucesso das barragens subterrâneas no Estado de Pernambuco” de onde levantou-se a discussão sobre a correta metodologia para a locação e construção das barragens, incluindo também seus poços, além de ter sido levantada a possibilidade da falta de permeabilidade encontrada nos tubulões de concreto utilizados na construção dos poços amazonas.

No ano de 2001, no XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e V Simpósio de Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, foi apresentado o trabalho “Barragem subterrânea – Uma Alternativa Tecnológica para a Convivência com a Seca”, onde CIRILO *et.al.* (2001) analisaram a experiência com barragem subterrânea e a possibilidade de implantação em larga escala desse tipo de intervenção no Nordeste semi-árido.

## **2.2 PROCESSOS DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA NO NORDESTE**

Como os rios do Nordeste refletem o ano hidrológico regional, que não coincide com o calendário e podem ser caracterizados em conjunto por um escoamento variável, função da irregularidade das chuvas (COSTA, 1991), a política predominante sempre foi a emergencial e assistencialista, tendo sido historicamente feita a acumulação de água sob duas formas: em

grandes reservatórios (bacias hidrográficas de grande porte), presentes em todos os estados da região porém em pequeno número, e em pequenos reservatórios, chamados de barreiros, que não resistem aos efeitos da estiagem prolongada, repetindo-se a cada seca a política usual de carros-pipa, cestas básicas e frentes produtivas que não passam de paliativos.

Essas formas de atacar o problema apresentam como maior inconveniente as perdas provocadas pelas altas taxas de evaporação, da ordem de 2000 mm ao ano. Em função disso, é fundamental a investigação sobre os modos de se armazenar água e suas eficiências, o que tem sido buscado em todas as regiões semi-áridas e áridas do mundo.

Pesquisadores como DUQUE (1973) sempre chamaram a atenção para a utilização dos recursos hídricos subterrâneos através das barragens subterrâneas. Apesar das pesquisas realizadas nos últimos 20 anos sobre esse tipo de intervenção, ainda pouco se sabe a respeito da qualidade e quantidade de água armazenada pela implementação deste tipo de barragem e bem menos, de dados comparativos entre diferentes sistemas de armazenamento de água no Nordeste brasileiro, referentes a um período ou ano hidrológico, envolvendo concentrações de elementos, variação de qualidade sanitária, etc.

### **2.3 AQÜÍFEROS ALUVIONARES**

Um tipo de perda natural, e por isso de controle muito mais difícil, decorre da evaporação. Em função disto, muitas experiências têm sido feitas pelo mundo para reduzi-la, com pouco sucesso no que diz respeito às perdas de água acumulada em reservatórios de superfície. Porém uma linha de ação promissora nessa questão consiste em acumular a água no solo, sensivelmente protegida da insolação direta, no aquífero aluvionar. Esse tipo de formação surge como exceção no Nordeste do Brasil, representando cerca de 4,5% da área do polígono das secas (REBOUÇAS *et. al.* 1999).

Estes aquíferos, apesar de possuírem uma limitada capacidade de armazenamento se comparados aos aquíferos localizados em bacias do tipo sedimentar, pelo fato de formarem verdadeiros terraços aluvionais, com reserva subterrânea de água, sobre os leitos dos rios e/ou riachos, constituem um importante elemento de regularização hídrica, com respostas relativamente rápidas a eventos chuvosos, em termos de recarga. Tais aquíferos são, provavelmente, a fonte de maior volume de água subterrânea bombeada em diversas regiões do mundo (GOMES, 1990), apesar de que, ainda são empiricamente explorados, sem nenhum planejamento adequado.

A primeira análise sobre as possibilidades hidrogeológicas dos aluviões deve-se a estudo de CEDERSTROM E ASSAD (1964), citado por ALBUQUERQUE (1984), onde foram feitas considerações teóricas sobre o processo de armazenamento d'água nos depósitos aluvionais, em função da litologia dos mesmos. De um modo geral, os aluviões possuem características dimensionais bastante variáveis, com espessura do depósito aluvial quase nulas nas encostas dos rios, até espessuras da ordem de até 100m (CUSTÓDIO e LLAMAS, 1976).

Segundo TOLMAN (1939), citado por CUSTODIO e LLAMAS (1976), os aluviões, em sua maioria, apresentam formações pedregulhentas e arenosas na parte inferior, sendo bastante permeáveis. Já em sua parte superior, são menos permeáveis, separados por cunhas de formações siltosas e argilosas. DAVIS E DE WIESTE (1966, in CUSTODIO e LLAMAS, 1976), explicam o interesse mundial em explorar água subterrânea destas formações aquíferas:

- ✘ São fáceis de escavar ou perfurar, tornando a exploração rápida e barata;
- ✘ Frequentemente estas formações se encontram depositadas nos fundos de vales, onde o nível freático se encontra próximo à superfície do terreno;
- ✘ Quase sempre estão em locais que favorecem as recargas provenientes dos rios e riachos;

- ✘ Os sedimentos apresentam uma porosidade efetiva maior que outras formações hidrogeológicas aquíferas;
- ✘ Os valores das condutividades hidráulicas apresentam-se maiores que outras formações hidrogeológicas.

Além dos itens mencionados por DAVIS E DE WIESTE (1966, in CUSTODIO e LLAMAS, 1976), foram consideradas neste trabalho outras importantes razões para se considerar a exploração da água em aquíferos aluviais, especialmente na região Nordeste do Brasil:

- ✘ Suas áreas apresentam grande potencial para o desenvolvimento da pequena agricultura irrigada, notadamente em escala familiar, apresentando solos em geral de alta fertilidade natural e propícios a cultivos, desde que corretamente manejados;
- ✘ Os aluviões estão localizados nos leitos dos rios. Assim, como o estado de Pernambuco possui apenas 12% do seu território ocupado com a zona úmida e rios perenes, enquanto que 88% estão nas zonas do agreste e do sertão, onde a maior parte de seus rios são temporários, com exceção do rio São Francisco, os aluviões apresentam-se em muitos casos como a única fonte de suprimento de água (AUDRY & SUASSUNA, 1995);
- ✘ Os aluviões são favorecidos pelas recargas provenientes das precipitações sobre as bacias hidrográficas, inclusive daquelas que ocorrem diretamente sobre o mesmo;
- ✘ São capazes de armazenar razoáveis quantidades de água durante as chuvas, proporcionando reservas para os períodos secos, além de serem parcialmente protegidas da evaporação.

Assim, por um condicionamento geomorfológico regional, os depósitos aluvionares são representados por sedimentos areno-argilosos recentes, que ocorrem margeando as calhas dos principais rios e riachos, praticamente em toda extensão dos cursos d'água do Nordeste do Brasil, tendo uma importância relativa alta do ponto de vista hidrogeológico, principalmente

em regiões semi-áridas com predomínio de rochas cristalinas. Esta importância cresce quando se verifica que neste cristalino costumam concentrarem-se as maiores densidades demográficas. A alta permeabilidade dos termos arenosos compensa as pequenas espessuras saturadas, produzindo vazões significativas e tornando possível a obtenção, com poços rasos adequadamente construídos, de vazões de exploração que podem atingir, em alguns casos específicos, valores da ordem de 150 m<sup>3</sup>/h, embora os valores mais comuns variam entre 8,0 e 15,0 m<sup>3</sup>/h (FEITOSA, 1997).

Em virtude da renovação destas águas e, conseqüente da melhoria de sua qualidade química, verifica-se que o sistema aluvionar não oferece restrições a qualquer tipo de uso, inclusive irrigação. Se apoiada em sistema produtivo de baixo custo, a agricultura irrigada em manchas aluvionares é capaz de reduzir impactos ambientais - quando comparada com a agricultura de grande porte, bem com permitir ações participativas das comunidades rurais (MONTENEGRO, 1984). Esse aumento de produtividade implica no incremento da oferta de alimentos e conseqüente melhora do grau de nutrição das famílias dos pequenos e médios produtores rurais, desestimulando as migrações rural-urbana.

### **3. AÇÕES DE CONVIVÊNCIA COM A SECA**

Devido ao fato de a ocupação do Nordeste brasileiro ser ainda recente, em um contexto no qual há aproximadamente 100 anos atrás o Brasil como um todo só tinha 14 milhões de habitantes, e naquela época, os reservatórios naturais de água, cacimbas de areia e alguns caxios eram o suficiente como fontes de água para o pequeno número de habitantes, demorou para que o abastecimento de água na área do semi-árido brasileiro afetada pela seca fosse encarado a partir de obras de engenharia civil. Quando muito, melhorava-se um pouco o que a natureza oferecia, aproveitando o escudo cristalino (Figura 3.1) em aproximadamente 70% de sua área, para a construção de açudes (atualmente estima-se em 70.000 o número de açudes no semi-árido), visando ao armazenamento da água e posterior uso na época de escassez (SUASSUNA, 2000), ou ainda em pequenos reservatórios sem nenhuma função de regularização, os chamados barreiros, espalhados aos milhares em toda a região. Não era observado, no entanto, que a perda de água por evaporação direta nos reservatórios de superfície atingem a média de 2.000 mm/ano, ou 5,55 mm/dia, volume esse bastante significativo, considerando as deficiências existentes no atendimento das demandas para distintos usos (GOMES, 1990).

Em forte contraste com isso, em outras regiões semi-áridas do mundo, como na Ásia e no norte da África, foram construídas instalações de captação de água de chuva, verdadeiras obras de arte, que coletavam a água da chuva dos telhados ou da superfície da terra e a levavam para grandes cisternas onde a população retirava seu suprimento, possuindo então um abastecimento de água satisfatório.



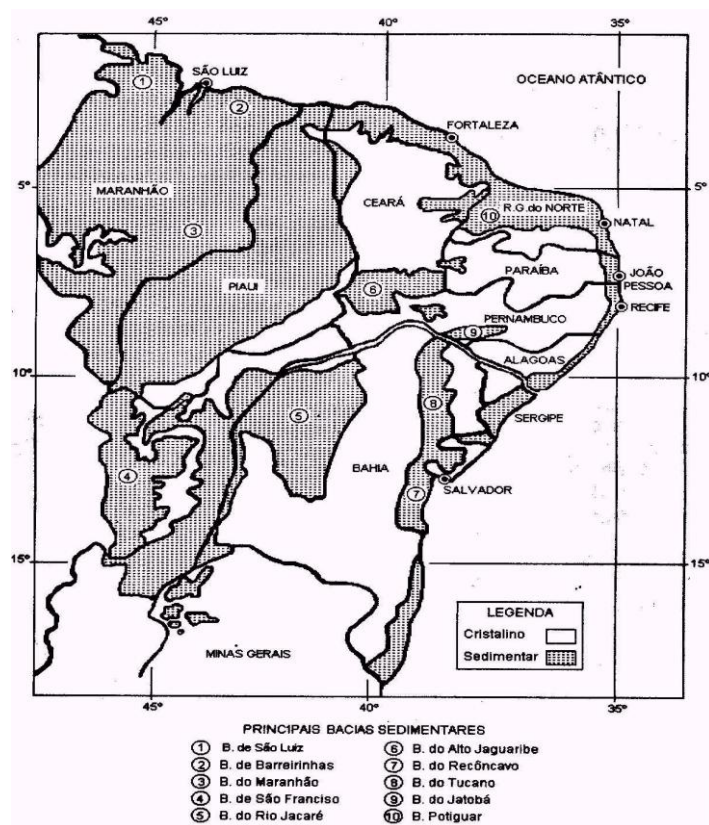


Figura 3.1 – Esboço geológico do Nordeste (AUDRY E SUASSUNA, 1995).

### Obras de captação de água

Como geralmente as propriedades rurais do semi-árido do Brasil não contam com um sistema público de abastecimento de água, o princípio elementar utilizado é a captação da água no período chuvoso, em rios, riachos, córregos, lagoas, açudes, barragens ou represas, lençóis freáticos (água de poço) ou ainda chuvas, para utilização no período de estiagem imediato, através de tecnologias de baixo custo e de fácil execução. A escolha do sistema mais adequado depende da fonte de abastecimento de água disponível na propriedade ou proximidades.

### 3.1 CISTERNAS

As cisternas, reservatórios enterrados ou semi-enterrados, são usadas nas regiões semi-áridas do Nordeste do Brasil e de outras partes do mundo, tendo como objetivo captar e armazenar as águas das chuvas que escorrem de telhados, de terreiros para secagem de grãos, de implúvios ou ainda fornecidas pelo carro-pipa para o consumo humano. A técnica de acumulação d'água em cisternas é conhecida desde dois mil anos atrás, em regiões como a China e o deserto de Neveg (GNADLINGER, 2000). No Brasil, as cisternas têm sido implantadas por entidades governamentais e não-governamentais, onde as técnicas foram aprimoradas às realidades locais, sendo o modelo mais divulgado o de placas pré-moldadas. Seu dimensionamento deve respeitar alguns valores médios de consumo diário de água (Tabela 3.1) nas regiões brasileiras afetadas pela seca.

Tabela 3.1 Volume per capta total de água necessária para consumo humano e animal.

<b>Volume per capta total de água necessário (em litros)</b>	
<b>Homem</b>	de 14 a 28
Bovinos	de 53 a 83
Eqüinos	de 41 a 68
Caprinos	de 06 a 11
Ovinos	de 06 a 11
Suínos	de 06 a 16
Aves	de 0,20 a 0,38

Na realidade, constata-se que as famílias normalmente se bastam com muito menos água ainda. Pela necessidade de poupar, estão acostumadas a utilizar a água da cisterna só para beber e cozinhar e por isso 3 litros ao dia para cada pessoa em geral são o suficiente. Assim, a necessidade de uma família média fica em menos de 5.000 litros durante os oito meses de estiagem, o que torna a cisterna um reservatório suficiente para suprir as necessidades familiares de dessedentação e preparação de alimentos.

“Uma casa com uma cisterna significa uma mudança incisiva nos hábitos tradicionais do povo nordestino. A vida do nordestino até hoje significa mais ser arrastado pela natureza, pelas estações do ano, sem ter participação ativa nos acontecimentos, sem interferir neles a seu próprio favor. Quando ele constrói uma cisterna para captar a água da chuva e com esta água matar a sede de sua família durante os meses da seca, isso significa um primeiro passo para a população rural integrar-se ativamente no ciclo de vida do semi-árido e de resolver um problema vital que é a água para a família de maneira sustentável”(GNADLINGER, 2000).

Existem basicamente dois modelos de cisternas:

- ✘ Para captação de água de telhado;
  - ✘ Para captação de água de áreas pavimentadas.
- 
- ✘ Cisternas para captação de água do telhado

Esse tipo de cisterna tem como característica recolher pequena quantidade de água, sendo sua captação feita por um conjunto de calhas e tubos que conduzem a água da chuva para um reservatório, conforme indicado na Figura 3.2. O tamanho do reservatório depende do consumo, da área do telhado e da quantidade de chuva que cai na região.



Figura 3.2 - Cisternas para captação da água do telhado.

✘ *Cisternas para captação de água de pisos e pavimentos*

Essas cisternas são usadas quando as áreas dos telhados das moradias não são suficientes para coletar a água necessária, sendo a água conduzida por canaletas até um filtro e deste para um reservatório igual ao do sistema de captação de água do telhado, podendo ser confeccionadas a partir de placas de cimento; tela-cimento; tijolos; ferro cimento; cal ou plástico.

Quanto ao tipo de construção, dividem-se em:

1. *Cisterna de placas de cimento*: é hoje o modelo mais divulgado, sendo encontrado em todo Nordeste. Originalmente desenvolvidas por ONGs e implantadas aos poucos em comunidades de pequenos agricultores, onde havia isolamento das moradias, hoje são construídas também em maior escala por pequenos empreiteiros para programas de prefeituras, governos estaduais e mais recentemente incentivadas pela ANA – Agência Nacional de Águas.



Figura 3.3 - Cisternas de placas de cimento (armação e reboco das paredes).

Esse tipo de cisterna (Figura 3.3) é enterrada no solo até mais ou menos dois terços da sua altura. As placas são curvadas de acordo com o raio projetado da parede da cisterna, dependendo da capacidade prevista.

2. *Cisterna de tela-cimento*: Construída na superfície (acima do solo), tem em geral altura em torno de dois metros. É executada em chapas de aço plano, finas, que são aparafusadas uma nas outras em forma cilíndrica. A Figura 3.4 mostra o esquema de uma cisterna desse tipo sendo construída.

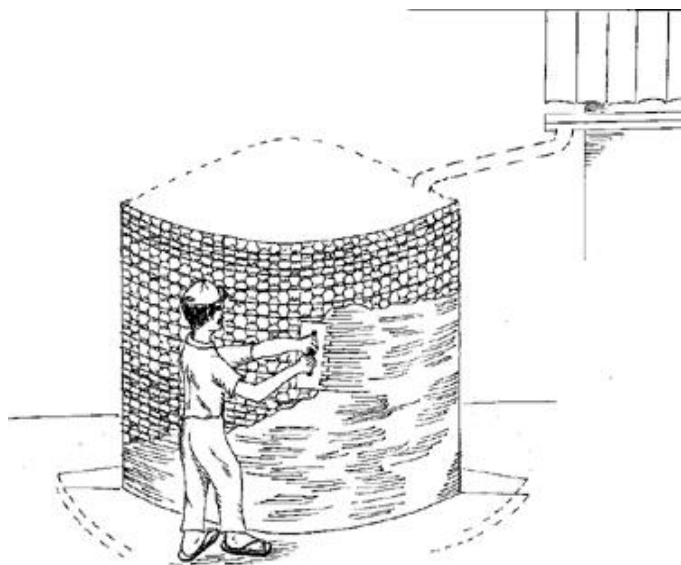


Figura 3.4 - Cisterna de tela-cimento: Colocação da primeira camada de argamassa acima da tela (BERNAT *et al.*, 1993).

Seu modo de construção assemelha-se à maneira de construir uma casa de taipa (um processo muito conhecido pela população, onde as paredes de madeira entrelaçadas são preenchidas pelos dois lados com barro);

3. *Cisterna de alvenaria de tijolos*: Tem como característica ficar cerca de dois terços do seu volume abaixo do nível do terreno, assim como a cisterna de placas de cimento, exigindo uma escavação maior, para que se possa trabalhar na parte externa da parede.

4. *Cisterna de cal*: Fica praticamente na sua totalidade debaixo da terra, sendo que muitas vezes só uma pequena parte da cúpula superior aparece na superfície, conforme mostra o esquema da Figura 3.5.

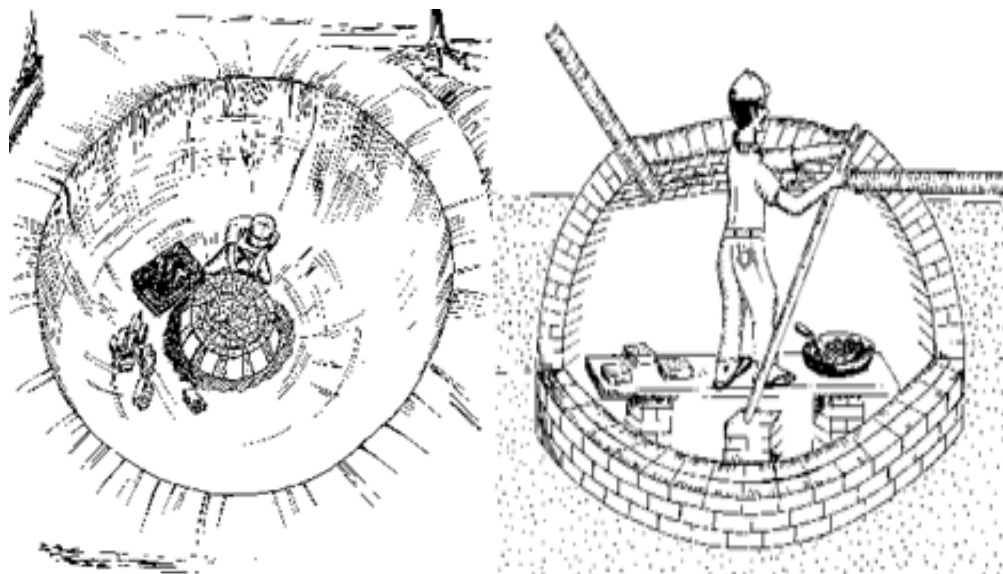


Figura 3.5 - Cisterna de tijolos e cal (semelhante a um forno de carvão)  
(GNADLINGER, 1995).

5. *Cisterna de plástico*: Muito divulgada anos atrás, porém não aprovada na prática, consistindo em forrar um buraco de paredes inclinadas com uma lona de plástico forte, às vezes ainda era protegida por uma fina camada de tijolos e reboco para prevenir danos mecânicos. Apesar disso, estas cisternas costumavam apresentar vazamentos, causados por cupim ou tatus, razão porque foram praticamente abandonadas.

### 3.2 POÇOS TUBULARES E DESSALINIZADORES

A perfuração de poços tem sido na história do Nordeste um dos processos mais utilizados para suprimento de água. Como a maior parte da região semi-árida do Nordeste é constituída por formações cristalinas, cerca de 80% dos poços estão situados nestas áreas, condicionando-os a limitações tais como: baixas vazões, teores significativos de sais, além do alto índice de poços secos.

Tomando como exemplo a bacia do rio Ipojuca, na qual está inserida a sede do distrito de Mutuca, a análise realizada nos poços constantes no cadastro do Sistema de Informações em

Recursos Hídricos/PE (SECTMA, 1998), caracterizou dois aspectos negativos: o alto percentual de poços secos, com uma média de 20%, e má qualidade da água (teores de sais dissolvidos muito elevados). Nesta análise, 20% dos poços apresentaram valores de resíduo seco superiores a 10.000 mg/l; 25% tiveram resíduo seco entre 5.000 e 10.000 mg/l e apenas 22% apresentaram resíduo seco inferior a 1.000 mg/l, valores estes situados dentro dos limites de potabilidade para consumo humano. A Figura 3.6 ilustra esses resultados.

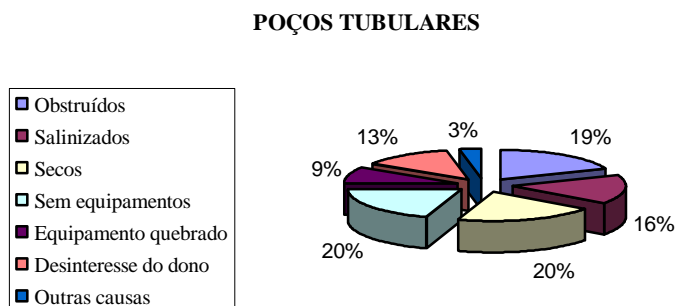
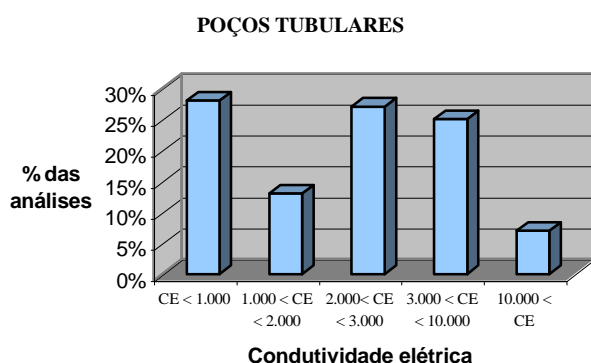


Figura 3.6 - Causas de desuso de poços tubulares na Bacia do Ipojuca (SECTMA, 1998).

Segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos (SECTMA, 1998), a qualidade da água dos poços amazonas da bacia do rio Ipojuca apresentam uma melhor qualidade do que a dos poços tubulares, como mostra a Figura 3.7.



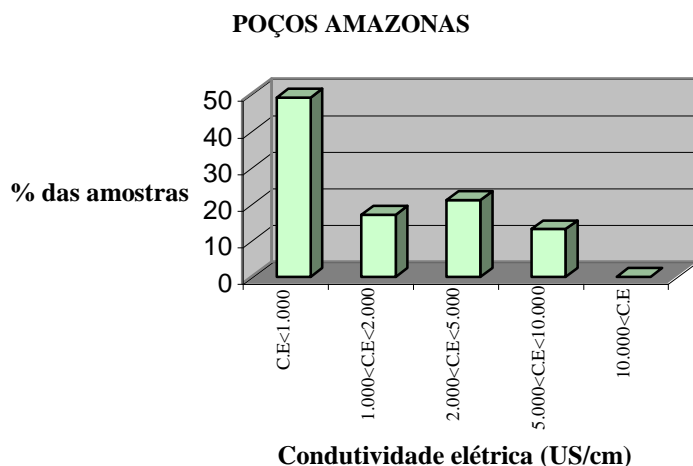


Figura 3.7 - Condutividade elétrica das águas (medida em  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a  $25^\circ\text{C}$ ) na bacia do rio Ipojuca (SECTMA, 1998).

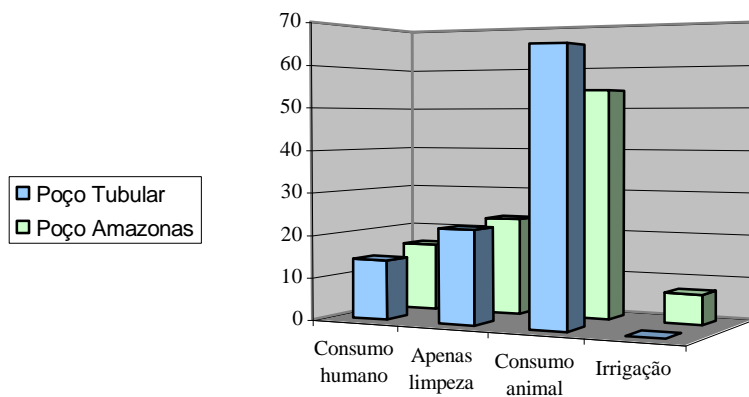


Figura 3.8 - Distribuição dos tipos de uso nos poços tubulares e amazonas na bacia do rio Ipojuca (SECTMA, 1998).

De acordo com a Figura 3.8, pode-se observar que o maior uso dos poços tubulares e amazonas é para o consumo animal. Devido à má qualidade da água dos poços existentes no semi-árido nordestino, tem havido disseminação de dessalinizadores por osmose reversa em todo o Nordeste, com o objetivo de aumentar a potabilidade da água. Conquanto os dessalinizadores se mostrem eficazes para melhorar a qualidade da água dos poços, eles criam o problema do rejeito proveniente da salinização, além do alto custo de implantação e operação complexa. Algumas soluções têm sido adotadas no sentido de minimizar o

problema, como o uso de tanques com lâminas d'água delgada, de onde resultarão a evaporação da água e a conseqüente deposição de sais; acumulação em tanques para a criação de peixes como tilápia rosa e o camarão marinho; o cultivo da Xenopodiácea denominada *Atriplex nummularia*, planta com grande capacidade de absorção de sais, originária da Austrália e introduzida, com sucesso, no Chile, apresentando-se como uma excelente forrageira, que contém entre 16% e 20% de proteínas, e tem uma sobrevida de até 20 anos (IPA, 2000 *in* OLIVEIRA, 2001).

Em virtude destes resíduos, no programa emergencial de 1998 no Nordeste, durante a seca, foram estabelecidos alguns critérios técnicos para a implantação do dessalinizador, como o prévio teste de produção de vazão (acima de 1000l/h); realização de análises físico-químicas com valor de resíduo seco maior que 2.000 mg/l, teor de ferro maior que 0,3 mg/l e de manganês maior que 0,8 mg/l, além do fato das localidades apresentarem uma população beneficiada de 200 pessoas para um raio de 2km (SECTMA, 1999).

A Figura 3.9 mostra um modelo de dessalinizador instalado no Estado de Pernambuco.



Figura 3.9 – Modelo de dessalinizador instalado em Pernambuco.

### 3.3 AÇUDES / BARREIROS

A utilização da água do escoamento superficial para a exploração agrícola em regiões áridas e semi-áridas, onde não existe fonte de água permanente, é uma técnica que tem sido usada há muitos séculos, desde o ano 950 AC. Investigações recentes no deserto de Negev demonstram vestígios de sistemas agrícolas antigos, baseados nesta técnica (STERN, 1979).

Na região Nordeste do Brasil, os primeiros açudes foram construídos na implantação dos engenhos na zona da mata para desviar as águas dos riachos que forneciam energia hidráulica aos moinhos. Posteriormente, foram adotados em toda a região, em virtude da presença do escudo cristalino praticamente na superfície, proporcionando escoamentos superficiais maiores do que a porção da água que se infiltra. Porém, apesar da técnica ter sido difundida com a colonização do sertão, foi nas secas de 1825, 1827 e 1830 o momento de sua arrancada, onde foram construídos pequenos e grandes reservatórios (CADIER, & MOLLE, 1992). Os grandes açudes foram construídos pelo poder público, nos diversos estados do Nordeste, em bacias hidrográficas de maior porte, porém em pequeno número, com capacidade de regularização plurianual da ordem de bilhões de m<sup>3</sup>.

Os açudes com capacidade entre 10.000 e 20.000m<sup>3</sup> representam hoje 80% dos corpos de água nos estados do Nordeste. Um fator importante a ser considerado neste tipo de obra é a evapotranspiração elevada, que segundo SILVA et al. (1981), pode chegar a 40% da água acumulada. A Figura 3.10 a seguir mostra um desses açudes típicos.



Figura 3.10 - Armazenamento de água no açude Pão de Açúcar - período de chuvas.

Em 1995, a SECTMA/PE (Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco), com o suporte de imagens de satélite, realizou um trabalho visando levantar o número de açudes por bacia do estado de Pernambuco, estimando seus respectivos volumes. Esse levantamento mostrou a presença de cerca de 13 mil açudes de diferentes portes (SECTMA, 1998). Para a bacia do rio Capibaribe, por exemplo, na qual se situam os experimentos de barragens subterrâneas analisados neste trabalho (a área experimental fica no limite entre as bacias do rio Ipojuca e Capibaribe), a capacidade de armazenamento nos reservatórios de superfície é da ordem de 808 milhões de  $m^3$ , tendo-se observado que a maior parte dos açudes possui capacidade máxima inferior a  $500.000 m^3$ . Apenas sete destes açudes tem capacidade máxima superior a  $10.000.000 m^3$  (SECTMA, 1998). A Figura 3.11 mostra os açudes identificados nesta bacia.

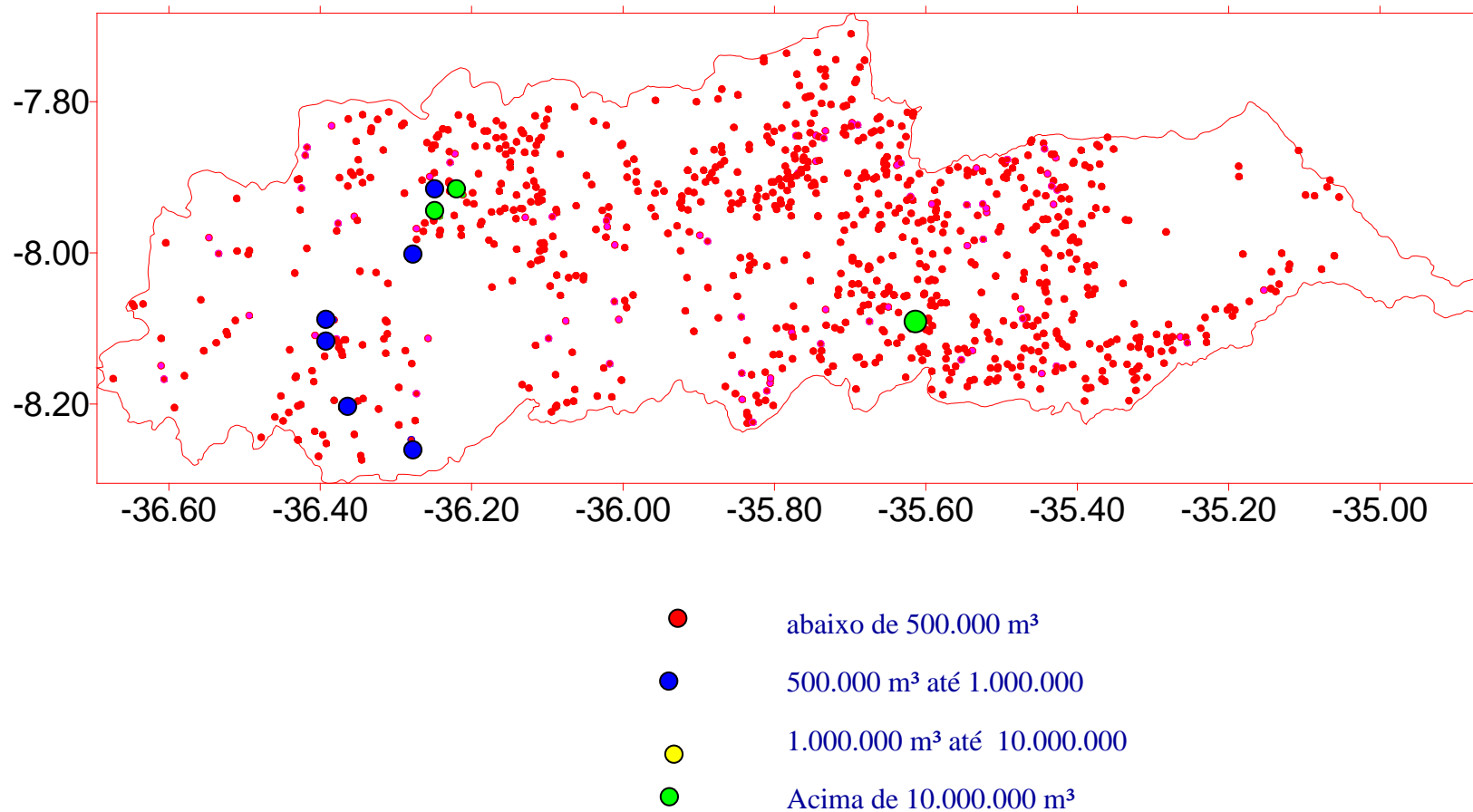


Figura 3.11 – Reservatórios de acumulação na bacia do rio Capibaribe, região agreste de Pernambuco (SECTMA,1998).

### **3.4 BARRAGENS SUBTERRÂNEAS**

Genericamente, barragem subterrânea é toda estrutura que objetiva impedir o fluxo subterrâneo de um aquífero pré-existente ou criado concomitantemente à construção da barreira impermeável (SANTOS & FRANGIPANI, 1978), ficando a água armazenada no perfil do solo, permitindo assim um aproveitamento mais racional da água contida nos aluviões.

Alguns autores (SANTOS & FRANGIPANI, 1978, SILVA & REGO NETO, 1992) definem barragem subterrânea como aquela firmada por uma parede impermeável a uma altura acima da superfície do aluvião.

A construção da barragem subterrânea consiste em escavar o depósito aluvial contido na calha do rio ou riacho, transversal à direção de escoamento do curso d'água até o embasamento cristalino, fazendo a impermeabilização da vala. Daí, o solo permanece ainda saturado durante alguns meses, alimentado por águas que escoam do terreno saturado em níveis mais elevados do que a calha principal, porém este fluxo subterrâneo, em função dos gradientes hidráulicos, vai pouco a pouco percolando sub-superficialmente até o seu esgotamento. Se a água que percola diariamente pelo depósito aluvial for contida, haverá a reservação de água no aluvião, elevando o nível freático, aumentando o armazenamento de água e estabelecendo condições favoráveis de captação a montante (MONTEIRO, 1984). Tais características impedem que a água no aquífero aluvial acumulada continue a escoar durante o período de estiagem (Figura 3.12), enquanto que, a jusante a água vai baixando progressivamente.

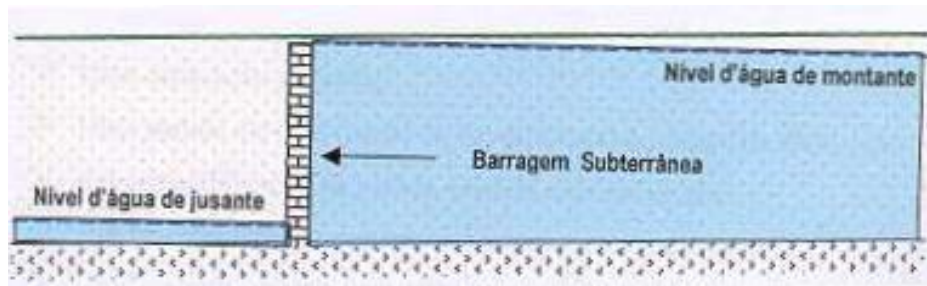


Figura 3.12 – Esboço em seção vertical longitudinal (COSTA, 1997).

A tecnologia usada para a construção de barragens subterrâneas é simples e de baixo custo, permitindo um aproveitamento mais racional da água contida em aluviões, caracterizando-se por ser uma alternativa de abastecimento e de certa forma, mais vantajosa por se tratar de reservas estáveis do subsolo, preservada da evaporação e também de fontes poluidoras (DUARTE,1999). Sua construção deve estar condicionada a características físicas e hidrogeológicas favoráveis. Segundo MONTEIRO (1984), a capacidade mínima requerida de um aquífero artificial constituído pelas referidas barragens deve ser dimensionada em função do consumo mínimo diário de água que na zona rural do semi-árido nordestino, que é de aproximadamente 50 litros/hab.dia, e da duração do período crítico de seca.

### 3.4.1 OBJETIVOS DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS

Na época de chuvas, a porção de água que se infiltra tende a se acumular nos interstícios ou poros do depósito aluvial, onde a barragem evita que a percolação ou escoamento subterrâneo drene inteiramente a água que foi infiltrada no sedimento. A finalidade deste armazenamento é principalmente o abastecimento humano (Figura 3.13), a dessedentação de animais e a pequena agricultura (COSTA, 1997).

Além do fornecimento de água para usos diversos, a implantação de barragens subterrâneas objetiva a utilização da área de acumulação a montante do barramento, para o desenvolvimento de cultivos agrícolas. Em áreas cujas condições naturais permitam a formação de um reservatório de grandes proporções, torna-se viável a realização de irrigação (Figura 3.14). Sendo para isto imprescindível a utilização de técnicas agrícolas que racionalizem ao máximo a utilização da água.



Figura 3.13 - Água utilizada para o abastecimento humano captada em depósito aluvional com barragem subterrânea.



Figura 3.14 - Irrigação por aspersão realizada a partir do poço da barragem subterrânea.



### 3.4.2 TIPOS DE BARRAGENS SUBTERRÂNEAS

Diversos autores chamam as barragens subterrâneas de “submersas” e apresentam classificação para as barragens segundo suas características construtivas e funcionais, enquanto que outros as classificam segundo suas características de viabilizar a captação de água (UEHARA *et al.*, 1981).

De acordo com o modo de captação, as barragens são classificadas em:

✘ barragens de captação - interceptam o fluxo subterrâneo buscando a elevação do nível piezométrico do lençol freático, facilitando o posicionamento da tomada d’água e sua conseqüente captação, seja ela executada por bombeamento ou por adução.

✘ barragens de acumulação de areia ou sedimentação - interceptam totalmente o fluxo subterrâneo e não se executa a captação, pois a barragem aflora de 1 a 2 metros à superfície com o enrocamento de pedras, criando um pequeno lago que permite a cultura agrícola ao longo da bacia umedecida nos períodos de estiagem.

✘ barragens de captação-acumulação - Consiste na combinação das duas técnicas precedentes conjugando suas respectivas técnicas e acumulando suas finalidades.

PEREIRA (1935) cita ainda outros tipos de construções que são:

✘ barragem de aluvionamento - A técnica empregada é a construção de um muro de alvenaria seca, atravessando o vale onde retém as matérias sólidas trazidas pelas cheias;

✘ barragem quebra-torrente - adotadas para facilitar a infiltração em terrenos vulcânicos fissurados, evitando que a enxurrada desça com violência;

✘ barragem vau-vertedouro - é um aterro-barragem que permite verter pelo coroamento, o qual se confunde em geral com o leito de uma estrada.

A classificação mais aceita é a que se baseia na forma construtiva das barragens. As denominações apresentadas anteriormente recaem na classificação apresentada por HANSON & NILSSON (1986), COSTA (1986) e FERREIRA (1997) citados em SILVA (1998):

- Barragem subterrânea e;
- Barragem de assoreamento.

COSTA(1984) estabelece uma classificação para as barragens subterrâneas baseada na utilização dos materiais construtivos e na finalidade a que se destinam:

- Barragem semi-impermeável;
- Barragem impermeável com núcleo de argila;
- Barragem impermeável em alvenaria;
- Barragem impermeável com estacas.

#### Material do septo:

- alvenaria de pedra ou tijolos;
- argila compactada;
- lona plástica;
- estacas de metal, madeira ou concreto.

#### **Barragem semi-impermeável**

Aplicável às situações onde existe risco de salinização do solo e por isto, não se pretende reter a água totalmente, mas apenas retardar a sua percolação. Sua construção pode utilizar vários dos materiais anteriormente listados, desde que detalhes construtivos (como espaçamentos na

parte basal da alvenaria da barragem), permitam a percolação livre da água em pontos ao longo do barramento.

### **Barragem impermeável**

COSTA (1997) apresenta três tipos peculiares, além dos tipos convencionais que utilizam alvenaria ou argila compactada, que são:

- O utilizado pelo CPATSA;
- O desenvolvido pelos pesquisadores da UFPE (Universidade Federal de Pernambuco);
- O adotado pelo CAATINGA (Centro de Assessoria e Apoio aos trabalhadores e Instituições não-Governamentais Alternativas).

Modelo utilizado pelo CPATSA - Desenvolvido no início da década de 80 em Petrolina por pesquisadores do CPATSA/EMBRAPA, sendo o mais adequado para rios de médio e grande porte.

Apresenta como característica uma escavação em arco com mais de 100 m, preenchida com um filtro de areia e carvão; uma cisterna (coberta) a jusante da mesma, recarregada pela água drenada deste filtro, além de uma parede elevada de aproximadamente 1m acima da superfície contornando toda a parte jusante da escavação. A Figura 3.15 (COSTA, 1997) ilustra este tipo de barramento.

Podem ser citadas como vantagens: maior acumulação de volume de água, coleta da água filtrada, além de possibilitar a separação das águas de acordo com seus diferentes usos.

Desvantagens: apresenta uma construção mais cara e demorada que os demais tipos; há uma impossibilidade de controle do processo de salinização e monitoramento do nível d'água, além de exigir pessoal técnico especializado para a sua construção.

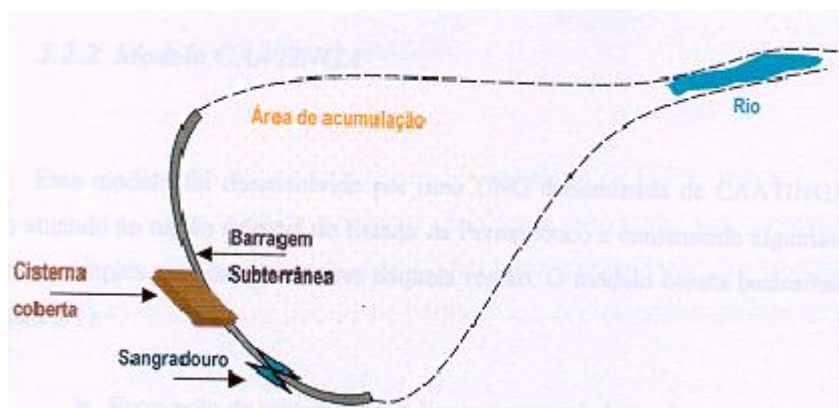


Figura 3.15 – Barragem subterrânea - Modelo utilizado pelo CPATSA (COSTA, 1997).

Modelo utilizado pela UFPE - Desenvolvido no início da década de 80 pelos pesquisadores Waldir D. Costa e Pedro G. de Melo, tendo sido posteriormente modificado, ampliado e adequado às condições locais. Atualmente é o mais difundido no Estado de Pernambuco e denominado Costa & Melo.

As características mais marcantes são a presença de um poço amazonas a montante da barragem; uma trincheira forrada com lona de plástico (material impermeável) na construção do septo da barragem, e um enrocamento de pedras. O modelo é objeto do estudo atual (Figura 3.16) e foi implantado em todas as barragens objeto deste estudo.

Vantagens principais: rapidez e baixo custo de execução, possibilidade de realizar-se o monitoramento do nível d'água para múltiplos usos, através dos cacimbões construídos utilizando mão-de-obra da própria comunidade local.

Desvantagens principais: requer cuidados na colocação da lona plástica para garantir a sua durabilidade, maior custo que o modelo utilizado pelo CAATINGA, não pode ser aplicado em qualquer situação, pois depende de condições naturais específicas.

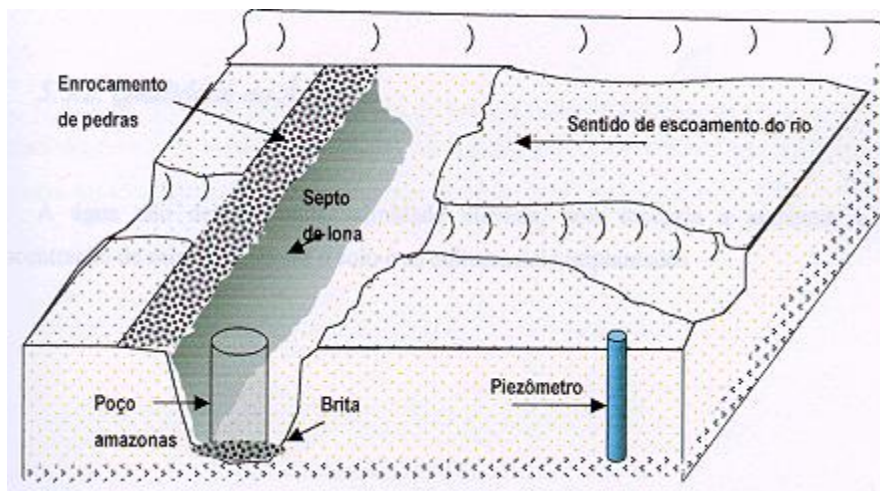


Figura 3.16 – Modelo de barragem subterrânea desenvolvida pela UFPE (CIRILO et al, 1998).

Modelo utilizado pelo CAATINGA - Desenvolvido por uma ONG denominada de CAATINGA, que vem atuando na região oriental do Estado de Pernambuco, construindo obras hídricas simples para os agricultores desde os meados da década de 90.

Sua principal característica é a simplicidade de execução, consistindo apenas na abertura da trincheira linear escavada e implantação de septo impermeável com solo mais argiloso compactado com a utilização de animais. Não há poços, nem bombeamento, sendo aproveitada a água diretamente pelas plantas, por sub-irrigação (Figura 3.17).

Vantagens principais: apresenta o menor custo de execução em relação aos demais, não possui praticamente restrições à sua instalação devido aos pequenos volumes armazenados, podendo usar riachos pequenos e estreitos, além da possibilidade de poder usar a mão-de-obra local.

Desvantagens: permite o uso da água apenas para a sub-irrigação na própria calha viva do riacho, pequena acumulação de água, além de não permitir o controle da acumulação de água e outros usos.

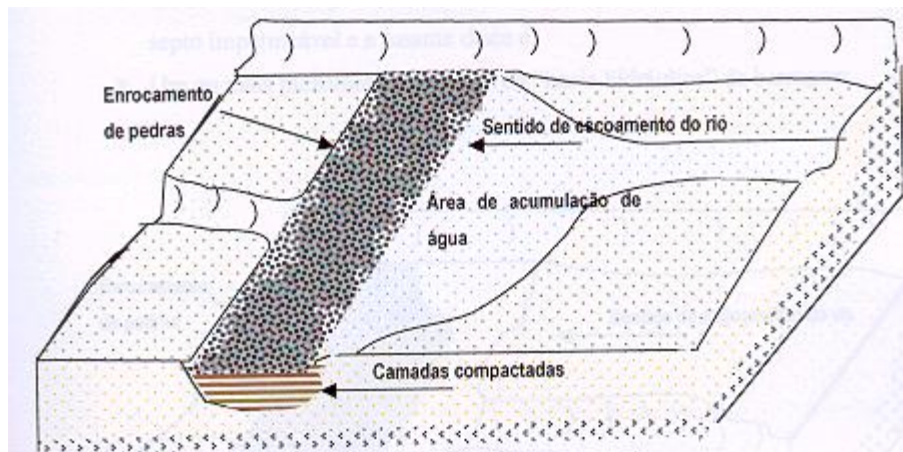


Figura 3.17 – Barragem subterrânea, modelo utilizado pelo CAATINGA (COSTA, 1997).

Vale salientar que os três tipos anteriormente citados estão em ordem decrescente de custo de construção.

### **Barragem de Assoreamento**

Intervenção mista entre a barragem subterrânea e a barragem de superfície, satisfazendo às condições técnicas de estabilidade semelhantes as da barragem superficial. Segundo FERREIRA (1997), citado por SILVA (1998), sua construção deve ser feita em locais onde a espessura do depósito aluvial é muito rasa, devendo, dentro de certo tempo, o barramento superficial estar inteiramente submerso pelo acúmulo de sedimentos no leito do rio. O material empregado na construção do septo impermeável é, praticamente restrito a enrocamento ou alvenaria de pedra, sendo construído conforme ocorra o assoreamento. Tal procedimento permite o barramento de depósito aluvial com uma composição de partículas mais grossas, garantindo um elevado coeficiente de permeabilidade para o mesmo, além de permitir a retirada da água armazenada pelos métodos convencionais de captação (HANSON & NILSSON, 1986; FERREIRA, 1997; *in* SILVA, 1998).

O relevo acidentado e a ocupação desordenada do solo rural indicam a adequação deste tipo de intervenção.

Dependendo do regime pluviométrico e da capacidade de carga do rio, a barragem por assoreamento poderá proporcionar espessuras aluviais da ordem de 8 a 10 metros no período de 10 a 15 anos, com 3 a 5 etapas de construção (COSTA, 1984). A Figura 3.18 mostra um exemplo dessas barragens construída em cinco etapas de construção.

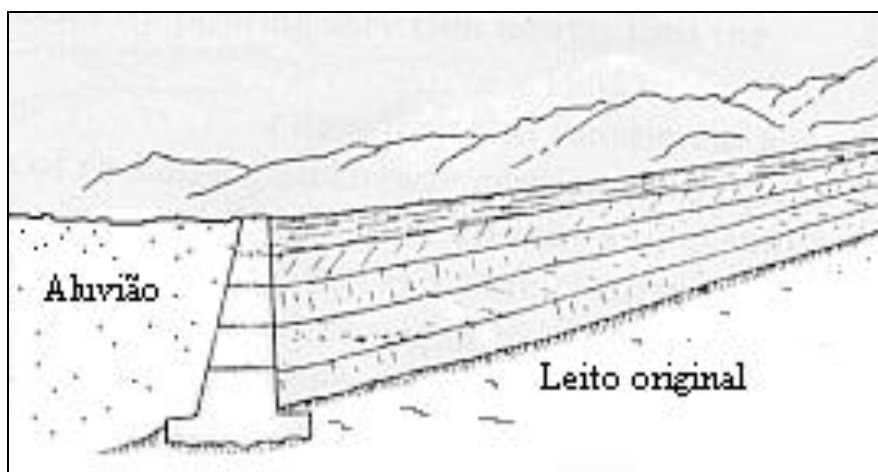


Figura 3.18 – Esboço de uma barragem de assoreamento construída por etapas de construção e assoreamento, adaptado de SILVA (1998).

Um exemplo deste tipo de barragem associado às barragens sucessivas foi idealizado pelo engenheiro *José Artur Padilha* na sua fazenda de Afogados da Ingazeira, no final dos anos 60. Estas são na realidade barragens de assoreamento, pois o leito do rio não é escavado (logo, não são subterrâneas), tendo como função principal recuperar os “pacotes aluvionares” e proporcionar condições propícias à retenção de solos e de umidade (Figura 3.19).





Figura 3.19 – Barragem de assoreamento – Estado de Pernambuco.



#### **4. BARRAGENS SUBTERRÂNEAS DE PERNAMBUCO**

Como em outras regiões semi-áridas do mundo, o trópico semi-árido brasileiro apresenta solos rasos e pedregosos, com baixa capacidade de retenção de água, baixo teor de matéria orgânica e alta potencialidade para erosão, fato explicado pela predominância de terrenos de rochas cristalinas. No estado de Pernambuco, esse tipo geológico representa 85% do total, contra 15% para as "bacias sedimentares" que tem como característica acumular maiores volumes de água (GOMES, 1990). Os cursos de água do semi-árido são na maioria intermitentes, parando de escoar no máximo um a dois meses depois do término do período chuvoso. Onde ocorre esse breve período de escoamento após o término das chuvas, o rio é alimentado por restituições de águas subterrâneas, oriundas dos delgados mantos de alteração das rochas ou dos terraços fluviais.

##### **4.1 EXPERIÊNCIAS EXISTENTES**

Em 1982, a EMBRAPA - CPATSA construiu no campo experimental Manejo da Caatinga, Petrolina – PE, três barragens subterrâneas sucessivas (BRITO,1989) visando avaliar o desempenho em linhas de drenagem natural, em área de solo arenoso com profundidade média de 1m. Após o período de três anos, foi observado que não houve variação da condutividade elétrica (indicador de salinidade) da água reservada, assim como também que a lona plástica de polietileno apresentava um bom nível de elasticidade e que, apesar da distribuição pluviométrica ter sido irregular, obteve-se incrementos significativos nas produtividades médias das culturas, chegando-se assim à conclusão de que a barragem subterrânea poderia ser uma alternativa para incrementar a produção agrícola da região, principalmente em pequenas e médias propriedades rurais.

Em 1986, a Minérios de Pernambuco S.A. executou três pequenas barragens subterrâneas no alto sertão de Pernambuco. Todavia, por se localizarem nas cabeceiras de pequenos riachos, com reduzidas áreas de captação, jamais chegaram a acumular água (COSTA, 1997).

No ano de 1988, técnicos do Laboratório de Hidrogeologia da UFPE, por meio de convênio firmado com a EMOPER (Empresa de Obras do Estado de Pernambuco) e a ATEPE (Associação Tecnológica de Pernambuco), efetuaram uma campanha de estudos sistemáticos de aluviões da região do sertão, visando a instalação de barragens subterrâneas (COSTA, 1997). Deste trabalho resultou a seleção de 10 áreas favoráveis à implantação deste tipo de obra.

Na região de Ouricuri, alto sertão de Pernambuco, a Organização Não Governamental (ONG) denominada de CAATINGA, a partir de 1994, introduziu a tecnologia, já aplicada, de construção de barragens subterrâneas de forma extremamente simples e barata, com o objetivo de dar suporte à agricultura familiar. Nas localidades são cultivados capim, milho e feijão, com exceção de uma barragem localizada na serra, onde de 10 a 15 famílias cultivam horta visando o mercado das feiras públicas.

Em 1995, o DNPM – Departamento Nacional de Pesquisas Minerais construiu, na bacia do Rio Pajeú, 7 barragens subterrâneas com profundidades entre 3 e 5m, visando a melhoria da vazão dos cacimbões (DIACONIA, 2001). Hoje, com o apoio da DIACONIA, ONG atuante na região, houve uma melhoria da pequena irrigação já praticada anteriormente e da agricultura de sub-irrigação. Os agricultores dessa região, que cultivam hortaliças, estão comercializando produtos orgânicos na feira de Serra Talhada e há a intenção de se criar uma feira similar em Afogados da Ingazeira.

No ano de 1997, a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente- SECTMA, então gestora dos recursos hídricos do Estado, em parceria com a SRH - MMA (Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente), interessou-se pelo projeto de barragem subterrânea desenvolvido pelos pesquisadores da UFPE, resolvendo partir para uma experimentação nesse campo, e executando 6 barragens subterrâneas experimentais no município de Caruaru- PE.

No segundo semestre do ano de 1998, com a implantação de mais um ciclo das chamadas frentes produtivas de trabalho em função da seca no Nordeste, o governo do Estado de Pernambuco, em parceria com a SRH – MMA, como um dos programas de Convivência com a Seca, inseriu entre as ações desenvolvidas pelas frentes a construção de barragens subterrâneas. Foram então construídas nesse ano cerca de 500 barragens no agreste e sertão do Estado(COSTA *et al.*, 1998, 2000b).

## **4.2 LOCAIS DE IMPLANTAÇÃO**

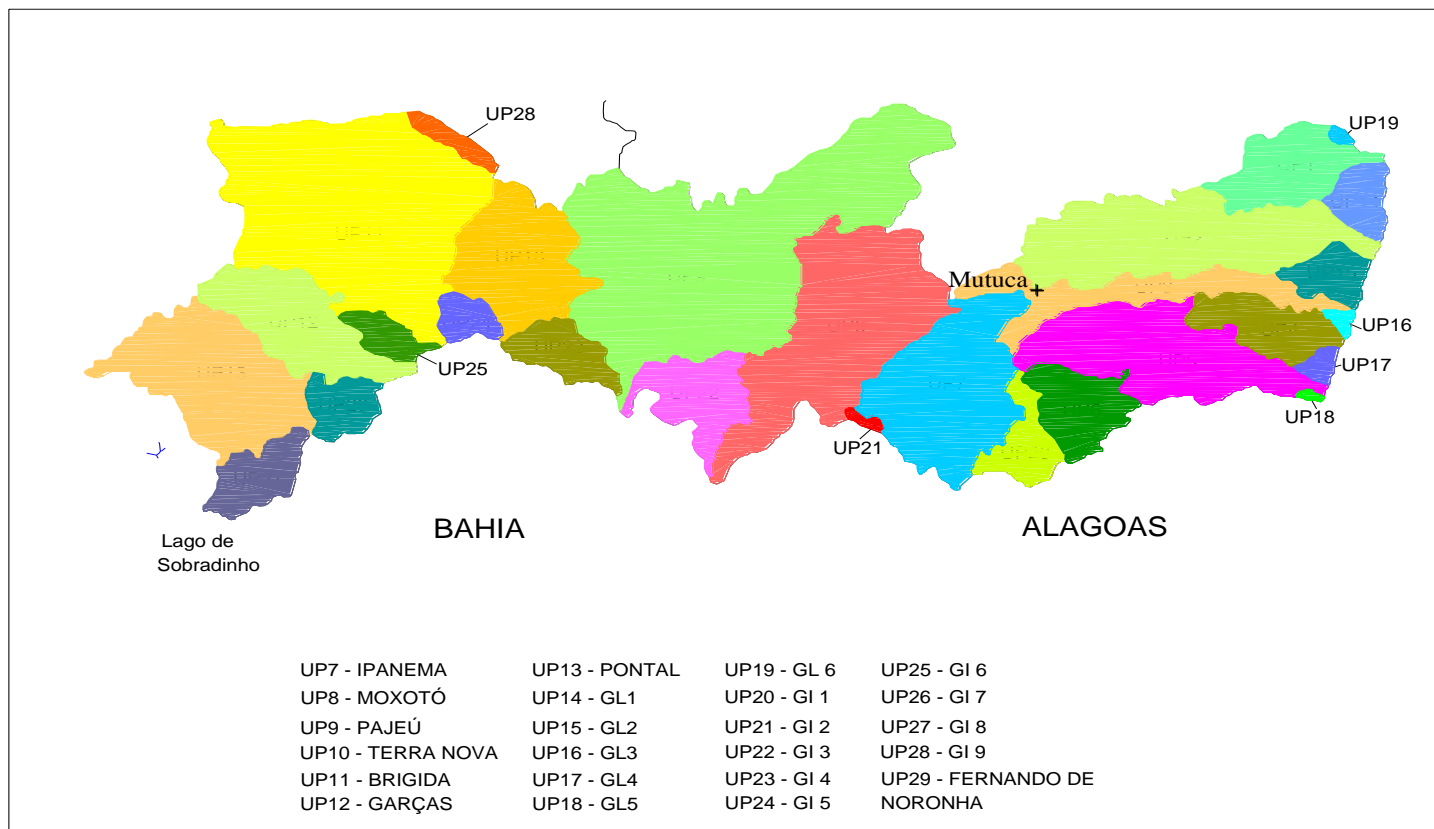
Após levantamento dos dados disponíveis na UFPE- Universidade Federal de Pernambuco, EBAPE – Empresa de Abastecimento e Extensão Rural do Estado de Pernambuco (antiga EMATER) e na Secretaria de Recursos Hídricos de Pernambuco sobre as barragens subterrâneas construídas no estado, conseguiu-se reunir informações e catalogar 562 barragens em 69 municípios (Anexo1).

## **5. AVALIAÇÃO DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS DE MUTUCA**

### **5.1 ESCOLHA DO LOCAL DE IMPLANTAÇÃO DO PROJETO**

O critério de escolha do local para a presente pesquisa foi a concentração de grande parte das barragens subterrâneas de maior porte construídas no Estado em uma pequena bacia hidrográfica (Figura 5.1), além do fato de as obras terem sido localizadas por geólogos em solos aluviais relativamente profundos, baseados em critérios estritamente técnicos, com uma profundidade inicial considerada de média a grande (4 a 10 metros), e uma extensão variando de 30 a 110 metros.

As barragens selecionadas foram construídas em sua totalidade como resultado da parceria entre o Ministério do Meio Ambiente e a Secretaria Estadual de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco - SECTMA, até o ano de 1998, na divisa dos municípios de Belo Jardim e Jataúba, ao longo dos Riachos Fundão, Algodões e Mimoso, afluentes pela margem direita do rio Capibaribe, que apresenta como característica um regime fluvial intermitente no seu alto e médio cursos, tornando-se perene apenas no seu baixo curso. Posteriormente, devido às boas condições geológicas e à concentração de várias barragens subterrâneas próximas umas das outras foi criada em Mutuca (Figura 5.2) uma base de pesquisa da UFPE.



5.1 – Bacias hidrográficas de Pernambuco, com identificação aproximada da região das barragens subterrâneas avaliadas.

(adaptado da SECTMA,1998)



Figura 5.2 - Distrito de Mutuca fotografado do cruzeiro local.

### 5.1.1 BREVE CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO

Pelo fato do campo experimental estar localizado na divisa de dois Municípios – Belo Jardim e Jataúba faz-se a seguir uma breve caracterização de ambos.

Belo Jardim, município criado em 1928, está inserido no chamado Agreste Pernambucano, localizado na microrregião do Vale do Ipojuca, a 188 km da capital, com uma população de 71.855 habitantes (IBGE, 2000) e uma área de 754 km<sup>2</sup>.

Sua principal atividade econômica é a indústria, seguida da pecuária e da agricultura, tendo destaque na área rural a agricultura familiar, uma importante fonte de renda que tem como atividades principais o cultivo da cenoura e beterraba, além da caprinocultura.

Jataúba é um município predominantemente rural, inserido no Agreste Setentrional Pernambucano, a 217 km da capital, com 17.871 habitantes (IBGE, 2000), tendo como principal atividade a agricultura, sendo a beterraba sua principal cultura, fato que faz Jataúba ser conhecida como a “terra da beterraba”. Neste município, nas encostas da Serra de

Jacarara, a uma altitude aproximada de 1.000 metros, encontra-se a nascente do rio Capibaribe, importante fonte de água da região.

A população da área em estudo sofre maior influência do distrito de Mutuca, que possui cerca de 600 residências na área urbana e 500 na área rural, correspondendo a uma população de aproximadamente 3.000 habitantes na zona urbana e 2.500 na zona rural. O abastecimento de água potável para esta população se caracteriza por um atendimento deficitário em termos de quantidade e qualidade da água distribuída. É assim possível verificar-se que na zona rural os recursos hídricos armazenados nos aquíferos têm sido a única fonte de suprimento nos períodos de estiagens. A Tabela 5.1 mostra a divisão populacional dos dois municípios.

Tabela 5.1 – Distribuição da população nos municípios de Jataúba e Belo Jardim  
Fonte: (IBGE, 2000).

Município	Área (km <sup>2</sup> )	População	População urbana	População rural
Belo Jardim	754,00	71855	50.388	21.467
Jataúba	715,70	17871	6.562	11.309

### 5.1.2 LOCALIZAÇÃO E POPULAÇÃO

A área em estudo está, portanto localizada entre os municípios de Belo Jardim e Jataúba, entre as Latitudes 36°43'43'' - 36°24'17'' e as Longitudes 8°16'55'' – 8°05'21'', zona fisiográfica do Agreste Pernambucano, na microrregião do Capibaribe. A Figura A (Anexo 2) apresenta um mapa da região, com a localização dos municípios.

### 5.1.3 CLIMA

O clima é uma das características mais marcantes do semi-árido, principalmente devido à ocorrência das secas periódicas, onde a seca estacional ocorre todos os anos no segundo semestre, fazendo parte do regime hidrológico da região, enquanto que a seca periódica ocorre de tempos em tempos, impedindo a produção agrícola e prejudicando a pecuária.

A microrregião caracteriza-se por apresentar um clima que, segundo a classificação Koeppen, é semi-árido muito quente tipo estepe, sujeito a chuvas torrenciais e acentuada irregularidade no regime pluviométrico, com um período chuvoso variando de 4 a 5 meses de duração (março a julho) conforme Figura B (Anexo 2) onde, em termos de distribuição percentual, pode-se dizer que 75 a 80% da precipitação acontece no período da quadra chuvosa e apenas de 20 a 25%, no período seco. A precipitação média anual é de cerca de 630mm para a estação pluviométrica de Jataúba, enquanto que para o município de Belo Jardim, a média anual é de 800mm (SUDENE, 1990). A temperatura média mensal do ar tem uma variação relativamente pequena ao longo dos anos. Apresenta uma média variando em torno dos 26°C, onde a média das mínimas está nos 22°C e a média das máximas nos 33°C, praticamente uma constância em toda a região. Isso é o que torna o semi-árido do Nordeste brasileiro uma das regiões secas mais quentes do planeta, com uma umidade relativa do ar baixa, com média anual próxima de 50% (SECTMA, 1998).

Em consequência destes fatores climatológicos adversos, a região apresenta uma evapotranspiração potencial média anual muito elevada, em torno dos 1600 mm (CISAGRO, 1980), em virtude da baixa latitude do semi-árido. Nesse cenário de déficit hídrico, o aquífero aluvional é um importante elemento de regularização hídrica, com resposta significativa em termos de recarga aos eventos chuvosos (MONTENEGRO *et al.*, 1999).



#### 5.1.4 VEGETAÇÃO

A cobertura vegetal da área em estudo é típica do semi-árido, desenvolvendo uma caatinga do tipo hipo e hiperxerófila, apresentando espécies de porte mais baixo, com caules retorcidos e esbranquiçados que, nos meses secos, perdem suas folhas, reduzindo a transpiração como forma de adaptar-se à falta de água. Após as primeiras chuvas, o verde rapidamente ressurgue sob as árvores e arbustos. Segundo GUIMARÃES DUQUE (*in* ALVARGONZALEZ, 1981) a vegetação da região é descrita como: "É uma associação de plantas com aspecto seco, com árvores e arbustos úmidos, dotadas de espinho, de folhas caídas, caules retorcidos, porte baixo". Os tipos mais frequentes na região de estudo são: jurema (*Mimosa hostile*), catingueira (*Caesalpinia bracteosa*), sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), marmeleiro-preto (*Croton sondarianus*), mandacaru (*Cereus jamacaru*), entre outras (ALVARGONZALEZ, 1981). Essa vegetação natural, porém, encontra-se alterada ou destruída em muitos trechos, substituída por algumas culturas como a cenoura, a beterraba e o tomate.

#### 5.1.5 GEOLOGIA

A escassez de água, assim como a erosão e pedregosidade são os grandes problemas da área que, geologicamente é caracterizada por rochas pertencentes ao Pré-Cambriano, englobando diversas unidades litoestratigráficas, compostas por rochas do embasamento cristalino, sendo caracterizada pela presença de solos do tipo aluvial, Litólico e Planossolos (nas encostas).

O solo em geral é pobre em matéria orgânica, com baixa capacidade de acumulação d'água, embora seja rico em sais minerais solúveis. Porém, devido à pobreza das rochas cristalinas, sob o ponto de vista de produção de água, a ocorrência de águas subterrâneas está condicionada a fendas, fraturas ou aluviões que, mesmo possuindo possanças consideráveis, não se apresentam como mananciais armazenadores de água. Assim, o escoamento fluvial na região só chega a se manifestar, algumas vezes, por ocasião da estação chuvosa, sendo que durante a maior parte do ano não há fluxo

hídrico, havendo a necessidade da adoção de soluções artificiais para o suprimento de água para fins diversos.

O aquífero aluvial em estudo apresenta-se de uma forma geral com as características hidrogeológicas das formações aluviais, com dimensões superficiais variando de 35 a 110m de largura, espessuras variando de 5 a 10m, com contornos laterais conectadas com o embasamento cristalino intemperizado aflorando com a superfície do terreno. Na Figura D (Anexo 2) é apresentado o mapa planialtimétrico da região com a localização das barragens subterrâneas em estudo.

## **5.2 TRABALHO DE CAMPO**

A pesquisa de campo foi efetuada no decorrer de dois anos e meio, quando se analisou:

- ✘ a técnica de construção das barragens;
- ✘ a qualidade da água das barragens subterrâneas e da barragem superficial;
- ✘ a capacidade de recarga das barragens;
- ✘ a tecnologia utilizada na construção dos poços.

Para o início dos trabalhos foi necessário realizar-se uma identificação da localização das barragens subterrâneas construídas na região através de suas coordenadas geográficas com o auxílio de GPS. Posteriormente foi feita inspeção nas áreas das barragens avaliando-se o tipo de solo, vegetação existente, o processo construtivo da barragem, nível de acumulação e sua utilização, classificando-as em ativas e inativas, etc.

No decorrer do reconhecimento da área, foi possível avaliar preliminarmente as condições das barragens subterrâneas e de seus poços amazonas (do tipo anel de concreto), observando-se aspectos como localização, profundidade, extensão dos barramentos, tipo de utilização e número de beneficiados, conforme Tabela 5.2 (ABREU, 2002).

Após este reconhecimento, as barragens foram distribuídas quanto à utilização em duas classificações:

✘ Ativas = As que estão sendo ou já foram utilizadas pela comunidade local não importando seu tipo de uso;

✘ Inativas = As que nunca tiveram algum tipo de uso, dividindo-se em dois grupos:

*Por motivo técnico* = São aquelas que por algum motivo construtivo, discutidos posteriormente, não cumpriram sua função de reter e armazenar água por um período ou que não favoreceram sua captação.

*Por motivos inerentes à população* = São aquelas que apresentam um bom estado do ponto de vista técnico, mas que nunca foram utilizadas pela população por algum motivo, posteriormente discutidos. Os resultados gerais quanto à utilização serão comentados no capítulo seguinte.

Tabela 5.2 - Características das Barragens Subterrâneas da Região de Mutuca.

Local	Nome da barragem	Sigla	Profundidade máxima (m)	Extensão do eixo (m)	Alcance a montante (m)	Nº famílias beneficiadas
Fundão	Fundão I	<b>FI</b>	5,4	50	1.000	21
	Fundão II	<b>FII</b>	4,4	50	300	15
	Cafundó I	<b>CI</b>	4,3	36	1.800	24
Cafundó	Cafundó II	<b>CH</b>	5,5	42	1.300	18
	Cafundó III	<b>CHH</b>	6,0	65	3.000	18
	Cafundó IV	<b>CHV</b>	6,0	64	700	14
Mimoso	Mimoso I	<b>MI</b>	8,0	63	1.100	>15
	Mimoso II	<b>MII</b>	10,0	55	1.100	>15
	Mimoso III	<b>MIII</b>	8,5	76	1.100	>15
	Mimoso IV	<b>MIV</b>	8,5	76	1.000	>15
	Mimoso V	<b>MV</b>	7,5	52	1.200	13
	Riacho Salgado	<b>RS</b>	7,3	92	1100	32
Travessão	Travessão I	<b>TI</b>	6,0	110	1.700	18
	Travessão II	<b>TH</b>	4,0	30	2.000	12
Minador	Sítio Imbé	<b>SI</b>	6,0	52	1.800	>60
J. Vermelho	São José	<b>SJ</b>	6,0	47	3600	>15

### 5.2.1 ANÁLISE CONSTRUTIVA E DE LOCAÇÃO DAS BARRAGENS

Para se obter uma análise das características construtivas das barragens, realizou-se um levantamento de todas as características e particularidades apresentadas em cada uma das barragens construídas, analisando-se para isso o tipo de solo, a vegetação local, o nível de acumulação da água, a existência de outras fontes de consumo, identificada através de entrevistas, a presença de animais a montante das barragens, problemas apresentados após a construção e outros fatores, conforme descrito a seguir.

- ***Barragem Fundão I - FI***

Verificou-se que nenhuma utilização ou possíveis benefícios decorreram de sua construção, apresentando como principal problema o fato de nunca ter retido a água por mais de um dia. Em virtude disso, e pelo fato de haverem outras fontes de abastecimento de água próximas ao local (um barreiro e uma barragem superficial construída a aproximadamente 200m a montante pela associação de moradores local), a barragem subterrânea foi classificada como *Inativa*.

#### **Problemas verificados:**

- ✘ Construção feita nas cabeceiras do riacho;
- ✘ Área de infiltração situada em numa mancha de solo do tipo litólico, com textura média e afloramentos de rocha, o que representa baixa capacidade de infiltração;
- ✘ O leito do riacho no local é bastante estreito;
- ✘ Há presença de plantas indicadoras de salinidade do solo no próprio aluvião;
- ✘ A lona foi colocada suspensa em relação ao septo impermeável pelo motivo do aluvião encontrar-se saturado, tornando-a assim uma barragem submersa suspensa, técnica esta defendida por alguns pesquisadores, mas que resultou no total escoamento da água subterrânea;
- ✘ Rejeição da obra por parte da nova dona da terra por saber que seria comunitária.

- ***Barragem Fundão II – FII***

Um dos fatos primeiramente observados foi a proximidade desta barragem com a anterior, ficando as mesmas distanciadas por apenas 300m, distância esta inferior ao recomendado para a obra, que é de pelo menos 1000m (COSTA, 1997), em virtude principalmente da necessidade de área para recarga.

Como características desfavoráveis observou-se:

- ✘ Presença total de solo do tipo litólico, que apresenta baixa capacidade de infiltração;
- ✘ Assim como a barragem anterior (***FI***), esta também apresentou como característica desfavorável o fato de ter sido construída na cabeceira do riacho, o que acarreta uma pequena contribuição de base e de outras fontes;

Foi observado que ***FII*** sempre retinha água. Porém, por apresentar uma área de recarga muito pequena e pouca capacidade de retenção, sua contribuição para o abastecimento das famílias teoricamente “beneficiárias” não existia, sendo as mesmas também abastecidas pela água da barragem superficial.

- ***Barragem Cafundó I - CI***

No aluvião desta barragem foi encontrada uma plantação de 0,5 hectare de tomate, utilizando o sistema de irrigação por aspersão, com bombeamento a partir de uma escavação a montante do poço da barragem conforme Figura 5.3, devido ao fato do poço construído em anéis de concreto secar muito rapidamente durante o bombeamento.

Pôde-se verificar que o aluvião nas primeiras inspeções encontrava-se saturado, fato este resultante de condições essenciais como:

- ✘ Apresentar um bom distanciamento da cabeceira do vale;
- ✘ O leito do riacho com uma largura adequada;
- ✘ O solo do local ser composto por um aluvião bem definido.



Figura 5.3 – Escavação a montante da barragem *CI* (Mutuca-PE).

- ***Barragem Cafundó II - CII***

Esta barragem, por possuir um aluvião com largura razoável, deveria apresentar em relação à barragem *FI* uma boa condição de acumulação. Porém, o solo encontrado na lateral do riacho foi do tipo litólico, apresentando como característica pequena capacidade de infiltração, apresentando como consequência um no poço amazonas praticamente seco. Verificou-se então que a água utilizada na irrigação das culturas era resultante de uma outra fonte d'água descoberta a 8m de profundidade em um poço localizado a 32m a montante do eixo da barragem.

Na área, a vegetação característica é de caatinga, com presença de cactáceas (faxeiro), como também de algodoeiros, o que indica drenagem deficiente, significando uma possível tendência ao acúmulo de sais, que foi confirmado após um primeiro contato com a água utilizada na irrigação (um pouco salgada), tendo também sido verificada a presença de pequenas manchas brancas no solo irrigado.

- ***Barragem São José – SJ***

Apresentou como característica inicial a presença de um solo do tipo aluvionar com espessa camada de areia, inclusive na superfície, demonstrando alta capacidade de transporte de sedimentos e possivelmente de infiltração da água. Estas constatações comprovaram a

correta locação da barragem, havendo a necessidade da construção de um enrocamento. Nesta ocasião foi possível se constatar o benefício trazido à população pela construção desta barragem, pois era a única fonte de água dentro de um raio de quilômetros.

- ***Barragem Cafundó III – CIII***

Como características principais encontradas no local de construção da barragem pôde-se observar um solo lateral não permeável (planossolo com litólico) com o cristalino aflorando, porém a presença de um aluvião relativamente largo e profundo o que facilitaria a acumulação da água. Em conversa com os moradores locais, foi mencionado o fato do poço da barragem nunca haver enchido, fato este explicado apenas pela baixa capacidade de infiltração dos anéis de concreto do poço. Assim como não poderia deixar de ser, a barragem encontrava-se totalmente abandonada pela população, e seu poço seco, sendo considerada uma barragem *Inativa*.

- ***Barragem Cafundó IV – CIV***

Assim como na barragem anterior, verificou-se que a locação da barragem *CIV* foi feita em local onde lateralmente ao aluvião haviam afloramentos do cristalino, porém a presença de um aluvião relativamente largo e profundo proporciona uma capacidade de acumulação de água satisfatória. Apesar disso, o poço construído a montante da barragem, assim como na barragem *CIII*, não era utilizado pela população, devido à pouca permeabilidade do concreto, sendo utilizado um outro construído a 145m do barramento, suprindo a todas as necessidades, inclusive a de criação de animais no local.

- ***Barragem Sítio Imbé – SI***

Devido ao fato de a população beneficiária ter solicitado a construção da barragem e por esta ser a única fonte de água potável local, todos os cuidados com o poço da barragem e sua limpeza periódica foram assumidos pela população. Nesta foi inclusive regulamentada a retirada de água em horários programados, com o objetivo de assegurar a continuidade do fornecimento para os usos mais nobres. Como características especiais encontradas, tem-se o

fato de que a barragem está inserida numa área afastada, com muito pouca vegetação natural e algumas vezes com a presença de animais a montante do barramento.

- ***Barragem Mimoso II – MII***

Com relação ao local de construção desta barragem, foi constatado que nenhum esclarecimento foi dado à população sobre seus possíveis usos e nem sobre os riscos pela não utilização da água. Assim, no momento da visita foi encontrado o poço em total abandono, com a população utilizando a água de um barreiro próximo, tanto para a criação de bode quanto para o consumo familiar. Verificou-se então que a barragem foi locada em um aluvião relativamente largo, com uma boa contribuição de escoamento das encostas (solos do tipo litólico), sendo perfeitamente capaz de armazenar água em boa quantidade.

- ***Barragem Mimoso III – MIII***

Durante a inspeção no local pôde-se verificar que apesar do solo lateral ao aluvião da barragem ser uma mancha de solo do tipo litólico com textura média, representando baixa capacidade de infiltração, a barragem apresenta constantemente (segundo informações) um bom volume de água, explotado através de um outro poço construído (**P4**) em tijolos maciços, a uma distância de 47m a montante do barramento, responsável pelo abastecimento da criação de gado. Cumpre salientar que estes animais eram criados no terreno logo a montante do barramento.

- ***Barragem Riacho Salgado – RS***

Esta barragem apresentou como característica inicial ser uma das maiores executadas, em relação ao eixo barrável.

O solo lateral a montante da barragem, apesar de ser predominantemente litólico, apresentava algumas culturas de subsistência, devido à presença de uma espessa capa aluvionar no riacho que permitia o acúmulo da água e sua posterior retirada através do poço amazonas construído. Foi então verificado que o acúmulo de água no poço era prejudicado



pelo fato do local apresentar declividade significativa, favorecendo o escoamento em época de chuva, aliada ao fato de a barragem não ter enrocamento.

- ***Barragem Mimoso IV – MIV***

Com relação à locação, foi verificada a presença de solo predominante do tipo litólico, necessitando para uma melhor condição de recarga, da construção de uma barragem de enrocamento com o fim de reter o rápido escoamento da água proporcionado pelo solo.

Foi ainda constatado que, apesar do poço da barragem apresentar água, sua utilização era apenas para a criação de poucos animais (jumentos), sendo necessário um trabalho de conscientização para população beneficiária visando o correto aproveitamento da obra.

- ***Barragem Mimoso V – MV***

Nas proximidades dessa barragem pôde-se observar a presença de plantas indicadoras de água, como o Juazeiro e o Mulungu, e que o vale e o aluvião eram abertos, favorecendo o escoamento da água.

No poço da barragem construída constatou-se que o principal uso era o doméstico, principalmente na lavagem de roupas, conforme mostrado na Figura 5.4, devido à qualidade da água ser inferior a de outras fontes.



Figura 5.4- Mulheres lavando roupa no poço da barragem *MV*.

- ***Barragem Travessão I – TI***

Como principal característica na área dessa barragem foi observada a presença de solo litólico com um pouco de planossolo nas encostas, o que caracteriza um escoamento rápido e momentâneo. O fato das encostas terem declividade acentuada e o aluvião ser bastante espesso favorece a infiltração, tornando possível o acúmulo de água suficiente para uma agricultura de subsistência. Esta acumulação poderia ser melhorada com a construção de uma barragem de enrocamento, proporcionando a retenção de um volume ainda maior de água e conseqüentemente um melhor aproveitamento na agricultura.

Assim, foi verificado que a barragem subterrânea do local cumpriu seu papel, proporcionando à população beneficiada condições de retirar da terra seu sustento.

- ***Barragem Travessão II – TII***

Como primeira característica observada estava a maciça presença do solo do tipo litólico lateralmente ao aluvião, caracterizando uma alta capacidade de escoamento e não de

acumulação da água. Isto, aliado ao fato do aluvião local ser estreito com um vale muito suave, definiu as características básicas de uma barragem de pequeno acúmulo de água, fato este verificado no decorrer do monitoramento.

Com relação à utilização da área, pôde-se observar sempre a presença de animais (burros e algumas vezes cabras), fator decisivo para a má qualidade da água sob os aspectos sanitários, o que se constatou depois.

### 5.2.2. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

Após a verificação das características das barragens construídas, foram realizadas coletas de amostras de água de todos os poços amazonas e da barragem superficial existente na área, para análise em laboratório. De posse dos resultados, foi realizada uma avaliação da qualidade da água, sendo estabelecidos 9 pontos de maior interesse para a pesquisa (Figura 5.5).

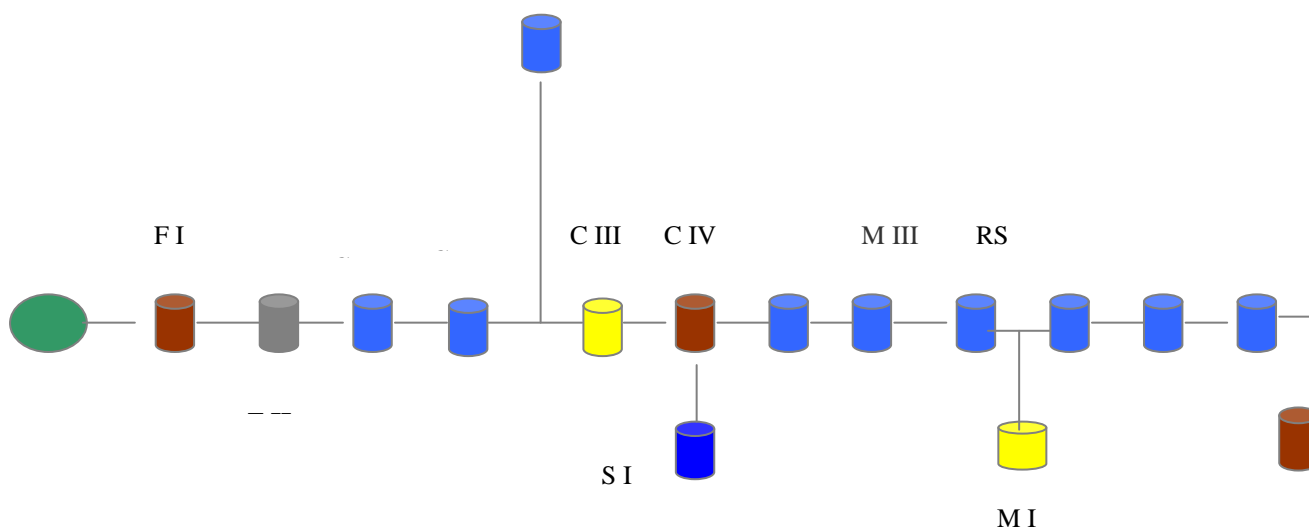


Figura 5.5 - Esquema das barragens monitoradas pela UFPE, destacando em azul as barragens escolhidas para o monitoramento, as amarelas as assoreadas, em marrom as barragens secas, em cinza a barragem natural já existente e em verde a barragem superficial.

Os locais de maior interesse para a pesquisa foram:

**Barragem superficial** – Local bastante freqüentado pela população local com a finalidade de retirar a água para consumo humano através de baldes ou ainda para a lavagem de roupas.

**CI** – Por ser utilizada para irrigação quase que permanentemente, havendo a necessidade de se realizar um controle da aplicação de pesticidas e adubos.

**CII** – Devido ao grande plantio a montante da barragem (controle de pesticidas e adubos).

**SI** – Devido ao uso intensivo no abastecimento doméstico.

**MII** – Em virtude da criação de bodes a montante da barragem, necessitando um acompanhamento bacteriológico da água.

**MIII** – Pela criação de gado circulando livremente na área (acompanhamento bacteriológico da água).

**RS** – Devido à irrigação a montante da barragem (controle de pesticidas e adubos).

**MV** – Em decorrência do uso da água nas residências.

**TI** – Por estar localizada no final da área em estudo.

### **5.2.2.1 Coleta de Amostras de Água**

As coletas de água foram realizadas de agosto a dezembro de 2000, reiniciando em maio de 2001, estendendo-se até agosto de 2001, em intervalos de aproximadamente 30 dias.

As amostras destinadas às análises físico-químicas foram coletadas em garrafas de polietileno, com um volume de 5 litros, enquanto que as destinadas à análise bacteriológica

foram coletadas em frasco de vidro neutro com capacidade de 250 ml, tomando-se os devidos cuidados com as técnicas de coleta (Figura 5.6) e estocagem. Após as coletas, as águas foram encaminhadas a um laboratório para análise (mantidas resfriadas a 4 °C até o momento da análise). Os resultados foram armazenados em um banco de dados e submetidos à análise de consistência. Ao total, foram realizadas análises em 102 amostras de água, sendo 10% dos resultados eliminados por serem considerados inconsistentes, devido principalmente a problemas de prazo de validade para análise das amostras.



Figura 5.6 – Coleta de amostra de água na barragem *MV*.

#### **5.2.2.2 Métodos para obtenção de parâmetros**

Com exceção dos dados de pH, Condutividade Elétrica e Temperatura, que foram obtidos no campo, todos os demais parâmetros foram determinados no laboratório de Análise do Grupo de Saneamento Ambiental da UFPE, utilizando os métodos descritos no STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER (1992) para realização das análises, especificados na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Métodos utilizados na obtenção dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos no laboratório de Análise do Grupo de Saneamento Ambiental da UFPE.

MÉTODO	PARÂMETRO
Com auxílio de turbidímetro	Turbidez (ftu)
Ótico Comparativo	Cor (uH)
Titulação Potenciométrica	Alcalinidade total, Carbonato e Cloretos
EDTA (Titulação)	Dureza e Cálcio
Fotômetro de Chamas	Sódio e Potássio
Fotômetro Merck	Ferro Total e Manganês
Método de Ácido Cromatrópico	Nitrato
Kit de Nitrito	Nitrito
Turbidímetro	Sulfato
Diferenciação de Cálcio e Dureza	Magnésio
Conduvímetero	Condutividade Elétrica
Kit de amônia	Amônia
Phmetro	pH
Titulação	Cloreto
Turbidímetro	Sulfato
Tubos Múltiplos e Membrana Filtrante	Coliforme total
Técnica dos Tubos Múltiplos	Coliforme fecal

Ftu = unidade nefelométrica de turbidez

### 5.2.2.3 Critérios Adotados para classificação da qualidade

#### 5.2.2.3.1 Potabilidade

As águas são geralmente consideradas potáveis quando podem se consumidas pelo homem sem ocasionar prejuízos à saúde, apresentando um aspecto límpido e transparente, sem cheiro ou gosto objetáveis. Os valores de referência variam em cada região. Entretanto, há uma tendência mundial para a padronização baseada nas normas da OMS (Organização

Mundial de Saúde). A Tabela 5.3 mostra os padrões de potabilidade de alguns parâmetros vigentes no Brasil, EUA, Canadá e Alemanha.

Tabela 5.4.- Padrões de potabilidade.

	Parâmetro	Unidade	Fonte de referência					
			1	2	3	4	5	6
I	Cor	Pt/L	15	20	5	15	15	-
	Turbidez	UNT	5	5	1	5	1-5	-
	pH	-	6.5-8.5	-	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-9.5
	Fluoretos	mg/l F	1.5	0.6-1.7	0.6-1.7	1.5	4.0	1.5
	Nitratos	mg/l N	10	10	10	10	10	50
	Nitritos	mg/l N	-	-	-	1.0	-	0.1
II	Cloretos	mg/ Cl	250	600	250	250	250	-
	Dureza Total	mg/l	500	-	500	-	-	-
	Ferro Total	mg/l Fe	0.3	1.0	0.3	0.05	0.05	0.05
	Manganês	mg/l Mg	0,1	0,5	0,1	0,05	0,05	0,05
	Sódio	mg/l Na	200	-	-	-	-	-
	STD	mg/L	1.000	1.000	1.000	500	500	-
II	Col. Totais	NMP em 100 ml	0	-	0	10	-	-
I	Colif. Fecais	NMP em 100 ml	0	-	0	0	-	-

NOTAS:	
- Parâmetros físicos e organolépticos	1- OMS (recomendado)
I-Parâmetros químicos que afetam a qualidade organoléptica	2- Dec. Fed. nº 79637 de 09/03/77
II -Parâmetros microbiológicos	3- Port. 36 do Min. Da Saúde de 19/01/90
	4- Canadá
	5- EUA
	6- Alemanha

Fonte: Adaptada de CETESB, 1990, *in* Feitosa *et al*, 1997

#### 5.2.2.3.2 Irrigação

Apesar dos padrões da água para uso na irrigação serem mais simples do que para abastecimento doméstico, sua utilização leva em conta, além da composição físico-química da

água, também as características da espécie vegetal (tolerância à salinidade, seu ciclo de vida, etc) e do solo (permeabilidade, porosidade, textura, composição mineral, etc.).

O critério mais utilizável para classificar as águas para irrigação é o estabelecido pelo USSL (United States Salinity Laboratory). Esta classificação é baseada na RAS (razão de adsorção de sódio), também conhecida por SAR (do inglês *sodium adsorption ratio*), e na condutividade elétrica (Figura 5.7), parâmetro muito importante para avaliar o índice de salinidade da água.

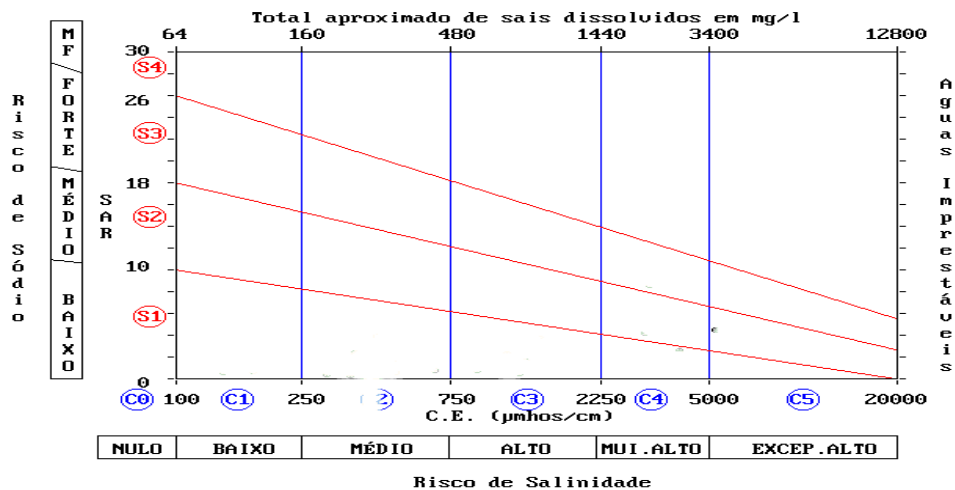


Figura 5.7 - Gráfico do USSL para classificação da água em irrigação.  
FONTE: (SECTMA, 1998).

Assim, BERNARDO (1978), apresenta uma classificação semelhante à proposta pela USSL, correspondendo às seguintes condições:

As classes de irrigação variam desde C<sub>1</sub>-S<sub>1</sub> até C<sub>5</sub>-S<sub>4</sub>, sendo as variáveis C (indicativa da salinidade, expressa pela condutividade elétrica) e S (indicativa da sodicidade expressa pelo RAS) correspondentes às seguintes condições:

✘ C<sub>1</sub> - Condutividade Elétrica compreendida entre 100 e 250 µS/cm, a 25 °C e sólidos dissolvidos entre 64 e 160 mg/l.



Por serem águas de baixa salinidade, podem ser utilizadas para irrigar a maioria das culturas, em quase todos os solos, com baixo risco de incidentes quanto à salinização do solo, salvo se a sua permeabilidade for extremamente baixa.

Desta forma, a classe C<sub>1</sub> indica baixo risco de salinização.

✘ C<sub>2</sub> – Condutividade Elétrica compreendida entre 250 e 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , a 25 °C e sólidos dissolvidos entre 160 a 480 mg/l.

Por serem águas de salinidade média, podem ser utilizadas com precaução, preferencialmente em solos siltico-arenosos, siltosos ou areno-argilosos quando houver uma lixiviação moderada. Os vegetais de fraca tolerância salina podem ser cultivados, na maioria dos casos, sem perigo. Portanto, é considerado médio o risco à salinização.

✘ C<sub>3</sub> – Condutividade Elétrica entre 750 e 2250  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , a 25 °C, e sólidos dissolvidos entre 480 e 1440 mg/l.

Como são águas de elevada salinidade, somente podem ser utilizadas em solos bem drenados e apenas com culturas de alta tolerância salina. Portanto, o risco de salinização é considerado alto.

✘ C<sub>4</sub> – Condutividade Elétrica entre 2.250 e 5.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , a 25°C e sólidos dissolvidos entre 1.440 e 3.200 mg/l.

Como são águas de salinidade muito alta, em geral não servem para irrigação, todavia podem ser excepcionalmente utilizadas em solos arenosos permeáveis, bem cuidados e abundantemente irrigados. Apenas as culturas de altíssima tolerância salina podem ser irrigadas.

Esta classe indica como muito alto o risco à salinização.

- ✘ **C<sub>5</sub>** – Condutividade Elétrica entre 5.000 e 20.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , a 25°C e sólidos dissolvidos entre 3.200 e 12.800mg/l.

São águas de salinidade extremamente alta, utilizável apenas em solos excessivamente permeáveis e muitos bem cuidados, sobretudo aqueles com condutividade acima de 10.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Novamente é considerado muito alto o risco à salinização.

- ✘ **S<sub>1</sub>** - águas fracamente sódicas, podendo ser utilizadas para quase todos os solos com baixo risco de formação de teores nocivos de sódio susceptível de troca. Presta-se ao cultivo de quase todas as culturas;

- ✘ **S<sub>2</sub>** - águas medianamente sódicas: apresentam perigo de sódio para os solos de textura fina e elevada capacidade de troca de cátions. Podem ser utilizadas para solos de textura grosseira ou ricos em matéria orgânica e com boa permeabilidade;

- ✘ **S<sub>3</sub>** - águas altamente sódicas. Há perigo de formação de teores nocivos de sódio na maioria dos solos, salvo nos solos gipsíferos. Exigem tratamento especial do solo (boa drenagem, lixiviação e presença de matéria orgânica) e podem ser utilizados em culturas com alta tolerância ao sódio;

- ✘ **S<sub>4</sub>** - águas extremamente sódicas, geralmente imprestáveis para a irrigação, salvo se a salinidade global for fraca ou pelo menos média. Podem ser utilizadas em solos altamente drenáveis, ricos em carbonatos.

Assim, as águas para irrigação, em solos não permeáveis, deverão ter um padrão de qualidade, em relação à salinização, nunca superiores à classe C2S2 (Condutividade Elétrica, CE <750 mhos/cm, e relação de Adsorção de Sódio, SAR <2,05).

#### 5.2.2.3.3 Dessedentação de animais

Para consumo animal não existem padrões de qualidade da água muito rígidos, adotados universalmente, devido à diversidade das espécies de animais, variedade de raças, tamanho, sexo, além da influência exercida pelos diferentes climas regionais.

A água para o consumo animal, antes de ser fornecida, deve ser avaliada nos aspectos químico, físico-químico, biológico e radiológico, para evitar intoxicações e até a morte do animal, pois concentrações salinas demasiadamente elevadas causam distúrbios no organismo dos seres vivos. Um exemplo disto foi tido na Austrália Ocidental, onde foram ministradas aos equinos, ao gado leiteiro e de corte, e mais intensamente aos ovinos, de maior capacidade de tolerância salina, águas com resíduo seco maior que 6.000 mg/l, com limite superior de 12.900 mg/l. Após algum tempo, foi observado um retardamento, quanto ao desenvolvimento dos rebanhos, em função do crescente conteúdo de sais das águas disponíveis (LEAL, 1997).

LARAQUE (1991) citou as implicações causadas pela ingestão de concentrações salinas em diversos níveis, nos organismos de animais (rebanho e aves). Segundo o autor, esta ingestão tem as seguintes implicações:

- ✘ Concentrações menores que 1.000 mg/l – Teor de sal relativamente fraco. Excelente para todas as categorias de rebanho e aves.
  
- ✘ Concentrações entre 1.000 e 3.000 mg/l – Muito bom para todas as categorias. Pode ocasionar uma diarreia leve, nos animais que não estão habituados com essa qualidade de água, provocando fezes aquosas nas aves.
  
- ✘ Concentrações entre 3.000 e 5.000 mg/l – Água muito boa para os rebanhos, mas pode causar diarreia temporária naqueles animais que não estão habituados, ou ser rejeitada por estes no começo. Medíocre para aves, originando evacuações líquidas e uma grande mortalidade, principalmente nos perus.
  
- ✘ Concentrações entre 5.000 e 7.000 mg/l – Razoavelmente segura para os rebanhos leiteiros e de corte, carneiros, porcos e cavalos. Evitar para os animais gestantes ou para aqueles que estão amamentando. Não aceitável para aves.

✘ Concentrações entre 7.000 e 10.000 mg/l – Imprópria para aves e provavelmente para o porco. Risco considerável de ser utilizada por vacas, jumentos ou ovelhas gestantes ou que estão amamentando ou mesmo para seus filhotes.

✘ Concentrações maiores de 10.000 mg/l – Os riscos ligados à utilização dessas águas muito salgadas são tão consideráveis que se torna impossível a sua utilização em quaisquer que sejam as circunstâncias.

Os limites médios de tolerância a sais, dos diversos tipos de animais mais comuns, são apresentados na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Limites médios de tolerância a sais em relação à STD (Sólidos Totais Dissolvidos).

<b>Animal</b>	<b>STD (mg/l)</b>
Aves	2.860
Porcos	4.220
Cavalos	6.435
Gado (de leite)	7.180
Gado (de corte)	10.000
Carneiros	12.900

Fonte: LARAQUE (1991).

LOGAN (1965) descreve o critério adotado pelo estado de Montana, nos Estados Unidos da América, que toma como referência para a classificação das águas seu resíduo seco (STD), conforme Tabela abaixo.

Tabela 5.6 – Classificação das águas para consumo animal (LOGAN, 1965).

<b>Gado</b>	
Água	STD (mg/l)
Boa qualidade	< 2.500
Qualidade satisfatória	2.500 a 3.500
Baixa qualidade	3.501 a 4.500
Qualidade Insatisfatória	> 4.500

### 5.2.3. AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ACUMULAÇÃO

Para os pontos considerados de maior interesse, procedeu-se então a instrumentação de campo, visando uma avaliação da capacidade de acumulação das barragens em estudo.

#### 5.2.3.1 Dispositivos experimentais

Os dispositivos instalados, usados ou construídos em campo tiveram como objetivo o fornecimento de dados nas subáreas em estudo.

##### 5.2.3.1.1 Poços de observação

Os poços de observação possibilitaram o acompanhamento da variação do nível de água do lençol freático.

#### Instalação

Foi instalado um tubo de 75 mm de diâmetro, formando em sua base um filtro com brita e com areia grossa, fazendo com que o fluxo de água ocorra somente pelos filtros. Os piezômetros construídos possuem em média 4,00m de profundidade. Na Figura 5.8 pode-se observar o esquema construtivo dos piezômetros.

Depois de concluídas as instalações dos oito piezômetros (poços de observação), foram iniciados os registros dos níveis freáticos em relação ao nível do terreno no período de agosto de 2000 a abril de 2001.

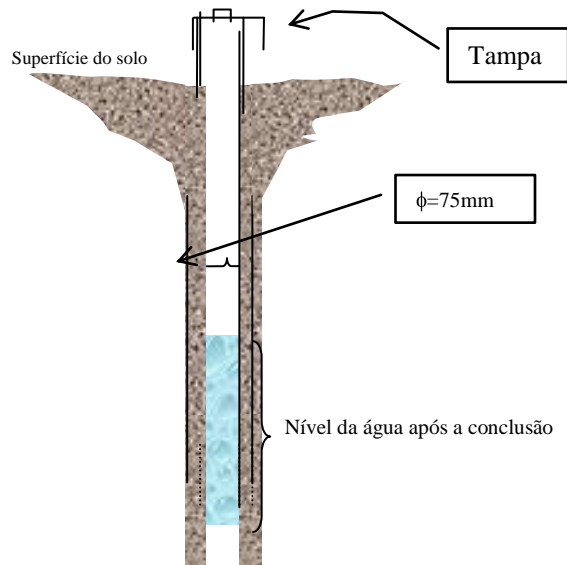


Figura 5.8 – Esquema construtivo do poço de observação na área em estudo.

#### Obtenção de dados de flutuação do nível d'água:

É de alta complexidade a previsão do comportamento das relações entre as águas superficiais e subterrâneas nas pequenas bacias hidrográficas dotadas de aquíferos aluviais. Contudo, as condições climáticas prevalentes na região semi-árida são caracterizadas pela nítida divisão entre os períodos secos e chuvosos, permitindo algumas simplificações quando se estuda o sistema. Os processos de infiltração e recarga, por exemplo, ficam limitados preponderantemente ao período chuvoso, enquanto que a restituição à superfície, pelo aquífero aluvial, é interrompida pouco depois do início do período seco. Isso leva a concluir que durante a maior parte do período de estiagem ocorre exclusivamente um esvaziamento do aquífero, através do escoamento subterrâneo, evaporação e retiradas.

Os dados de flutuação do nível d'água nas estações principais foram obtidos a partir de leituras efetuadas em piezômetros de tubo aberto e cacimbões, instalados em cada uma das barragens subterrâneas.

A evolução dos níveis freáticos com o tempo, nos piezômetros e poços amazonas durante o período de agosto de 2000 a abril de 2001 foi registrada em coletas de campo em

intervalos mensais e representada num gráfico (Figura 5.9). A seqüência dos poços neste gráfico de baixo para cima indica a localização dos respectivos poços na área de estudo na direção montante para jusante. Pode-se observar à primeira vista o declive quase linear da variação de carga hidráulica dos poços piezométricos e amazonas durante o período de estiagem e uma subida brusca já no início das chuvas. Nos meses de janeiro e fevereiro de 2001, o poço piezométrico localizado a jusante de CI secou devido à estiagem anual, enquanto no piezômetro, instalado 20 metros a montante, registrou-se nível freático ainda não seco. Este fenômeno não é claramente visível nesta figura.

A grande incerteza neste estudo se apresenta no perfil da base cristalina do aluvião que não pôde ser levantada neste curto período de estudo, principalmente devido as poucas perfurações executadas. Saliências e depressões no leito rochoso, quando coincidentes com os piezômetros, gerariam influência sobre a acumulação localizada.

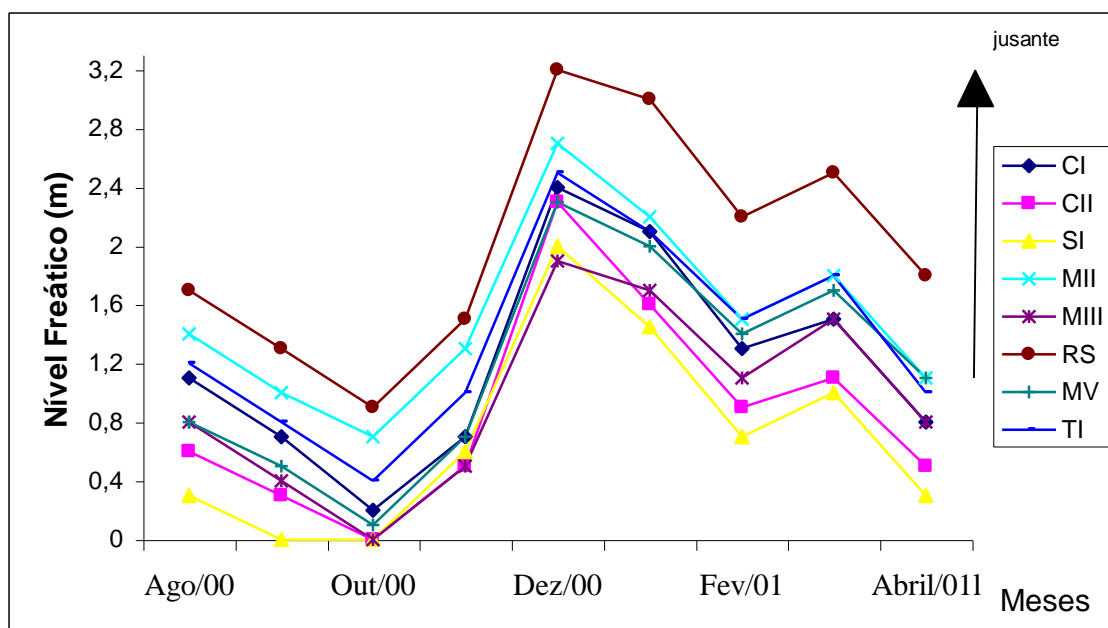


Figura 5.9- Gráfico da evolução do nível freático no tempo (agosto/00 a abril/01).

#### 5.2.3.1.2 Pluviometria

Os dados sobre a precipitação pluviométrica da localidade foram coletados diariamente a partir do mês de março do ano de 2000, quando foi instalado um pluviômetro do tipo Ville de Paris (Figura 5.10), pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), localizado na Latitude (S) 08°12'14,3" e Longitude (W.Gr.) 36°32'49,6", estando seus dados disponíveis apenas para os anos de 2000 e 2001, o que é um espaço de tempo muito curto para ser considerado na obtenção de condições médias. Seu maior objetivo foi a comparação dos dados diários local com os obtidos pela estação pluviométrica de Jataúba para um período de 23 anos, sendo estes perfeitamente aceitáveis por possuírem aspectos climáticos semelhantes. Os dados da precipitação diária, não só do pluviômetro instalado, como também do município de Jataúba (coletados pelo CONDEPE / SUDENE) estão apresentados no Anexo 3.



Figura 5.10 – Pluviômetro instalado na área em estudo.

Assim, nos quadros apresentados a seguir, estão transcritas respectivamente as médias mensais dos citados valores para o município de Jataúba e a precipitação da região em estudo.



Tabela 5.7 – Precipitação média mensal (PRE) do município de Jataúba (PE). Médias mensais em um período de 23 anos. (Fonte: CONDEPE / SUDENE, 1990)

Parâmetros	Jan.	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul.	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
PRE (mm)	31,2	50,6	104	91,2	65,2	48,7	52,7	18,6	4,0	6,3	12,3	24,9	627

Tabela 5.8 - Precipitação média mensal (PRE) da região em estudo (PE). Médias mensais para um período de 02 anos.

Parâmetros	Jan.	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul.	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
PRE (mm) 2000	10,1	52,3	120,3	99,6	79,4	69,7	104,1	37,6	13,5	0,2	14,5	91,3	692,6
PRE (mm)	12,1	0,0	59,3	5,9	0	133,2	7,2	10,8	2,0	0,0	10,1	35,2	275,8

Para a região em estudo, embora a variação da precipitação seja significativa entre os anos de 2000 e 2001, pode-se supor que os dados do posto em questão refletem bem o comportamento do local estudado.

A Figura 5.11 a seguir ilustra a sazonalidade da precipitação na região, típica do Agreste Pernambucano, o que permite observar que existem dois períodos de chuva ou estiagem a serem considerados. O período que vai do mês de fevereiro a julho, onde ocorrem valores de precipitação significativas e o período que vai do mês de agosto a janeiro, onde os valores de precipitação pluviométrica foram baixos ou praticamente inexistentes, sendo clara a necessidade de água para cultivo nos meses mais secos, em decorrência da carência de chuvas. O quadro é similar para outras regiões do Estado, com antecipação da quadra chuvosa para a região do Sertão.

Da Figura 5.11 pode-se supor maior similaridade da precipitação ocorrida no ano de 2000, quando comparada com o ano seguinte, com a precipitação média de Jataúba.

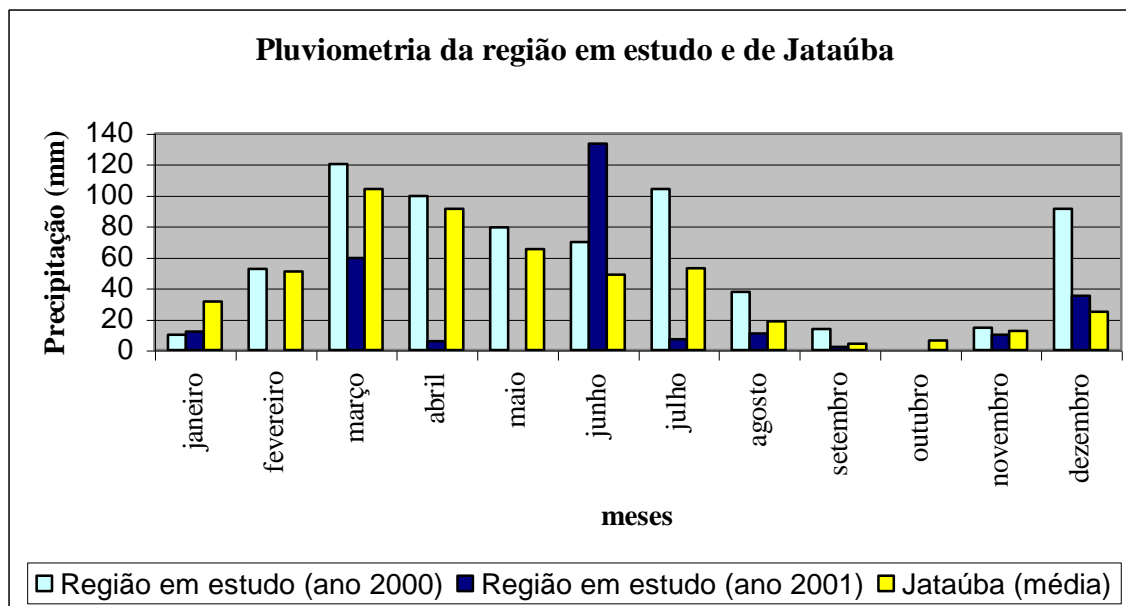


Figura 5.11 - Médias mensais pluviométricas do município de Jataúba (PE), num período de 23 anos e pluviometria da região em estudo para um período de 02 anos.

Como inexistiam observações de temperatura e evapotranspiração potencial para a área em estudo, foram adotados os dados da estação climatológica de Pesqueira, distante cerca de 22 Km da área, com médias mensais para um período de 30 anos (Tabela 5.9). É notável a característica das regiões semi-áridas, com relação a elevadas taxas de evapotranspiração potencial (cultura de referência) em face à relativamente baixa pluviosidade, com distribuição temporal irregular.

Tabela 5.9 - Dados climatológicos do município de Pesqueira(PE). Médias mensais em um período de 30 anos. (TEMP = temperatura média; ETP = evapotranspiração potencial)

(Fonte: CISAGRO, 1980)

Parâmetros	Jan.	Fev.	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul.	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
TEMP (°C)	25	24	24	23	22	21	20	20	22	23	24	24	23
ETP (mm)	164	147	153	133	122	106	110	125	140	159	160	163	1683

Em conseqüência dos fatores climáticos e hidrológicos adversos, a região apresenta uma evapotranspiração potencial média anual elevada, em torno dos 1600 mm (CISAGRO, 1980). Esta evapotranspiração corresponde à média aritmética mensal de 140 mm. Esta informação, quando analisada em relação aos índices pluviométricos da estação de Jataúba e da área do sistema aluvião, mostra que há um déficit hídrico em todos os meses do ano, como mostram os hietogramas da Figura 5.12. Embora os dados coletados no local não representem uma série histórica de precipitações para a região, pode-se considerar um balanço hídrico negativo durante todo o ano, e numa situação mais crítica nos meses secos.

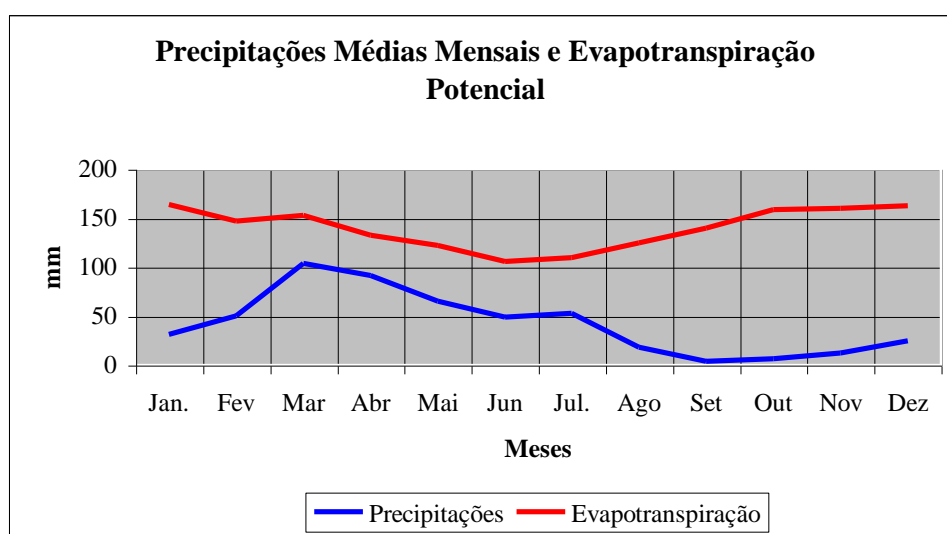


Figura 5.12- Precipitações médias mensais de Jataúba e evapotranspiração potencial.

### 5.2.3.1.3 As reservas de água subterrânea

Com o intuito de se obter uma estimativa do volume de água subterrânea explorável no aluvião, foram realizadas campanhas de medição de níveis d'água nos poços existentes. Os resultados já foram apresentados na Figura 5.9.

Para a estimativa da reserva de água acumulada, admitiu-se, por simplicidade:

- ✘ Nível piezométrico uniforme (igual ao registro no piezômetro) na região de influência da barragem;
- ✘ Largura transversal do aluvião igual à registrada no eixo da barragem;
- ✘ Porosidade estimada (9,81%).

Tomando-se como ponto de partida a primeira campanha de medição dos níveis d'água dos poços em estudo, o volume de aluvião saturado, multiplicado pelo valor da porosidade eficaz (9,81 %), fornece a reserva de água subterrânea naquela ocasião, de aproximadamente 72.000m<sup>3</sup>, conforme Tabela 5.7.

Realizando os mesmos cálculos para as datas seguintes, medições de dez/00, fev/01 e abril/01, verificou-se que os volumes simplificados e aproximados das reservas de água subterrânea voltaram a crescer no mês de dezembro/00, atingindo 169.000 m<sup>3</sup>, devido a uma recarga ou recuperação de níveis dos poços decorrente de precipitações ocorridas na área em estudo, tendo uma queda no mês de fev/01 para 95.000 m<sup>3</sup> e mais ainda no mês de abril/01 para 67.000 m<sup>3</sup>, conforme Figura 5.13.

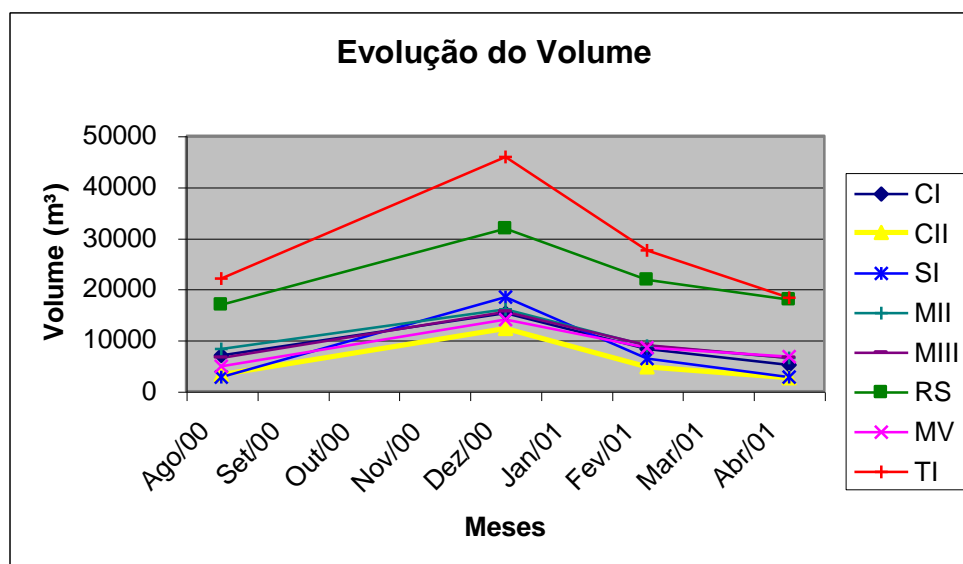


Figura 5.13 – Evolução do volume de acumulação no aluvião.

Os volumes das reservas estimadas refletem condições de saturação do aquífero bastante reduzidas, motivadas pela ocorrência de baixos índices pluviométricos pelo segundo ano consecutivo. Deve-se observar que, além das simplificações de cálculo feitas, houve a exploração da água no aluvião, sobretudo para irrigação.

Tabela 5.10 – Variação das reservas de água subterrânea.

<b>CI</b>	Ago/00	Dez/00	Fev/01	Abr/01
Porosidade	0,0981	0,0981	0,0981	0,0981
Profundidade (m)	1,1	2,4	1,3	0,8
Extensão do eixo (m)	36	36	36	36
Alcance a montante (m)	1.800	1.800	1.800	1.800
<b>TOTAL (m<sup>3</sup>)</b>	6.992	15.256	8.263	5.085
<b>CII</b>	Ago/00	Dez/00	Fev/01	Abr/01
Profundidade (m)	0,6	2,3	0,9	0,5
Extensão do eixo (m)	42	42	42	42
Alcance a montante (m)	1.300	1.300	1.300	1.300
<b>TOTAL (m<sup>3</sup>)</b>	3.213	12.319	4.820	2.678
<b>SI</b>	Ago/00	Dez/00	Fev/01	Abr/01
Profundidade (m)	0,3	2	0,7	0,3
Extensão do eixo (m)	52	52	52	52
Alcance a montante (m)	1.800	1.800	1.800	1.800
<b>TOTAL (m<sup>3</sup>)</b>	2.754	18.364	6.427	2.754
<b>MII</b>	Ago/00	Dez/00	Fev/01	Abr/01
Profundidade (m)	1,4	2,7	1,5	1,1
Extensão do eixo (m)	55	55	55	55
Alcance a montante (m)	1.100	1.100	1.100	1.100
<b>TOTAL (m<sup>3</sup>)</b>	8.309	16.024	8.902	6.528
<b>M3</b>	Ago/00	Dez/00	Fev/01	Abr/01
Profundidade (m)	0,8	1,9	1,1	0,8
Extensão do eixo (m)	76	76	76	76
Alcance a montante (m)	1.100	1.100	1.100	1.100
<b>TOTAL (m<sup>3</sup>)</b>	6.560	15.582	9.021	6.560
<b>RS</b>	Ago/00	Dez/00	Fev/01	Abr/01
Profundidade (m)	1,7	3,2	2,2	1,8
Extensão do eixo (m)	92	92	92	92
Alcance a montante (m)	1100	1100	1100	1100
<b>TOTAL (m<sup>3</sup>)</b>	16.877	31.768	21.840	17.869
<b>M5</b>	Ago/00	Dez/00	Fev/01	Abr/01
Profundidade (m)	0,8	2,3	1,4	1,1
Extensão do eixo (m)	52	52	52	52
Alcance a montante (m)	1.200	1.200	1.200	1.200
<b>TOTAL (m<sup>3</sup>)</b>	4.897	14.079	8.570	6.733
<b>T1</b>	Ago/00	Dez/00	Fev/01	Abr/01
Profundidade (m)	1,2	2,5	1,5	1
Extensão do eixo (m)	110	110	110	110
Alcance a montante (m)	1.700	1.700	1.700	1.700
<b>TOTAL (m<sup>3</sup>)</b>	22.013	45.861	27.517	18.344
<b>TOTAL GERAL (m<sup>3</sup>) (aprox)</b>	71.618	169.256	95.363	66.555

#### 5.2.4 AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS

O impacto das barragens subterrâneas da região em estudo sobre a população foi analisado com base em entrevistas realizadas com as famílias beneficiárias, onde se procurou avaliar os ganhos, tanto do ponto de vista econômico como social. Esses resultados serão apresentados e discutidos posteriormente.

## **6. ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Nas 16 barragens subterrâneas localizadas na área em estudo, foram avaliados os seguintes aspectos:

- ✘ Atividades nas barragens;
- ✘ Qualidade da água;
- ✘ Aspectos construtivos;
- ✘ Avaliação econômica e social.

### **6.1 ATIVIDADES NAS BARRAGENS**

Após levantamento quanto ao uso das barragens apresentadas no capítulo anterior, em que as mesmas foram avaliadas em:

- ✘ Ativas: As que estão sendo ou já foram utilizadas pela comunidade local não importando seu tipo de uso;
- ✘ Inativas: As que nunca tiveram algum tipo de uso, dividindo-se em dois grupos:

*Por motivo técnico*: São aquelas que por algum motivo construtivo, não cumpriram sua função de reter e armazenar água por um período ou que não favoreceram sua captação.

*Por motivos inerentes à população*: São aquelas que foram corretamente construídas, mas que nunca foram utilizadas pela população por algum motivo.

Das barragens acompanhadas na região de Mutuca, 11 são ativas e 05 são inativas por motivos técnicos. Esses motivos serão analisados posteriormente.

## **6.2 ASPECTOS QUALITATIVOS DA ÁGUA**

Considerando-se o rigor climático do semi-árido do Nordeste, não é de se esperar águas de ótima qualidade nas aluviões ou açudes. De um modo geral, com efeito, as águas nos depósitos aluviais e açudes da região são, com frequência, sensivelmente carregadas em sais, podendo, no entanto ser consideradas como aceitáveis para alguns usos, sobretudo na freqüente ausência de outros mananciais disponíveis.

### **6.2.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Os resultados encontrados e fornecidos pelos laboratórios foram primeiramente tabelados (Anexo 4) para então serem analisados através de gráficos, onde cada parâmetro foi confrontado com os dados de pluviometria local. Desta forma, foi possível analisar o comportamento dos parâmetros no período do estudo.

Nos gráficos a seguir são comparados:

- ✘ resultados das análises de água no açude;
- ✘ média dos resultados de análise de água retida pela barragem subterrânea;
- ✘ precipitação;
- ✘ padrão da organização Mundial de Saúde para cada parâmetro.

Os gráficos mostram uma forte tendência à perda de qualidade da água armazenada em açudes quando submetidos a períodos de seca, situação comum no Nordeste brasileiro devido às condições climáticas, provocando concentrações de sais a níveis bem acima dos padrões permitidos ou recomendados pelos diversos órgãos responsáveis, como a Organização Mundial de Saúde (OMS). A qualidade sanitária também fica comprometida visto que, enquanto a lâmina d'água diminui a quantidade de animais que se utilizam desta água para dessedentação aumenta nos açudes que resistem à estiagem.



Para efeito comparativo, analisou-se a qualidade da água no aquífero aluvial e em um açude próximo. O comportamento sazonal na qualidade da água foi observado através de análises físico-químicas e bacteriológicas, realizadas em amostras coletadas mensalmente.

A Figura 6.1 apresenta os resultados das análises de cloreto em amostras do açude juntamente com a precipitação mensal e o padrão da OMS (Organização Mundial de Saúde) para o cloreto no período de agosto a dezembro de 2000 e maio a setembro de 2001.

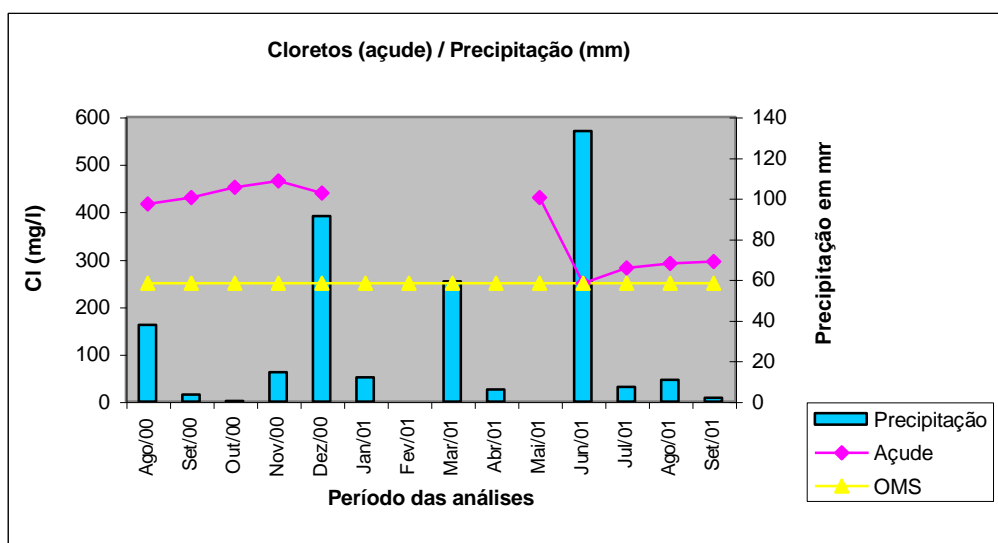


Figura 6.1 - Gráfico dos valores de cloretos no açude e precipitação na área de pesquisa (juntamente com o padrão de potabilidade recomendado pela OMS).

Na Figura 6.1 observa-se uma queda acentuada na concentração de cloretos nas amostras de água do açude com a chegada da estação chuvosa.

Observa-se também neste gráfico, que as concentrações de cloretos nas amostras do açude estão bem acima do valor recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) para suprimento humano, que é de 250 mg de Cl/l.

As Figuras 6.2, 6.3 e 6.4 apresentam os resultados das análises de cloreto em amostras de cada uma das barragens do aquífero aluvial juntamente com a precipitação mensal e o padrão da OMS para o cloreto no período de agosto a dezembro de 2000 e maio a setembro de 2001.

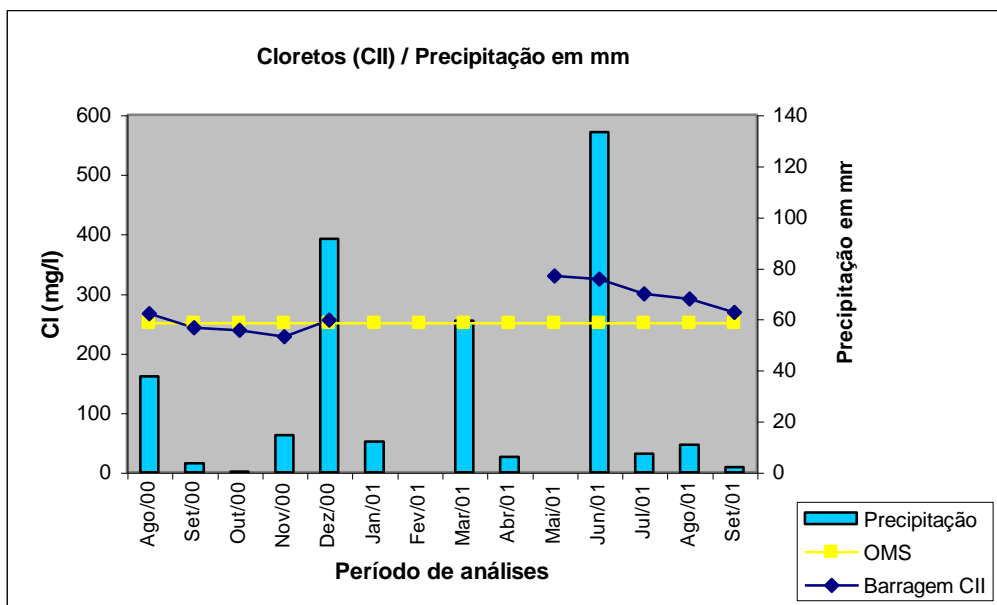
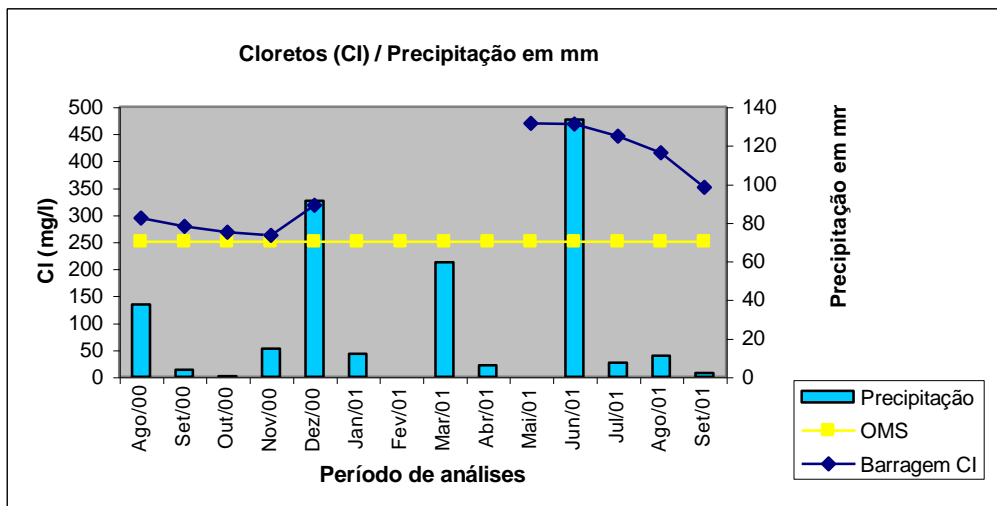


Figura 6.2 – Precipitação (mm) na área em estudo, padrão da OMS para cloretos e valores observados de cloreto nas barragens *CI* e *CII*.

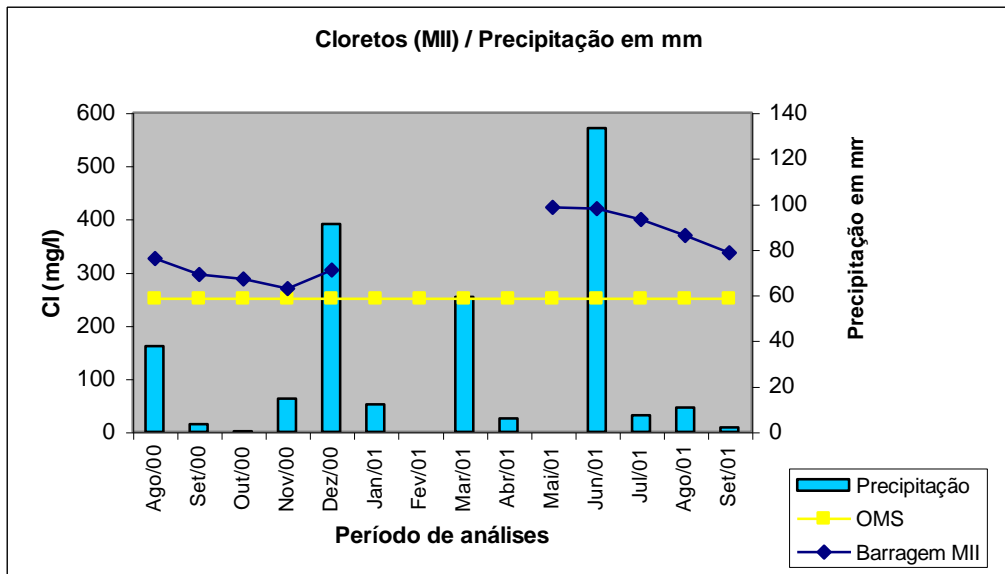
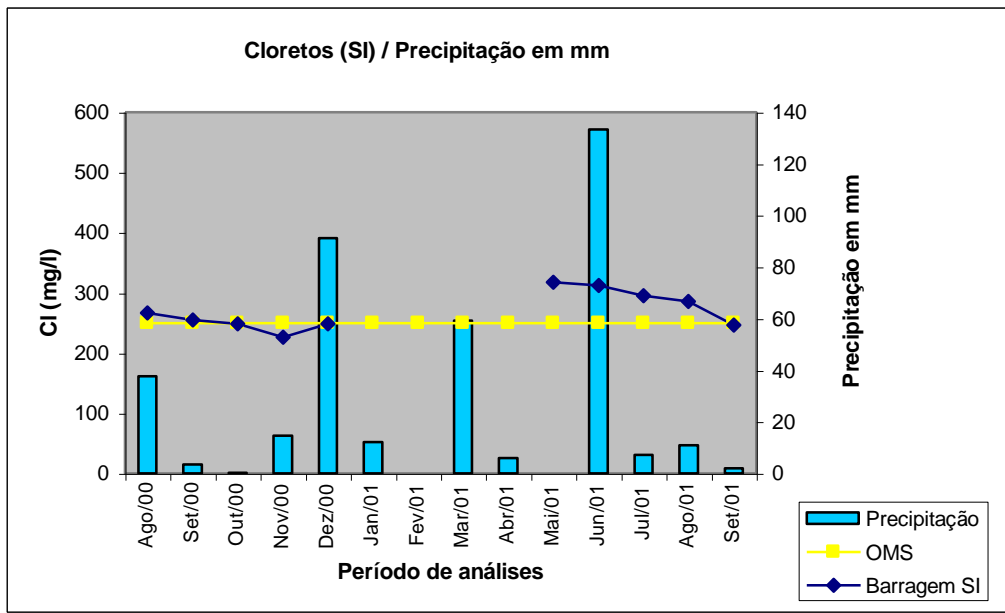


Figura 6.3 – Precipitação (mm) na área em estudo, padrão da OMS para cloretos e valores observados de cloreto nas barragens *SI* e *MII*.

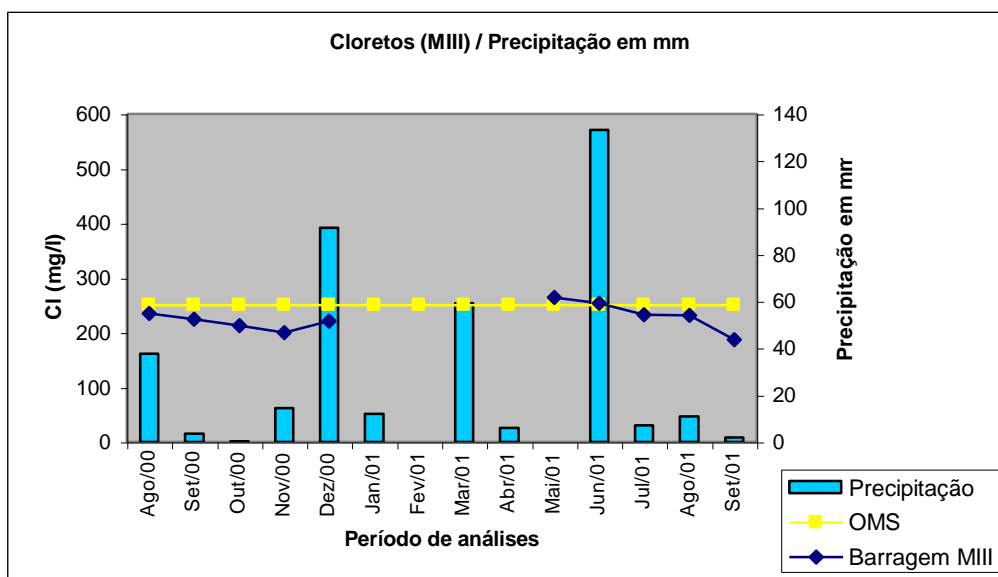


Figura 6.4 – Precipitação (mm) na área em estudo, padrão da OMS para cloretos e valores observados de cloreto na barragem *MIII*.

Observam-se dos gráficos das Figuras 6.2, 6.3 e 6.4, que de agosto a dezembro de 2000 a concentração de cloretos decresceu suavemente em todas as barragens. No período de dezembro a junho de 2001, apenas os meses de maio e junho foram monitorados. Nesse período, normalmente sem ocorrência de precipitações na área, observou-se um incremento no teor de cloretos, que voltou a decair nos meses subsequentes. Conforme esperado, observou-se a sensibilidade da concentração de cloretos à ocorrência de precipitação. Nos períodos logo após a ocorrência de precipitação, com períodos antecedentes secos, observa-se um incremento na concentração de sais pelo efeito da lavagem do solo com carreamento de sais.

Os dados de condutividade elétrica (CE) do açude (Figura 6.5) mostraram que a precipitação proporciona uma diluição e conseqüentemente, a queda da condutividade elétrica.

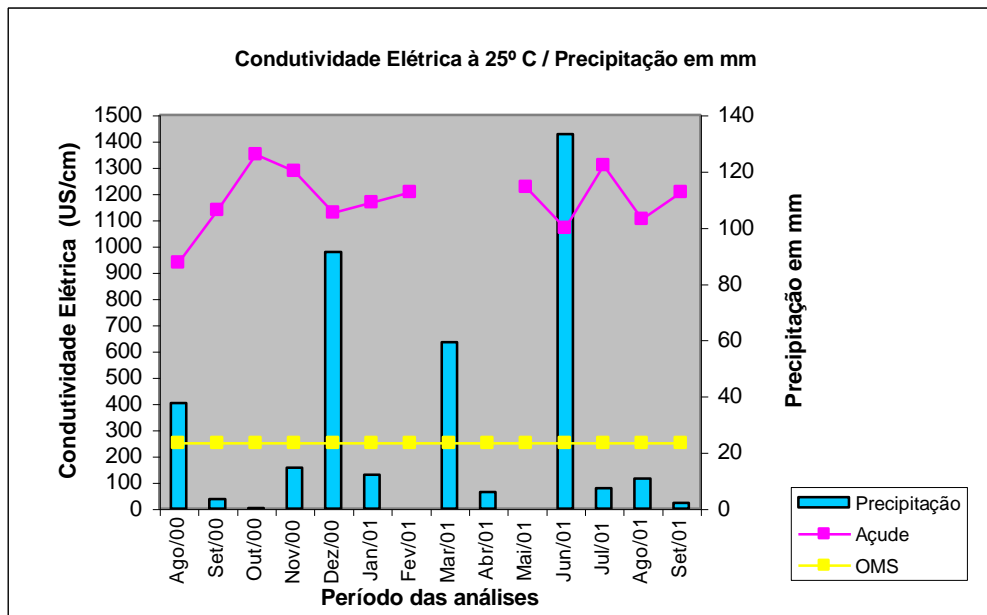


Figura 6.5 - Variação dos valores da condutividade elétrica no período de aproximadamente um ano hidrológico no açude.

Nas Figuras 6.6, 6.7, 6.8, 6.9 e 6.10 pode-se observar um aumento na CE na água da formação subterrânea após o fim das chuvas na área promovida pela diluição e devido ao carreamento de sais presentes no solo, quando lavados e uma posterior queda promovida pela diluição e utilização da água armazenada, fato que tende a ocorrer independente das barragens subterrâneas.

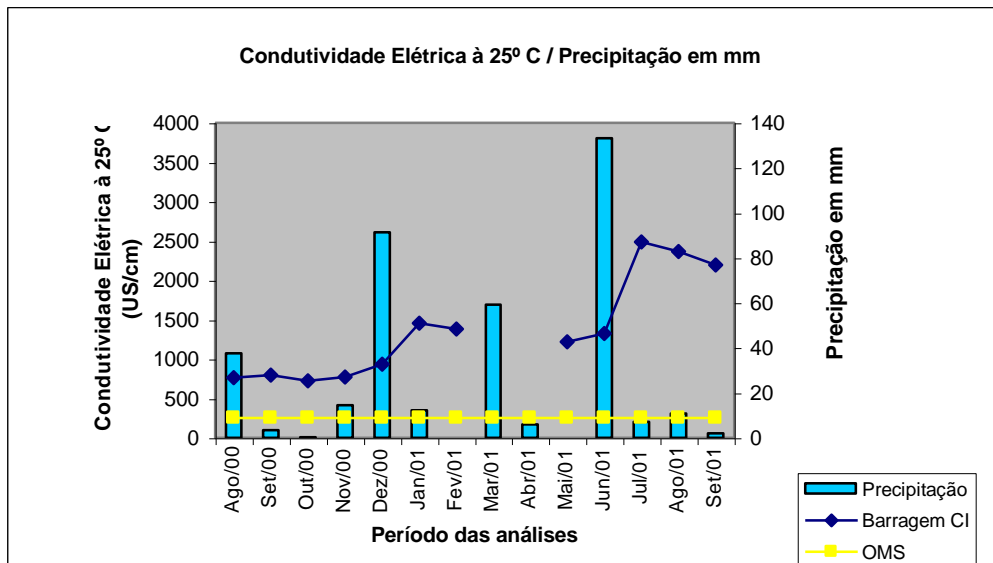


Figura 6.6 – Precipitação (mm) na área em estudo, padrão da OMS para condutividade elétrica e valores observados de condutividade elétrica na barragem *CI*.

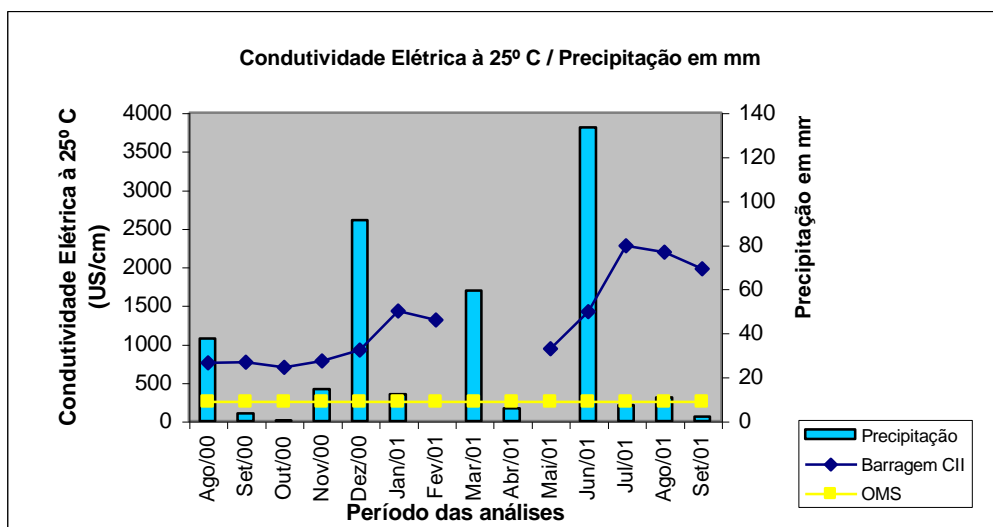


Figura 6.7 – Precipitação (mm) na área em estudo, padrão da OMS para condutividade elétrica e valores observados de condutividade elétrica na barragem *CII*.

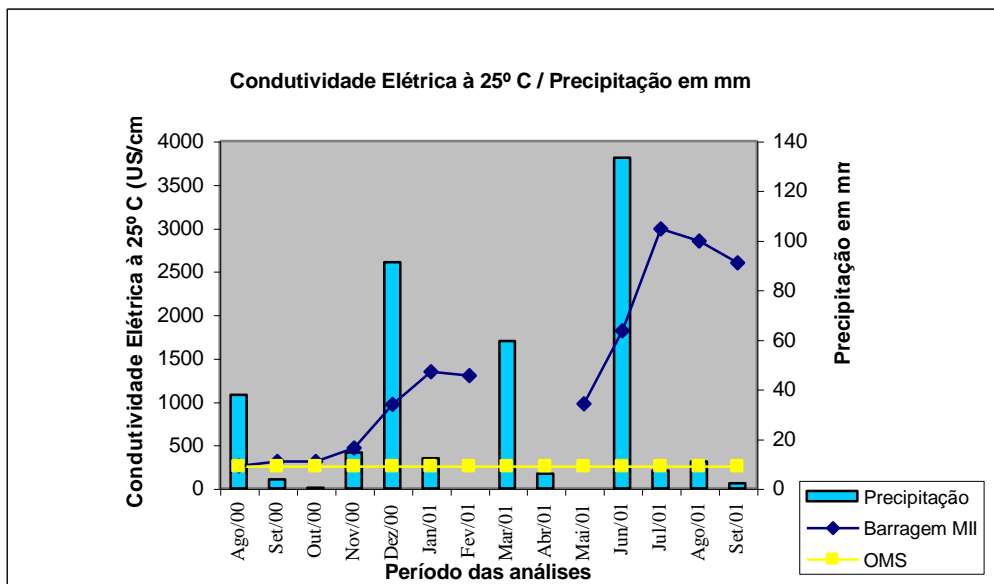
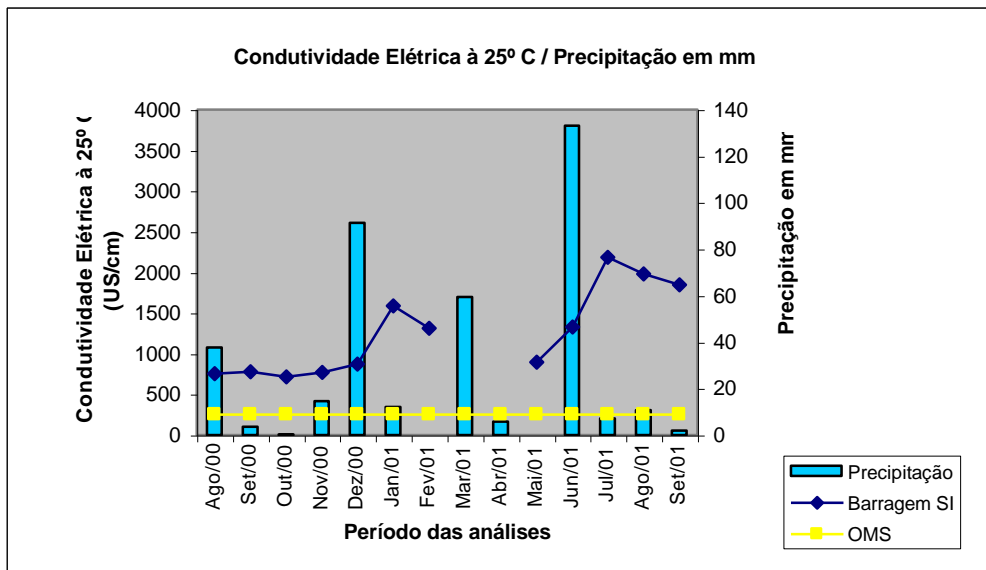


Figura 6.8 – Precipitação (mm) na área em estudo, padrão da OMS para condutividade elétrica e valores observados de condutividade elétrica nas barragens *SI* e *III*.

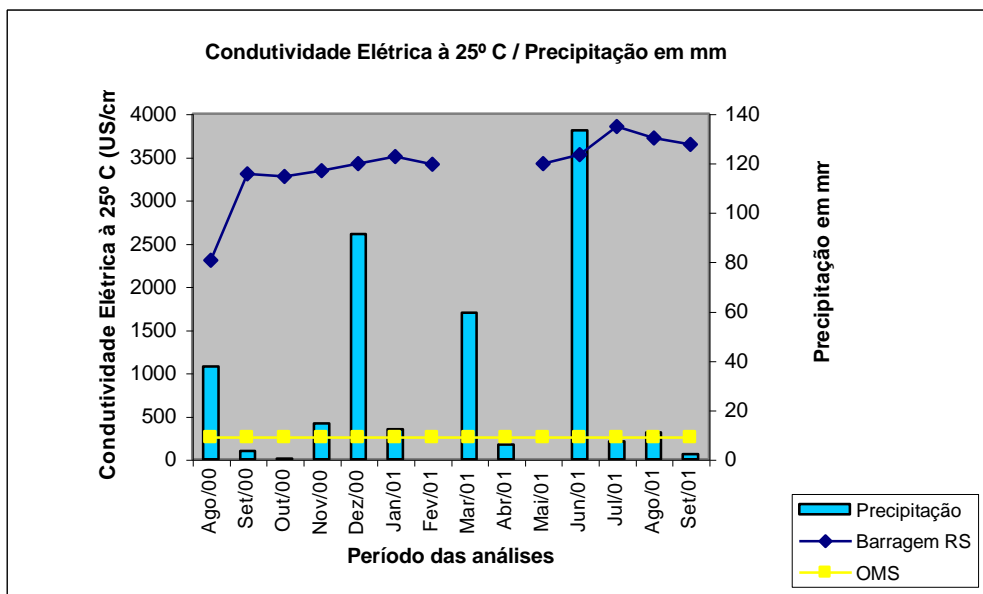
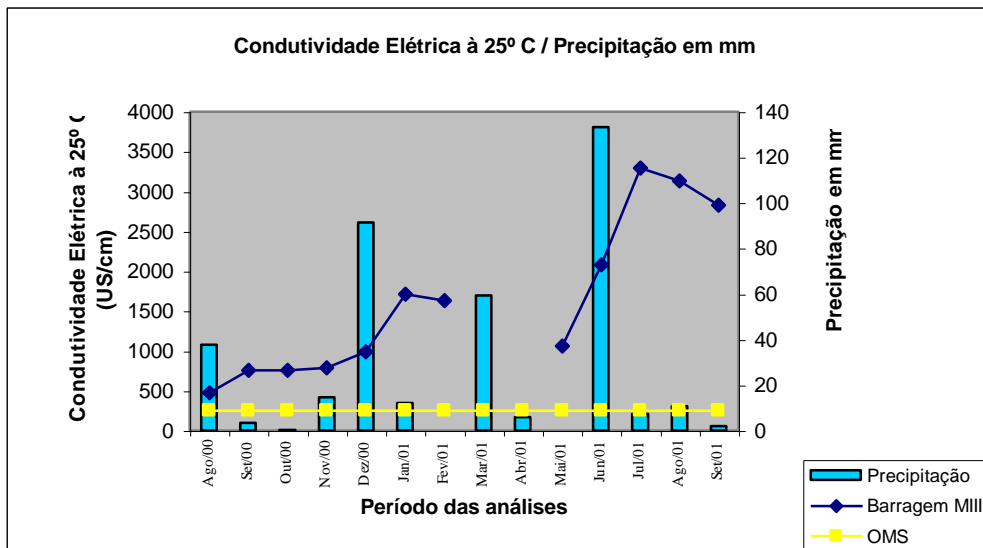


Figura 6.9 – Precipitação (mm) na área em estudo, padrão da OMS para condutividade elétrica e valores observados de condutividade elétrica nas barragens *MIII* e *RS*.



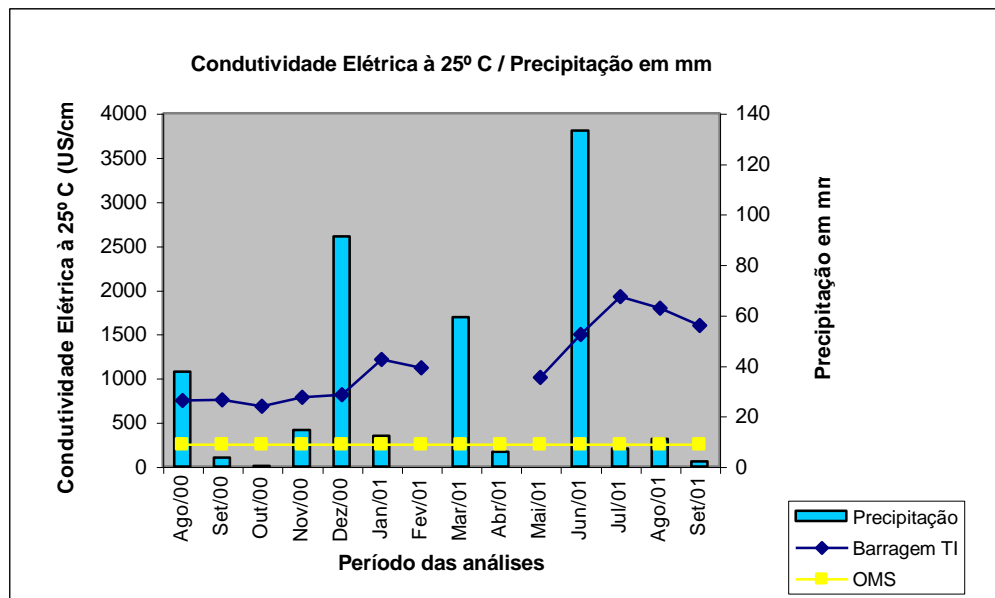
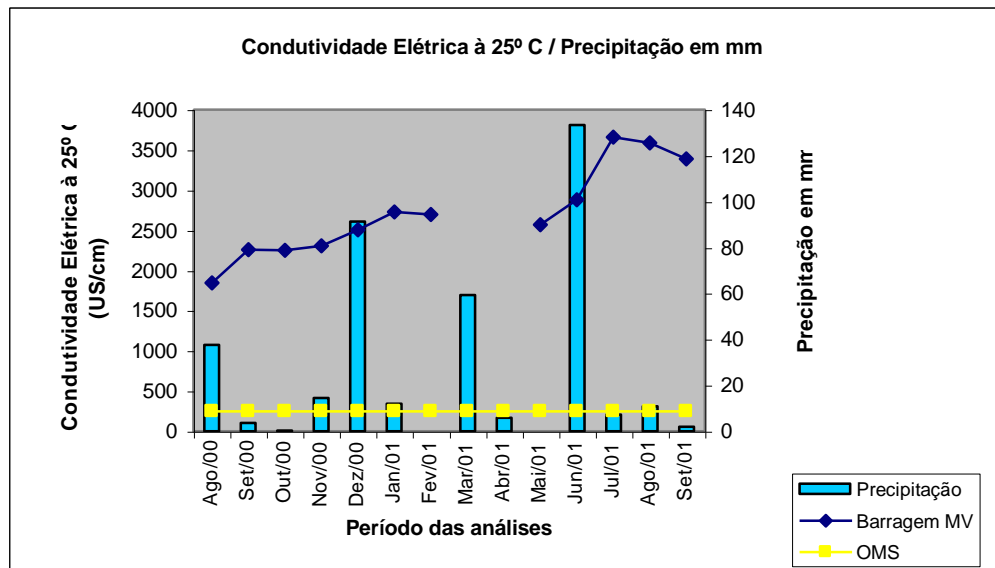


Figura 6.10 – Precipitação (mm) na área em estudo, padrão da OMS para condutividade elétrica e valores observados de condutividade elétrica nas barragens *MV* e *TI*.

Os dados de condutividade elétrica – CE, obtidos em laboratório e aplicados no programa de qualidade de água (Anexo 5), mostraram que praticamente não ocorreu uma evolução, da classe C3 ( $750 < CE < 2250 \mu S/cm$ , a  $25^{\circ}C$  e sólidos dissolvidos entre 480 e 1440mg/l) apesar de estar intimamente ligada à precipitação.

O gráfico das Figuras 6.11, 6.12 e 6.13 indicam a variação da presença de coliformes fecais nos dois sistemas de armazenamento d'água. No que se refere aos aspectos biológicos, a água armazenada no reservatório subterrâneo manteve-se com qualidade constante durante todo o período do ano. O caráter sanitário fica mais protegido, pois há menos possibilidades de ocorrer a contaminação por organismos patogênicos. O açude, como esperado, apresentou teor de coliformes fecais bem superior e com maior variação sazonal.

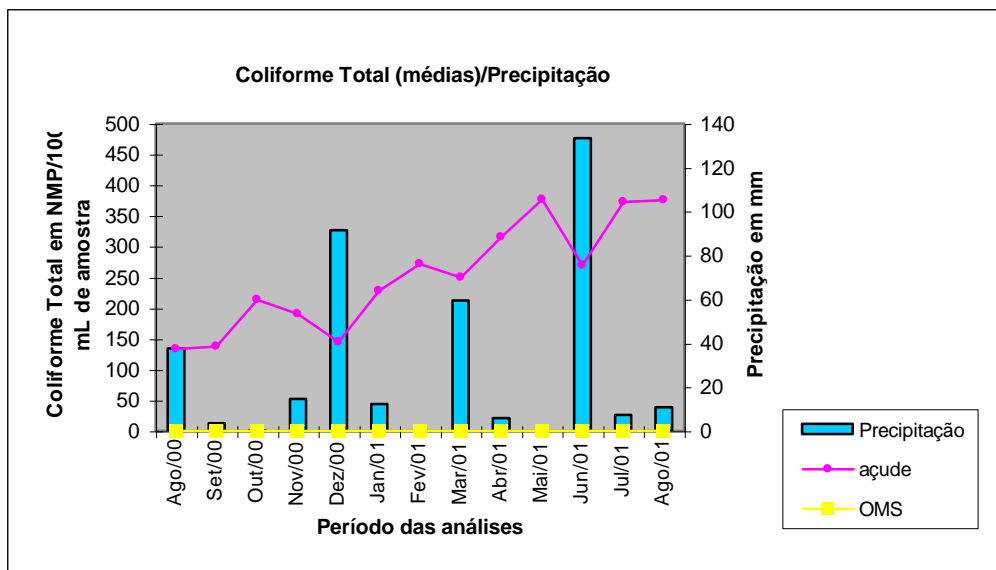


Figura 6.11 - Precipitação (mm) na área em estudo, padrão da OMS para a presença de coliformes totais e valores observados de coliformes totais para o açude.

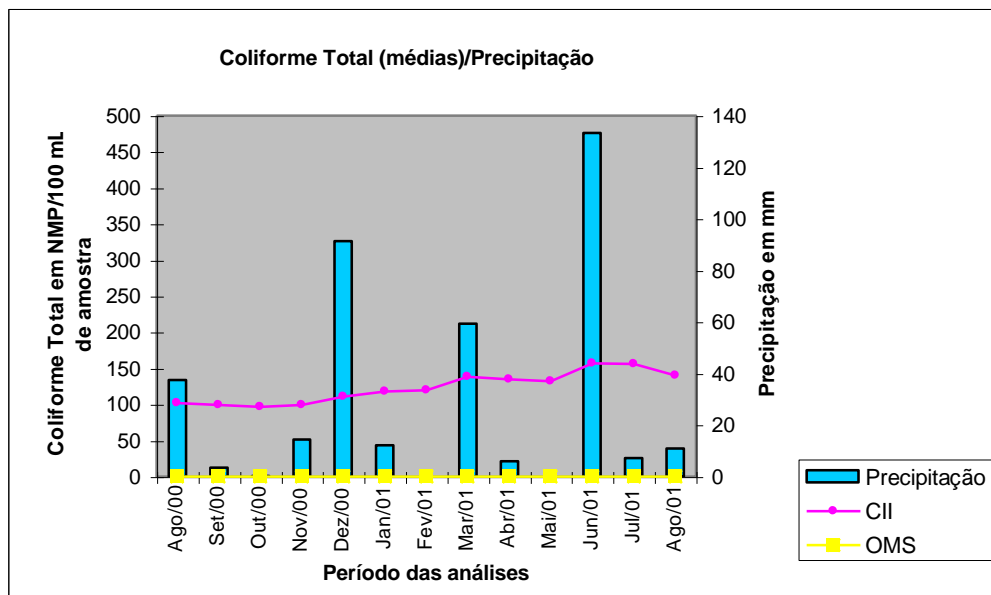
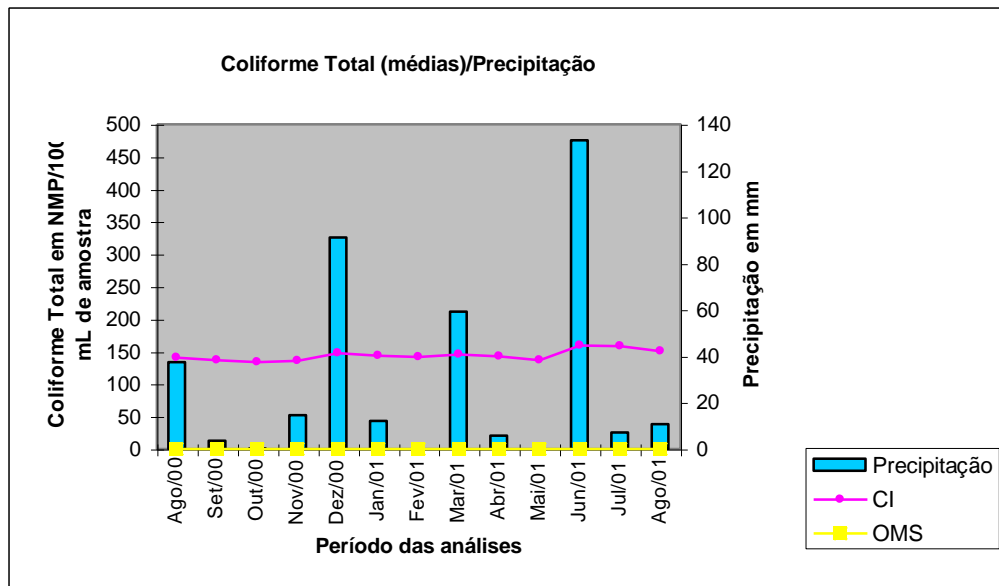


Figura 6.12 - Precipitação (mm) na área em estudo, padrão da OMS para a presença de coliformes totais e valores observados de coliformes totais para as barragens *CI* e *CII*.

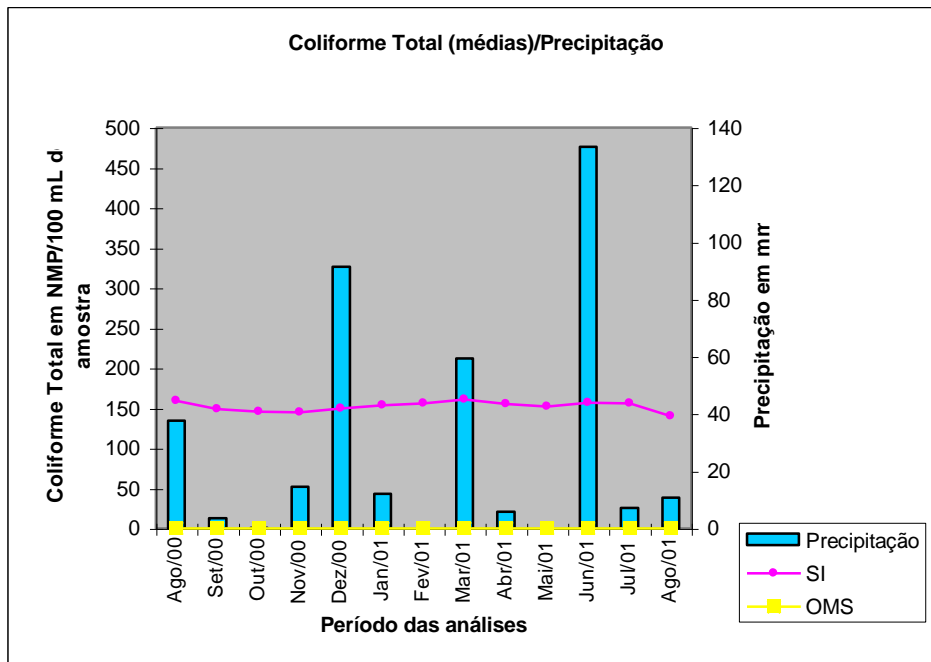


Figura 6.13 - Precipitação (mm) na área em estudo, padrão da OMS para a presença de coliformes totais e valores observados de coliformes totais para a barragem **SI**.

Todas as análises realizadas no aquífero superficial e subterrâneo caracterizaram a água como “não potável”, em conseqüência da presença, em grande número, de coliformes totais e coliformes fecais (*Escherichia coli*), oriundos, provavelmente, da presença de animais que utilizam a água do açude para dessedentação ou na área a montante das barragens subterrâneas.

Os valores de pH e Alcalinidade Total pouco foram afetados pelo início do período chuvoso na região. Os gráficos (Figuras 6.14 e 6.16) ilustram isso.

Como o pH é a medida da concentração de  $H^+$  na água, este não sofre alterações significativas nos períodos seco e chuvoso. A alteração de seus valores é devida à variação da temperatura, pois as concentrações são função do grau de ionização, que depende diretamente da temperatura da água.

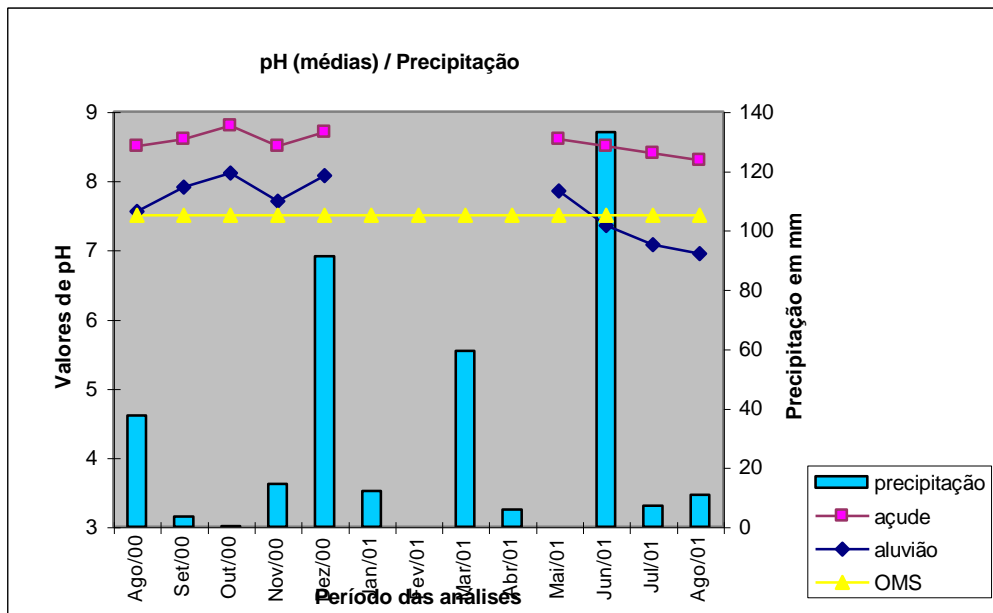


Figura 6.14- Precipitação (mm) na área em estudo, variação dos valores de pH no açude e no aluvião e o padrão médio recomendado para o pH pela OMS.

Os valores recomendados pela OMS variam de 6,5 a 8,5. As amostras nos dois subsistemas permanecem dentro destes valores, a maior parte do ano. O problema que isto pode gerar relaciona-se com o fato de que reações químicas com algumas substâncias presentes na água podem ser favorecidas pelo pH baixo (ácido).

O gráfico a seguir (Figura 6.15) mostra os valores médios de Dureza Total, obtidos nas análises das amostras do açude e do aluvião, bem como a precipitação no período da pesquisa. Os valores do reservatório superficial ficaram abaixo do limite recomendado pela OMS como padrão de potabilidade que é de 500 mg/l, enquanto que para as amostras do aluvião encontram-se em alguns casos acima do limite aceitável.

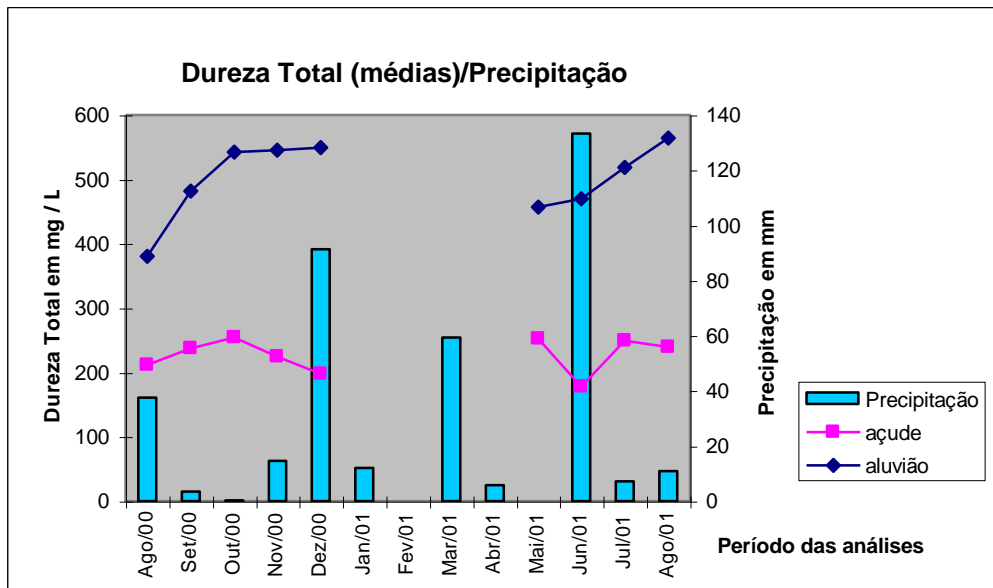


Figura 6.15 - Variação dos valores de Dureza Total no período de um ano hidrológico no açude e no aluvião.

Na Figura 6.15, observa-se que houve a queda instantânea da concentração de Dureza Total no açude com o aumento da precipitação, devido à diluição de elementos como cálcio e magnésio. No aluvião, a variação da Dureza Total ocorre, sofrendo também os efeitos da precipitação, porém de forma mais lenta. O pH próximo da neutralidade também colabora com a não dissolução de possíveis carbonatos presentes no solo. Pela classificação de LOGAN (1965), a água do açude e a do aluvião são consideradas duras (acima de 200 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ ).

O gráfico a seguir (Figura 6.16) mostra a variação dos valores de Alcalinidade Total e a precipitação no período das análises. Quando comparado com os outros parâmetros analisados, a alcalinidade total não é afetada de forma acentuada pelas estações seca e chuvosa.

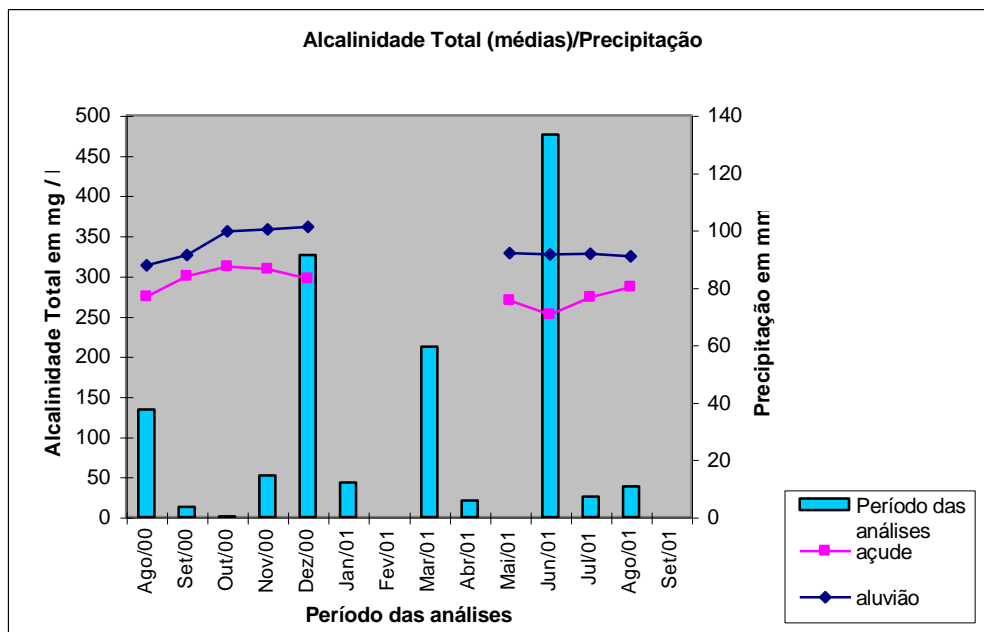


Figura 6.16 - Variação dos valores de Alcalinidade Total no período de um ano hidrológico no açude e no aluvião.

## 6.2.2 DISCUSSÕES

### 6.2.2.1 Quanto à Potabilidade

Nas amostras analisadas, a cor (Anexo 4) não deve estar associada à presença de ferro, pois este elemento é encontrado em baixíssima quantidade, nem por resíduos industriais, visto tratar-se de uma região estritamente rural. Mesmo assim, os valores apresentados são muito superiores aos permitidos. Isso não inviabiliza seu uso para abastecimento, apenas determina um processo a mais ou mais específico para sua remoção.

Os índices de turbidez registrados, tanto nas amostras do açude como das barragens subterrâneas, encontram-se em geral acima dos recomendados nos diversos padrões de potabilidade.

Nas amostras analisadas, valores de pH estão todos dentro dos limites estabelecidos pela OMS.

Seguindo a classificação de LOGAN (1965), as amostras de água do reservatório subterrâneo e superficial são consideradas duras (acima de 200 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ ). Pela classificação sugerida por CUSTÓDIO & LLAMAS (1983), as águas das barragens subterrâneas são consideradas muito duras, enquanto a do açude é considerada de dura a muito dura.

Em relação aos valores de cloretos, as maiores concentrações registradas foram nas amostras de água das barragens subterrâneas RS e M5.

Nas amostras analisadas, os índices de Ferro Total estão acima do valor recomendado pela OMS, porém abaixo do valor recomendado pelo Dec. Fed. nº 79637 de 09/03/77, o que assegura, sob este parâmetro, sua potabilidade.

As análises realizadas determinaram uma concentração de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) nas amostras (Anexo 4), tanto do reservatório superficial como do subterrâneo, dentro do valor recomendado pela OMS, com exceção das barragens subterrâneas RS, M5 e TI que só se incluíram, de acordo com os padrões considerados, naqueles aceitáveis na Alemanha (Tabela 5.3).

As análises microbiológicas indicam uma grande contaminação por bactérias do grupo coliformes, o que compromete a qualidade da água para abastecimento, exigindo a eliminação de tais bactérias. Técnicas como a cloração deveriam ser utilizadas para este fim.

#### **6.2.2.2 Quanto à Irrigação**

Observando os resultados obtidos (Anexo 5) nas análises das amostras, a média de valores das análises do subterrâneo classifica a água destes reservatórios na categoria C3 (água com salinidade média), variando em geral de C2 a C3 durante o período do ano hidrológico, chegando em alguns casos a C4 (água com salinidade muito alta), assim com a



identificação dos tipos de solos e a observação dos dados de salinidade foi confirmada a tendência ao aumento de salinidade de água subterrânea após as primeiras precipitações nas barragens localizadas em áreas de recarga proveniente de solos Litólico, que produzem infiltração e escoamento hipodérmico mais lento, comprometendo para estes seu possível uso na irrigação. Para as águas amostradas no açude obteve-se a categoria de C3 (água com salinidade média), o que já era de se esperar, em virtude de sua localização e tipo de solo (Anexo 2).

A CE média, nos reservatórios subterrâneos foi de 1622,03  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , enquanto que os valores médios apresentados pela água no açude, são de 1170,76  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , o que permite a utilização destas águas com restrições de permeabilidade e drenagem do solo, bem como da tolerância aos sais das espécies vegetais a serem cultivadas.

Além da CE, deve-se observar também, os aspectos sanitários, principalmente quando as culturas a serem irrigadas são hortaliças, vegetais de consumo cru ou sem a retirada da película.

### **6.2.2.3 Quanto à Dessedentação de Animais**

Para as amostras analisadas, em que a variação dos STD é de 624,2 mg/l a 899,46 mg/l, no reservatório superficial, e de 392 mg/l a 2809,4 mg/l no reservatório subterrâneo (em função do período seco e chuvoso), a água é classificada como sendo **boa** no reservatório superficial e **boa a satisfatória** no subterrâneo, para a dessedentação de animais.

## 6.3 ASPECTOS TÉCNICOS

### 6.3.1 PROBLEMAS CONSTRUTIVOS

Durante o monitoramento realizado, verificou-se que, após um período de chuvas, alguns poços amazonas mantinham o mesmo nível de água ou ainda continuavam completamente secos, enquanto outros, apesar de reterem um pouco de água, chegavam à exaustão em um espaço de tempo muito curto. Foi observado também o fato de que, em alguns casos, o nível de água dos piezômetros colocados a montante e a jusante do septo impermeável eram iguais. Foi então procedida uma análise das causas que estariam provocando esses aparentes insucessos.

Assim, os principais problemas construtivos detectados em algumas das barragens subterrâneas foram divididas em dois grupos: erros de locação e erros de construção.

Erros de Locação - Os principais erros observados na área em estudo foram:

- ✘ Construção da barragem na cabeceira do riacho: A barragem Fundão I (FI), foi construída na cabeceira do riacho, onde a área de contribuição é praticamente nula, o que proporciona uma área de drenagem insuficiente para recarga da mesma.
  
- ✘ Existência de barragem superficial nas proximidades: Como não se adotou o sistema de barragens do tipo sucessivas, em que a barragem subterrânea é abastecida pela água proveniente do descarregador de fundo da barragem superficial, a existência de um barramento superficial (Figura 6.17), construída a montante da barragem FI diminuiu sua área de recarga.



Figura 6.17 - Barragem superficial construída a montante de *FI*.

- ✘ Existência de soleiras rochosas no leito do rio que funciona como uma barragem subterrânea natural, tornando a locação da barragem Fundão II (*FII*) desnecessária, por estar situada a apenas 50,0 m a montante da soleira.
  
- ✘ Existência de água salinizada: Na construção da barragem *CI* não foi observado o fato de que a água utilizada seria proveniente de uma veia local com alto teor de sal, com alto poder corrosivo. Em virtude disto, o poço amazonas construído na barragem *CI* teve sua estrutura destruída, conforme se pode verificar na Figura 6.18, demonstrando uma tendência à salinização da própria barragem.



Figura 6.18 - Corrosão na parede de tijolos provocada pela água salinizada.

Erros de Construção - Quanto aos erros construtivos, pôde-se verificar:

✘ Ausência do enrocamento de pedras: Como as chuvas que caíram no semi-árido nos anos de 98/99 foram mal distribuídas no espaço e no tempo, não permitindo praticamente armazenamento nos açudes e saturação do sub-solo, todas as barragens subterrâneas locadas na área em estudo foram ainda mais prejudicadas devido à ausência de um enrocamento de pedras.

Na tentativa de solucionar o problema e pela dificuldade em localizar pedras soltas nas cercanias, foi colocado na barragem *MIV* (Mimoso *IV*) um enrocamento provisório feito com sacos cheios de areia conforme Figura 6.19. Essa tentativa não atendeu às expectativas devido a fatores como: a força das águas do rio que, ao escoar nas enxurradas, arrastou sacos por mais de 2 km; animais que pisaram nos sacos, rasgando-os, ou ainda a baixa resistência do material dos sacos. Após esta tentativa, foi então construído o enrocamento de pedras que atendeu ao objetivo esperado (Figura 6.20).



Figura 6.19 – Enrocamento com sacos de areia na barragem *MIV* (Mutuca- PE).



Figura 6.20 - Enrocamento de pedras na barragem *SJ* (Mutuca-PE).

✘ Poços amazonas com tubos impermeáveis: Todos os poços amazonas construídos nas barragens da área em estudo foram feitos com anéis de concreto. Uma situação bastante comum constatada nas barragens foi o poço seco e o aluvião a montante da barragem com claras evidências de estar com bastante água acumulada. Após análise do concreto realizado em laboratório, verificou-se que o material apresentava apenas 15,6% de porosidade e 7% de absorção, o que os torna praticamente impermeáveis, não atendendo à finalidade a que se destinavam.

Inicialmente foi feita uma tentativa de solucionar o problema da pouca permeabilidade dos poços com a perfuração dos anéis de concreto em vários pontos (Figura 6.21), além de se realizar uma escavação para a colocação de um dreno para aumentar a recarga do poço (Figura 6.22), porém nenhum resultado significativo foi obtido.





Figura 6.21 – Orifícios executados nos anéis de concreto do poço a montante da barragem FI (Mutuca- PE).



Figura 6.22 – Escavação do dreno da barragem FI ( Mutuca - PE).

✘ Escavação insuficiente, sem alcançar o substrato cristalino: Foi verificado que, em decorrência de uma zona saturada d’água na época da escavação para construção das

barragens, houve em alguns casos grande dificuldade em alcançar o substrato cristalino, gerando como no caso da barragem FI (Fundão I) uma deficiência na impermeabilização em virtude da lona ter sido colocada de maneira parcial em relação à espessura total do depósito aluvial. Como conseqüência, foi criada uma zona de abertura no depósito, por onde se infiltra toda água que poderia se acumular, tornando-a uma “*barragem subterrânea suspensa*”, não cumprindo com o papel de reter a água de escoamento subterrâneo.

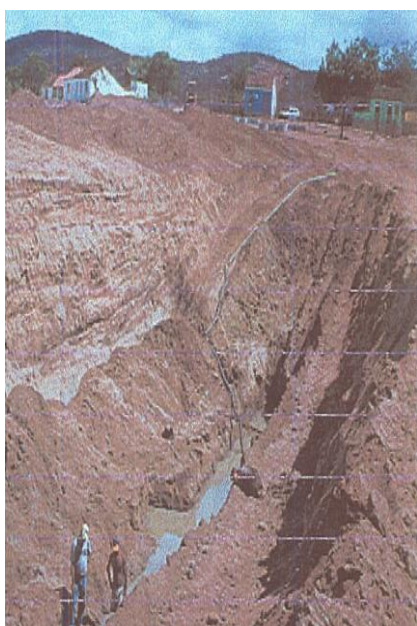


Figura 6.23 - Fase de escavação da vala final com drenagem (bombeamento) – Mimoso I (MI).

Além destas deficiências construtivas citadas, outras ocorreram como a construção do poço amazonas sem observar o local mais profundo da vala escavada, ou a locação em solos com baixo nível de infiltração.

### **6.3.2 RISCO DE SALINIZAÇÃO**

A avaliação do processo de salinização sofreu um avanço a partir da década de 60, quando se realizou o mapeamento dos solos e análises de água dos rios intermitentes e perenes. Nesta avaliação, verificou-se que regiões cobertas por solos arenosos com camadas argilosas mais impermeáveis subjacentes apresentam uma maior tendência à salinização, caso comum nos solos classificados como Planossolos e Solonetz seguidos dos Litólicos.

Após levantamento do mapeamento da região em estudo (Figura C Anexo 2), pôde-se observar e posteriormente concluir através da análise de água que há uma tendência a presença de água com salinidade média (C3) em todas as barragens da área em estudo, pois estão localizadas sobre solos Planossólicos, sofrendo a influência também de solos Litólicos. Através das análises das águas coletadas nas barragens (Anexo 5), foi possível constatar-se que a partir da barragem MII (Mimoso II) até à barragem MV (Mimoso V), há uma forte tendência ao aumento da salinidade da água após as épocas de chuvas, fato este explicado pela predominância do solo Litólico bastante definida.

### **6.3.3 CONCENTRAÇÃO DOS ELEMENTOS**

Apesar do período chuvoso não ter sido muito intenso, pode-se considerar que a pesquisa foi realizada durante o período de um ano hidrológico. Sendo assim, o cálculo do fator de concentração, relativo a determinados parâmetros, efetuou-se na época mais crítica da estação seca e no auge da estação chuvosa, quando o açude e as barragens subterrâneas apresentaram a maior quantidade de água armazenada.

O fator de concentração é dado por:

$$FCX = \frac{X_i}{X_j}$$

Onde:

FCX = Fator de Concentração de um determinado parâmetro X

$X_i$  = Concentração de X no tempo i, durante a estação seca

$X_j$  = Concentração de X no tempo j, durante a estação chuvosa

A Tabela 6.1 mostra fatores de concentração de diversos parâmetros, baseado nos dados fornecidos pelas análises do reservatório superficial.

Tabela 6.1 - Fator de concentração de parâmetros analisados.

Parâmetro	$X_i/X_j$	Fator de Concentração
Cloretos	416,3/254,6	1,64
Dureza	254,6/178,1	1,43
Cálcio	19,67/14	1,41
CE a 25°C	1349,2/1068	1,27

Este cálculo indica a relação entre dois valores do parâmetro, medidos em dois estágios. Aqui foram utilizadas as maiores concentrações do período de seca e as menores concentrações observadas no período chuvoso, em amostras do açude. No ano hidrológico em que se realizou a pesquisa, observou-se uma grande variação na quantidade de água acumulada no açude.

Pelo fato do açude estudado não estar sendo usado para irrigação, pode-se admitir que as perdas de água são devidas, principalmente à evaporação, neste caso responsável pela variação da concentração dos elementos químicos dissolvidos no açude. O cloreto pode ser



utilizado como testemunho da evolução da salinidade, pois trata-se de um elemento conservativo e muito solúvel.

A diferença observada nos valores de fator de concentração de cloretos (1,64) está relacionada com a variedade de elementos que estão envolvidos na "salinidade", e que concentram em graus diferentes.

#### **6.4 ASPECTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS**

Segundo opinião geral local, após à implantação das barragens subterrâneas houve um aumento da retenção do volume de água ao longo do aluvião, elevando o nível d'água nos poços localizados a montante do barramento, permitindo aos agricultores a retomada do plantio com culturas irrigadas além do uso doméstico, seja através da retirada no próprio poço ou por bombeamento até uma caixa de água comunitária, proporcionando à população um maior conforto e higiene. A melhoria na qualidade de vida da população deu-se principalmente:

- ✘ Devido à construção dos poços amazonas nas barragens;
- ✘ Em decorrência da tradição de plantio através da cultura irrigada, onde as pessoas já tinham nas propriedades rurais uma infra-estrutura mínima (bombas, eletricidade, etc.), além do domínio na técnica de plantio, o que facilitou o aproveitamento das barragens subterrâneas, inclusive na retirada da água para os usos domésticos e a dessedentação de animais.

Assim, após a implantação das barragens foram claros os ganhos, tanto do ponto de vista econômico como social relacionados a seguir:

#### Do ponto de vista econômico:

- ✘ O aumento do nível de água nos poços das barragens proporcionou uma maior segurança aos agricultores contra a perda de suas culturas pela seca, estimulando a retomada do plantio através da irrigação;
- ✘ Possibilitou o homem do campo a ter mais chances de plantar o mínimo para garantir seu sustento;
- ✘ Na maioria das barragens implantadas na área em estudo, a produção tem se sustentado de forma praticamente ininterrupta, mesmo com o desperdício de água por irrigação em horários impróprios;

#### Do ponto de vista social:

- ✘ Hoje se estima que mais de 320 famílias beneficiaram-se diretamente pela maior disponibilidade de água nos poços, principalmente nas épocas em que a barragem subterrânea é a única fonte de água potável da região;
- ✘ Pode-se dizer que a acumulação de água proporcionou também um impacto na saúde das famílias, que não pôde ser quantificado, mas que é claro devido à melhoria do nível de higiene da população;
- ✘ O benefício sobre a qualidade de vida da família pode ser muito significativo, face ao aumento da quantidade, variedade e qualidade dos alimentos produzidos nas barragens;
- ✘ É importante na produção de alimento para os animais e no suprimento de água para as atividades humanas, mesmo quando a água é salobra, sendo usada nas atividades de higienização, para saciar a sede de animais e mesmo de pessoas, conforme a qualidade da água e a carência de outras fontes.

A seguir são apresentados os impactos causados pela construção das barragens subterrâneas em cada uma das barragens, antes e após o monitoramento:

✘ Barragem Fundão I (*FI*)

Apesar de ter sofrido diversas intervenções técnicas, continuou sem aproveitamento mantendo a água do poço (numa eventual recarga) por apenas dois dias.

✘ Barragem Fundão II (*FII*)

Antes da construção da barragem o usuário principal das terras tinha como única fonte de renda a aposentadoria, não tendo em sua propriedade nem um poço amazonas.

Após a construção da barragem, este investiu na criação de animais: 20 cabras, 05 cabeças de gado, 03 jumentos, galinhas, etc. Segundo ele, a utilização do poço da barragem não é maior devido à demora na recarga.

✘ Barragem Cafundó I (*CI*)

Antes da construção da barragem plantava-se tomate para a fabrica Peixe (localizada em Pesqueira), porém com seu fechamento e as sucessivas secas, as famílias locais começaram a viver da venda da renascença e da aposentadoria.

Após a construção da barragem, o usuário principal começou a plantar tomate irrigado, porém em pequena quantidade, já que o poço construído não permitia uma boa vazão. Com o monitoramento realizado na localidade foi construído mais um poço amazonas (em tijolos furados), o que possibilitou o proprietário colher no ano de 2001 através da irrigação: 5 toneladas de beterraba, 2,5 toneladas de cenoura (Figura 6.24), 300 caixas de tomate, além da criação de 23 cabeças de gado e 2 jumentos.



Figura 6.24 - Plantio de cenoura na barragem Cafundó I (*CI*).

✘ Barragem Cafundó II (*CII*)

Antes: Devido às sucessivas secas, o proprietário de 60 hectares na região trabalhava como diarista em Brejo da Madre de Deus, mantendo em suas terras apenas algumas culturas de subsistência.

Após: Com o aumento do nível d'água do poço amazonas construído antes do projeto, o proprietário começou a plantar pimentão, alface, coentro (ainda em pequena quantidade) além da beterraba, tendo colhido em 2001 uma produção de 8,5 toneladas (Figura 6.25).



Figura 6.25 - Plantação de beterraba na barragem *CII*.

✘ Barragem Cafundó III (*CIII*)

Esta barragem continuou sem funcionamento, necessitando que se realize um trabalho maior a fim de se descobrir a causa de seu insucesso. Seu poço está completamente abandonado.

✘ Barragem Cafundó IV (*CIV*)

Antes: Na propriedade havia uma pequena criação de 15 cabeças de gado. Estas, em época de seca, eram obrigadas a deslocarem-se por quilômetros atrás de um barreiro para beberem água.

Após: A criação aumentou para 70 cabeças de gado, além das 20 cabras que utilizam a água da barragem através de um novo poço construído (em tijolos). Há ainda o bombeamento da água do poço para uma caixa d'água onde 14 famílias são beneficiadas.

✘ Barragem Mimoso I (*MI*)

Esta barragem, logo após sua conclusão, teve seu poço totalmente assoreado, ficando abandonada.

✘ Barragem Mimoso II (*MII*)

Antes: Já se plantava beterraba e cenoura irrigada para venda (poço em tijolo prensado construído) e milho e feijão para sustento, porém a fonte de renda principal do proprietário vinha da criação de gado. Seu maior problema era a insegurança hídrica, inviabilizando uma maior produção, onde a média nos anos mais chuvosos era de aproximadamente 2 toneladas.



Com os consecutivos anos de seca, o poço tornou-se suficiente apenas para atender às necessidades das famílias do local, ficando todos a depender da aposentadoria de alguns e da renascença feita pelas mulheres.

Após: Com a construção da barragem, houve um significativo aumento da garantia hídrica, possibilitando ao seu proprietário a dedicar-se à criação de 180 cabeças de bode, 9 cabeças de gado, e 5 cavalos. Com o monitoramento da barragem, a equipe incentivou a retomada da produção agrícola e no ano de 2000 o proprietário arrendou as terras para o plantio da beterraba, tendo sido colhidas, no ano de 2001, 20 toneladas de beterraba (Figura 6.26).

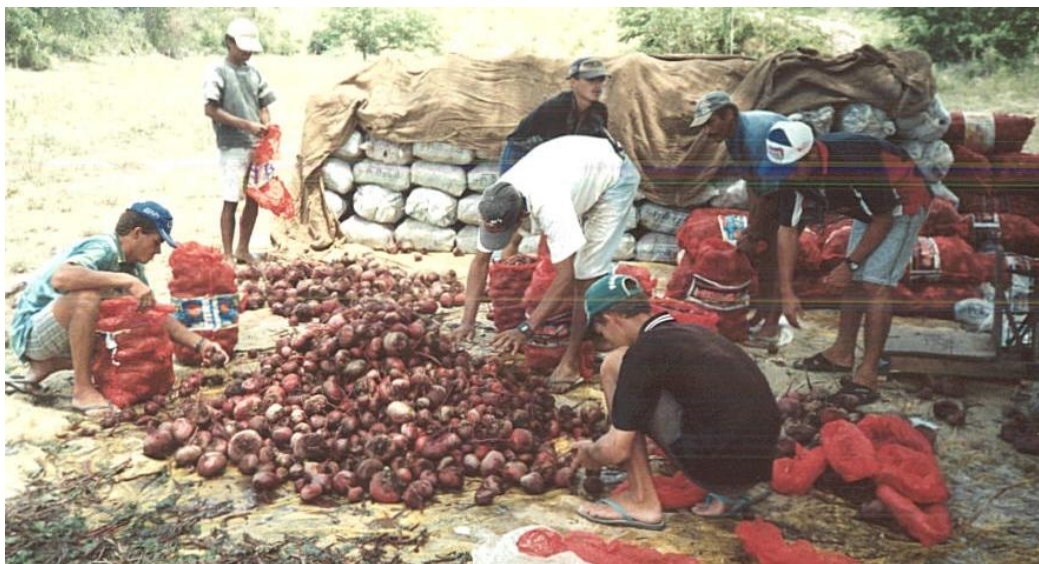


Figura 6.26 - Colheita de beterraba na barragem *MII*.

✘ Barragem Mimoso III (*MIII*)

Antes: Na propriedade não se trabalhava com agricultura, só com a pecuária (aproximadamente 30 cabeças) em virtude da pouca disponibilidade de água.

Após: A barragem aumentou o nível de água no poço amazonas, construído antes do projeto, possibilitando o arrendamento de suas terras para o plantio da beterraba, alcançando em 2001 uma colheita de 10 toneladas, além do aumento da criação de gado leiteiro (atualmente 60 cabeças).

✘ Riacho Salgado (*RS*)

Antes: Não havia nenhuma atividade na terra devido à total falta de água.

Após: Com a construção da barragem, o proprietário plantou cenoura, porém a vazão do poço amazonas não foi suficiente para atender a demanda necessária a plantação. Com o monitoramento realizado no local, foram construídos mais dois poços amazonas, o que possibilitou o aumento na vazão dos poços e assim, o arrendamento da terra para o plantio da cenoura, beterraba e tomate. A tabela 6.2 mostra as produções alcançadas em junho de 2001.

Tabela 6.2 - Produção alcançada em junho de 2001

<u>Cultura</u>	<b>Quantidades</b>
Cenoura	18 toneladas
Beterraba	12 toneladas
Tomate	50 caixas

✘ Barragem Mimoso IV (*MIV*)

Antes: O cultivo de milho e feijão só era feito em anos de chuva. As únicas fontes de renda do dono da terra eram a renascença e a aposentadoria.

Após: Com a construção da barragem subterrânea, o proprietário arrendou apenas 0,5 ha de terra, recebendo em troca 10% da produção. No final do ano 2000, em decorrência dos trabalhos de monitoramento realizados, constatou-se a necessidade da construção de um novo poço amazonas (com tijolos furados) com a finalidade de melhorar a vazão de água que havia possibilitado naquele ano a produção de apenas 2 toneladas de cenoura.

No ano de 2001, com a construção do novo poço amazonas, houve a colheita de 4 safras de beterraba e cenoura com uma produção de 4 toneladas de beterraba e 27 toneladas de cenoura colhida no mês de junho (Figura 6.27), fazendo assim surgir na paisagem seca uma enorme mancha verde na terra.



Figura 6.27 - Colheita de beterraba e cenoura realizada em junho de 2001.



✘ Barragem Mimoso V (*MV*)

Antes: O usuário principal trabalhava como diarista no plantio de beterraba em Brejo da Madre de Deus.

Após: Como a barragem construída tem o poço feito com anéis de concreto, apresentando uma vazão muito pequena, na localidade há apenas uma agricultura de subsistência, sendo necessária a construção de um novo poço amazonas (em tijolos furados). Atualmente a principal fonte de renda do proprietário é a venda de carvão e da renda renascença, além da criação de 02 cabras, 28 cabeças de gado e 30 galinhas.

✘ Barragem Travessão I (*TI*)

Antes: Na localidade era produzido e vendido carvão, não havendo nenhuma atividade agrícola.

Após: O usuário principal começou a plantar beterraba, cenoura, tomate, coentro, pimentão e cebola. Ao perceber que a vazão do poço de concreto não atenderia ao consumo necessário, construiu ao lado do antigo poço outro poço amazonas (tijolos furados). A tabela 6.3 mostra a produção obtida no início do ano de 2001.

Tabela 6.3 – Produção alcançada na barragem *TI* no início do ano de 2001.

<u>Produto</u>	<u>Produção</u>
Beterraba	4 toneladas
Cenoura	8,3 toneladas
Tomate	30 caixas
Cebola	0,2 toneladas
Bode	09 cabeças
Porco	10 unidades
Galinha	10 unidades

Porém, com as chuvas ocorridas no ano de 2001, seu poço (em tijolos furados) foi totalmente assoreado, deixando o proprietário sem condições de retomar sua atividade agrícola.

✘ Barragem Travessão II (*TII*)

Antes: O usuário principal trabalhava na produção e venda de carvão, além da aposentadoria.

Após: O usuário principal não aceitou bem a obra, alegando que o local não era propício à construção da barragem e que o poço não tem uma boa vazão. Durante o monitoramento, procurou-se mostrar ao proprietário que a barragem conseguia reter a água e que apenas o poço era que não apresentava uma boa vazão. Apesar disto a barragem continua sem uso.

✘ Barragem São José (*SJ*)

Antes: A população local andava quilômetros em busca da água de um barreiro.

Após: A vida local melhorou bastante. O poço construído abastece não só toda a população vizinha (uso doméstico), mas também permite a criação de 50 cabeças de cabra. Durante o monitoramento realizado constatou-se a necessidade de um novo poço amazonas que pudesse fornecer uma vazão maior. Foi então feita uma parceria com o proprietário da terra, para a construção de um novo poço amazonas (em tijolos furados).

✘ Barragem Sítio Imbé (*SI*)

Antes: A população local andava quilômetros para apanhar água em barreiros, tendo como única atividade a produção e venda de carvão, além da aposentadoria de alguns moradores.

Após: A principal utilização da barragem é para o uso doméstico, além de proporcionar a criação de 100 cabeças de gado e 78 bodes. O único problema apontado pela população local é em relação ao poço (anéis de concreto) devido à demora na recarga.

Durante todo o monitoramento orientou-se os agricultores quanto ao desperdício provocado por uma irrigação em horário impróprio, conseguindo-se na maioria das barragens uma produção praticamente ininterrupta. Com a realização dos trabalhos, pôde-se observar que com uma maior disponibilidade de água, o homem do campo é capaz de produzir o mínimo necessário ao seu sustento e ainda uma produção excedente para comercialização.

Os indicadores obtidos mostram que as barragens subterrâneas construídas na área em estudo podem proporcionar projetos de pequena irrigação, gerando renda ao trabalhador e ao dono da terra. Foram claros os ganhos na produção agrícola, porém a dificuldade de escoamento da produção faz com que o preço da venda da produção seja muito baixo, havendo a presença do atravessador e inibindo a geração de renda.

## **7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **7.1 CONCLUSÕES**

Como principais conclusões deste estudo tem-se que:

- ✘ A barragem subterrânea é uma alternativa capaz de suprir as necessidades de água no meio rural, principalmente para produção agrícola, possibilitando a geração de renda durante todo o ano; há, no entanto, a necessidade de um controle efetivo do uso da água, tanto no que se refere à quantidade quanto à qualidade;
- ✘ As barragens subterrâneas estudadas puderam proporcionar projetos de pequena irrigação, sendo importantes na produção de alimentos para os animais e no suprimento de água para as atividades humanas, mesmo quando a água é salobra. Nesse caso, a água é utilizada nas atividades de higienização, para saciar a sede de animais e mesmo de pessoas, conforme a qualidade da água e a carência de outras fontes;
- ✘ É essencial um auxílio técnico após a construção das barragens para que o agricultor não desperdice a água acumulada com irrigação feita em horários inadequados ou técnicas de irrigação impróprias ao tipo de solo ou ainda culturas inadequadas. Técnicas poupadoras de água devem ser utilizadas;
- ✘ Na construção das barragens de Mutuca, os poços foram feitos com anéis de concreto. Foi claramente verificado que estes não funcionam adequadamente para uso intensivo como irrigação devido à baixa porosidade. Assim o poço de alvenaria furada ou prensada, de maior diâmetro, é o mais indicado;
- ✘ De forma geral, o reservatório subterrâneo sofre menos variação sazonal de qualidade da água quando comparado com o açude próximo. O caráter sanitário fica mais protegido, pois há menos possibilidades de ocorrer a contaminação por organismos patogênicos;

✘ A qualidade da água nas barragens estudadas refletem bem o tipo de solo da área de contribuição de cada uma. Barragens implantadas em Planossolos e solos Litólicos apresentam uma salinidade muito maior do que aquelas implantadas em solos aluviais, como esperado requerendo cuidados especiais de monitoramento e de manejo. Havendo indícios de salinização crescente, a atividade agrícola deve ser suspensa e promovida a exaustão das águas até o início das chuvas;

✘ A água só deverá ser utilizada para consumo humano após filtragem, de preferência após esterilização mediante fervura. Isso se deve à circulação de animais que ocorre de forma habitual na região das barragens;

✘ A escolha do local de implantação das barragens deve abranger não só aspectos técnicos, mas também sociais, para que a comunidade assuma efetivamente a obra, não só na produção mas também na manutenção;

✘ Os erros de locação e construção comprometem a capacidade das barragens subterrâneas de reter água. Assim, é necessário rigor técnico, com profissionais experientes e sondagens, para escolher os locais e execução da obra. A identificação antecipada do solo é fundamental, para reduzir o risco de salinização;

✘ A técnica pode ser perfeitamente estendida a outras regiões do Nordeste brasileiro, ou em outras regiões semi-áridas em condições equivalentes.

## 7.2 RECOMENDAÇÕES

Embora algumas tendências tenham sido observadas, o tempo de monitoramento foi muito curto. É necessário, para o conhecimento mais aprofundado, manter e ampliar esse monitoramento.

As recomendações para os trabalhos posteriores são:

- ✘ Estudar a relação entre a capacidade de acumulação e os usos potenciais das barragens, visando otimizar o aproveitamento;
- ✘ Definir indicadores de risco e estratégias de operação das barragens;
- ✘ Acompanhar a evolução de sais do solo em regime de operação das barragens subterrâneas;
- ✘ Estudar os diferentes processos que podem ser utilizados a fim de aumentar a recarga do solo e do poço.

## BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

1. ABREU, G.H.F.G. (2002). A função das baragens subterrâneas como obra de convivência com a seca. Dissertação, Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos, Recife – PE, 184 p.
2. ALBUQUERQUE, J. do P.T. (1984). Os Recursos Hídricos de Água Subterrânea do Trópico Semi-Árido da Paraíba. .Dissertação, Mestrado em Recursos Hídricos, Campina Grande - Laboratório de Hidráulica -DEC / CCT / UFPB, 191 p.
3. ALVARGONZALEZ (1981). O desenvolvimento do nordeste árido. MI/DNOCS, Fortaleza-CE.
4. ARAÚJO, A J. R. P (2002). Desertificação e seca: Contribuição da ciência e da tecnologia para a sustentabilidade do nordeste do Brasil. Recife, 63p. UFRPE.
5. AUDRY, P. & SUASSUNA, J. (1995). A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão pernambucano: caracterização, variação sazonal, limitações de uso. Recife, 128p. CNPq.PDCT/NE.
6. BENVENUTO, C. & POLLA, C.M. (1982). Aspectos geotécnicos de projeto e construção de barragens subterrâneas no nordeste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES. 7, Olinda - Recife, PE. ANAIS - Recife. ABMS. V. 2. p. 417-428.
7. BERNARDO, S. (1978). Qualidade da água para irrigação. Universidade Federal de Viçosa – Minas Gerais, 27p.
8. BERNAT, COURCIER, SABOURIN (1993). Cisternas de placas, técnicas de construção, Ed. Massangana, Recife – PE.
9. BRASIL GTDN (1967). Uma política de desenvolvimento econômico para o Nordeste. Recife, SUDENE, 2ª ed.
10. BRASIL SUDENE – DPG –PRN – HME (1990). Dados pluviométricos mensais do Nordeste, 363p.
11. BRITO, L.T. de L. (1989). Barragem subterrânea I: Construção e Manejo. EMBRAPA - CPATSA –Recife-Pe, 40p., ilustr. Boletim de pesquisa 36.

12. CADIER, E. & MOLLE, F. (1992). Manual do pequeno açude. Construir, conservar e aproveitar pequenos açudes no Nordeste brasileiro, SUDENE -DPG-PRN-DPP-APR, Recife-PE.
13. CEDERSTROM, D.J. & ASSAD (1964). Água subterrânea: uma introdução, Rio de Janeiro: USAID, 280p.
14. CETESB - Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo (1990). Compilação de padrões ambientais, São Paulo.
15. CIRILO, J. A, COSTA, W. D., PONTES, M., MAIA, A. Z. (1998). Barragem Subterrânea: Uma Forma Eficiente de Conviver com a Seca. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, São Paulo, SP.
16. CIRILO, J. A, COSTA, M. R. ;COSTA, W. D., ABREU, G. H. F.G. (2001). Barragem subterrânea – Uma Alternativa Tecnológica para a Convivência com a Seca, in XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e V Simpósio de Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, Aracaju/SE, Anais em CD.
17. CISAGRO - Companhia Integrada de Serviços Agropecuárias de Pernambuco (1980). Plano de Utilização de Recursos Hídricos de 31 Municípios no Agreste Setentrional e no Vale do Ipojuca – Manual de Campo. Recife- PE.
18. CONDEPE/SUDENE (1987). Zoneamento pedológico do estado de Pernambuco – Relatório de dados básicos. Recife: PER - CONDEPE, vol.1
19. COSTA, A F. (1991). Introdução à Ecologia das Águas Doces. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 297p. il.
20. COSTA, W. D. (1984). Aquíferos Aluviais como Suporte Agropecuário no Nordeste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 3, Fortaleza- CE, ANAIS V. 1. p. 431-440.
21. COSTA, W. D. (1986). O Aquífero Aluvial e sua Exploração Racional. IV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Brasília – DF: Anais do 4º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. p. 277-278.
22. COSTA,W.D. (1987). Pesquisa hidrogeológica visando a implantação de barragens subterrâneas em aluviões. Anais do 1º Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste, ABAS, Recife-PE, ,p.13-23.



23. COSTA, A F. (1991). Introdução à Ecologia das Águas Doces. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 297p. il.
24. COSTA, W. D. (1997). Manual de barragens subterrâneas. Conceitos básicos, Aspectos Locacionais e Construtivos. Recife-PE.
25. COSTA,W. D. & COSTA, W. D. (1998). Presa subterrânea:uma opção para el semiarido. Anais do 4º Congresso Latino Americano de Hidrologia Subterrânea, pp. 543-553, MONTIVIDEU – URUGUAI.
26. COSTA,W. D., CIRILO, J. A; ABREU, H. F. G. e COSTA, M. R. (2000a). Monitoramento das Barragens Subterrâneas no Estado de Pernambuco. In: V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. – ABRH/LARHISA, Natal-RN, Anais em CD.
27. COSTA,W. D., CIRILO, J. A ABREU, H. F. G. e COSTA, M. R. (2000b). O aparente insucesso das barragens subterrâneas no Estado de Pernambuco. In: 1º Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas. ABAS/ALSHUD/IAH, Fortaleza-CE, Anais em CD.
28. CUSTODIO, E. & LHAMAS, M. R. (1976). Hidrologia Subterrânea. Barcelona – Espanha. Ediciones Omega S.A Tomo II.
29. CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M. R. (1983). Hidrologia Subterrânea. Tomo I. Ediciones Omega, S.A. Barcelona.
30. DIACONIA – ENTIDADE DE IGREJAS EVANGÉLICAS (2001) – P1MC – Programa Um milhão de cisternas para as famílias do semi-árido/Projeto de Transição. Recife-PE.
31. DUQUE, J. G. (1973). O Nordeste e as lavouras xerófilas. Fortaleza, Banco do Nordeste.
32. DUARTE, R. (1999). A Seca Nordestina de 1998-1999: Da crise Econômica a Calamidade Social. Recife, SUDENE (PE).
33. FEITOSA, F. A. C. & MANOEL FILHO, J. (1997), Hidrologia: Conceitos e Aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID - UFPE,. 412p: il.
34. FREITAS, M. A V. (1999). O estado das águas no Brasil. Brasília, DF: ANEEL, SIH;MMA, SRH;MME, 334 p.

35. GNADLINGER, J. (1995). Redescobrimdo a cal para construir cisternas, EMBRAPA, Juazeiro BA.
36. GNADLINGER, J. (2000). Técnica de Diferentes Tipos de Cisternas, Construídas em Comunidades Rurais do Semi-Árido Brasileiro. Anais do 1º Simpósio sobre Captação de Água de Chuva no Semi-Árido Brasileiro.
37. GOMES, C. C. (1990). Modelagem matemática para estudo de comportamento de aquífero aluvial represado por barragem subterrânea - Dissertação de Mestrado Apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração Recursos Hídricos na Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE.
38. HANSON, G.; NILSSON, A. (1986). Ground-Water Dams for Rural-Water Supplies in Developing Countries. *Ground Water*, V. 24, n. 4, p. 497-506.
39. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2002). [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br).
40. IPT -São Paulo/SP (1981). Levantamento das potencialidades para implantação de barragens subterrâneas no Nordeste: bacias dos Rios Piranhas – Açu RN e Jaguaribe CE. São Paulo, 56p.il. Relatório 14887.
41. JOHNSON D. (1978). Água subterrânea e poços tubulares; tradução da primeira edição do original norte-americano, UOC, Inc., Saint Paul, Minnesota. 3ed. ver. São Paulo, CETESB.
42. LARAQUE, A. (1991). Comportements Hydrochimiques des “Açudes” du Nordeste Brésilien Semi-Aride: évolutions et prévisions pour um usage em irrigation, Paris: Université de Montpellier, These de Doctorat.
43. LEAL, J. (1997). Zoneamento Hidroquímico das Águas Subterrâneas do Estado de Pernambuco. Anais do 1º Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste, Recife, Pernambuco, 85p.
44. LOGAN, J. (1965). Interpretação de Análises Químicas da Água. U.S. Agency for International Development, Recife, 74p.
45. MELO, J. G., & LOPES, V. L. (1987). Comportamento Hidráulico dos Aluviões do Curso Inferior do Rio Encanto - RN. I Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste. Recife - PE. p. 25-36.

46. MONTEIRO, L.C.C. (1984). Barragens Subterrâneas: Uma Alternativa para Suprimento de Água na Região Semi-árida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 3, Fortaleza- CE. ANAIS, ABAS, V. 1. p. 421-430.
47. MONTENEGRO, A. A A (1984). Contribuição dos solos irrigados na dinâmica de salinização das águas subterrâneas em aluviões.
48. MONTENEGRO, A. A. A., MONTENEGRO S. M. G. L. e MACKAY, R. (1999). Regularização hídrica em aluviões – Estudo de caso no semi-árido do Nordeste do Brasil. 9ª conferência Internacional sobre sistemas de captação de água de chuva. Petrolina- Pe CD.
49. OLIVEIRA, I. P. (2001). Dinâmica hidrossalina em solos aluviais salinizados sob o cultivo de halófitas. Dissertação, Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos, Recife – PE, 102 p.
50. PEREIRA, E. A. (1935). Barragens Subterrâneas. Construção. V. 3. N° 30. Outubro, 1959. Rio de Janeiro-RJ, 6 p.
51. PONÇANO, W. L. (1981). Barragens Subterrâneas no Ceará e Rio Grande do Norte: Uma Alternativa Tecnológica para o Abastecimento de Água no Semi-Árido. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 3 Itapema, ABGE, V.1, p.301/321.
52. PUERARI, E. M. (1999). Análise Comparativa dos Parâmetros Físico-Químicos e Bacteriológicos no Reservatório Superficial Chile e no Aquífero Aluvial Adjacente – Morada Nova/CE, Dissertação, Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos, Fortaleza – CE, 80 p.
53. REBOUÇAS, A. C., BRAGA, B., TUNDISI, J. G. (1999). Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação. São Paulo- SP, 717 p.
54. SANTOS, J. P. & FRANGIPANI, A. (1978). Barragens Submersas - Uma Alternativa para o Nordeste Brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 2, São Paulo, SP.. ANAIS - São Paulo, ABGE, V. 1. p. 119-126.
55. SANTOS, N., REGO, J., ALBUQUERQUE, J. (1991). Estudo do Comportamento de Aquíferos Aluviais no Período Seco no Semi-Árido do Nordeste Brasileiro. IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos / V Simpósio Luso Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos, Rio de Janeiro.

56. SANTOS, N. C. F. (1992). Estudo do Comportamento de Aquíferos Aluviais no Período Seco no Semi-Árido do Nordeste Brasileiro. Campina Grande - Laboratório de Hidráulica - DEC / CCT / UFPB. (Dissertação, Mestrado em Recursos Hídricos). 149 p.
57. SECTMA- Secretaria de Ciências, Tecnologia e Meio Ambiente (1998). Plano Estadual de Recursos Hídricos. Recife-PE.
58. SECTMA-PE/MMA/SRH, Convênio 415/98. (1999). Ações emergenciais de combate aos efeitos da seca. Relatório técnico de circulação restrita. Recife-PE.
59. SILVA, A. S. (1982). Utilização dos recursos hídricos em áreas rurais do trópico semi-árido do Brasil; Tecnologias de baixo custo. EMBRAPA/CPATSA,. 128p.
60. SILVA, A. de S.; PORTO, E. R. & GOMES, P. C. F. (1981). Seleção de áreas e construção de barreiros para uso de irrigações de salvação no trópico semi-árido. Petrolina-PE, EMBRAPA/CPATSA, 43p. (EMBRAPA/CPATSA. Circular Técnica, 3).
61. SILVA, D. A. & REGO NETO, J. (1992). Avaliação de barragens submersíveis para fins de exploração agrícola no semi-árido. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Natal- RN, vol. 1, p. 335-361.
62. SILVA, F. F. (1998). Investigação e Modelamento do Fluxo Subterrâneo em Aquífero Aluvial no Semi-Árido da Paraíba, Laboratório de Hidráulica - DEC/CCT/UFPB, Dissertação, Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos, Campina Grande-PB, 109 p.
63. Standart Methods for Examination of Water and Wastewater (1992).
64. STERN, P. H.. (1979). Small scale irrigation; a manual of low-cost water technology. London, Intermediate Technology Publications,. 152p. Il.
65. SUASSUNA, J. (2000). Contribuição ao estudo hidrológico do semi-árido nordestino. Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 98p.
66. SUDENE (1990) – Dados pluviométricos mensais do Nordeste – PE.
67. TIGRE, C.B. (1949). Barragens subterrâneas e submersas como meio rápido e econômico de armazenamento de água. Anais Inst. Nordeste, Fortaleza – CE 13-29.

68. UEHARA, K., TEIXEIRA, F. A. P., BRANDÃO, J. L. B., MIRANDA, J. A. e TEIXEIRA FILHO, J. (1981). Estudos de sistemas alternativos para armazenamento e captação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. Fortaleza, CE. ANAIS - Fortaleza, Ce. V. 3. p. 202-209.
69. UNESCO (1979). Map of the world distribution of arid regions. In:// [desertmu.html](#)

# **ANEXOS**

# **ANEXO 1**

Total 562	Município	Coordenadas		Profundidade (m)	Extensão (m)
		Latitude	Longitude		
	<b><u>Afogados da Ingazeira (31)</u></b>				
1	Santo Antônio I	7.4426/7.4511	37.4114/37.4052	3,7/4,60	2,1
2	Santo Antônio II	7.4412/7.4450	37.4122/37.4103	4,8/4,20	6
3	Santo Antônio III	7.4511	37.405	3,8	35
4	Santo Antônio IV	7.4511	37.2052	4,6	20
5	Santo Antônio V	7.445	37.4103	4,2	15
6	Santo Antônio VI	7.4511	37.2052	4,6	20
7	Santo Antônio VII	7.445	37.4103	4,2	15
8	Queimadas	7.4681	37.336	2,0	38
9	Queimadas	7.4623	37.3517	3,6/3,00	2
10	Quixaba dos Liberais	7.4343	37.3157	4,5/32,0	4
11	Favela	7.4508/7.4598	37.3122	3,5/3,00	3
12	Curral Velho	7.4441	37.4106	4,1	63
13	Sítio Pereiros I	7.4854	37.4329	3,2	135
14	Sítio Pereiros II	7.4752	37.4022	2,0	83
15	Sítio Joaquim	7.3902	37.3407	5,0	125
16	Sítio Travessão	7.4838	37.4003	3,6	22
17	Sítio Riacho da Onça	7.4809	37.3353	4,4	75
18	Várzea Comprida	7.4251	37.3732	3,0	10
19	Capoeira I	7.4622	37.3541	3,0	25
20	Jati I	7.4232	37.3737	2,5	25
21	Jati II	7.4215	37.3745	3,0	20
22	Dois Riachos	7.4041	37.3812	3,0	30
23	Jatobá	7.4158	37.3755	2,5	20
24	Caiçara	7.4042	37.4046	4,5	67
25	Rodeador	7.4408	37.3358	2,5	60
26	Portázio	7.4937	37.3712	3,0	17
27	Serrote Verde	7.4536	37.4107	4,0	45
28	Corisco	7.4952	37.3248	2,3	34
29	Inveja	7.5049	37.4049	3,4	45
30	Sítio Pintada	7.43	37.3414	2,0	30
31	Sítio Nazaré	7.4309	37.3831	3,5	65
	<b><u>Afrânio (10)</u></b>				
1	Faz. Angico	8.3213	40.5138	1,8	2
2	Três Paus	8.2540	40.5829	2,0	40
3	Casa Nova	8.4234	41.1427	3,0	50
4	Faz. Caboclo	8.3219	41.0348	3,5	50
5	Sítio Umbuzeiro	8.2427	40.5250	2,0	30
6	Pau D'Arco	8.2346	40.5254	1,8	40
7	Pé de Serra	8.2335	40.5331	1,7	20
8	Sítio Gaveta	8.3933	40.0439	1,8	40
9	Sítio Queimada	8.4511	41.0422	1,6	40
10	Tanque do Né	8.4507	41.0611	1,5	40
	<b><u>Altinho (03)</u></b>				
1	Sítio Cajarana	8.3243	36.1023	1,7	30
2	Sítio Morcegos	8.3042	36.0959	1,8	35
3	Sítio Caldeirão Novos	8.3101	36.1135	1,5	25
	<b><u>Serrita (01)</u></b>				
1	St. Ipiranga	7.5613	39.1758	2,1	28



Total 562	Município	Coordenadas		Profundidade (m)	Extensão (m)
		Latitude	Longitude		
	<b>Águas Belas (09)</b>				
1	Sítio Areia do Brito			2,8/3,0	38
2	Riacho do Brito I			3,6/2,0	60
3	Riacho do Brito II			3/3,50	40
4	Riacho do Brito III			2,7/2,00	50
5	Olho D'Água			3,8/3,5	20
6	Minador (Público)			3,0	30
7	Lajeiro			3,1	20
8	Cordeiro			2,0	25
9	Faz. Santa Ângela			3,5	45
	<b>Alagoinha (17)</b>				
1	Tambor I	8.2945	36.4819	1,9	20
2	Tambor II	8.2907	36.4811	3,5	40
3	Cacimbina I	8.2808	36.454	3,0	15
4	Cacimbina II				
5	Barriguda	8.2627	36.4433	2,6	24
6	Lage Grande do Geraldão	8.2945	36.4708	2,7	28
7	Porteira	8.3118	36.4729	1,6	24
8	Boqueirão de Fora	8.3013	36.4843	3,5	35
9	St. Magé				
10	St. Pé de Serra do Amparo				
11	Cumbe	8.2614	36.4747	4,5	35
12	Canga	8.3004	36.4503	2,1	42
13	Prazeres	8.3157	36.4617	4,0	30
14	Boqueirão de Dentro	8.2751	36.4833	2,7	35
15	Saco	8.0713	36.4944	1,6	26
16	Sítio do Cego				
17	Sítio Corredor				
	<b>Betânia (07)</b>				
1	Quixaba	8.2054	38.0438	5,0	150
2	Cunhas I			3,4	65
3	Cunhas II	8.1955	38.0621	4,6	60
4	Sítio Soares	8.0629	37.5022	3,7	25
5	Sítio Salobro	8.0459	37.5233	7/3,8	70
6	Malhada do Boqueirão	8.1127	37.5602	4,0	60
7	Fazenda Carnaúba				
	<b>Arcoverde (08)</b>				
1	Junça	8.2113	36.5833	1,8	30
2	Trindeira			1,7	50
3	Boa Soute/Floresta	8.2006	36.5847	2,0	50
4	St. Caiana	8.2158	36.5723	2,2	30
5	Salobro			3	30
6	15 metros/Riacho do Mel	8.5809	36.5809	4	35
7	Salobro			2	45
8	Mulungu	8.1848	36.573	3	80
	<b>Brejinho (03)</b>				
1	Santo Antônio de Cima	7.1821	37.1749	2,0	17
2	Serraria de Baixo	7.1902	37.1747	3,3	23
3	Degredo			1,8	42

Total 562	Município	Coordenadas		Profundidade (m)	Extensão (m)
		Latitude	Longitude		
	<b><u>Araripina (20)</u></b>				
1	Sítio Cachoeira I	7.5115	40.2601	2,0	20
2	Sítio Cachoeira II	7.512	40.2505	4,0	59
3	Sítio Cachoeira III	7.5022	40.2625	2,4	57
4	Sítio Cachoeira IV	7.5048	40.2554	2,0	35
5	Sítio Cachoeira V	7.512	40.2618	3,0	38
6	Sítio Pau D'Arco - Moraes	7.3752	40.2441		
7	Sítio Jacobina	7.4904	40.254	2,0	52
8	Sítio Bonito	7.5632	40.3104	2,9	64
9	Sítio Solidone	7.5331	40.3025	2,5	50
10	Sítio Caldeirão I	7.5335	40.2857	1,7	45
11	Sítio Caldeirão II	7.5343	40.2905	2,9	48
12	Sítio Caldeirão III	7.5344	40.2819	2,5	90
13	Sítio Caldeirão IV	7.5446	40.2702	1,8	105
14	Sítio Limoeiro	7.5408	40.3001	2,7	43
15	Sítio São João I	7.5359	40.2945	3,5	120
16	Sítio São João II	7.5351	40.2918	2,4	61
17	Lagoa Maria Luiza	7.4038	40.2023	2,0	120
18	Sítio Buenos Aires	7.4617	40.2023	4,0	60
19	Sítio Ponta da Serra	7.4513	40.2933	2,7	30
20	Sítio Água Branca	7.4426	40.2254	2,2	30
	<b><u>Bodocó (07)</u></b>				
1	Sítio Atravessado	7.4417	39.5427	3,5	62
2	Sítio Poço do Limo	7.4408	39.5532	3,4	60
3	Sítio Brejinho	7.4104	39.5511	3,3	65
4	Sítio Quadrada I	7.4209	39.563	2,4	43
5	Sítio Quadrada II	7.4444	39.5722	2,6	32
6	Sítio Lombá	7.5402	39.4825	2,2	35
7	Sítio Umburana	7.4444	39.5722	2,5	35
	<b><u>Belo Jardim (19)</u></b>				
1	Fundão I - FI	8.1515	36.3345	4,0	38
2	Fundão II - FII	8.1527	36.3347	5,0	38
3	Cafundó I - CI	8.1222	36.3242	5,0	43
4	Cafundó II - CII	8.1342	36.3319	4,5	46
5	Cafundó III - CIII	8.1158/8.1342	36.3322	5,0	60
6	Cafundó IV - CIV	8.1415/8.1156	36.3324/39.3216	4,0	64
7	São José - SJ	8.1212	36.3347	4,9	50
8	Jundiá/São João - JSJ	7.5919	36.3443	4,5	42
9	Sítio Imbé - SI	8.1205	36.3133	6,0	52
10	Minador - SM	8.1104	36.2931	4,5	49
11	Conceição - SC	8.1216	36.295	4,2	45
12	Mimoso I - MI	8.1002	36.3106	5,0	73
13	Mimoso II - MII	8.1029/8.0927	36.3116/36.3045	6,00/4,60	60
14	Mimoso III - MIII	8.0927/8.1021	36.3043/36.3119	4/6,00	56
15	Mimoso IV - MIV	8.1117	36.3154/36.2154	4,5/8,00	45
16	Mimoso V - MV	8.1058	36.3149	4,5	44
17	Riacho do Salgado - RS	8.1032	36.3115	7,3	92
18	Travessão I - TI	8.0857	36.3005	6,0	105
19	Travessão II - TII	8.0805	36.2936	2,5	40

Total 562	Município	Coordenadas		Profundidade (m)	Extensão (m)
		Latitude	Longitude		
	<b>Buíque (14)</b>				
1	Fazenda Espinho	8.4255	37.0049	4,0	25
2	Sítio Pinto	8.4311	37.5835	3,0	40
3	Lagoa do Curral	8.4035	37.0100	4,0	40
4	Mororó	8.4209	37.0100	4,0	40
5	Gameleira de Dentro	8.4030	37.0146	4,0	70
6	Três Riachos	8.4343	37.0014	5,5	120
7	Riacho do Negro	8.4244	37.0013	3,0	45
8	Guaribas	8.4311	36.5835	6,0	120
9	Sítio Volta			3,0	30
10	Sítio Bom Jesus			2,5	38
11	Gameleira de Dentro II	8.4113	37.0108	2,9	80
12	Lagoal do Curral	8.4035	37.21	4,0	40
13	Gameleira de Dentro	8.4113	37.0108	2,9	80
14	Mororó	8.4149	37.0103	2,4	12
	<b>Bobrobó (01)</b>				
1	Fazenda Santana	8.1702	39.2556	3,0	45
	<b>Calumbi (01)</b>				
1	Morada Vermelha	7.5622	38.0616	2,8	15
	<b>Bezerros (05)</b>				
1	Boi Torto	8.1553	36.0153		18
2	Furtuoso	8.1453	36.09	3,0	45
3	Areias	8.0818	36.464	2,0	15
4	Salgado	8.0711	35.3926	2,3	22
5	Remédios	8.1213	35.4906	2,5	37
	<b>Brejo da Madre de Deus (07)</b>				
1	Cacimba d'Água I	8.0716/8.0737	36.2652/36.2708	5,0	42
2	Cacimba d'Água II	8.0716	36.2652	3,7/1,35	40
3	Açudinho I				
4	Açudinho II				
5	Saquinho	8.0702	36.262	5,0	50
6	Salobro	8.0754	36.1517	2,6	50
7	Tabocas	8.0907	36.1939	2,7	30,0
	<b>Caetés (08)</b>				
1	St. Estrela D'alva	8.4247	36.4508	1,8	38
2	St. Riacho I	8.4716	36.4253	1,9	30
3	St. Riacho II	8.4711	36.4245	2,0	30
4	Tamboril	8.4615	36.3518	2,0	45
5	Sítio Tapera				
6	Sítio Bastiões				
7	Sítio Serrote				
8	Sítio Quitanda				
	<b>Cachoeirinha (06)</b>				
1	Lagoa de Laje	8.2744	36.1556	1,4	50
2	Borrachinha			3,6	40
3	Cabanas (Olho D'Água)	8.2429	36.203	2,8	30
4	Igrejinha	8.2552	36.2035	3,5	60
5	Retiro	8.2459	36.2000	2,3	55
6	Sítio Cabanas	8.2514	36.1952	3,0	120

Total 562	Município	Coordenadas		Profundidade (m)	Extensão (m)
		Latitude	Longitude		
	<b>Capoeiras (06)</b>				
1	St. Riacho do Mel	8.4437	36.3341	3,0	45
2	Várzea do Chapeú	8.4113	36.2452	2,7	40
3	Sítio Gameleira	8.4345	36.3208	2,5	35
4	Sítio Boa Vista dos Inácios				
5	Sítio Zabelê				
6	Sítio Cafofa				
	<b>Carnaubeira da Penha (03)</b>				
1	F. Izidorio	8.2323	38.4429	3,0	40
2	Juazeiro	8.2028	38.5124	2,0	82
3	Logradouro	8.251	38.5124	2,0	82
	<b>Caruaru (17)</b>				
1	Lajedo do Cedro I	8.1237	36.044	1,9	48
2	Lajedo do Cedro II	8.1243	36.05	9,0	65
3	Riachão I	8.1333	35.5412	3,3	25
4	Riachão II			3,5	30
5	Fazenda Macambira/Borba				
6	Travessão	8.1001	36.0303	4,00/3,50	50
7	Sítio Baixo de Itaúna I	8.0610	36.0724	2,0	40
8	Sítio Baixo de Itaúna II	8.0605	36.0653	4,2	70
9	Fazenda Cachoeira Seca	8.0709	36.0047		
10	Sítio Cachoeira de Tabocas	8.0437	36.1143	2,00/1,50	40
11	Lagoa de Pedra	8.0714	36.0603		32
12	Lagoa do Cedro	8.1237	36.044		48
13	Serrote dos Bois I	8.0714	36.0603		27
14	Serrote dos Bois II	8.0556	35.1558		27
15	Serrote dos Bois III	8.0714	36.0603		28
16	Maribondo	8.0714	36.0603		28
17	Japicaíga	8.0714	36.0603		30
	<b>Custódia (18)</b>				
1	Sítio Caldeirão	8.0444	37.4517	3,1	78
2	Sítio Lamarão	7.5959	37.3738	3,6	100
3	Sítio São José	7.5913	37.3828	3,0	44
4	S. Queimada Nova	7.5838	37.3741	3,4	63
5	Verruga	7.5942	37.3825	3,5	86
6	Lamarão B. Encruzilhada	7.594	37.3755	3,3	67
7	Sítio Areias	7.5947	37.3818	3,7	72
8	Saco	7.5854	37.5754	3,5	50
9	Açude dos Costas				
10	Sítio Serrote Grande			3,40/3,50	45
11	Sítio Brabo			2,8	40
12	Fazenda Barbosa	8.0436	37.3307	4,0	80
13	Fazenda Bomsussego	8.0542	37.3210	3,5	35
14	Riacho do Gado				
15	Fazenda São Sebastião				
16	Sítio Pinhões				
17	Sítio Prazeres				

Total 562	Município	Coordenadas		Profundidade (m)	Extensão (m)
		Latitude	Longitude		
	<b>Flores (09)</b>				
1	St. Feijão	8.0107	37.5654	2,5	100
2	Tamboril Velho	8.0146	37.5027	3,0	50
3	Sítio Macaco	7.5807	37.5558	3,5	55
4	Serra do Zuza	7.5558	37.4854	3,8	65
5	Riacho das Letras I	7.575	37.5006	2,7	45
6	Riacho das Letras II			3,0	35
7	Sítio Tapuio			2,5	45
8	Sítio Tenório	8.0138	37.5713	3,5	95
9	Mucambinho	7.5217	37.4916	3,6	50
	<b>Floresta (13)</b>				
1	Santa Paula				
2	Riacho do Sal				
3	Cachoeira				
4	Fazenda São João	8.2257	38.3016	2,5	60
5	Fazenda Jardim	8.2415	38.3015	3,0	45
6	Serrote do Capim	8.4345	38.2233	1,5	80
7	Poço do Fuma	8.3114	38.1044	1,5	40
8	Várzea do Icó	8.1702	38.2012	3,5	110
9	Três Meninas	8.3400	38.1650	1,8	30
10	Malhada Vermelha	8.2912	38.3228	2,2	20
11	Exú	8.2828	38.3156	1,5	30
12	Fazenda Veneza	8.4201	38.3609	1,5	50
13	Fazenda Paus Pretos	8.3921	38.3512	1,1	25
	<b>Frei Miguelinho (01)</b>				
1	St. Brinca	7.5817	35.5403	2,0	35
	<b>Granito (10)</b>				
1	Sítio Logradouro I	7.4825	39.3939	3,5	30
2	Sítio Logradouro II	7.4929	39.3925	2,1	50
3	Sítio Logradouro III	7.482	39.3744	3,5	35
4	Sítio Malhada I	7.4838	39.371	3,8	70
5	Sítio Malhada II	7.482	39.3744	4,0	45
6	Paraná	7.4912	39.4035	2,3	86
7	Palácio I	7.4901	39.3549	1,8	61
8	Palácio II	7.4829	39.3434	4,0	30
9	Sussurama	7.5508	39.4435	3,0	65
10	Araruna	7.4151	39.4714	2,6	40
	<b>Gravatá (11)</b>				
1	Ladrilho			2,5	45
2	Boa Vista I				
3	Boa Vista II				
4	Grota de Russas			2,5	40
5	Russinha			2,5	50
6	Maria Izabel I	8.0857	35.2845	2,50/2,60	30
7	Maria Izabel II	8.085/8.0857	35.2909/35.2845	2,00/2,60	30
8	Riacho do Cachorro	8.0806/8.0858	35.2931	2,50/1,90	30
9	Russinhas	8.0858	35.2747	2,9	45
10	Sítio Maravilha			2,9	19
11	Sítio Esquerdo			4,0	25

Total 562	Município	Coordenadas		Profundidade (m)	Extensão (m)
		Latitude	Longitude		
	<b>Ibirajuba (04)</b>				
1	Sítio Maniçoba	8.3412	36.1218	1,9	25
2	Sítio Rosinho	8.3348	36.133	1,5	20
3	Malhado de Vaca	8.3929	36.1158	2,8	40
4	Menduri	8.3747	36.1356	1,9	25
	<b>Ingazeira (02)</b>				
1	Lagoa da Mata/Chique-Chique	7.4126/7.4130	37.2424/37.2415	3,60/3,50	78
2	Pinga Fogo	7.4340	37.2831	3,8	90
	<b>Itapetim (06)</b>				
1	Prazeres	7.2344	37.0945/37.0946	3,00/2,50	25
2	Batinga	7.1935/7.1936	37.1036	3,10/2,80	58
3	Santo Antônio de Cima	7.2541/7.2605	37.0517/37.0459	2,30/3,00	46
4	Cacimba	7.2425	37.1040	3,6	60
5	Mocambo	7.2109	37.0838	3,5	47
6	Mocambo	7.2212	37.0920	4,0	38
	<b>Jataíba (11)</b>				
1	João Vermelho	8.2120	36.3345	5,6	47
2	Manoel Antônio/Sítio manoel Costa	7.5531	36.3145	2,50/3,70	50
3	Jundiá I	7.591	36.3358	5,0	50
4	Jundiá II	7.5859	36.3337	4,0	41
5	Jundiá III	7.5905	36.334	5,0	77
6	Jundiá IV	8.1553	36.0149		38
7	Sítio Umas	8.1553	36.0149		50
8	Sítio Poço Cercado	8.1553			21
9	Mulungu I	8.1553	36.0149		32
10	Mulungu II	8.1553	36.0149		38
11	Riacho do Jacú	8.0034	36.2648	4,7	80
	<b>Jucati (04)</b>				
1	St. Guandus	8.4705	36.2706	2,80/1,90	43
2	Sítio Divisão	8.4256	36.2745	2,5	60
3	Baixo dos Caibros	8.4330	36.3017	1,8	40
4	Sítio Divisão	8.4306	36.2703	1,6	35
	<b>Carnaíba (02)</b>				
1	Malhada dos Caibros	7.4551	37.4508	1,9	46
2	Pedra D'Água	7.4626	37.4325	2,2	28
	<b>Mirandiba (12)</b>				
1	Tamboril			3,1	90
2	Cachoeira			2,1	45
3	Angico dos Lúcios			3,5	45
4	Sítio Saco			2,2	39
5	Prec dos Primos			3,8	40
6	Barra da Formiga			2,3	45
7	Riacho das Pedras	8.1115	38.4256	3,0	30
8	Pastos Bons I	8.1107	38.4429	3,0	35
9	Pastos Bons II	8.1131	38.4409	1,8	30
10	Sítio Feijão I	8.0859	38.4423	3,3	35
11	Sítio Feijão II	8.0856	28.442	4,5	45
12	Prece dos Caboclos	8.1214	38.4743	4,0	40

Total 562	Município	Coordenadas		Profundidade (m)	Extensão (m)
		Latitude	Longitude		
	<b>Jupi (01)</b>				
1	Sítio Costa	8.4045	36.2204	2,4	60
	<b>Lagoa Grande (25)</b>				
1	St. Tanque	8.5606	40.0827	3,0	35
2	St. Pocinhos	8.4510	40.1813	2,80/1,50	20
3	Tanque Novo	8.5310	40.1124	1,8	13
4	St. Tabuleiro	8.4825	40.1632	3,80/1,70	80
5	Sítio Pajeú I	8.3820	40.1122	3,0	35
6	Sítio Pajeú II	8.3812	40.1044	2,3	50
7	Sítio Pajeú III	8.3826	40.1111	4,00/1,80	70
8	Sítio Santana/Fazenda Sussena	8.3811/8.3812	40.1005	3,5	38
9	Sítio Cacimbina	8.4109	40.153/40.1539	1,8	35
10	Sítio Espinheiro	8.3719	40.1507	1,7	50
11	St. Recreio	8.5106	40.1049	3,3	22
12	São Raimundo	8.3712	40.0743	1,6	40
13	Sítio Panela	8.3932	40.1304	1,6	30
14	Riacho Verde	8.3915	40.1301	1,9	40
15	Sítio Panela	8.3948	40.1321	1,7	40
16	Riacho Verde	8.3857	40.1217	2,0	60
17	Sítio Curtume	8.3822	40.1358	1,5	30
18	Sítio Oriente	8.5008	40.1637	1,9	50
19	Barreiro Branco	8.4930	40.1632	1,7	20
20	Barreiro Branco	8.4914	40.1640	1,8	40
21	Sítio Salina	8.3259	40.1543	1,7	30
22	Sítio Salina	8.3248	40.1542	1,6	30
23	Sítio Pedra preta	8.3739	40.1443	1,9	50
24	Sítio Cacimbina	8.4109	40.153	1,8	35
25	Sítio Espinheiro	8.3719	40.1507	1,7	50
	<b>Lagedo (01)</b>				
1	Olho D'Água Novo	8.4223	36.1821	1,5	35
	<b>Orocó (06)</b>				
1	Faz. Jatobá	8.3134	39.2919	3,00/1,90	68
2	Malhada da Areia	8.2957	39.3127	4,40/1,70	84
3	Olho D'Água	8.3035	39.3019	3,20/1,80	74
4	Sítio Sem Nome	8.3224	39.3004	3,40/2,50	29
5	Tabuleiro Alto	8.3149	39.3814	2,7	40
6	Vagem Grande	8.3041	39.3055	20,0	40
	<b>Pedra (06)</b>				
1	Luiza Velha Tenório I				
2	Luiza Velha Tenório II				
3	Cacimbina	8.4710	36.5208	4,0	30
4	São José	8.4855	36.4920	5 a 6,00	70
5	Riacho do Saco	8.4707	36.5015	3,8	25
6	Alegre	8.3929	36.565	1,9	16
	<b>Pombos (03)</b>				
1	Olho D'água	8.031	35.5717	2,6	23
2	Olho D'água			3,6	12
3	Tamanduá			4,4	30

Total 562	Município	Coordenadas		Profundidade (m)	Extensão (m)
		Latitude	Longitude		
	<b>Ouricuri (28)</b>				
1	Sítio Alto Grande	7.5501	40.2829	2,1	59
2	Sítio Caldeirão II	7.5349	40.2713	1,8	48
3	Sítio Espinheiro I	7.5521	40.2751	2,6	54
4	Sítio Espinheiro I	7.5444	40.2746	4,0	100
5	Sítio Araçá	7.5309	40.2557	2,9	68
6	Sítio Poço I	7.5421	40.2657	2,9	68
7	Sítio Poço II	7.5317	40.2613	1,6	60
8	Sítio Alto Grande I	7.5456	40.2859	1,5	27
9	Sítio Alto Grande II	7.5506	40.2818	2,3	123
10	Sítio Alto Grande III	7.5603	40.2845	2,4	110
11	Sítio Alto Grande IV	7.5501	40.2829	2,1	59
12	Sítio Campo I	7.5552	40.2722	1,5	33
13	Sítio Campo II	7.5627	40.2813	1,6	41
14	Sítio Gabriel	7.5514	40.2537	1,7	40
15	Sítio Bonito	7.5632	40.3104	2,9	64
16	Sítio Passagem	7.5533	40.2643	1,8	105
17	Sítio Travessão	7.5548	40.2608	2,6	55
18	Sítio Cachoeirinha	7.512	40.2505	4,0	59
19	Sítio Solidone	7.5331	40.3025	2,5	50
20	Fazenda Pradicó				
21	Fazenda Pradicó				
22	Sítio Chapada Tamboril				
23	Lagoa Comprida				
24	Tamboril				
25	Fazenda Patos	8.0105	40.0316	2,3	70
26	Chapada Pajeú	8.0453	39.4710	1,7	60
27	Fazenda Pradicó	7.4812	40.0845	1,8	60
28	Lagoa Comprida	7.5449	40.1434	2,2	60
	<b>Paranatama (15)</b>				
1	Sítio Umbuzeiro I	8.5256	36.3833	2,1	25
2	Sítio Laje de Pedra	8.5306	36.3914	1,8	25
3	Sítio Lajinha I	8.5342	36.3910	1,8	30
4	Sítio Lajinha II	8.5335	36.3907	2,4	30
5	Sítio Pedra do Navio I	8.5310	36.4109	2,4	35
6	Sítio Pedra do Navio II	8.5259	36.4149	2,0	40
7	Sítio Brito dos Vieiras	8.5146	36.4107	2,8	35
8	Sítio Riacho do Mel I	8.5040	36.4310	2,2	25
9	Sítio Riacho do Mel II	8.5027	36.4238	2,8	30
10	Sítio Malhada do Cosme	8.5032	36.4321	1,8	20
11	Sítio Brito dos Hélios	8.5129	36.4041	2,0	40
12	Sítio Riacho dos Britos I	8.5226	36.4207	2,6	35
13	Sítio Riacho dos Britos II	8.5157	36.4132	2,5	25
14	Sítio Umbuzeiro II (*)	8.5309	36.3833	4,5	86
15	Sítio Cachoeira (*)	8.51	36.3833	2,8	40
	<b>Saloá (02)</b>				
1	Cuema	9.0108	36.4334	2,0	15
2	Morros	9.0105	36.4328	3,3	25



Total 562	Município	Coordenadas		Profundidade (m)	Extensão (m)
		Latitude	Longitude		
	<b>Petrolina (17)</b>				
1	St. Barra da Jurema	8.5651	40.3340	3,0	50
2	St. do Meio	8.4233	40.2327	3,0	45
3	Lagoa do Prado I	8.4608	40.2324	2,7	30
4	Lagoa do Prado II (Passagem)	8.5135	40.2047	3,2	35
5	St. Alegria (Canto Alegre)	8.5019	40.1629	3,5	45
6	St. Casa Nova	8.4852	40.1643	2,4	38
7	Cacimba dos Negros	8.5130	40.1903	2,7	30
8	Água Branca	8.4942	40.3221	1,8	80
9	Baixo do Tanque Novo	8.5422	40.1620	2,7	60
10	Sítio Cachoeirinha	8.4713	40.2336	1,4	50
11	Sítio Cachoeirinha	8.4727	40.4439	1,3	50
12	Baixa Verde	8.5717	40.4439	3,5	40
13	Baixa da Mangueira	8.4919	40.2146	1,9	50
14	Sítio Serafim	8.4805	40.2335	2,6	80
15	Sítio Socorro	8.4827	40.2303	1,6	30
16	Poço Dantas	8.5108	40.2121	1,9	90
17	Cacimba Grande	8.5113	40.2104	2,6	30
	<b>Pesqueira (06)</b>				
1	Fazenda Carrapicho			2,5	40
2	Caldeirão - II	8.1738		2,6	50
3	Sítio Pintada	8.1426	36.3649	1,8	30
4	Milho Branco		36.3543	2,3	25
5	Caldeirão II	8.1738	36.3549	2,6	50
6	Pintada	8.1426	36.3543	1,8	30
	<b>Porção (07)</b>				
1	Monte Alegre	8.1432	36.4613	3,0	20
2	Saco	8.1154	36.3936	2,0	20
3	Goiabeira	8.1552	36.3901	2,0	13
4	Zombaria	8.1516	36.3811	1,9	40
5	Cacimba Funda	8.114	36.4405	2,0	25
6	Gangorra	8.1057	36.4732	1,5	15
7	Lagoa Seca	8.1323	36.3806	1,7	20
	<b>Quixaba (11)</b>				
1	Cauíra	7.4606/7.4406	37.5121	4,10/3,20	73
2	Serra Vermelha	7.4217/7.4227	37.5039/37.5016	2,3	33
3	Salobro	7.4405	37.515	4,0	58
4	Sítio Quixaba	7.4314	37.5177	4,0	17
5	Cacimba	7.4242	37.4942	3,8	21
6	Bom Jesus	7.4730	37.4751	3,5	26
7	Cacimba	7.4311	37.4915	3,0	18
8	Cacimba	7.4242	37.4947	2,8	15
9	Carnaúba	7.4339	37.4813	2,5	16
10	Riacho do Meio	7.4326	37.4847	3,0	14
11	Gameleira			4,5	26
	<b>Santa Cruz do Capibaribe (03)</b>				
1	Carrapicho Velho	7.5505	36.1924	3,0	35
2	St. Moreir ade Cima	7.5214	36.2655	3,0	40
3	Magana			3,0	40

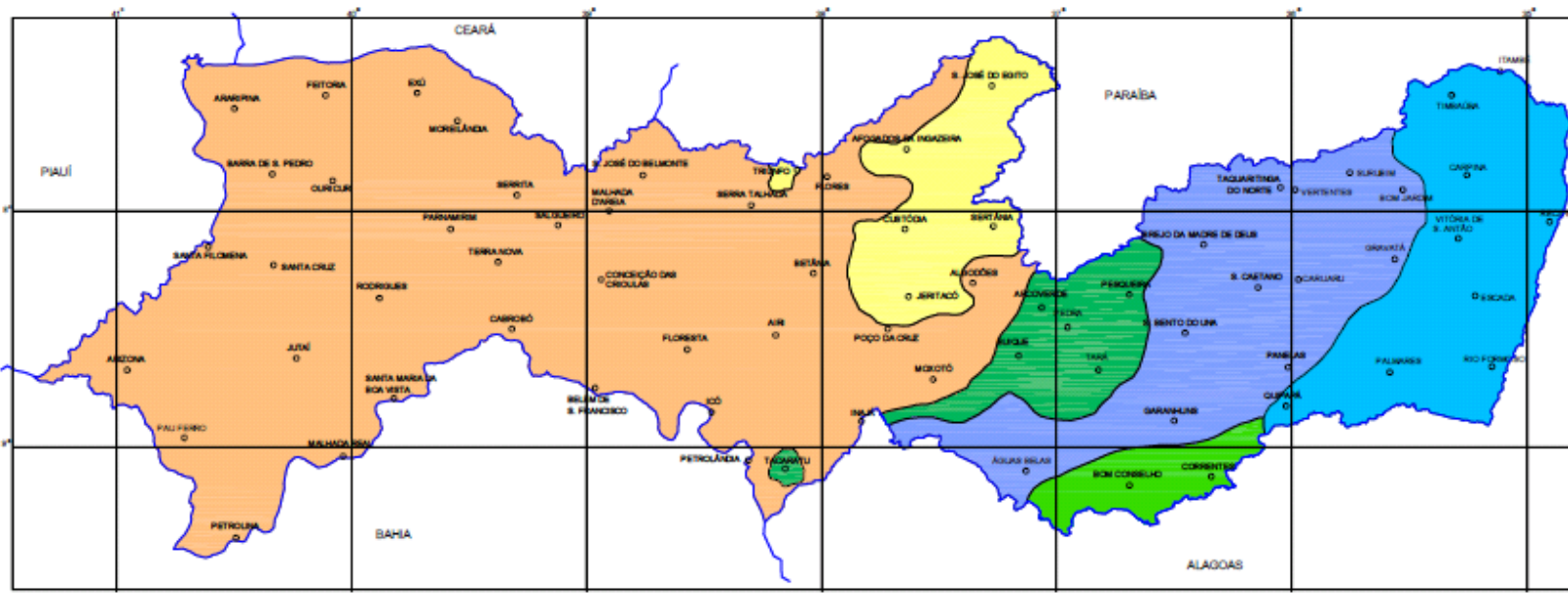
Total 562	Município	Coordenadas		Profundidade (m)	Extensão (m)
		Latitude	Longitude		
	<b>Salgueiro (10)</b>				
1	St. Canoa I	8.1441	39.0604	3,0	30
2	St. Canoa II	8.1649	39.0423	3,2	73
3	St. Areias I	8.1738	38.5706	1,9	37
4	St. Areias II	8.1738	38.5707	1,9	37
5	St. Paula	8.1703	38.5503	3,2	42
6	St. Sabino	8.1703	39.0139	3,6	47
7	St. Salão	8.1802	39.0523	2,8	28
8	St.Lagoa Rasa	8.0938	39.1053	2,8	28
9	Malhada Comprida	8.0938	38.5618	1,7	70
10	Acauã de Cima	7.5229	39.0801	3,0	40
	<b>Sanharó (08)</b>				
1	Cachoeira do Jode	8.2419	36.3812	2,00/1,50	20
2	Cachoeira			2,0	30
3	Cajueiro I	8.2654	36.3417	2,50/1,90	40
4	Cajueiro II	8.2738	36.3451	3,10/2,90	40
5	Maniçoba	8.1723	36.3147	3,00/3,30	50
6	Macaíba I	8.0622	39.0616	4,2	41
7	Macaíba II	8.0632	39.0607	4,0	28
8	Fazenada do Serrote	7.5959	39.1123	4,0	52
	<b>Santa Cruz (05)</b>				
1	Fazenda Rodrigues I	8.2331	40.1639	3,60/1,80	80
2	Fazenda Rodrigues II	8.2306	40.1647	2,40/1,90	90
3	Cacimba Nova	8.2105	40.1853	3,0	20
4	Cacimba Nova	8.2156	40.1848	3,5	38
5	St. Baixa	8.1827	40.1244	2,80/2,20	60
	<b>Santa Maria da Boa Vista (21)</b>				
1	Lagoa do Barro I	8.3535	40.0013	3,5	40
2	Lagoa do Barro II	8.3556	40.0007	3,8	50
3	Alto Alegre	8.3714	39.5914		
4	St. Madacarú I	8.3714	39.5948	3,8	45
5	St. Madacarú II	8.3714	39.5948	3,6	45
6	St. Socorro	8.2524	39.5948	3,2	12
7	St. Estreito	8.2432/8.2504	40.0950/40.1009	2,80/2,30	32
8	Fazenda Sobrado	8.4435	40.0108	1,5	2
9	Fazenda Bom Sucesso	8.3726	39.4925	1,7	20
10	Sítio Mundé	8.3126	40.0120	2,3	50
11	Açude velho	8.2616	39.5828	1,5	30
12	Fazenda Taboa	8.3848	39.4609	2,7	40
13	Sítio Velho	8.3204	39.5112	1,6	30
14	Riacho do Meio	8.2448	40.0115	2,2	35
15	Sítio Massapé	8.2949	39.5535	1,5	30
16	São Miguel	8.4038	39.5848	1,7	30
17	Sítio Patos	8.4108	39.5507	1,3	20
18	Lagoa de Cima	8.2206	40.0806	1,5	40
19	Passagem das Pedras	8.2841	39.4923	2,0	30
20	Barra Nova	8.3921	39.4504	1,6	20
21	Fazenda Jatubarana	8.3955	40.0235	1,7	20

Total 562	Município	Coordenadas		Profundidade (m)	Extensão (m)
		Latitude	Longitude		
	<b>Santa Terezinha (03)</b>				
1	Lagoa do Miguel/Lagoa do Mizael	7.2259/7.229	37.2544	2,8	42
2	Furnas	7.2549	37.2643	1,9	29
3	Salgada	7.2325	37.2806	2,5	22
	<b>Sao Bento do Uma (01)</b>				
1	St. Armazém L-II			2,6	40
	<b>São Caetano (10)</b>				
1	St. Boqueirãozinho I				
2	St. Boqueirãozinho II				
3	St. Lagoa do Anjo I				
4	St. Onça I				
5	St. Onça II				
6	St. Agreste de Mingu				
7	St. Cajazeiras				
8	St. Boqueirão				
9	St. Xicuru de Baixo				
10	St. Lafoa do Anjo II				
	<b>São João (02)</b>				
1	Várzea do Barro	8.4944	36.2223	3,1	50
2	St. Castanhola	8.4944	36.2308	2,6	40
	<b>São José do Belmonte (06)</b>				
1	Sítio Feijão I	7.4552	38.4419	3,40/2,40	80
2	Sítio Feijão II	7.4523	38.4428	4,5	100
3	Sítio Baixio Velho			3,20/2,50	70
4	St. Comunidade Boa Vista/Boa Sorte	7.4545	38.4151	3,50/1,70	80
5	St. Rolo do Cedro			4,00/2,50	90
6	Cachoeira	7.4658	38.4354	1,8	30
	<b>São José do Egito (02)</b>				
1	Fazenda Nova	7.3213	37.2416	4,8	28
2	Riacho de Baixo	7.3427	37.2348	3,6	30
	<b>Serra Talhada (16)</b>				
1	Cípos			4,5	100
2	São José	8.0934	38.1517	5,0	70
3	Saco da Roça	8.0058	38.1252	2,7	90
4	Lagoa da Pedra	8.1201	38.2640	3,20/1,80	100
5	Fazenda São José	7.5521/8.0934	38.2559/38.1517	3,60/2,00	100
6	Serra Vermelha			2,8	50
7	Lemos	8.1428	38.2828	3,5	150
8	Mutuca	8.1447	38.2817	4,0	74
9	Ingazeira			4,4	60
10	Lambedor	8.1321	38.2828	2,5	105
11	Serra Vermelha	8.1405	38.2713	2,0	50
12	Poço da Pedra	8.1321	38.2814	3,2	40
13	Cachoeira do Sá	8.09	38.1255	5,8	74
14	Fazenda Macambira	8.0221	38.1219	3,0	36
15	Fazenda Ramalhete	8.065	38.1734	4,0	37
16	Fazenda Riacho do Juá	8.1716	38.2644	3,5	102

Total 562	Município	Coordenadas		Profundidade (m)	Extensão (m)
		Latitude	Longitude		
	<b>Sertânia (08)</b>				
1	Cipó I	7.5827	37.1255	2,0	12
2	Várzea Limpa I	8.0713	37.1322	3,0	40
3	Várzea Limpa II	8.0727	37.1344	3,6	35
4	Várzea Limpa III	8.0701	37.1418	2,6	38
5	Caruá	8.0911	37.1755	2,7	30
6	Jiquiri	8.0325	36.1413	1,3	32
7	São Francisco	8.0024	37.1311	2,4	20
8	Bom Nome	8.0628	37.196		
	<b>Solidão (05)</b>				
1	Pintada	7.3424	37.4152	2,10/2,30	52
2	Olho D'Água	7.3616	37.4102	4,00/2,00	46
3	Cajazeiras	7.3741	37.3531	3,0	23
4	Crioulo	7.3734	37.3857	2,5	17
5	Canoa			3,0	48
	<b>Surubim (04)</b>				
1	Santa Margarida	7.5029	35.4126	1,5	30
2	Fazenda Campos	7.4851	35.4732	1,5	30
3	St. Bráz	7.4923	35.4756	1,5	25
4	St. Lagoa Capim	7.514	35.4249	2,5	40
	<b>Tabira (07)</b>				
1	Sítio Pocinhos	7.3428	37.3211	2,8	65
2	Sítio bandeira II/Borborema	7.2818	37.3126	2,20/2,50	53
3	Fazenda Nova	7.3320	37.3119	2,15/3,00	45
4	Florêncio	7.3155	37.3431	1,8	24
5	Mundo Novo	7.3151	37.3227	2,80/2,00	17
6	Conceição	7.3121	37.2658	3,20/3,00	49
7	Cachoeira Grande	7.3114	37.3025	3,30/2,70	31
	<b>Terra Nova (01)</b>				
1	St. Riachinho	7.4205	42.2105	3,7	90
	<b>Venturosa (06)</b>				
1	Riacho da Luiza I				
2	Riacho Grota da Onça I				
3	Riacho Grota da Onça II				
4	Campo Grande I				
5	Riacho Simeão				
6	Tarazino				
	<b>Verdejante (05)</b>				
1	St. do Mocó	7.5924	39.0514	4,0	58
2	Baixo do Fumo I	8.0024	39.036	7,0	40
3	Baixo do Fumo II	8.0024	39.036	7,0	41
4	St. Moraes	7.5957	39.0339	4,6	37
5	St. Cabaceira			3,2	28
	<b>Vertentes (04)</b>				
1	Areia do Junco	7.5147	35.5454	3,0	80
2	Lagoa Rasa	7.5335	35.5552	2,5	35
3	St. Jacu	7.5101	35.5538	2,5	60
4	Serra da Cachoeira	7.4747	35.5745	2,6	50

# **ANEXO 2**





PATH: MEXCOT06MEXLSTACDANKS2065

○ LOCALIDADES COM REGISTROS PLUVIOMÉTRICOS DE MAIS DE 30 ANOS

POSICIONAMENTO MÉDIO DO PERÍODO CHUVOSO

- JANEIRO A ABRIL
- FEVEREIRO A MAIO
- MARÇO A JUNHO
- ABRIL A AGOSTO
- MARÇO A JULHO
- MARÇO A AGOSTO

ESCALA GRÁFICA

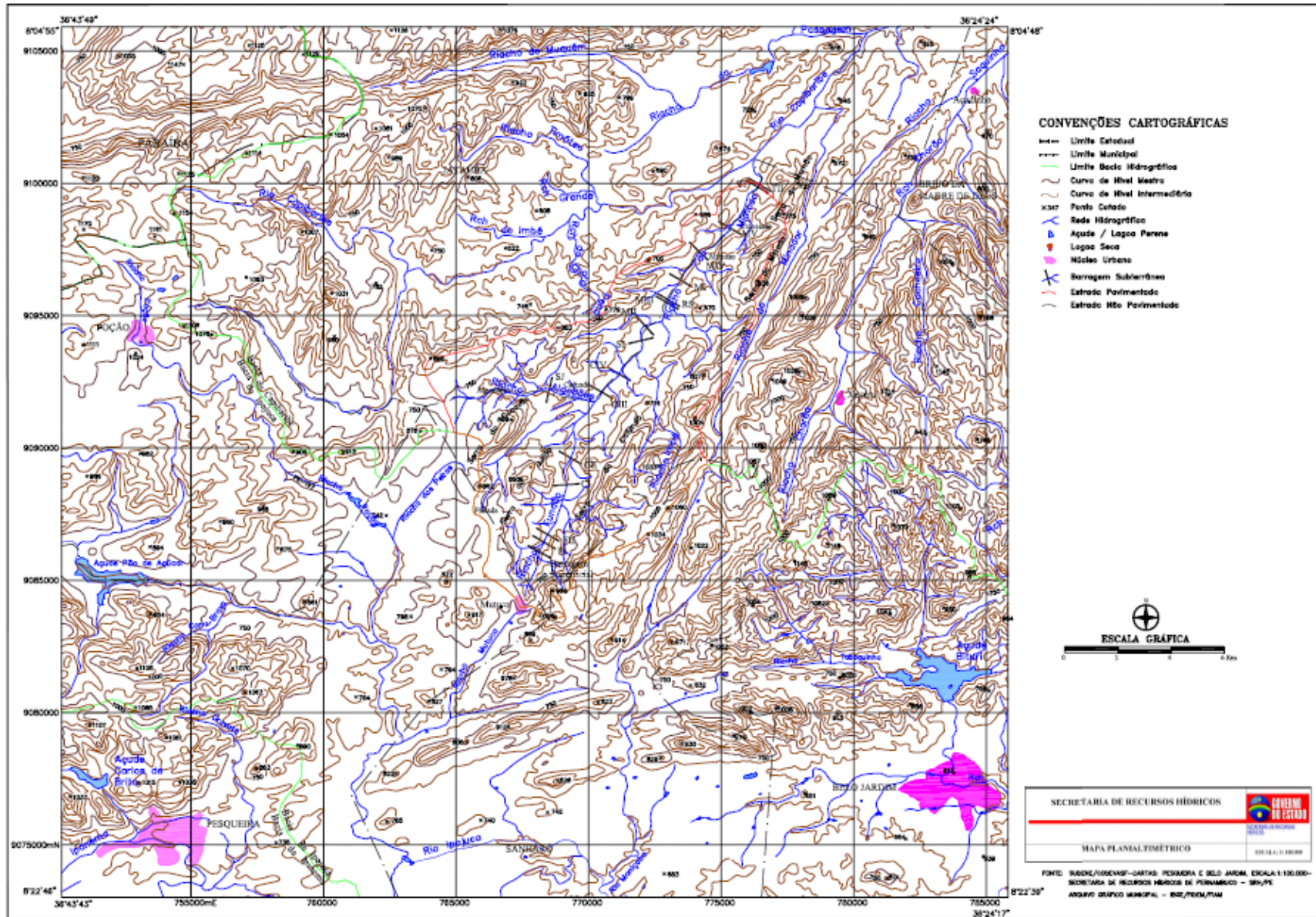


SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE		
DIRETORIA DE RECURSOS HÍDRICOS		
FIGURA B2		
<b>REGIME DE CHUVAS DO ESTADO DE PERNAMBUCO</b>		
		MAPA 101.2.01









# **ANEXO 3**

# CADERNETA PLUVIOMÉTRICA

**SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS - SRH**  
**Rua Irmã Maria David, 180 - Casa Forte - Recife - PE**  
**CEP 52.061-070**  
**Fone: 441 5636**

MARCAR COM UM X O ORGÃO RESPONSÁVEL PELA MEDIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO

IPA  POLICA MILITAR  EMATER  PARTICULAR  SRH

**REGISTRO DE PRECIPITAÇÃO (mm)**

LOCALIDADE: **MUTUCA**

LATITUDE: \_\_\_\_\_

NÚMERO: \_\_\_\_\_

LONGITUDE: \_\_\_\_\_

MUNICÍPIO: **PESQUEIRA**

ALTITUDE: \_\_\_\_\_

ESTADO: **PE**

ANO: **2000**

DIA/MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	0	0		0	4,1	0	9,7	4,8	0	0	0	0
2	0	3,6		0	0	0	0	11,5	0	0	0	0
3	0	2,5	0	0	3,7	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0,9	0	0	10,2	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	2,8	0	0,4	4	0	0	0	0
6	0	0	0	0	12,2	10,0	0	2	0	0	0	0
7	0	2,4	0	0	0	12,7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	31,8	0	0,5	1,8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	7,7	4	0	0	0	15	0	0	14	0
10	0	14,9	7,2	0	0	7,7	0	0	0	0,2	0	0
11	0	4,7	0	0	0	0	4,7	0,3	0	0	0	0
12	0	0	0	0	4,7	0	0	0	0	0	0	12,8
13	0	0	0	13,7	0,6	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	7,8	6,4	0	7,4	0	0	0	0	0	13,3
15	0	4,2	7	0	0	0	4,3	0	0	0	0	31,2
16	0	1,1	0	0	0	2,0	0	0	0	0	0	12,3
17	0,3	2,9	0	3,6	10,9	0	0,6	0	0	0	0	18,1
18	2	0	1,7	18,6	1,2	0	0	0	4,4	0	0,5	3,6
19	0	0	21,7	28,6	5,5	1,1	0	0	7,6	0	0	0
20	0	0	0	9,7	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0,2	0	7,3	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	3,0	0	0	0	0	6,0	0	0	0	0	0
23	0	6,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	4,9	5,8	0	0	3,7	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	6,8	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	7,7	0,6	23,7	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0,9	3,3	76,5	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	6,4	0	0,7	0	0	0	0	0
29	0		0	0	3,0	0	-	0	1,5	0	0	0
30	1,6		27,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	1,3		7,7	-	1,6		1,2	0	0	0		
<b>TOTAL:</b>	10,1	52,3	120,3	99,6	79,4	69,7	104,1	37,6	13,5	0,2	14,5	91,3
<b>MÉDIA</b>												

\_\_\_\_\_  
 Maria das Neves Lima França

OBSERVADOR

# CADERNETA PLUVIOMÉTRICA

**SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS - SRH**  
**Rua Irmã Maria David, 180 - Casa Forte - Recife - PE**  
**CEP 52.061-070**  
**Fone: 441 5636**

MARCAR COM UM X O ORGÃO RESPONSÁVEL PELA MEDIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO

IPA  POLICA MILITAR  EMATER  PARTICULAR  SRH

**REGISTRO DE PRECIPITAÇÃO (mm)**

LOCALIDADE: **Mutuca** \_\_\_\_\_  
 NÚMERO: \_\_\_\_\_  
 MUNICÍPIO: \_\_\_\_\_  
 ESTADO: **PE** \_\_\_\_\_

LATITUDE: \_\_\_\_\_  
 LONGITUDE: \_\_\_\_\_  
 ALTITUDE: \_\_\_\_\_  
 ANO: **2001** \_\_\_\_\_

DIA/MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	0	0	4,9	0	0	0	0	0	2,0	0	0	9,9
2	0	0	0	5,9	0	12	0	0	0	0	0	6,2
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,1
4	0	0	0	0	0	2,6	0	0	0	0	0	0,6
5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	2,3	3,1	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	1,1	0	0	0	0	0	0
12	4,1	0	1,9	0	0	3,7	0	0	0	0	0	3,6
13	6	0	1,9	0	0	11,8	0	2,9	0	0	0	0
14	0	0	8,8	0	0	62	0	0	0	0	0	0
15	0	0	2,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	1,30	0	0	0	0	3,8	0	0	6,4	0
18	0	0	0	0	0	0	0,8	2,4	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,7	10,3
22	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	4,5	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	6,8	3,3	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	26,4	0	0	0	0	1	1,5
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	18,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL:	12,1	0	59,3	5,9	0	133,2	7,2	10,8	2,0	0	10,1	35,2
MÉDIA												

**Maria das Neves**

\_\_\_\_\_  
 OBSERVADORA

# CADERNETA PLUVIOMÉTRICA

Coordenadas: 7°58'57" 36°29'44" Código: 120

## RESUMO PLUVIOMÉTRICO ANUAL DE 2000 – POSTO JATAÚBA I

Dia/mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	0	0	0	0	0	0	1,8	14,0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	3,2	0	0	4,0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	5,0	0	0	0	0	0	0	0
4	3,5	0	0	0	3,0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	2,6	2,6	2,9	0	6,0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	5,5	0	0	0	0	0	0
8	1,6	0	0	12,6	0	1,7	0	5,1	0	0	0	0
9	25,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	11,8	0,9	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0
12	0	0	0	15,9	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	1,2	45,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	3,5	0	0	0	0	0	0,2	0,4	0	0	0	12,4
15	0	0	0	0	0	1,8	0,6	0	0	0	0	30,9
16	0	5,6	0	56,4	0	0	0	0	0	0	0	22,0
17	0	0,2	0	2,7	0	0	0	0	0	0	0	6,1
18	0	8,0	30,7	0	0	0	0	0	2,0	0	0	7,4
19	0	0	0	0	0	0	2,7	4,1	5,4	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	18,4	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	1,7	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	1,1	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	7,6	0	23,0	7,7	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	5,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0		0		0		0		0			0
<b>Total</b>	<b>34,3</b>	<b>33,4</b>	<b>81,0</b>	<b>97,8</b>	<b>16,6</b>	<b>35,5</b>	<b>25,4</b>	<b>34,5</b>	<b>7,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>78,8</b>
Mínima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máxima	25,7	18,4	45,0	56,4	5,0	23,0	11,8	14,0	5,4	0	0	30,9
Média	1,1	1,2	2,6	3,3	0,5	1,2	0,8	1,1	0,2	0	0	2,5
Média Histórica	31,2	50,6	04,0	91,2	65,2	48,7	52,7	18,6	4,0	6,3	12,3	24,9

# **ANEXO 4**

Resultados das análises das amostras de água coletadas na barragem subterrânea CI, ano 2000.

Barragem subterrânea	CI				
	Ano 2000				
Meses	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
Chuva (mm/mês)	37,6	3,5	0,2	14,5	91,3
pH	7,3	8	7,5	7,5	8,2
CE (µs/cm)	950,6	1230,8	1166,0	1466,0	1374,0
Turb (UT)	6	56,1	118	45,4	4,5
Cor (UH)	120	250	600	500	140
Alcalinidade(mg/l)	145,7	132,9	319	636	640
Dureza(mg/l)	238,7	404	525	520,8	331,5
Cálcio(mg/l)	79	154	185,6	171,5	136
Magnésio(mg/l)	10,01	53,22	63,42	70,97	50,67
Sódio (mg/l)	116,7	122,4	100,2	115	187,2
Potássio (mg/l)	22	28,8	35,4	43	44,8
Ferro tot. (mg/l)	0,96	0,97	1,1	0,99	0,6
Cloretos(mg/l)	193,5	189	170,6	167,9	187,3
Sulfato (mg/l)	24	Menor que 1	Menor que 1	Menor que 1	Menor que 1
N.amoniacal mg/l	-	0,2	Traços	1,9	1,1
N.Nitrito(mg/l)	-	0,8	-	1,8	-
N. Nitrato(mg/l)	7,8	-	-	Traços	7,5
Manganês(mg/l)	1,2	6	10	3	2,6
Carbonato(mg/l)	0	0	0	0	0

Resultados das análises das amostras de água coletadas na barragem subterrânea CII, ano 2000.

Barragem subterrânea	CII				
	Ano 2000				
Meses	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
Chuva (mm/mês)	37,6	13,5	0,2	14,5	91,3
pH	7,5	8,1	8,5	7,9	7,7
CE (µs/cm)	813,4	931,0	902,8	980,0	1291,6
Turb (UT)	6	34,6	26,9	4,7	1,5
Cor (UH)	70	140	150	100	80
Alcalinidade(mg/l)	655,1	547,6	548,4	565,9	674,2
Dureza(mg/l)	397,9	455	546,8	593	581
Cálcio(mg/l)	129,2	130,6	134,7	120	140,2
Magnésio(mg/l)	18,2	31,23	51,04	80,92	80,31
Sódio (mg/l)	26,8	32,6	60,7	52	93
Potássio (mg/l)	51,6	60,2	69	68,9	73,9
Ferro tot. (mg/l)	0,49	0,8	1,11	0,46	0,48
Cloretos(mg/l)	25,7	23	20,4	12,3	85,1
Sulfato (mg/l)	Menor que 1	Menor que 1	Menor que 1	Menor que 1	Menor que 1
N.Amoniacal(mg/l)	-	0,08	Traços	-	0,6
N.Nitrito(mg/l)	-	0,5	-	0,9	5,5
N. Nitrato(mg/l)	-	-	-	2,3	2,7
Manganês(mg/l)	2	1,2	3	2	3
Carbonato(mg/l)	0	0	71	0	0



Resultados das análises das amostras de água coletadas na barragem subterrânea SJ, ano 2000.

Barragem subterrânea	SJ				
	Ano 2000				
Meses	agosto	setembro	Outubro	novembro	dezembro
Chuva (mm/mês)	37,6	13,5	0,2	14,5	91,3
pH	7	8,1	8	7,1	8,3
CE (µs/cm)	1320,0	1391,6	1287,6	1366,0	1485,6
Turb (UT)	10,1	7,2	15,3	24	5,2
Cor (UH)	20	20	30	30	10
Alcalinidade(mg/l)	165,6	150,6	162,2	175,6	180,9
Dureza(mg/l)	366	401,2	412,1	429	392,5
Cálcio(mg/l)	75,2	81,6	76,8	78,9	77,3
Magnésio(mg/l)	43,26	47,92	53,49	56,32	74,54
Sódio (mg/l)	175,5	172,3	177,8	394	41
Potássio (mg/l)	10,9	11,7	8,7	5,2	6,2
Ferro tot. (mg/l)	0,82	0,26	1,02	1,1 3	0,07
Cloretos(mg/l)	347,7	342,6	341,5	271,2	383,3
Sulfato (mg/l)	49,3	29,6	50,9	60,9	61,4
N.Amoniacal(mg/l)	-	-	-	Traços	-
N.Nitrito(mg/l)	0,05	0,9	0,4	0,5	0,4
N. Nitrato(mg/l)	9,8	9,68	7,4	9,7	4,4
Manganês(mg/l)	2,5	0,5	0,8	0,6	0,25
Carbonato(mg/l)	0	0	0	0	0

Resultados das análises das amostras de água coletadas na barragem subterrânea SI, ano 2000.

Barragem subterrânea	SI				
	Ano 2000				
Meses	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
Chuva (mm/mês)	37,6	13,5	0,2	14,5	91,3
pH	7,6	7,8	8,3	7,7	8
CE (µs/cm)	960,4	979,2	938,8	973,3	980,0
Turb (UT)	7,6	7,7	7,9	7,3	7,2
Cor (UH)	50	50	50	100	70
Alcalinidade(mg/l)	476,1	325,9	348,4	392,0	394,1
Dureza(mg/l)	284,3	386,4	411,2	468	412
Cálcio(mg/l)	88,9	112	116,4	129	120,5
Magnésio(mg/l)	15,08	23,2	29,21	35,36	26,91
Sódio (mg/l)	47	45	42,9	40	39,5
Potássio (mg/l)	81,7	73,1	67,2	52,9	56,5
Ferro tot. (mg/l)	0,57	0,4	0,21	0,31	0,84
Cloretos(mg/l)	26,5	24,5	18,4	17,9	108,4
Sulfato (mg/l)	Menor que 1	Menor que 1	Menor que 1	Menor que 1	Menor que 1
N.Amoniacal(mg/l)	-	-	-	-	-
N.Nitrito(mg/l)	Traços	-	1,2	4,5	-
N. Nitrato(mg/l)	10,0	6,2	4,7	4,5	Presente
Manganês(mg/l)	0,25	0,27	0,3	0,8	1,2
Carbonato(mg/l)	0	0	0	0	0

Resultados das análises das amostras de água coletadas na barragem subterrânea MII, ano 2000.

Barragem subterrânea	M II				
	Ano 2000				
Meses	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
Chuva (mm/mês)	37,6	13,5	0,2	14,5	91,3
pH	7,1	7,1	8,3	7,5	7,5
CE (µs/cm)	588,0	735,0	703,6	0793,8	1166,2
Turb (UT)	2,4	26,4	5,6	8,9	8,6
Cor (UH)	30	70	50	70	55
Alcalinidade(mg/l)	275	195,8	274	340	333,4
Dureza(mg/l)	266,6	293,6	297	256	350,9
Cálcio(mg/l)	56,5	76,1	80,2	81,8	105,8
Magnésio(mg/l)	30,46	10,53	11,3	12,51	21
Sódio (mg/l)	17,9	22,3	20,9	20	65,6
Potássio (mg/l)	38,9	47,7	52,4	53	57,7
Ferro tot. (mg/l)	0,4	1,09	0,96	0,71	0,57
Cloretos(mg/l)	26,4	25,8	25,3	29,8	153,7
Sulfato (mg/l)	Menor que 1	Menor que 1	Menor que 1	Menor que 1	22
N.Amoniacal(mg/l)	-	-	-	-	-
N.Nitrito(mg/l)	3,8	-	0,9	0,4	Presente
N. Nitrato(mg/l)	9,8	-	-	-	Presente
Manganês(mg/l)	0,6	0,1	1	0,4	0,3
Carbonato(mg/l)	0	0	0	0	0

Resultados das análises das amostras de água coletadas na barragem subterrânea MIII, ano 2000.

Barragem subterrânea	M III				
	Ano 2000				
Meses	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
Chuva (mm/mês)	37,6	13,5	0,2	14,5	91,3
pH	8,5	8	8	7,6	8
CE (µs/cm)	925,2	940,9	911,0	980,8	989,8
Turb (UT)	14	10,1	16	12,8	9,4
Cor (UH)	120	70	100	150	100
Alcalinidade(mg/l)	260,8	212	223,8	280,5	331,9
Dureza(mg/l)	275,1	291,6	316,2	342,4	330,6
Cálcio(mg/l)	82,8	89,6	97,6	103,6	104,3
Magnésio(mg/l)	16,55	16,43	17,55	20,27	21,83
Sódio (mg/l)	23,8	21,2	23,8	23	24
Potássio (mg/l)	58,3	85	75,5	77,4	81,5
Ferro tot. (mg/l)	0,9	0,35	1,15	0,49	0,46
Cloretos(mg/l)	34,7	34,3	32,4	28,5	36,5
Sulfato (mg/l)	Menor que 1	Menor que 1	Menor que 1	Menor que 1	1,1
N.Amoniacal(mg/l)	Traços	-	-	-	Traços
N.Nitrito(mg/l)	0,46	0,3	-	-	Presente
N. Nitrato(mg/l)	-	5,5	-	-	Presente
Manganês(mg/l)	0,5	0,2	1	0,8	0,4
Carbonato(mg/l)	0	0	0	0	0

Resultados das análises das amostras de água coletadas na barragem subterrânea RS, ano 2000.

Barragem subterrânea	R S				
	Ano 2000				
Meses	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
Chuva (mm/mês)	37,6	13,5	0,2	14,5	91,3
pH	7,3	7,9	8	7,7	8
CE (µs/cm)	2976,0	2980,0	2802,8	2852,8	2940,0
Turb (UT)	27	3,4	5,1	1,1	1,2
Cor (UH)	40	100	100	70	60
Alcalinidade(mg/l)	339,9	198,6	233,8	278	283
Dureza(mg/l)	857,6	869,6	888,3	892,5	701
Cálcio(mg/l)	198,8	181,5	158,1	157,1	159,8
Magnésio(mg/l)	87,63	76,75	78,67	74,66	73,27
Sódio (mg/l)	408,4	401,6	609,8	756	345
Potássio (mg/l)	33,9	73,7	51,2	41,8	49,2
Ferro tot. (mg/l)	0,99	0,5	0,53	0,14	0,16
Cloretos(mg/l)	1654,2	868,2	853	813,3	838,5
Sulfato (mg/l)	101,2	123,7	20,4	93,1	113,7
N.Amoniacal(mg/l)	-	-	-	0,2	-
N.Nitrito(mg/l)	9,1	8	3,6	1,4	-
N. Nitrato(mg/l)	40	49,5	30,2	17,3	Presente
Manganês(mg/l)	2	0,4	0,5	0,13	0,1
Carbonato(mg/l)	0	0	0	0	0

Resultados das análises das amostras de água coletadas na barragem subterrânea MIV, ano 2000.

Barragem subterrânea	M IV				
	Ano 2000				
Meses	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
Chuva (mm/mês)	37,6	13,5	0,2	14,5	91,3
PH	7,7	8,2	8,5	8	8,5
CE (µs/cm)	1587,6	2024,8	1926,4	2001,6	2293,2
Turb (UT)	0,9	1,6	2,5	0,7	1,3
Cor (UH)	30	30	50	60	35
Alcalinidade(mg/l)	132,9	118,8	342,2	314,2	317,5
Dureza(mg/l)	369,8	381	410	515,2	509,4
Cálcio(mg/l)	89,3	93,9	101,6	103	118,8
Magnésio(mg/l)	35,61	35,54	39,8	40,75	51,61
Sódio (mg/l)	249,1	260,8	284,3	242	258,8
Potássio (mg/l)	45,4	53,5	57,1	58,2	57,2
Ferro tot. (mg/l)	0,09	0,1	0,3	0,25	0,14
Cloretos(mg/l)	413,8	404,3	452,9	445,8	579
Sulfato (mg/l)	52,1	26,7	23,7	21,4	72,5
N.Amoniacal(mg/l)	-	-	-	-	-
N.Nitrito(mg/l)	-	-	-	3	-
N. Nitrato(mg/l)	-	-	-	5,6	-
Manganês(mg/l)	0,15	0,4	0,6	0,53	0,15
Carbonato(mg/l)	0	0	0	0	13,7

Resultados das análises das amostras de água coletadas na barragem subterrânea MV, ano 2000.

Barragem subterrânea	M V				
	Ano 2000				
Meses	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
Chuva (mm/mês)	37,6	13,5	0,2	14,5	91,3
pH	7,7	7,7	7,8	7,9	8,02
CE (µs/cm)	2058,0	4322,0	4214,1	4018,0	4362,9
Turb (UT)	0,6	11,9	3,9	3,2	0,6
Cor (UH)	10	20	20	10	20
Alcalinidade(mg/l)	170,4	152,5	223,7	117,7	150,3
Dureza(mg/l)	484,4	1014	1304	1200,4	1097
Cálcio(mg/l)	96,4	206,4	258,4	239,2	67,9
Magnésio(mg/l)	59,15	121,02	159,9	146,39	30,92
Sódio (mg/l)	373,7	136,5	533,3	488	
Potássio (mg/l)	12,1	15,9	20,8	15	
Ferro tot. (mg/l)	0,27	0,06	0,05	Não detectado	Não detectado
Cloretos(mg/l)	588,3	1050,3	1284,6	1121	1128,5
Sulfato (mg/l)	135,3	309,7	320	348,5	66,9
N.Amoniacal(mg/l)	-	-	-	1,6	Traços
N.Nitrito(mg/l)	-	0,2	0,03	Traços	-
N. Nitrato(mg/l)	9	15,3	26,8	13,8	Presente
Manganês(mg/l)	0,2	0,06	0,15	0,06	0,06
Carbonato(mg/l)	0	0	0	0	

Resultados das análises das amostras de água coletadas na barragem subterrânea TI, ano 2000.

Barragem subterrânea	T I				
	Ano 2000				
Meses	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
Chuva (mm/mês)	37,6	13,5	0,2	14,5	91,3
pH	7,9	8,2	8,2	8,2	8,5
CE (µs/cm)	960,4	1647,3	1097,6	1156,0	1244,4
Turb (UT)	53	7,2	45	6,2	31,4
Cor (UH)	75	30	70	50	80
Alcalinidade(mg/l)	141,7	113,3	293,4	319,7	322,4
Dureza(mg/l)	261	483	531	578	460,5
Cálcio(mg/l)	57	100,7	130,3	144	96,2
Magnésio(mg/l)	28,8	56,2	74,18	77,28	53,46
Sódio (mg/l)	106,9	624,7	237,9	240	231,0
Potássio (mg/l)	16,3	11,1	21,5	18,8	15,2
Ferro tot. (mg/l)	0,98	Não detectado	1,08	0,42	1,01
Cloretos(mg/l)	211,4	208,5	196,9	554,3	584,5
Sulfato (mg/l)	19,8	50,6	71,4	87,8	89
N.Amoniacal(mg/l)	-	-	-	-	-
N.Nitrito(mg/l)	-	0,3	-	-	-
N. Nitrato(mg/l)	13,8	11,2	10,9	6,3	Presente
Manganês(mg/l)	0,3	0,03	0,8	0,13	0,5
Carbonato(mg/l)	0	0	0	0	43,1



Resultados das análises das amostras de água coletadas na barragem superficial BS, ano 2000.

Barragem superficial	Barragem superficial - BS				
	Análise – CPRH Ano 2000				
Meses	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Chuva (mm/mês)	37,6	13,5	0,2	14,5	91,3
pH	8,5	8,6	8,8	8,5	8,7
CE (µS/cm)	936,3	1137,8	1349,2	1284,6	1126
Turb (UNT)					
Cor (Pt/Co)	40	90	100	60	50
Alcalinidade(mg/l)	184,2	299,9	311,5	298,4	306,3
Dureza(mg/l)	212	237,8	254,6	224,1	197,6
Cálcio(mg/l)	201,5	222,1	229,4	217,0	201,8
Magnésio(mg/l)	0,0	21,8	28,3	24,6	18,0
Sódio (mg/l)	147,1	168,5	174,8	171,4	152,7
Potássio (mg/l)	15,5	14,8	16,0	15,3	14,1
Ferro tot. (mg/l)	0,61	0,75	0,87	0,52	0,33
Cloretos(mg/l)	402	414,6	441,5	552,7	434,3
Sulfato (mg/l)	102,9	109,6	112,7	107,1	94,6
N.Amoniacal (mg/l)	-	-	-	-	-
N.Nitrito(mg/l)	-	-	-	-	-
N. Nitrato(mg/l)	3,1	3,5	3	2,4	2,2
Manganês(mg/l) (mg/l)	0,07	0,09	0,05	0,03	0,0
Carbonato(mg/l)	-	-	-	-	-

Resultados das análises das amostras de água coletadas na barragem superficial BS, ano 2001.

Barragem superficial	Barragem superficial - BS				
	Análise – CPRH Ano 2001				
Meses	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Chuva (mm/mês)	0,0	133,20	7,2	10,8	2,0
pH	8,6	8,5	8,4	8,3	8,5
CE (µS/cm)	1225,0	1068	1307,0	1103,0	1205,6
Turb (UNT)	15	14	5,0	4,5	7,2
Cor (Pt/Co)	110	100	60	70	80
Alcalinidade(mg/l)	269,9	231,9	313,4	306	299,9
Dureza(mg/l)	252,3	178,1	248,9	239,2	254,6
Cálcio(mg/l)	54,0	38,0	55,6	53,8	59,7
Magnésio(mg/l)	29,1	20,2	26,7	24,0	27,6
Sódio (mg/l)	175	172	169,0	162,1	170,3
Potássio (mg/l)	14,0	13,2	12,5	12,4	15
Ferro tot. (mg/l)	1,0	0,9	0,84	0,75	0,94
Cloretos(mg/l)	410,5	254,6	281,5	291,7	298,0
Sulfato (mg/l)	133,0	108,0	122,5	118,9	127,5
N.Amoniacal (mg/l)	-	-	-	-	-
N.Nitrito(mg/l)	-	-	-	-	-
N. Nitrato(mg/l)	4,2	3,5	3,2	3,0	5,7
Manganês(mg/l) (mg/l)	0,09	0,008	0,16	0,12	0,18
Carbonato(mg/l)	-	-	-	-	-

Resultados das análises das amostras de água coletadas na barragem subterrânea Pn, ano 2001.

Poço	Pn - CI				
	Análise – CPRH Ano 2001				
Meses	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Chuva (mm/mês)	0,0	133,20	7,2	10,8	2,0
pH	8,4	7,6	7,5	6,8	
CE (µS/cm)	1260	1320	1600	968,0	957,6
Turb (UNT)	2,5	2,5	1,5	2,6	
Cor (Pt/Co)	20	30	40	50	
Alcalinidade(mg/l)	174,2	188,9	288,5	209,1	
Dureza(mg/l)	520,8	436	552,0	591,7	
Cálcio(mg/l)	198,0	305,0	321,5	144,1	
Magnésio(mg/l)	103,5	163,6	181,8	91,8	
Sódio (mg/l)	572,0	836,0	819,0	135,5	
Potássio (mg/l)	12,1	25,1	16,9	8,4	
Ferro tot. (mg/l)	1,62	0,52	0,11	0,38	
Cloretos(mg/l)	479,0	437,0	431,0	429,2	415,4
Sulfato (mg/l)	316,6	351,3	410,4	224,6	
N.Amoniacal (mg/l)	-	-	-	-	
N.Nitrito(mg/l)	ND	ND	ND	ND	
N. Nitrato(mg/l)	0,01				
Manganês(mg/l) (mg/l)	0,089	0,008	0,006	0,084	
Carbonato(mg/l)					

Resultados das análises das amostras de água coletadas na barragem subterrânea CII, ano 2001.

Barragem subterrânea	CII				
	Análise – CPRH Ano 2001				
Meses	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Chuva (mm/mês)	0,0	133,20	7,2	10,8	2,0
pH	8,5	7,4	7,2	6,8	
CE (µS/cm)	1408,0	1522,5	1570,3	1324,0	1298,7
Turb (UNT)	1,9	1,8	1,1	1,3	
Cor (Pt/Co)	150	130	135	135	
Alcalinidade(mg/l)	547,1	555,2	574,2	561,8	
Dureza(mg/l)	500,0	513,5	527,3	533,1	551,7
Cálcio(mg/l)	79,2	97,2	96,8	95,4	
Magnésio(mg/l)	73,4				
Sódio (mg/l)	57,0				
Potássio (mg/l)	96,5				
ferro tot. (mg/l)	0,31	0,23	0,20	0,28	
Cloretos(mg/l)	99,3	83	81,4	72,5	
Sulfato (mg/l)	ND				
N.Amoniacal (mg/l)	-	-	-	-	
N.Nitrito(mg/l)	0,22	0,18	0,10	ND	
N. Nitrato(mg/l)	-	-	-	-	
Manganês(mg/l) (mg/l)	0,73	0,12	0,07	0,09	
Carbonato(mg/l)	-	-	-	-	

Resultados das análises das amostras de água coletadas na barragem subterrânea SJ, ano 2001.

Barragem subterrânea	SJ				
	Análise – CPRH Ano 2001				
Meses	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Chuva (mm/mês)	0,0	133,20	7,2	10,8	2,0
pH	8	7,6	7,3	7,0	
CE (µS/cm)	1797	1853,8	1884,3	1732,0	1695,1
Turb (UNT)					
Cor (Pt/Co)	40	20	30	30	
Alcalinidade(mg/l)	155	164,9	253,9	218,8	
Dureza(mg/l)	297,8	305,2	359	402,5	
Cálcio(mg/l)					
Magnésio(mg/l)					
Sódio (mg/l)					
Potássio (mg/l)					
ferro tot. (mg/l)	0,88	0,03	0,15	0,17	
Cloretos(mg/l)	382,2	369	352,5	311,3	
Sulfato (mg/l)					
N.Amoniacal (mg/l)					
N.Nitrito(mg/l)					
N. Nitrato(mg/l)					
Manganês(mg/l) (mg/l)					
Carbonato(mg/l)					

Resultados das análises das amostras de água coletadas na barragem subterrânea SI, ano 2001.

Barragem subterrânea	SI				
	Análise – CPRH Ano 2001				
Meses	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Chuva (mm/mês)	0,0	133,20	7,2	10,8	2,0
pH	7,8	7,7	7,8	7,7	
CE (µS/cm)	1256,5	1490	1390	1380,2	1302,4
Turb (UNT)	8,2	7,0	2,5	5,1	
Cor (Pt/Co)	200	150	150	100	
Alcalinidade(mg/l)	202,3	207,4	367,1	311,9	
Dureza(mg/l)	380,1	410,9	469,2	485,5	
Cálcio(mg/l)	122,6	108,9	121,2	123,6	
Magnésio(mg/l)	52,9	33,7	40,4	42,9	
Sódio (mg/l)	59,4	61,0	64,0	69,0	
Potássio (mg/l)	105,8	94,1	103,0	103,0	
Ferro tot. (mg/l)	0,6	0,54	0,25	0,49	
Cloretos(mg/l)	137,8	120,2	115,4	103,5	
Sulfato (mg/l)	ND	ND	ND	ND	
N.Amoniacal (mg/l)					
N.Nitrito(mg/l)					
N. Nitrato(mg/l)					
Manganês(mg/l) (mg/l)	0,08	0,016	0,064	0,51	
Carbonato(mg/l)	-	-	-	-	

Resultados das análises das amostras de água coletadas na barragem subterrânea P3, ano 2001.

Poço	P3 - MII				
	Análise – UFPE Ano 2001				
Meses	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Chuva (mm/mês)	0,0	133,20	7,2	10,8	2,0
pH	6,97	6,9	6,8	6,8	
CE (µS/cm)	2890	2912,2	2987,3	2850,8	2797
Turb (UNT)	1,75			27,2	
Cor (Pt/Co)	100	70	75	80	
Alcalinidade(mg/l)	249	257	291,5	273	
Dureza(mg/l)	393,2	410,9	580,5	610	
Cálcio(mg/l)					
Magnésio(mg/l)					
Sódio (mg/l)					
Potássio (mg/l)					
Ferro tot. (mg/l)	0,073	0,035	0,13	0,28	
Cloretos(mg/l)	792	693,7	604,6	599,24	
Sulfato (mg/l)					
N.Amoniacal (mg/l)				0	
N.Nitrito(mg/l)	0,023				
N. Nitrato(mg/l)					
Manganês(mg/l) (mg/l)					
Carbonato(mg/l)	-	-	-	-	

Resultados das análises das amostras de água coletadas na barragem subterrânea P4, ano 2001.

Poço	P4 - MIII				
	Análise – CPRH Ano 2001				
Meses	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Chuva (mm/mês)	0,0	133,20	7,2	10,8	2,0
pH	7,7	7,0	6,0	6,4	
CE (µS/cm)	3457,5	3580	3740	3650	3530
Turb (UNT)		3,5	1,6	3,0	
Cor (Pt/Co)	110	30	25	40	
Alcalinidade(mg/l)	318	323,3	374,4	351	
Dureza(mg/l)	812,3	841,6	855,8	898,6	
Cálcio(mg/l)		182,2	199,9	199,5	
Magnésio(mg/l)		93,8	101,1	97,2	
Sódio (mg/l)		462,0	496,0	482,2	
Potássio (mg/l)		22,0	16,0	14,4	
ferro tot. (mg/l)	0,30	0,20	0,44	0,23	
Cloretos(mg/l)	954,6	937,0	904,7	992,4	
Sulfato (mg/l)		172,1	174,8	173,6	
N.Amoniacal (mg/l)					
N.Nitrito(mg/l)					
N. Nitrato(mg/l)					
Manganês(mg/l) (mg/l)		0,026	0,137	0,125	
Carbonato(mg/l)	-	-	-	-	



Resultados das análises das amostras de água coletadas na barragem subterrânea RS, ano 2001.

Barragem subterrânea	R S				
	Análise – CPRH Ano 2001				
Meses	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Chuva (mm/mês)	0,0	133,20	7,2	10,8	2,0
pH	7,6	7,3	7,1	7,0	
CE (µS/cm)	1054	1123,8	1254,3	1211,2	1190
Turb (UNT)	1,5				
Cor (Pt/Co)	20	10	20	30	
Alcalinidade(mg/l)	228,8	239,6	298	356,5	
Dureza(mg/l)	241,7	325,4	393,2	467	
Cálcio(mg/l)	56,2				
Magnésio(mg/l)	24,6				
Sódio (mg/l)	94,6				
Potássio (mg/l)	52,0				
Ferro tot. (mg/l)	0,54	0,13	0,29	0,35	
Cloretos(mg/l)	213,4	205,7	272,8	140,9	
Sulfato (mg/l)	ND				
N.Amoniacal (mg/l)	-				
N.Nitrito(mg/l)	0,03				
N. Nitrato(mg/l)	0,15				
Manganês(mg/l) (mg/l)	0,25				
Carbonato(mg/l)	-	-	-	-	

Resultados das análises das amostras de água coletadas na barragem subterrânea MIV, ano 2001.

Barragem subterrânea	MIV				
	Análise – CPRH Ano 2001				
Meses	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Chuva (mm/mês)	0,0	133,20	7,2	10,8	2,0
pH	8,2	7,4	6,9	6,9	
CE (µS/cm)	2156,0	2325,6	2449,2	2250,0	2006,0
Turb (UNT)					
Cor (Pt/Co)	50	20	25	30	
Alcalinidade(mg/l)	316	325	399	334,7	
Dureza(mg/l)					
Cálcio(mg/l)					
Magnésio(mg/l)					
Sódio (mg/l)					
Potássio (mg/l)					
Ferro tot. (mg/l)	0,23	0,06	0,10	0,16	
Cloretos(mg/l)	497	402,5	386,3	321,0	
Sulfato (mg/l)					
N.Amoniacal (mg/l)					
N.Nitrito(mg/l)					
N. Nitrato(mg/l)					
Manganês(mg/l) (mg/l)					
Carbonato(mg/l)	-	-	-	-	

Resultados das análises das amostras de água coletadas na barragem subterrânea M5, ano 2001.

Barragem subterrânea	M5				
	Análise – CPRH Ano 2001				
Meses	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Chuva (mm/mês)	0,0	133,20	7,2	10,8	2,0
pH	7,5	7,1	7,0	6,9	
CE (µS/cm)	2166	2982	3115	2980	2853
Turb (UNT)		2,5	3,0	5,7	
Cor (Pt/Co)	50	40	25	150	
Alcalinidade(mg/l)	149,3	154,2	278,6	258,4	
Dureza(mg/l)	102,5	129,6	135,5	234,4	
Cálcio(mg/l)		56,2	135,5	130,6	
Magnésio(mg/l)		26,5	77,3	74,8	
Sódio (mg/l)		118,0	398,0	431,0	
Potássio (mg/l)		17,1	18,1	17,0	
Ferro tot. (mg/l)	0,08	0,18	0,37	0,95	
Cloretos(mg/l)	867,2	854,6	793,9	712,0	
Sulfato (mg/l)		40,2	163,7	134,2	
N.Amoniacal (mg/l)					
N.Nitrito(mg/l)					
N. Nitrato(mg/l)					
Manganês(mg/l)		0,006	0,57	0,59	
Carbonato(mg/l)					

Resultados das análises das amostras de água coletadas na barragem subterrânea TI, ano 2001.

Barragem subterrânea	TI				
	Análise – CPRH Ano 2001				
Meses	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Chuva (mm/mês)	0,0	133,20	7,2	10,8	2,0
pH	7,9	7,5	8,4	8,2	
CE (µS/cm)	1102,6	1193,7	1222	1130	1096
Turb (UNT)			2,4	73	
Cor (Pt/Co)	90	30	250	550	
Alcalinidade(mg/l)	292	301,6	512,4	436	
Dureza(mg/l)	327,0	394,8	450	497,7	
Cálcio(mg/l)			88,5	97,5	
Magnésio(mg/l)			55,6	61,7	
Sódio (mg/l)			39	37,5	
Potássio (mg/l)			83,1	151	
Ferro tot. (mg/l)	1,1	0,40	0,24	37	
Cloretos(mg/l)	107,1	101	90,2	83,4	
Sulfato (mg/l)			-	-	
N.Amoniacal (mg/l)			-	-	
N.Nitrito(mg/l)			-	-	
N. Nitrato(mg/l)			-	-	
Manganês(mg/l)			0,4	2,5	
Carbonato(mg/l)	-	-	-	-	

# **ANEXO 5**

## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	936,3	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	184,2	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	184,2	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	212,0	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	40,0	uH	<b>Turbidez:</b>	0,0	UNT
<b>PH:</b>	8,5		<b>Cloreto:</b>	402,0	mg/l
<b>Cálcio:</b>	201,5	mg/l	<b>Sódio:</b>	0,0	mg/l
<b>Magnésio:</b>	0,0	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,6	mg/l

### Dados físicos da região

**Nome da estação:** Barragem superficial - agosto 2000

**Manancial:** **Estado:** PERNAMBUCO

**Município:** Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

**Água tipo:** C3 - S1

**Quanto ao risco de salinidade:** C3 - Alto risco de salinidade.

**Quanto ao risco de Sódio:** S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	81,79
	<b>CETESB</b>	0,00

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):**

Água imprópria para o consumo humano.

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):**

Água muito boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

**1) Água destinada ao abastecimento público**

Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.

**2) Água destinada à recreação**

Água aceitável para todos esportes aquáticos.

**3) Água destinada aos usos menos exigentes**

Água aceitável para usos menos exigentes.

## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	1068,0	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	0,0	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	184,2	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	178,1	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	100,0	uH	<b>Turbidez:</b>	14,0	UNT
<b>PH:</b>	8,5		<b>Cloreto:</b>	254,6	mg/l
<b>Cálcio:</b>	38,0	mg/l	<b>Sódio:</b>	172,0	mg/l
<b>Magnésio:</b>	20,2	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,6	mg/l

### Dados físicos da região

**Nome da estação:** Barragem superficial - junho 2001

**Manancial:**

**Estado:** PERNAMBUCO

**Município:** Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

**Água tipo:** C3 - S1

**Quanto ao risco de salinidade:** C3 - Alto risco de salinidade.

**Quanto ao risco de Sódio:** S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	65,07
	<b>CETESB</b>	0,00

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):**

Água imprópria para o consumo humano.

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):**

Água boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

**1) Água destinada ao abastecimento público**

Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.

**2) Água destinada à recreação**

Água aceitável para todos esportes aquáticos.

**3) Água destinada aos usos menos exigentes**

Água aceitável para usos menos exigentes.

## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	1307,0	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	313,4	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	184,2	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	248,9	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	60,0	uH	<b>Turbidez:</b>	5,0	UNT
<b>PH:</b>	8,4		<b>Cloreto:</b>	281,5	mg/l
<b>Cálcio:</b>	55,6	mg/l	<b>Sódio:</b>	169,0	mg/l
<b>Magnésio:</b>	0,0	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,6	mg/l

### Dados físicos da região

**Nome da estação:** Barragem superficial - julho 2001

**Manancial:**

**Estado:** PERNAMBUCO

**Município:** Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

**Água tipo:** C3 - S1

**Quanto ao risco de salinidade:** C3 - Alto risco de salinidade.

**Quanto ao risco de Sódio:** S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	74,87
	<b>CETESB</b>	0,00

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):**

Água imprópria para o consumo humano.

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):**

Água boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

**1) Água destinada ao abastecimento público**

Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.

**2) Água destinada à recreação**

Água com um número de bactérias ainda razoável.

**3) Água destinada aos usos menos exigentes**

Água aceitável para usos menos exigentes.



## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	1103,0	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	306,0	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	306,0	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	239,2	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	70,0	uH	<b>Turbidez:</b>	4,5	UNT
<b>PH:</b>	8,3		<b>Cloreto:</b>	291,7	mg/l
<b>Cálcio:</b>	53,8	mg/l	<b>Sódio:</b>	162,1	mg/l
<b>Magnésio:</b>	24,0	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,8	mg/l

### Dados físicos da região

**Nome da estação:** Barragem superficial - agosto 2001

**Manancial:**

**Estado:** PERNAMBUCO

**Município:** Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

**Água tipo:** C3 - S1

**Quanto ao risco de salinidade:** C3 - Alto risco de salinidade.

**Quanto ao risco de Sódio:** S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	74,77
	<b>CETESB</b>	0,00

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):**

Água imprópria para o consumo humano.

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):**

Água boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

**1) Água destinada ao abastecimento público**

Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.

**2) Água destinada à recreação**

Água com um número de bactérias ainda razoável.

**3) Água destinada aos usos menos exigentes**

Água aceitável para usos menos exigentes.

## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	1260,0	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	174,2	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	174,2	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	520,8	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	20,0	uH	<b>Turbidez:</b>	2,5	UNT
<b>PH:</b>	8,6		<b>Cloreto:</b>	290,0	mg/l
<b>Cálcio:</b>	54,0	mg/l	<b>Sódio:</b>	175,0	mg/l
<b>Magnésio:</b>	29,1	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,6	mg/l

### Dados físicos da região

**Nome da estação:** CI maio 2001

**Manancial:**

**Estado:** PERNAMBUCO

**Município:** Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

**Água tipo:** C3 - S1

**Quanto ao risco de salinidade:** C3 - Alto risco de salinidade.

**Quanto ao risco de Sódio:** S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	79,99
	<b>CETESB</b>	0,00

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):**

Água imprópria para o consumo humano.

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):**

Água boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

**1) Água destinada ao abastecimento público**

Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.

**2) Água destinada à recreação**

Água com um número de bactérias ainda razoável.

**3) Água destinada aos usos menos exigentes**

Água aceitável para usos menos exigentes.

## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	813,4	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	655,1	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	184,2	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	397,9	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	70,0	uH	<b>Turbidez:</b>	6,0	UNT
<b>PH:</b>	7,5		<b>Cloreto:</b>	25,7	mg/l
<b>Cálcio:</b>	129,2	mg/l	<b>Sódio:</b>	26,8	mg/l
<b>Magnésio:</b>	18,2	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,5	mg/l

### Dados físicos da região

**Nome da estação:** CII - agosto 2000

**Manancial:**

**Estado:** PERNAMBUCO

**Município:** Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

**Água tipo:** C3 - S1

**Quanto ao risco de salinidade:** C3 - Alto risco de salinidade.

**Quanto ao risco de Sódio:** S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	77,20
	<b>CETESB</b>	0,00

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):**

Água imprópria para o consumo humano.

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):**

Água boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

**1) Água destinada ao abastecimento público**

Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.

**2) Água destinada à recreação**

Água com um número de bactérias ainda razoável.

**3) Água destinada aos usos menos exigentes**

Água aceitável para usos menos exigentes.

## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	1291,6	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	674,2	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	674,2	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	581,0	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	80,0	uH	<b>Turbidez:</b>	1,5	UNT
<b>PH:</b>	7,7		<b>Cloreto:</b>	85,1	mg/l
<b>Cálcio:</b>	140,2	mg/l	<b>Sódio:</b>	93,0	mg/l
<b>Magnésio:</b>	80,3	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,6	mg/l

### Dados físicos da região

**Nome da estação:** CII dezembro de 2000

**Manancial:**

**Estado:** PERNAMBUCO

**Município:** Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

**Água tipo:** C3 - S1

**Quanto ao risco de salinidade:** C3 - Alto risco de salinidade.

**Quanto ao risco de Sódio:** S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	77,59
	<b>CETESB</b>	0,00

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):**

Água imprópria para o consumo humano.

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):**

Água boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

**1) Água destinada ao abastecimento público**

Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.

**2) Água destinada à recreação**

Água com um número de bactérias ainda razoável.

**3) Água destinada aos usos menos exigentes**

Água aceitável para usos menos exigentes.

## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	960,4	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>:</b>	476,1	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	476,1	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	284,3	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	50,0	uH	<b>Turbidez:</b>	7,6	UNT
<b>PH:</b>	7,6		<b>Cloreto:</b>	26,5	mg/l
<b>Cálcio:</b>	88,9	mg/l	<b>Sódio:</b>	47,0	mg/l
<b>Magnésio:</b>	15,1	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,6	mg/l

### Dados físicos da região

**Nome da estação:** SI agosto de 2000

**Manancial:**

**Estado:** PERNAMBUCO

**Município:** Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

**Água tipo:** C3 - S1

**Quanto ao risco de salinidade:** C3 - Alto risco de salinidade.

S

**Quanto ao risco de Sódio:** 1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	78,10
	<b>CETESB</b>	0,00

<b>Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):</b>	Água imprópria para o consumo humano.
---	---------------------------------------

<b>Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):</b>	Água boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.
--	---

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

**1) Água destinada ao abastecimento público**

Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.

**2) Água destinada à recreação**

Água com um número de bactérias ainda razoável.

**3) Água destinada aos usos menos exigentes**

Água aceitável para usos menos exigentes.

## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	980,0	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	394,1	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	394,1	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	412,0	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	70,0	uH	<b>Turbidez:</b>	7,2	UNT
<b>PH:</b>	8,0		<b>Cloreto:</b>	108,4	mg/l
<b>Cálcio:</b>	120,5	mg/l	<b>Sódio:</b>	39,5	mg/l
<b>Magnésio:</b>	26,9	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,8	mg/l

### Dados físicos da região

<b>Nome da estação:</b>	SI dezembro de 2000
<b>Manancial:</b>	<b>Estado:</b> PERNAMBUCO
<b>Município:</b>	Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

**Água tipo:** C3 - S1

**Quanto ao risco de salinidade:** C3 - Alto risco de salinidade.

**Quanto ao risco de Sódio:** S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	73,12
	<b>CETESB</b>	0,00

<b>Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):</b>	Água imprópria para o consumo humano.
---	---------------------------------------

<b>Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):</b>	Água boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.
--	---

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

**1) Água destinada ao abastecimento público**

Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.

**2) Água destinada à recreação**

Água com um número de bactérias ainda razoável.

**3) Água destinada aos usos menos exigentes**

Água aceitável para usos menos exigentes.

## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	588,0	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	275,0	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	275,0	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	266,6	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	30,0	uH	<b>Turbidez:</b>	2,4	UNT
<b>PH:</b>	7,1		<b>Cloreto:</b>	26,4	mg/l
<b>Cálcio:</b>	56,5	mg/l	<b>Sódio:</b>	17,9	mg/l
<b>Magnésio:</b>	30,5	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,4	mg/l

### Dados físicos da região

<b>Nome da estação:</b>	MII - agosto 2000
<b>Manancial:</b>	<b>Estado:</b> PERNAMBUCO
<b>Município:</b>	Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

<b>Água tipo:</b>	C2 - S1
<b>Quanto ao risco de salinidade:</b>	C2 - Médio risco de salinidade.
<b>Quanto ao risco de Sódio:</b>	S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	84,47
	<b>CETESB</b>	0,00

<b>Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):</b>	Água imprópria para o consumo humano.
---	---------------------------------------

<b>Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):</b>	Água muito boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.
--	---

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

- 1) **Água destinada ao abastecimento público**  
Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.
- 2) **Água destinada à recreação**  
Água com um número de bactérias ainda razoável
- 3) **Água destinada aos usos menos exigentes**  
Água aceitável para usos menos exigentes.

## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	793,8	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	340,0	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	340,0	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	256,0	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	70,0	uH	<b>Turbidez:</b>	8,9	UNT
<b>PH:</b>	7,5		<b>Cloreto:</b>	29,8	mg/l
<b>Cálcio:</b>	81,8	mg/l	<b>Sódio:</b>	20,0	mg/l
<b>Magnésio:</b>	0,0	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,6	mg/l

**Nome da estação:** MII novembro de 2000

**Manancial:**

**Estado:** PERNAMBUCO

**Município:** Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

**Água tipo:** C3 - S1

**Quanto ao risco de salinidade:** C3 - Alto risco de salinidade.

**Quanto ao risco de Sódio:** S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	73,91
	<b>CETESB</b>	0,00

<b>Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):</b>	Água imprópria para o consumo humano.
---	---------------------------------------

<b>Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):</b>	Água boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.
--	---

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

**1) Água destinada ao abastecimento público**

Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.

**2) Água destinada à recreação**

Água com um número de bactérias ainda razoável.

**3) Água destinada aos usos menos exigentes**

Água aceitável para usos menos exigentes.



## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	1166,2	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	333,4	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	333,4	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	350,9	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	55,0	uH	<b>Turbidez:</b>	8,6	UNT
<b>PH:</b>	7,5		<b>Cloreto:</b>	153,7	mg/l
<b>Cálcio:</b>	105,8	mg/l	<b>Sódio:</b>	65,6	mg/l
<b>Magnésio:</b>	21,0	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,6	mg/l

### Dados físicos da região

**Nome da estação:** MII dezembro de 2000

**Manancial:** **Estado:** PERNAMBUCO

**Município:** Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

**Água tipo:** C3 - S1

**Quanto ao risco de salinidade:** C3 - Alto risco de salinidade.

**Quanto ao risco de Sódio:** S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	77,18
	<b>CETESB</b>	0,00

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):** Água imprópria para o consumo humano.

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):** Água boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

- 1) Água destinada ao abastecimento público**  
Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.
- 2) Água destinada à recreação**  
Água com um número de bactérias ainda razoável.
- 3) Água destinada aos usos menos exigentes**  
Água aceitável para usos menos exigentes.

## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	911,0	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	223,8	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	223,8	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	316,2	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	100,0	uH	<b>Turbidez:</b>	16,0	UNT
<b>PH:</b>	8,0		<b>Cloreto:</b>	32,4	mg/l
<b>Cálcio:</b>	97,6	mg/l	<b>Sódio:</b>	23,8	mg/l
<b>Magnésio:</b>	17,6	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,6	mg/l

### Dados físicos da região

<b>Nome da estação:</b>	MIII outubro de 2000	
<b>Manancial:</b>		<b>Estado:</b> PERNAMBUCO
<b>Município:</b>	Pesqueira	

### Classificação da água para irrigação

<b>Água tipo:</b>	C3 - S1
<b>Quanto ao risco de salinidade:</b>	C3 - Alto risco de salinidade.
<b>Quanto ao risco de Sódio:</b>	S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	65,82
	<b>CETESB</b>	0,00

<b>Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):</b>	Água imprópria para o consumo humano.
---	---------------------------------------

<b>Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):</b>	Água boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.
--	---

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

- 1) **Água destinada ao abastecimento público**  
Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.
- 2) **Água destinada à recreação**  
Água com um número de bactérias ainda razoável.
- 3) **Água destinada aos usos menos exigentes**  
Água aceitável para usos menos exigentes.

## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	3580,0	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	323,3	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	323,3	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	841,6	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	30,0	uH	<b>Turbidez:</b>	3,5	UNT
<b>PH:</b>	7,0		<b>Cloreto:</b>	937,0	mg/l
<b>Cálcio:</b>	182,2	mg/l	<b>Sódio:</b>	462,0	mg/l
<b>Magnésio:</b>	93,8	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,2	mg/l

### Dados físicos da região

**Nome da estação:** MIII junho de 2001

**Manancial:** **Estado:** PERNAMBUCO

**Município:** Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

**Água tipo:** C4 - S1

**Quanto ao risco de salinidade:** C4 Muito alto risco de salinização

**Quanto ao risco de Sódio:** S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	86,25
	<b>CETESB</b>	0,00

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):**

Água imprópria para o consumo humano.

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):**

Água muito boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

**1) Água destinada ao abastecimento público**

Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.

**2) Água destinada à recreação**

Água com um número de bactérias ainda razoável.

**3) Água destinada aos usos menos exigentes**

Água aceitável para usos menos exigentes.

## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	3650,0	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	321,0	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	321,0	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	898,6	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	40,0	uH	<b>Turbidez:</b>	3,0	UNT
<b>PH:</b>	6,4		<b>Cloreto:</b>	992,4	mg/l
<b>Cálcio:</b>	199,5	mg/l	<b>Sódio:</b>	482,2	mg/l
<b>Magnésio:</b>	97,2	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,6	mg/l

### Dados físicos da região

<b>Nome da estação:</b>	M3 - agosto 2001
<b>Manancial:</b>	<b>Estado:</b> PERNAMBUCO
<b>Município:</b>	Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

<b>Água tipo:</b>	C4 - S1
<b>Quanto ao risco de salinidade:</b>	C4 - Muito alto risco de salinidade.
<b>Quanto ao risco de Sódio:</b>	S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	84,51
	<b>CETESB</b>	0,00

<b>Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):</b>	Água imprópria para o consumo humano.
---	---------------------------------------

<b>Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):</b>	Água muito boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.
--	---

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

- 1) Água destinada ao abastecimento público**  
Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.
- 2) Água destinada à recreação**  
Água com um número de bactérias ainda razoável.
- 3) Água destinada aos usos menos exigentes**  
Água aceitável para usos menos exigentes.

## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	2976,0	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	339,9	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	339,9	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	857,6	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	40,0	uH	<b>Turbidez:</b>	27,0	UNT
<b>PH:</b>	7,3		<b>Cloreto:</b>	1654,2	mg/l
<b>Cálcio:</b>	198,8	mg/l	<b>Sódio:</b>	408,4	mg/l
<b>Magnésio:</b>	87,6	mg/l	<b>Ferro total:</b>	1,0	mg/l

**Nome da estação:** RS - agosto 2000

**Manancial:** **Estado:** PERNAMBUCO

**Município:** Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

**Água tipo:** C4 - S1

**Quanto ao risco de salinidade:** C4 - Muito alto risco de salinidade.

**Quanto ao risco de Sódio:** S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	81,79
	<b>CETESB</b>	0,00

<b>Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):</b>	Água imprópria para o consumo humano.
---	---------------------------------------

<b>Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):</b>	Água boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.
--	---

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

**1) Água destinada ao abastecimento público**

Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.

**2) Água destinada à recreação**

Água com um número de bactérias ainda razoável.

**3) Água destinada aos usos menos exigentes**

Água aceitável para usos menos exigentes.

## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	2940,0	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	283,0	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	283,0	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	701,0	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	60,0	uH	<b>Turbidez:</b>	1,2	UNT
<b>PH:</b>	8,0		<b>Cloreto:</b>	838,5	mg/l
<b>Cálcio:</b>	159,8	mg/l	<b>Sódio:</b>	345,0	mg/l
<b>Magnésio:</b>	73,3	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,2	mg/l

### Dados físicos da região

**Nome da estação:** RS dezembro de 2000

**Manancial:**

**Estado:** PERNAMBUCO

**Município:** Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

**Água tipo:** C4 - S1

**Quanto ao risco de salinidade:** C4 - Muito alto risco de salinidade.

**Quanto ao risco de Sódio:** S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	83,21
	<b>CETESB</b>	0,00

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):**

Água imprópria para o consumo humano.

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):**

Água muito boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

**1) Água destinada ao abastecimento público**

Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.

**2) Água destinada à recreação**

Água com um número de bactérias ainda razoável.

**3) Água destinada aos usos menos exigentes**

Água aceitável para usos menos exigentes.

## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	1587,6	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	132,9	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	132,9	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	369,8	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	30,0	uH	<b>Turbidez:</b>	0,9	UNT
<b>PH:</b>	7,7		<b>Cloreto:</b>	413,8	mg/l
<b>Cálcio:</b>	89,3	mg/l	<b>Sódio:</b>	249,1	mg/l
<b>Magnésio:</b>	35,6	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,1	mg/l

### Dados físicos da região

**Nome da estação:** MIV agosto de 2000

**Manancial:**

**Estado:** PERNAMBUCO

**Município:** Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

**Água tipo:** C3 - S1

**Quanto ao risco de salinidade:** C3 - Alto risco de salinidade.

**Quanto ao risco de Sódio:** S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	87,67
	<b>CETESB</b>	0,00

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):**

Água imprópria para o consumo humano.

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):**

Água muito boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

**1) Água destinada ao abastecimento público**

Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.

**2) Água destinada à recreação**

Água com um número de bactérias ainda razoável.

**3) Água destinada aos usos menos exigentes**

Água aceitável para usos menos exigentes.

## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	1926,4	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	342,2	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	184,2	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	410,0	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	50,0	uH	<b>Turbidez:</b>	2,5	UNT
<b>PH:</b>	8,5		<b>Cloreto:</b>	452,9	mg/l
<b>Cálcio:</b>	101,6		<b>Sódio:</b>	284,3	mg/l
<b>Magnésio:</b>	39,8	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,3	mg/l

### Dados físicos da região

<b>Nome da estação:</b>	MIV outubro de 2000
<b>Manancial:</b>	<b>Estado:</b> PERNAMBUCO
<b>Município:</b>	Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

<b>Água tipo:</b>	C3 - S1
<b>Quanto ao risco de salinidade:</b>	C3 - Alto risco de salinidade.
<b>Quanto ao risco de Sódio:</b>	S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	83,15
	<b>CETESB</b>	0,00

<b>Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):</b>	Água imprópria para o consumo humano.
<b>Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):</b>	Água muito boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.

### Usos múltiplos - Índice de Diniz

- 1) Água destinada ao abastecimento público**  
Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.
- 2) Água destinada à recreação**  
Água com um número de bactérias ainda razoável.
- 3) Água destinada aos usos menos exigentes**  
Água aceitável para usos menos exigentes.



## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	2293,2	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	317,5	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	317,5	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	509,4	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	35,0	uH	<b>Turbidez:</b>	1,3	UNT
<b>PH:</b>	8,5		<b>Cloreto:</b>	579,0	mg/l
<b>Cálcio:</b>	118,8	mg/l	<b>Sódio:</b>	258,8	mg/l
<b>Magnésio:</b>	51,6	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,1	mg/l

### Dados físicos da região

**Nome da estação:** MIV dezembro 2000

**Manancial:**

**Estado:** PERNAMBUCO

**Município:** Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

**Água tipo:** C4 - S1

**Quanto ao risco de salinidade:** C4 Muito alto risco de salinização

**Quanto ao risco de Sódio:** S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	86,62
	<b>CETESB</b>	0,00

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):**

Água imprópria para o consumo humano.

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):**

Água muito boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

**1) Água destinada ao abastecimento público**

Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.

**2) Água destinada à recreação**

Água com um número de bactérias ainda razoável.

**3) Água destinada aos usos menos exigentes**

Água aceitável para usos menos exigentes.

## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	2058,0	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	170,4	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	170,4	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	484,4	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	10,0	uH	<b>Turbidez:</b>	0,6	UNT
<b>PH:</b>	7,7		<b>Cloreto:</b>	588,3	mg/l
<b>Cálcio:</b>	96,4	mg/l	<b>Sódio:</b>	373,7	mg/l
<b>Magnésio:</b>	59,2	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,3	mg/l

### Dados físicos da região

**Nome da estação:** MV agosto de 2000

**Manancial:**

**Estado:** PERNAMBUCO

**Município:** Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

**Água tipo:** C3 - S1

**Quanto ao risco de salinidade:** C3 - Alto risco de salinidade.

**Quanto ao risco de Sódio:** S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	88,85
	<b>CETESB</b>	0,00

<b>Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):</b>	Água imprópria para o consumo humano.
---	---------------------------------------

<b>Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):</b>	Água muito boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.
--	---

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

**1) Água destinada ao abastecimento público**

Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.

**2) Água destinada à recreação**

Água com um número de bactérias ainda razoável.

**3) Água destinada aos usos menos exigentes**

Água aceitável para usos menos exigentes.

## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	4214,1	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	223,7	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	223,7	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	1304,0	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	20,0	uH	<b>Turbidez:</b>	3,9	UNT
<b>PH:</b>	7,8		<b>Cloreto:</b>	1284,6	mg/l
<b>Cálcio:</b>	258,4	mg/l	<b>Sódio:</b>	533,3	mg/l
<b>Magnésio:</b>	159,9	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,1	mg/l

### Dados físicos da região

**Nome da estação:** MV outubro de 2000

**Manancial:**

**Estado:** PERNAMBUCO

**Município:** Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

**Água tipo:** C4 - S1

**Quanto ao risco de salinidade:** C4 - Muito alto risco de salinidade.

**Quanto ao risco de Sódio:** S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	88,44
	<b>CETESB</b>	0,00

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):**

Água imprópria para o consumo humano.

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):**

Água muito boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

**1) Água destinada ao abastecimento público**

Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.

**2) Água destinada à recreação**

Água com um número de bactérias ainda razoável.

**3) Água destinada aos usos menos exigentes**

Água aceitável para usos menos exigentes.

## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	4018,0	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	117,7	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	117,7	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	0,0	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	10,0	uH	<b>Turbidez:</b>	3,2	UNT
<b>PH:</b>	7,9		<b>Cloreto:</b>	1121,0	mg/l
<b>Cálcio:</b>	239,2	mg/l	<b>Sódio:</b>	488,0	mg/l
<b>Magnésio:</b>	146,4	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,0	mg/l

### Dados físicos da região

**Nome da estação:** MV agosto de 2000

**Manancial:**

**Estado:** PERNAMBUCO

**Município:** Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

**Água tipo:** C4 - S1

**Quanto ao risco de salinidade:** C4 - Muito alto risco de salinidade.

**Quanto ao risco de Sódio:** S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	88,85
	<b>CETESB</b>	0,00

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):**

Água imprópria para o consumo humano.

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):**

Água muito boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

**1) Água destinada ao abastecimento público**

Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.

**2) Água destinada à recreação**

Água com um número de bactérias ainda razoável.

**3) Água destinada aos usos menos exigentes**

Água aceitável para usos menos exigentes.

## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	3315,0	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	278,6	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	278,6	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	35,5	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	25,0	uH	<b>Turbidez:</b>	3,0	UNT
<b>PH:</b>	7,0		<b>Cloreto:</b>	793,9	mg/l
<b>Cálcio:</b>	135,5	mg/l	<b>Sódio:</b>	398,0	mg/l
<b>Magnésio:</b>	77,3	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,4	mg/l

### Dados físicos da região

**Nome da estação:** MV julho de 2001

**Manancial:**

**Estado:** PERNAMBUCO

**Município:** Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

**Água tipo:** C4 - S1

**Quanto ao risco de salinidade:** C4 - Muito alto risco de salinidade.

**Quanto ao risco de Sódio:** S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	85,84
	<b>CETESB</b>	0,00

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):**

Água imprópria para o consumo humano.

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):**

Água muito boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

**1) Água destinada ao abastecimento público**

Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.

**2) Água destinada à recreação**

Água com um número de bactérias ainda razoável.

**3) Água destinada aos usos menos exigentes**

Água aceitável para usos menos exigentes.

## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	960,4	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	141,7	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	141,7	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	261,0	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	75,0	uH	<b>Turbidez:</b>	53,0	UNT
<b>PH:</b>	7,9		<b>Cloreto:</b>	211,4	mg/l
<b>Cálcio:</b>	57,0	mg/l	<b>Sódio:</b>	106,9	mg/l
<b>Magnésio:</b>	28,8	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,3	mg/l

### Dados físicos da região

**Nome da estação:** TI agosto de 2000

**Manancial:**

**Estado:** PERNAMBUCO

**Município:** Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

**Água tipo:** C3 - S1

**Quanto ao risco de salinidade:** C3 - Alto risco de salinidade.

**Quanto ao risco de Sódio:** S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	64,41
	<b>CETESB</b>	0,00

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):**

Água imprópria para o consumo humano.

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):**

Água boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

**1) Água destinada ao abastecimento público**

Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.

**2) Água destinada à recreação**

Água com um número de bactérias ainda razoável.

**3) Água destinada aos usos menos exigentes**

Água aceitável para usos menos exigentes.

## Programa de qualidade da água

### Parâmetros utilizados

<b>Condutividade elétrica:</b>	1156,0	µmhos/cm	<b>Alcalinidade em CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>:</b>	319,7	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Alcalinidade em HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>:</b>	319,7	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<b>Dureza total:</b>	578,0	mg/l de CaCO <sub>3</sub>
<b>Cor:</b>	50,0	uH	<b>Turbidez:</b>	6,2	UNT
<b>PH:</b>	8,2		<b>Cloreto:</b>	554,3	mg/l
<b>Cálcio:</b>	144,0	mg/l	<b>Sódio:</b>	0,0	mg/l
<b>Magnésio:</b>	77,3	mg/l	<b>Ferro total:</b>	0,4	mg/l

### Dados físicos da região

**Nome da estação:** TI novembro de 2000

**Manancial:**

**Estado:** PERNAMBUCO

**Município:** Pesqueira

### Classificação da água para irrigação

**Água tipo:** C3 - S1

**Quanto ao risco de salinidade:** C3 - Alto risco de salinidade.

**Quanto ao risco de Sódio:** S1 - Baixo risco de Sódio.

### Padrão de potabilidade - IQA

<b>Índices de qualidade da água - IQA's</b>	<b>CAESB</b>	80,19
	<b>CETESB</b>	0,00

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CETESB):**

Água imprópria para o consumo humano.

**Diagnóstico da água segundo o método IQA (CAESB):**

Água muito boa para o consumo humano com o tratamento sugerido.

### Usos múltiplos - Índice de Dinius

**1) Água destinada ao abastecimento público**

Água aceitável para o abastecimento público porém com tratamento preliminar.

**2) Água destinada à recreação**

Água com um número de bactérias ainda razoável.

**3) Água destinada aos usos menos exigentes**

Água aceitável para usos menos exigentes.