

**PROJETO CARACTERIZAÇÃO REGIONAL E DIFUSÃO TECNOLÓGICA
PARA USO SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS HÍDRICOS DAS ALUVIÕES
DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**



Relatório Final

BARRAGENS SUBTERRÂNEAS

JUNHO/2009

**Ministério da
Ciência e Tecnologia**

**Ministério de
Minas e Energia**



CRÉDITOS INSTITUCIONAIS

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Sérgio Machado Resende

Ministro de Estado

Luis Antonio Rodrigues Elias

Secretario Executivo

José Almir Cirilo

Presidente do Comitê Gestor do Fundo
Setorial de Recursos Hídricos-CT HIDRO

FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS - FINEP

Luis Manuel Rebelo Fernandes

Presidente da Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP

Eugenius Kaszkurewicz

Diretor de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Fernando de Nielander Ribeiro

Diretor de Administração e Finanças

Eduardo Moreira da Costa

Diretor de Inovação

Marco Augusto Salles Teles

Superintendente Técnico

Dayse da Costa

Superintendente Financeiro

Carlos Eduardo Sartor

Chefe do Departamento Técnico

Rubem Vieira Lousada

Chefe do Departamento Financeiro

Ana Maria Barbosa Silva

Marcio Augusto Vicente de Carvalho

Marcus Brauer Gomes

Analistas de Projetos

CRÉDITOS TÉCNICOS

EQUIPE DE EXECUÇÃO

COORDENAÇÃO

Frederico Cláudio Peixinho
Coordenador Geral

Fernando Antonio Carneiro Feitosa
Coordenador Técnico Nacional

Sérgio Monthezuma S. Guerra
Coordenador Regional (outubro 2006/agosto 2007)

José Carlos da Silva
Coordenador Regional (setembro 2007/abril 2009)

Luciana Cibelle A. dos Santos
Coordenadora da Área Social

EXECUÇÃO

CARTOGRAFIA DOS DEPÓSITOS ALUVIONARES

Carlos Eugenio da Silveira Arraes
Engenheiro de Minas

João de Castro Mascarenhas
Geólogo

Ricardo de Lima Brandão
Geólogo

Sara Maria Pinotti Benvenuto
Geóloga

Robson de Carlo da Silva
Engenheiro Hidrólogo

Antonio Celso Rodrigues de Melo
Ana Paula Rangel Jacques
Francisco de A. B. de Moraes
Alan Dionísio de Barros
Técnicos em Geociências

Felipe José Tabosa
Sidney Maciel Souza
Victor de Moura Pimentel
Estagiários de Engenharia Cartográfica

Jéssica Bezerra Menezes
José Maria Freire de Menezes Neto
Paula Patrícia Pereira dos Santos
Tiago Henrique de Oliveira
Estagiários de Geografia

CARACTERIZAÇÃO DA POTENCIALIDADE DAS ALUVIÕES

João Manoel Filho
Hidrogeólogo

Carlos Eugenio da Silveira Arraes
Engenheiro de Minas

Robson de Carlo da Silva
Engenheiro Hidrólogo

HIDROGEOLOGIA E BARRAGENS SUBTERRÂNEAS

Aerton Zamboni Maia
Engenheiro de Minas

Ângelo Trévia Vieira
Geólogo

Dunaldson Eliezer G. A. da Rocha
Geólogo

Felicíssimo Melo
Geólogo

Jorge Luis Fortunato de Miranda
Hidrogeólogo

José Ubaldo de Sá
Engenheiro de Minas

Manoel Júlio da T. G. Galvão
Hidrogeólogo

Melissa Franzen
Geóloga

João Hipólito de B. Salgueiro
Engenheiro Hidrólogo

Cristiane Ribeiro de Melo
Engenheira Hidróloga

José Walquer Roque da Costa
Antonio Celso Rodrigues de Melo
José Walter Ferreira da Silva
Técnicos em Geociências

AÇÕES SOCIAIS

Marize Delizele Marques Castro
Analista de Projetos Sociais

Raquel Rodrigues de Moraes
Analista de Projetos Sociais

Dione Teixeira
Analista de Projetos Sociais

Isabela dos Reis Barros
Nathália Costa
Katiane da Silva Ferreira
Estagiária de Serviço Social

BANCO DE DADOS, EDITORAÇÃO E SIG

Robson de Carlo da Silva
Engenheiro Hidrólogo

Cláudio Scheid
Geólogo

Cláudia Baltar Freire
Revisão Gramatical de Texto

Ildemberg Leite
Iconografia

João Henrique Gonçalves
Desenvolvimento do Software ArcExibe

CONSULTORES

Aerton Zamboni Maia
Construção de Barragem Subterrânea

Ana Cristina Brito Arcoverde
Tecnologia Social

Francisco Edson Mendonça Gomes
Geoprocessamento

João Manoel Filho
Hidrogeologia

Mônica Mazzani Perrotta
Sensoriamento Remoto

Onofre Leal
Hidrogeologia

INSTRUTORES

Rosa Cortez

Mobilização e Organização Social

Waldir Duarte Costa

Construção de Barragem Subterrânea

Ivone Almeida

Geoprocessamento

Mônica Mazzani Perrotta

Sensoriamento Remoto

ELABORAÇÃO DO TEXTO

Organização do texto

José Carlos da Silva

Ações Sociais

Luciana Cibelle A. dos Santos

Marize Delizele Marques Castro

Barragens Subterrâneas

Aerton Zamboni Maia

Ângelo Trévia Vieira

Cristiane Ribeiro de Melo

Felicíssimo Melo

João Hipólito de B. Salgueiro

José Ubaldo de Sá

Manoel Júlio da T. G. Galvão

Nelson Paiva Raulino de Souza

Cartografia Aluvionar

Ricardo de Lima Brandão

João Manoel Filho

Estruturação do SIG

Robson de Carlo da Silva

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
1. Definição de diretrizes para escolha de áreas piloto - escolha de áreas potenciais	10
2. Definição de viabilidade das áreas-piloto	16
3. Seleção de áreas - piloto e elaboração de projetos executivos	60
4. Construção de barragens subterrâneas	69
5. Testes de bombeamento	109
6. Qualidade de água	113
7. Sistema de distribuição de água	142
8. Monitoramento quantitativo e qualitativo nas barragens construídas	147
9. Modelo de implantação, operação e gerenciamento de barragens subterrâneas	183
10. Considerações finais	199

INTRODUÇÃO

O ciclo hidrológico forma um sistema dinâmico simples. Corroborado, entretanto pela atividade antrópica, adquire complexidade entrópica cujos efeitos já se fazem sentir em todo o globo e cuja previsível irreversibilidade é, muitas vezes, irresponsavelmente assistida e consentida.

No Brasil, na região do semiárido nordestino há uma carência e escassez crescente de água adequada ao consumo humano, animal e vegetal. O Nordeste brasileiro, com uma disponibilidade hídrica anual de 700 bilhões de m³, pode ser considerado de expressiva disponibilidade hídrica; no entanto, somente 24 bilhões de m³ estão disponíveis. O restante (97%) é consumido pela evaporação que atinge em média 2000 mm anuais, e pelo escoamento superficial (Rebouças & Marinho 1972).

A irregularidade de chuvas constitui um grande obstáculo à permanência do homem no meio rural, devido à falta de água até mesmo para suprir suas necessidades básicas. Nesse contexto, porquanto é a barragem subterrânea, um dos meios mais eficazes para captação e armazenamento de água. Os projetos de construção são tecnicamente exequíveis, economicamente viáveis, socialmente justos, territorialmente estratégicos e ambientalmente equilibrados.

Pensando na fixação do homem na terra onde vive, a CPRM criou o Projeto PROALUV e, com o apoio financeiro da FINEP, empreendeu a construção e estudo de barragens subterrâneas nos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, com o objetivo de investigar os motivos que levam algumas experiências com barragens subterrâneas a ótimos resultados, enquanto outras não.

A barragem subterrânea é uma obra de simples construção e de baixo custo. Porém se faz necessária a execução de estudos da área de implantação do empreendimento, afim de que sejam conhecidas algumas características físicas das rochas que, ao interagirem com as chuvas, influenciam diretamente a qualidade da água, tanto superficial quanto subterrânea. Presta-se principalmente, para promover a pequena agricultura familiar de subsistência. Esta concepção determina que as barragens devam ser construídas em pequenos riachos secos, com profundidade reduzida e executadas por meio de escavação manual.

Quando muito, as escavações são mecanizadas, normalmente utilizando-se pequenas retroescavadeiras e, ou tratores de esteira, estes na zona não saturada e para fechamento da vala, sempre em profundidades máximas de até dez metros. Isto se o nível freático não for elemento impeditivo.

Outro aspecto determinante dessa conceituação é que o septo impermeabilizante, responsável pelo barramento do fluxo subterrâneo se constitui do revestimento da parede da vala por uma lona de PVC, o mais difundido, por preenchimento com argila compactada e raramente por um muro de concreto, argamassa ou alvenaria.

Esta, contudo, é uma visão e um conceito limitados, pouco abrangente sobre a importância e pujança das barragens subterrâneas haja vista sua aplicação em diversos estágios de desenvolvimento, para várias finalidades, em diversos países. É notório, que barragens subterrâneas vão muito além à aplicação e perspectivas.

Em todos os continentes, nas regiões de climas secos e semiáridos ou naquelas desprovidas de áreas para armazenamento superficial de água, a barragem subterrânea é largamente empregada como o meio mais eficiente e econômico de captação e reservação de água, desde que as características hidrogeomorfológicas sejam favoráveis.

Várias técnicas de engenharia são utilizadas na construção, assim como diversos tipos de aplicação lhes são destinados. A rede mundial de computadores está repleta de informações e trabalhos, sobre barragens subterrâneas. Isto posto, as barragens subterrâneas são na verdade obras de engenharia, por vezes simples e de outras complexas, que demandam o uso de tecnologias adequadas e ciências multidisciplinares para que sejam projetadas, construídas, manejadas e geridas racionalmente.

O presente estudo faz uso de diversos tipos de informações como clima, pluviometria, aridez, solos, vegetação e hidrografia, por considerar que todos exercem influência sobre a água que será armazenada nas barragens subterrâneas. Espera-se fazer vir à luz do conhecimento respostas que possam indicar a quantidade e a qualidade das águas das barragens, o impacto destas para o homem e para o meio ambiente, e ainda motivar mudanças de atitude com relação às práticas de uso do solo e ao gerenciamento das barragens pelos próprios usuários.

Na tabela 1, estão apresentados os países que se destacam na construção de barragens subterrâneas, para as mais diversas finalidades:

Tabela 1 - Países que empregam tecnologias de barragens subterrâneas

	América	Europa	Ásia	África	Oceania	Oriente Médio
Países	E. Unidos	Alemanha	Japão	Marrocos	Austrália	Israel
	Canadá	Espanha	China	Argélia	N. Zelândia	Yemen
	México	Turquia	Turquia	Benin	Guiné	Iran
	Brasil		Tailândia	Botswana		Iraque
	Argentina		Vietnam	Bukina		Jordânia
	Nicarágua		Coréia	Kênia		Omã
			Índia	Namíbia		Síria
			Paquistão	Egito		Barheim
			Cambordja	Lesotho		Arábia Saudita
				Nigéria		E. Árabes Unidos
				Zâmbia		
				Tanzânia		
				Tunísia		

São obras que podem requerer pouco ou bastante recurso financeiro, condicionadas à escassez e a premência de água. Porquanto são iniciativas que, em grande parte, devem ser assumidas pelo Estado. Sujeitam-se à probidade, humanismo e sensibilidade dos homens investidos de dignidade e poder para deflagrarem programas concretos supressores das necessidades sociais, econômicas, ecológicas e desenvolvimentistas de comunidades carentes do recurso vital, que é a água.

Entretanto, não basta disponibilizar reservas abundantes de água no subsolo não de mister preparar, organizar e educar as comunidades, fomentar o desenvolvimento socioeconômico, normatizar e policiar os usos e atividades relacionadas à água, para se lhe assegurar a sustentabilidade.

Estima-se a existência no Nordeste de pouco mais de mil barragens subterrâneas, a maioria sem utilidade. A razão principal é, sem duvidas, o esquecimento da inclusão dos usuários, desde as primeiras movimentações.

O PROALUV buscou estabelecer, por fim, os parâmetros necessários à sustentabilidade, às definições dos critérios técnicos para implantação dos sistemas e às relações das barragens subterrâneas com a população e o ambiente.

1. DEFINIÇÃO DE DIRETRIZES PARA ESCOLHA DE ÁREAS-PILOTO E ESCOLHA DE ÁREAS POTENCIAIS

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1.1 Área de abrangência do projeto	12

INTRODUÇÃO

A escolha da localização das áreas-piloto ocorreu com base em diretrizes estabelecidas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), através de orientação da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, do Ministério de Minas e Energia, em sintonia com o Fundo Setorial de Recursos Hídricos e com a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), do Ministério de Ciência e Tecnologia.

Essas diretrizes abrangeram comunidades com baixo IDH, comunidades sem abastecimento, áreas de assentamento do INCRA, municípios historicamente com estado de emergência ou calamidade decretado, existência de eletrificação na comunidade, proximidade de drenagem principal e outras julgadas pertinentes.

A seleção das áreas potenciais foi desenvolvida em duas fases. A primeira uma modelagem em SIG considerando todas as diretrizes, de forma a hierarquizar pontos que atendessem o maior número de condicionantes.

A segunda, a análise da existência de manchas aluvionares, julgadas promissoras, localizadas nas proximidades das comunidades selecionadas. Em função da previsão orçamentária (construção de adutoras) estas manchas de aluvião deveriam ficar localizadas a distâncias não superiores a 300 metros (média) do núcleo da comunidade.

1.1 ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO PROJETO

A área de abrangência do PROALUV contemplou as regiões semi-áridas dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, e partes de Sergipe. As áreas piloto foram desenvolvidas no Ceará (04), Rio Grande do Norte (01), Paraíba (01) e Pernambuco (03), (Figura 1.1).

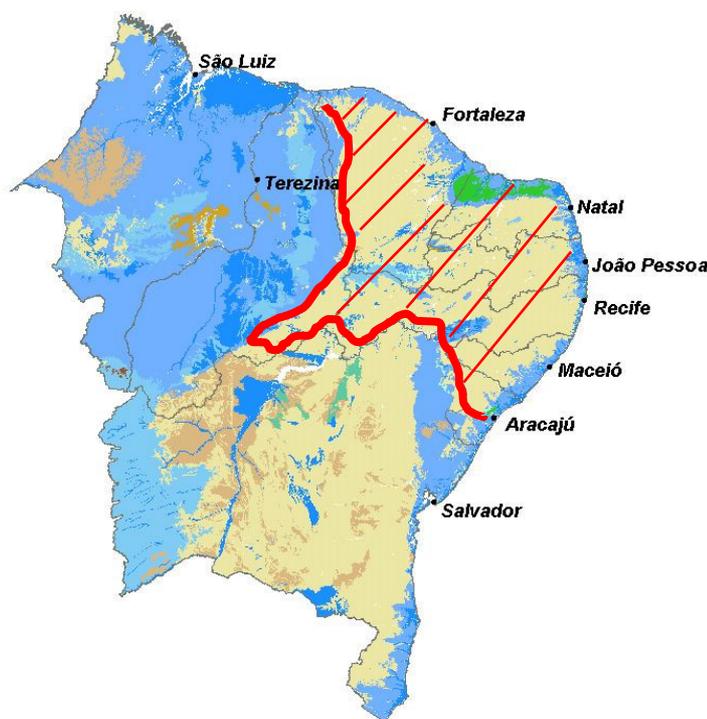


Figura 1.1 – Áreas de abrangência do projeto na região semiárida

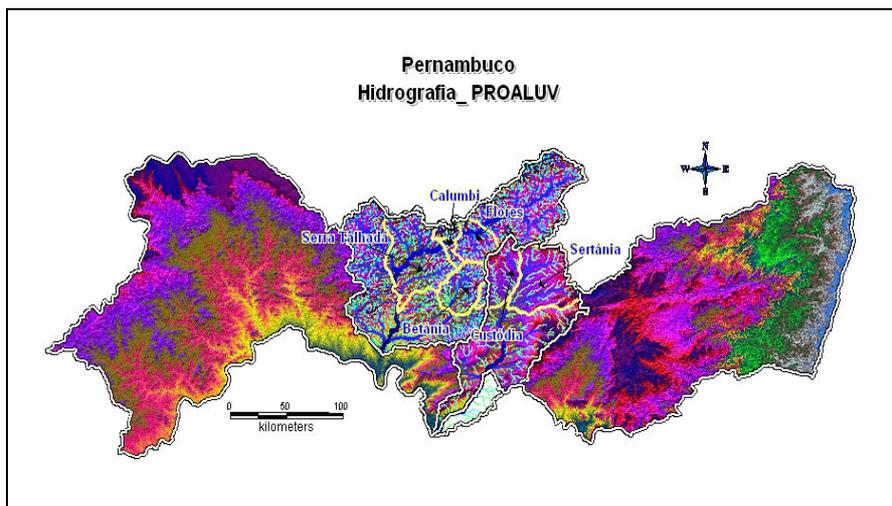


Figura 1.4 - Malha hidrográfica das áreas pré-selecionadas no Estado de Pernambuco

Nessas regiões, principalmente em ambiente de rochas cristalinas, existe uma densidade enorme de drenagens de diversas ordens de grandeza, com e sem aluviões. Com a crescente demanda e falta de água e o aumento populacional, faz-se necessária a implementação de várias obras hídricas com propósitos diversos, seja para proteção, preservação e revitalização ambiental, controle de fluxo subterrâneo, acumulação de sedimentos e outros, mas essencialmente as de acumulação e reservação de água.

No ciclo hidrológico é na fase pós-precipitação que o homem pode atuar consciente e responsabilmente para aumentar a disponibilidade de água para atender suas necessidades vitais..

A locação de barragens subterrâneas está subordinada a uma variedade significativa de condicionantes, de ordem técnica, social e ambiental. No caso particular de abrangência do projeto PROALUV, os fatores de ordem socioeconômica são preponderantes para a validação da locação de barragens subterrâneas e o estabelecimento de áreas piloto de pesquisas.

Dentre os condicionantes técnicos utilizados como diretriz para locação de barragem subterrânea, foram essenciais os fatores hidrográficos e hidrogeomorfológicos. Em seguida ponderaram-se os fatores relacionados a escassez e como a carência, relativamente às fontes e à abundância da água; os propósitos e usos dos recursos hídricos das barragens subterrâneas com vistas aos aspectos qualitativos. Finalmente, as possibilidades de associação e integração aos objetivos do PROALUV, de obras e projetos locais existentes, planejados ou implantados.

Quanto aos condicionantes ambientais sobressaíram-se os fatores intervenientes na zona ripária: a salinização de solos, a colmatação do espelho álveo, o desmatamento e cobertura vegetal, os impactos devido ao uso e ocupação do solo, os impactos visuais e degradantes, e os efeitos de ações de poluentes e contaminantes devido às atividades antrópicas. O mau uso ou abandono da barragem subterrânea poderá em longo prazo, constituir-se num problema ambiental grave, mas isto não está comprovado e existem apenas linhas de pensamentos divergentes.

Os parâmetros sociais e econômicos considerados relacionaram-se ao estágio organizacional das comunidades beneficiadas, à tradição agropastoril e industrial da área, ao potencial social

com vistas às possibilidades para mudança de hábitos, conscientização, envolvimento, responsabilização e autogestão comunitárias, para melhoria da qualidade de vida.

A seleção dos sítios para locação e instalação de barragens subterrâneas foi estabelecida através de critérios denominados de graus de favorabilidade. Esses quantificadores e qualificadores foram representados por um número variando de 1 a 10, e resumem um conjunto de fatores, por vezes subjetivos de cuja avaliação, determina ou não a viabilidade de construção de barragem subterrânea.

Dentre os fatores considerados, o primeiro, mas não o mais importante é a ocorrência nas imediações das comunidades, de drenagens, rios ou riachos providos de leitos aluviais expressivos. Esta foi a condição primordial para locação "sem aluvião não há barragem subterrânea", nos moldes desse projeto.

No entanto o aspecto técnico pode ser plenamente atendido, mas, não havendo os fatores sociais mínimos, ou seja, não cumprindo a finalidade social, conforme preconizado nos objetivos do projeto, a barragem subterrânea não seria implantada. Portanto, a demanda social foi determinante na inclusão ou no descarte das áreas visitadas, vistoriadas e diagnosticadas. Não significa, todavia que não se possam construir barragens subterrâneas em cursos aluviais propícios, desprovidos de ocupação antrópica. Depende da finalidade e do tipo da obra.

2. DEFINIÇÃO DE VIABILIDADE DAS ÁREAS-PILOTO

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	18
2.1. Principais localidades visitadas	19
2.2. Definição de viabilidade de áreas piloto no Ceará	24
2.2.1. Cadastramento de obras hídricas na área piloto de Quixeramobim – CE	25
Definição de viabilidade de áreas piloto na Paraíba	32
2.4. Definição de viabilidade de áreas piloto no Rio Grande do Norte	32
2.5. Definição de viabilidade de áreas piloto em Alagoas	32
2.6. Definição de viabilidade de áreas piloto em Pernambuco	33
2.6.1. Características da localidade de São José de Caiçarinha da Penha	33
2.6.2. Características da localidade de Conceição de Cima	36
2.6.3. Características da localidade de Ingá	38
2.6.4. Características da localidade de Carrolina	40
2.6.5. Características da localidade de Betânia	43
2.6.6. Características da localidade de Cacimba de Cima	45
2.6.7. Características da localidade de Riacho do Gado	47
2.6.8. Conclusões e recomendações	50
2.7. Avaliação hidrogeológica no vale do riacho São Domingos	51

INTRODUÇÃO

Uma vez estabelecidos os critérios locacionais, a próxima etapa para escolha das áreas piloto foi a pré-seleção de áreas onde houvesse algum tipo de população, dispersa ou agrupada que se coadunassem com os requisitos sociais pré-estabelecidos.

Partindo-se de levantamentos baseados em mapas hidrográficos e hidrológicos, nos trabalhos preliminares de geoprocessamento, por meio de imagens de satélites e aerofotos procedeu-se a escolha de regiões potenciais.

Como o objetivo era a seleção de locais profícuos à implantação de barragens subterrâneas, e sendo a existência da aluvião, condição essencial para continuidade do processo seletivo, os sítios nos quais as drenagens não atendiam às condições técnicas mínimas para locação, deixaram de ser, registrados e qualificados.

Em Pernambuco foi dada ênfase às bacias hidrográficas dos rios Pajeú e Moxotó, que cortam o sertão pernambucano de norte para sul. Embora façam parte da grande bacia hidrográfica do rio São Francisco os municípios, povoados e vilas e especialmente as comunidades dispersas convivem com uma carência muito grande de água além de outros fatores socioeconômicos agravantes que priorizaram essa região. Os trabalhos se concentraram nos municípios de Serra Talhada e Custódia.

Durante o desenvolvimento destas atividades, nas diversas situações de demanda de água e de desenvolvimento social, foram delineadas quatro linhas gerais, para seleção das áreas piloto:

- local onde a população já utiliza a água, cujos reservatórios subterrâneos secam, no momento da estiagem e esteja numa drenagem plana;
- local onde não se utiliza racionalmente as reservas aluviais, população não participativa e que permitisse o experimento de barragens sucessivas;
- local onde a população fosse atendida por uma instituição e que permitisse a construção de barragem subterrânea através de processo manual;
- local de assentamento rural (INCRA ou similar);

2.1. PRINCIPAIS LOCALIDADES VISITADAS

Considerando a pré-seleção de regiões carentes em recursos hídricos e com a possibilidade das aluviões serem adequadas à construção de barragens subterrâneas foram visitadas para diagnóstico diversas comunidades com aspectos semelhantes e diferenciados, cada uma com suas realidades distintas e igualmente carentes em água para diferentes usos. (Figura 2.1).

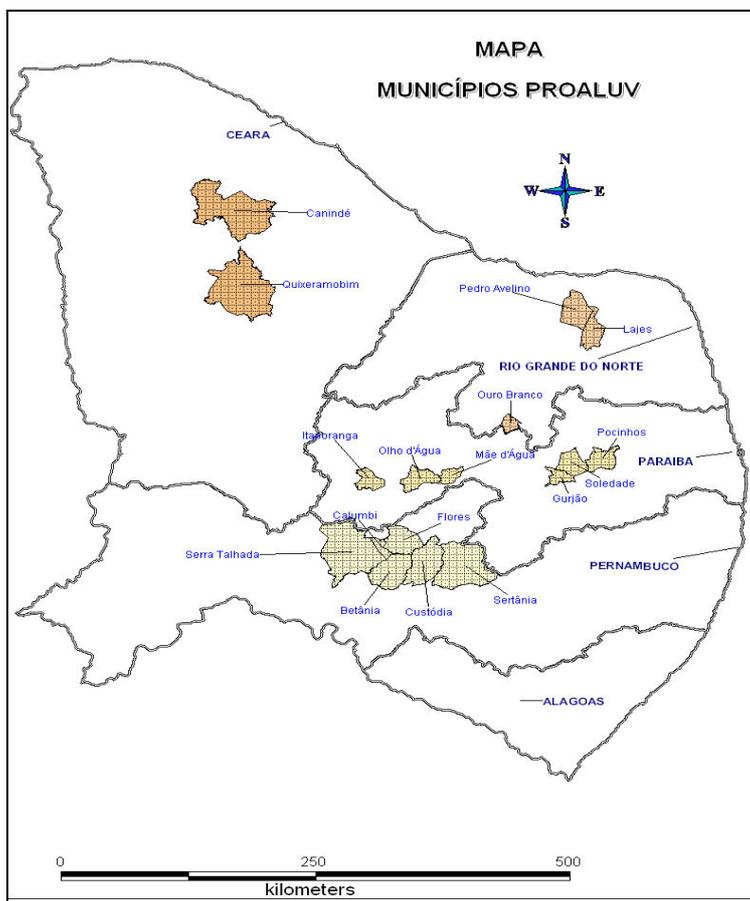


Figura 2.1 – Municípios pré-selecionados para diagnóstico técnico e social

Na Tabela 2.1, estão apresentados os principais locais visitados, nos estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, avaliados e diagnosticados nos correspondentes municípios.

Tabela 2.1 – Localidades visitadas para reconhecimento e seleção de áreas de estudo.

Estado	Município	Localidade	Drenagem	Sub-Bacia Hidrográfica	Bacia Hidrográfica
CE	Quixeramobim	Cajueiro	riacho Manituba	rio Quixeramobim	Banabuiú
CE	Quixeramobim	Serrote do Cupim	riacho Manituba	rio Quixeramobim	Banabuiú
CE	Quixeramobim	Camará	riacho Manituba	rio Quixeramobim	Banabuiú
CE	Quixeramobim	Limeira	riacho Manituba	rio Quixeramobim	Banabuiú
CE	Quixeramobim	Ipueira	riacho Tapera	rio Quixeramobim	Banabuiú
CE	Quixeramobim	aroeiras	riacho Carauá	rio Quixeramobim	Banabuiú
CE	Quixeramobim	Caranaúva	riacho Caranaúva	rio Quixeramobim	Banabuiú
CE	Quixeramobim	Castelo	riacho Caranaúva	rio Quixeramobim	Banabuiú
CE	Quixeramobim	Onça	riacho Carauá	rio Quixeramobim	Banabuiú
CE	Quixeramobim	Recanto dos Patos	riacho Carauá	rio Quixeramobim	Banabuiú
CE	Quixeramobim	Patos	riacho Carauá	rio Quixeramobim	Banabuiú
CE	Quixeramobim	Barrocas	riacho Caranaúva	rio Quixeramobim	Banabuiú
PB	Diamante	Barnabé	riacho Diamante	rio Piancó	Piancó
PB	Itaporanga	Sítio Pascácio	Rio Gurjão	rio Taperoá	Piancó
PB	Itaporanga	Curimatã	riacho Curimatã	rio Piancó	Piancó

Tabela 2.1 – Localidades visitadas para reconhecimento e seleção de áreas de estudo (continuação).

Estado	Município	Localidade	Drenagem	Sub-Bacia Hidrográfica	Bacia Hidrográfica
PB	Itaporanga	Castanheiro	riacho Castanheiro	riacho Cachoeira	Piancó
PB	Itaporanga	Cantinho	riacho Cantinho	rio Piancó	Piancó
PB	Mãe D'água	Mãe D'água	riacho da Cruz	riacho Espinhara	Piranhas
PB	Mãe D'água	Olho D'água	riacho da Cruz	rio Espinhara	Piranhas
PB	pocinhos	Assentamento Icó	riacho Fechado	rio Boa Vista	Taperoá
PB	soledade	Arruda	Rio Soledade	Rio Taperoá	Paraíba
PE	Betânia	Betânia	riacho do Navio	riacho do Navio	Pajeú
PE	Custódia	Ingá	riacho do Copiti	riacho do Copiti	Moxotó
PE	Custódia	Sírio riacho Do Gado	riacho do Gado	riacho do Copiti	Moxotá
PE	Custódia	Lagoa da Onça	riacho da Custódia	rio Moxotó	Moxotó
PE	Custódia	Barbosa	riacho do Meio	rio Moxotó	Moxotó
PE	custódia	Barbosa	riacho do Meio	riacho V. Grande	Moxotó
PE	Custódia	Santa Terezinha	riacho da Conceição	rio Moxotó	Moxotó
PE	Custódia	Perímetro Irrigado Dnocs	riacho do Sabá	rio Moxotó	Moxotó
PE	Serra Talhada	Sítio São José	riacho São Domingos	rio Pajeú	Pajeú
PE	Serra Talhada	Conceição de Cima	riacho São Domingos	rio Pajeú	Pajeú

Tabela 2.1 – Localidades visitadas para reconhecimento e seleção de áreas de estudo (continuação).

Estado	Município	Localidade	Drenagem	Sub-Bacia Hidrográfica	Bacia Hidrográfica
PE	Serra Talhada	Caiçarinha	riacho Grande	riacho São Domingos	Pajeú
PE	Serra Talhada	Cacimbinha	riacho Grande	riacho São Domingos	Pajeú
PE	Serra Talhada	Conceição De Cima	riacho dos Caibros	riacho São Domingos	Pajeú
PE	Serra Talhada	Conceição De Cima	riacho São Domingos	riacho São Domingos	Pajeú
PE	Serra Talhada	Catolé	riacho Catolé	riacho Catolé	Pajeú
PE	Serra Talhada	São Francisco	riacho Catolé	riacho Catolé	Pajeú
PE	Serra Talhada	Conceição De Cima	riacho São Domingos	riacho São Domingos	Pajeú
PE	Sertânia	Caroalina	rio Moxotó	rio Moxotó	Moxotó
PE	Sertânia	Cacimba de Cima	riacho de Fora	rio Sabá	Moxotó
PE	Sertânia	Valdemar Siqueira	rio Moxotó	rio Moxotó	Moxotó
PE	Sertânia	Cacimbinha	riacho do Fernando	rio Moxotó	Moxotó
PE	Sertânia	Santa Luzia	riacho da Casa Velha	rio Moxotó	Moxotó
PE	Sertânia	Maxixe	rio Moxotó	rio Moxotó	Moxotó
PE	Sertânia	Jacu	riacho do Jacu	rio Moxotó	Moxotó
PE	Sertânia	Santa Luzia	riacho do Bredo	rio Moxotó	Moxotó
RN	Lages	Boa Vista	riacho Dois Irmãos	rio Ceará Mirim	Ceará Mirim

Tabela 2.1 – Localidades visitadas para reconhecimento e seleção de áreas de estudo (continuação).

Estado	Município	Localidade	Drenagem	Sub-Bacia Hidrográfica	Bacia Hidrográfica
RN	Lages	Conceição	riacho Dois Irmãos	rio Ceará Mirim	Ceará Mirim
RN	Ouro Branco	Sítio Malhada Grande	riacho Cantinho	rio São José	Seridó
RN	Ouro Branco	Sítio Duas Ipueiras	rio São Roque	rio São José	Seridó
RN	Pedro Avelino	Assentamento Faz. Feijão	rio do Feijão	rio Amargosa	Amargosa
RN	Pedro Avelino	Assentamento Faz. Feijão	riacho Maracujá	rio Amargosa	Amargosa

2.2. DEFINIÇÃO DE VIABILIDADE DE ÁREAS PILOTO NO CEARÁ

O município de Quixeramobim tem reconhecida tradição em explorar água de aluviões, através de projetos denominados Pingo d'Água e Caminhos de Israel, ambos da década de 90. Através destas atuações foram estabelecidas, nos últimos anos, pequenas explorações agrícolas como também o provimento do abastecimento d'água para as pequenas comunidades, localizadas as margens das drenagens que dispõem de reservas aluviais.

O uso continuado da água e o livre fluxo subterrâneo fazem com que as reservas hídricas fiquem bastante reduzidas, geralmente no período compreendido entre outubro e dezembro de cada ano. Ocorre assim um forte impacto sobre o abastecimento e as atividades agrícolas ali desenvolvidas. Caracteriza-se, assim, uma situação significativa para o experimento de uma barragem subterrânea, objetivando aumenta a oferta hídrica.

No município foram selecionadas quatro áreas, situadas nos vales dos rios Quixeramobim e Forquilha e dos riachos Caraúna, Retiro e Ipueira. Em todas foi realizado o cadastro de obras hídricas visando uma primeira avaliação sobre o uso da água captada, profundidades e constituição faciológica dos aluviões.

As captações de água existentes no rio Forquilha são as que mais de destinam à agricultura irrigada, com destaque para a fruticultura e, subsidiariamente ao cultivo de verduras, com predominância para o tomate e o pimentão. Nas demais localidades as captações são utilizadas para o abastecimento comunitário, inclusive com participação da empresa estadual de águas – CAGECE, Prefeitura Municipal e Associações Comunitárias. A Figura 2.2 apresenta a localização dos poços cadastrados no projeto, evidencia do uso das águas aluviais.

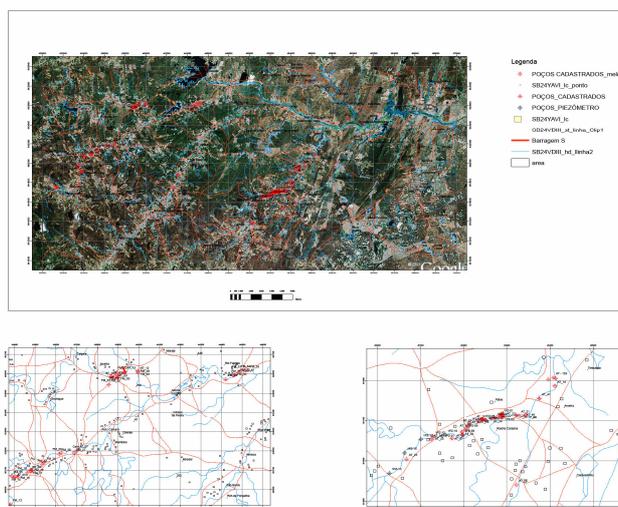


Figura 2.2 - rio Forquilha com irrigação através de poço tubular.

Devido as especificidades da área, onde a população já se utiliza das reservas aluviais, esta etapa foi mais detalhadamente desenvolvida para melhor caracterizar a demanda e os impactos do colapso, todos os anos, na época da estiagem.

O desenvolvimento das atividades sociais e as primeiras análises de viabilidade hidrogeológica para locação de barragens subterrâneas, levaram a concentrar as atividades de prospecção nos sistemas de drenagem dos riachos Caraúna e Guaribas, detalhadas a seguir.

2.2.1. Cadastramento de obras hídricas na área piloto de Quixeramobim - CE

Os trabalhos de cadastramento foram desenvolvidos na área de influência do riacho Caraúna, abrangendo também o riacho Manituba. Houve envolvimento direto da população residente nas comunidades localizadas as suas margens: Timbaúba, Limeira, Camará, Guaribas I, Guaribas II, Ipueiras, Bom Dia II, Retiro, Caraúna, Fazenda Logradouro, Patos e Recanto dos Patos,.

Foram cadastradas quarenta obras hídricas de captação de água, classificadas como poços tubulares (PT) e poços amazonas (PA). As informações levantadas referem-se a profundidades e diâmetros dos poços, tipo de revestimento, condutividade elétrica (C.E), nível estático (N.E) e o uso da água captada. Com relação ao nível dinâmico (N.D) a medição ficou restrita aos poços submetidos a testes de bombeamento, haja vista a dificuldade de acesso de medidores ao interior dos poços instalados e em funcionamento.

Na Tabela 2.2 estão apresentados os principais dados cadastrais, coletados em campo agrupados a um poço de referencia:

Tabela 2.2 – Poços com captação aluvionar, cadastrados na área piloto de Quixeramobim – CE

Área de influência do poço FM 18

Código do poço	Tipo	Localidade	Prof. (m)	Vazão (m³/h)	N.E (m)	C.E (µS/cm)	Situação
FM 12	PT	Timbaúba	6,75	-	2,74	1.331	não instalado
FM 13	PT	Timbaúba	7,26	-	1,90	955	uso doméstico/irrigação
FM 14	PA	Limeira	9,00	-	3,20	1.171	irrigação/horticultura
FM 14A	PA	Limeira	6,00	-	3,10	1.320	uso estratégico
FM 15	PA	Camará	8,00	-	2,65	1.373	irrigação/fruticultura
FM 16	PT	Limeira	7,50	13,6	3,64	1.083	pasto/horticultura
FM 17	PT	Limeira	7,00	41	3,96	1.118	hortifruticultura
FM 18	PT	Limeira	9,00	-	6,00	1.661	uso secundário
FM 19	PT	Limeira	4,50	-	1,35	1.216	não instalado
FM 20	PT	Limeira	7,97	-	2,50	1.294	não instalado

Área de influência do poço FM 10

Código do poço	Tipo	Localidade	Prof. (m)	Vazão (m³/h)	N.E (m)	C.E (µS/cm)	Situação
FM 10	PT	Guaribas I	4,70	-	1,00	918	abastecimento/outros
FM 21	PT	Guaribas I	3,73	-	1,46	820	não instalado

Tabela 2.2 - Poços com captação aluvionar, cadastrados na área piloto de Quixeramobim – CE (continuação)

Área de influência do poço FM 01

Código do poço	Tipo	Localidade	Prof. (m)	Vazão (m³/h)	N.E (m)	C.E (µS/cm)	Situação
FM 01	PT	Ipueiras	9,00	-	3,05	1.276	irrigação
FM 03	PA	Ipueiras	4,00	3,60	2,50	1.900	hortifruticultura
FM 04	PA	Ipueiras	4,80	-	2,20	810	irrigação/pasto
FM 06	PT	Ipueiras	7,69	-	3,40	830	irrigação/pasto/cana
FM 07	PT	Ipueiras	7,25	10	3,75	1.150	hortifruticultura
FM 28	PT	Bom Dia II	5,43	-	1,76	1.968	irrigação/pasto

Área de influência do poço FM 32

Código do poço	Tipo	Localidade	Prof. (m)	Vazão (m³/h)	N.E (m)	C.E (µS/cm)	Situação
FM 29	PT	Retiro	-	-	-	-	irrigação/fruticultura
FM 30	PT	Retiro	4,20	-	0,50	1.030	pasto/fruticultura
FM 31	PT	Retiro	3,80	-	2,00	1.176	poço obstruído
FM 32	PT	Retiro	6,22	-	3,26	1.340	abastecimento/outros
FM 33	PT	Retiro	4,80	-	1,50	1.688	uso estratégico

Área de influência do poço AT 38

Código do poço	Tipo	Localidade	Prof. (m)	Vazão (m³/h)	N.E (m)	C.E (µS/cm)	Situação
AT 14	PA	Caraúna	-	-	-	-	poço desativado
AT 26	PA	Caraúna	4,20	-	0,50	882	abastecimento
AT 23	PT	Logradouro	3,80	6,00	2,00	1.176	irrigação/pasto
AT 24	PT	Caraúna	4,50	-	2,10	1.369	uso doméstico
AT 25	PA	Logradouro	-	-	-	1.769	irrigação/pasto
AT 28	PA	Patos	7,00	-	2,13	857	irrigação/fruticultura
AT 29	PA	Patos	4,00	-	3,00	728	irrigação/pasto

Tabela 2.2 - Poços com captação aluvionar, cadastrados na área piloto de Quixeramobim – CE (continuação)

Código do poço	Tipo	Localidade	Prof. (m)	Vazão (m³/h)	N.E (m)	C.E (µS/cm)	Situação
AT 30	PT	Patos	7,00	-	2,00	1.090	poço não instalado
AT 31	PA	Patos	5,00	-	2,00	1.296	poço sem uso
AT 32	PT	Patos	12,00	-	2,00	835	poço sem uso
AT 33	PT	Patos	7,00	-	-	902	abastecimento
AT 34	PT	Patos	-	-	-	1.115	pasto/horticultura
AT 35	PT	Patos	-	-	-	-	sem uso (baixa vazão)
AT 36	PA	Patos	-	-	-	-	poço abandonado
AT 37	PA	Patos	-	-	-	-	poço seco
AT 38	PT	Patos	8,35	10	-	1.112	abastecimento
AT 39	PT	Patos	7	-	3	990	poço sem uso

A seguir, alguns aspectos dos poços cadastrados e sua utilização (Figuras 2.3 a 12.2):



Figura 2.3 - Fruticultura irrigada (mameieiro), localidade Limeira.



Figura 2.4 - Sistema de Abastecimento de Limeira com caixa d'água de 25.000 litros.



Figura 2.5 – Poço AT 38, abastecimento comunidade de Patos



Figura 2.6 - Poço AT 38, abastecimento comunidade de Patos



Figura 2.7 – tomate irrigado, Limeira.



Figura 2.8 – Poço Amazonas, Limeira.



Figura 2.9 – Poço em construção para finalização em tubos PVC de 6", Ipueiras.



Figura 2.10 – Poço em construção para finalização em tubos PVC de 6", Ipueiras.



Figura 2.11 – Poço para irrigação de tomates, Ipueiras.



Figura 2.12 – Poço amazonas, em colapso por baixa produção, riacho Caraúnas.

Caracterização geométrica e litológica da área aluvionar

Dos poços cadastrados na atividade anterior, cinco foram selecionados nos riachos Manitiba e Caraúna, como referências para prospecção de uma secção transversal às respectivas calhas (Tabela 2.3). Objetivou principalmente a obtenção de maiores conhecimentos sobre o meio físico e hidráulico, a fim de subsidiar a locação de uma barragem subterrânea, a seguir a apresentados:

Tabela 2.3 – Poços com captação aluvionar, cadastrados na área piloto de Quixeramobim – CE

Poço	Coordenadas UTM	Situação	Caracterização e Benefícios
RIACHO MANITUBA			
FM 32	9.426.073 444.797	Poço operando desde 2005 para abastecimento público da comunidade do Retiro - 01 escola, 31 famílias e 05 irrigantes. Mantém parceria com o Projeto São José/Sohidra.	<ul style="list-style-type: none"> . Espessura aluvionar - aprox. 5 m . Largura aluvionar - aprox. 50 m . Condutividade Elétrica - 1.390 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A construção de uma barragem subterrânea atenuaria os efeitos de colapsos de abastecimento, recorrentes a cada período de estiagem e estimularia o aumento da quantidade de irrigantes.

Tabela 2.3 – Poços com captação aluvionar, cadastrados na área piloto de Quixeramobim – CE (Continuação)

Poço	Coordenadas UTM	Situação	Caracterização e Benefícios
FM 01	9.426.002 439.071	Poço em operação, atendendo atualmente 06 famílias irrigantes para a localidade Ipueiras, produzindo em cerca de 8 hectares, pimentão, tomate, mamão e capim para pecuária. Em breve também pimenta de cheiro.	<ul style="list-style-type: none"> . Profundidade - 9 m . Diâmetro do revestimento - 6" PVC . Nível Estático - 3,05 m . Condutividade Elétrica - 1.300 µS/cm . Uma maior oferta hídrica possibilitaria maior quantidade de irrigantes, redução da salinidade e reforço no abastecimento para 20 famílias da localidade.
RIACHO CARAÚNA			
FM 18	9.420.997 438.840	Poço operando desde 2005 para abastecimento público das comunidades de Cajueiro, Camará, Serrote do Cupi e Limoeiro dos Galdinos, totalizando 123 ligações. Parceria com o Projeto São José/Cagece.	<ul style="list-style-type: none"> . Profundidade do poço - 9 m . Vazão de exploração - 10.000 L/h . Condutividade Elétrica - 1.400 µS/cm . Diâmetro do revestimento - 6" PVC . Poço funciona 24 h/dia. Observa-se uma demanda maior que a capacidade de produção de água. Entra em colapso em tempos de estiagem.
FM 11	9.417.820 433.571	Sistema construído em 2002, em operação desde 2004. Atende 64 famílias na localidade de Várzea de Cima;	<ul style="list-style-type: none"> . Profundidade do poço - 6 m . Diâmetro do Revestimento - 6" PVC . Nível Estático - 2 m . Vazão Estimada - 10.000 L/h . Condutividade Elétrica - 1.100 µS/cm
FM 10	9.417.574 431.362	Sistema construído em dezembro de 2002, abastecendo 70 famílias da localidade de Guaribas. Também serve a 30 famílias da localidade Boa Fortuna quando o açude que os abastece entra em colapso.	<ul style="list-style-type: none"> . Diâmetro do Revestimento - 6 " PVC . Profundidade - 4,70 m . Nível Estático - 1,0 m . Vazão Informada - 14.000 L/h . Condutividade Elétrica - 900 µS/cm . Espessura aluvionar de 5 m e largura de 90 m.

Com base nos dados hidrogeológicos e de demanda de água coletados até então, fez-se uma pré-seleção de locais indicados para construções de barragens subterrâneas (tabela 2.4):

Tabela 2.4 – Localidades pré-selecionadas para construção de barragens na área piloto de Quixeramobim – CE

Localidade	Local Indicado – coordenadas UTM			
	Margem esquerda		Margem direita	
Guaribas I	9417621	431362	9417520	431406
Várzea de Cima	9417841	433459	9417820	433604
Limeira/Cajueiro	9421116	434836	9420885	434842
Retiro	9426189	444956	9426150	444021
Ipueiras	9426056	439174	9426033	439371

Sondagem a Trado para prospecção litológica e profundidade do embasamento

As figuras 2.13 e 2.14 apresentam aspectos da sondagem a trado para caracterização litológica e geometria tridimensional, em secção transversal do riacho Caraúna.



Figura 2.13 – prospecção com sondagens a trado para caracterização do perfil arenoso e espessura e largura aluvionar.



Figura 2.14 – prospecção com sondagens a trado para caracterização do perfil arenoso e espessura e largura aluvionar.

2.3. DEFINIÇÃO DE VIABILIDADE DE ÁREAS PILOTO NA PARAÍBA

No sertão paraibano também duas regiões foram visitadas para avaliação hidrogeológica e prospecção social. Uma primeira abrangendo os municípios de Itaporanga, Diamante, Olho d'Água e Mãe d'Água (Figura 2.15) situados na sub-bacia do rio Piacó e na bacia hidrográfica do rio Piranhas. Nos municípios de Gurjão, Soledade e Pocinhos, nas bacias hidrográficas dos rios Taperoá/Paraíba e Mamanguape.



Figura 2.15 – Prospecção no município de Mãe D'Água/PB

2.4. DEFINIÇÃO DE VIABILIDADE DE ÁREAS PILOTO NO RIO GRANDE DO NORTE

No estado do Rio Grande do Norte, outras duas regiões muito carentes foram incluídas: a região abrangida pelo município de Ouro Branco entrecortado por muitos afluentes da bacia hidrográfica do rio Seridó, porção Sul do estado, e na porção centro Norte, os municípios de Lages e Pedro Avelino (Figura 2.16) situados na bacia hidrográfica do rio Amargoso que desemboca no delta do rio Assu.



Figura 2.16 – Prospecção no município de Pedro Avelino/RN

2.5. DEFINIÇÃO DE VIABILIDADE DE ÁREAS PILOTO EM ALAGOAS

O estado de Alagoas concentra provavelmente, as maiores ocorrências de água salinizada, entre os estados visitados. Isto torna mais difícil a locação de barragens subterrâneas. Vários contatos foram mantidos com o técnico a serviço da SERMARH/AL, geólogo Wilton Rocha no sentido de viabilizar uma área. A dificuldade em articular com as comunidades e se aprofundar no estudo de ambientes mais favoráveis não permitiu a definição de uma área piloto. Ao final da vigência do projeto o vice-prefeito do município de Estrela, manifestou interesse em participar. Infelizmente, sem tempo hábil para executar os procedimentos necessários.

2.6. DEFINIÇÃO DE VIABILIDADE DE ÁREAS PILOTO EM PERNAMBUCO

Objetivando o reconhecimento inicial de localidades nas quais sejam possíveis a implantação de barragens subterrâneas e que atendam também a requisitos técnicos e sociais que justifiquem as suas construções, foram realizadas, viagens de campo a localidades, previamente selecionadas, em municípios situados nos Alto Sertão do Moxotó e Pajeú, Estado de Pernambuco.

As visitas foram realizadas em duas etapas: a primeira (período de 21.08 e 26.08.2006), teve a participação do engenheiro de minas José Ubaldo de Sá e do geólogo Manoel Julio tendo como objetivo a visita a locais selecionados anteriormente pelo Projeto Moxotó (executado pela CPRM-SUREG/RE em 1998), situados principalmente, nos municípios de Sertânia e Custódia. Incluiu também, outras localidades sugeridas por prefeituras e pela COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento, localizadas nos municípios de Betânia, Serra Talhada, Flores e Calumbi. No total foram visitadas 40 localidades, incluindo pontos com barragens subterrâneas já implantadas.

Após a primeira visita houve a seleção de alguns locais, o que possibilitou a realização de uma nova etapa de campo (período de 13.09 a 20.09.2006), com a participação do geólogo Manoel Julio e a assistente social Marize Castro. Foram realizados então, levantamentos mais detalhados sobre as condições hídricas gerais de cada ponto selecionado e observados também aspectos preliminares relacionados às questões sociais das comunidades a serem beneficiadas.

A seguir estão indicadas, de maneira simples, algumas características das condições hídricas observadas nos pontos selecionados e suas localizações por GPS. .

2.6.1. Características da localidade de São José de Caiçarina da Penha

Localização

- Município - Serra Talhada. Folha Sudene 1:100.000 - Betânia

Acesso

O acesso se dá a partir do povoado de Varzinha que dista aproximadamente 17,8 km de Serra Talhada, às margens da rodovia BR-232, antes de chegar a Sítio dos Nunes. A partir daí, entra-se à esquerda, percorrendo-se aproximadamente 13 km até chegar ao povoado Caiçarina da Penha. Neste povoado percorre-se aproximadamente 4 km em direção ao sul até chegar à localidade de São José da Caiçarina.

Dados do Proprietário

- Nome - Manoel Lourenço.
- Endereço: sítio São José, situado próximo a localização da barragem.
- GPS- casa do proprietário - P6-MAL – 593550/9101395

Aspectos hídricos superficiais e subterrâneos

- Drenagem principal - riacho São Domingos, que tem como tributário localmente o riacho da Penha. O riacho São Domingos nasce a aproximadamente 10 km do ponto selecionado.

- Abastecimento local - a comunidade é abastecida por diversos poços amazonas (Figura 2.17) e escavados (Figura 2.18) localizados no leito do riacho São Domingos. Há pouco tempo era abastecida pelo sistema adutor de Rocas Velhas (Figuras 2.19 e 2.20) implantado pela Funasa; porém atualmente, o mesmo não fornece água para a população devido a ocorrência de ligações clandestinas feitas a montante da localidade ao longo da adutora, realizadas por diversos proprietários da região, o que provocou o colapso do fornecimento de água nesta região.



Figura 2.17 – Poço amazonas (P9-C3)



Figura 2.18 – Poço escavado (P7-C1)



Figura 2.19 – Sistema adutor Roca Velhas



Figura 2.20 - Sistema adutor Roca

Características dos poços cadastrados:

P7-C1 (escavado): GPS – 593579/9101312. NE – 1,0 m, CE - 723 μ S/cm.

P8-C2 (escavado): GPS – 593595/9101319. NE – 1,0 m, CE - 736 μ S/cm.

P9-C3 (amazonas): GPS – 593589/9101337. CE - 822 μ S/cm.

P11-C4 (amazonas): GPS – 593616/9101347.

P12-C4 (escavado): GPS – 593617/9101385.

Aspectos geológicos locais

Localmente ocorrem afloramentos de gnaisses quartzo-feldspáticos de cor avermelhada, contendo rede de fraturas bastante intensas, em geral fechadas, de espessuras centimétricas (Figura 2.21). As aluviões, arenosas, possuem uma espessura aproximada de 2,0 metros.



Figura 2.21 – Afloramento de gnaisses quartzo-feldspáticos, amarelada.

P13-A1 – Afloramento - GPS: 593624/910404

Indicação preliminar da locação da barragem

A localização preliminar do eixo da barragem, conforme pode ser visualizada na (Figura 2.22), tem as seguintes características:

P14 – L1 – início da secção – GPS: 593581/9101350

P15 – L2 – fim da secção – GPS: 593601/9101306

Extensão da secção: 50 metros



Figura 2.22 - Vista do local indicado para construção da barragem subterrânea, a qual deverá se posicionar paralelamente a estrada.

Outros dados

P10–EE – Energia elétrica monofásica – GPS: 593605/9101354

P17/C1 – Cisterna desativada e chafariz EMATER – GPS: 593857/9101734

P16-ES – Escola Municipal Imaculada Conceição – GPS: 595359/9102289

2.6. 2. Características da localidade de Conceição de Cima

Localização

- Município - Serra Talhada. Folha SUDENE – 1.100.000: Betânia.

Acesso – O acesso se dá a partir do povoado de Varzinha, distante 17,8 km de Serra Talhada, às margens da rodovia BR-232. A partir daí, entra-se à esquerda, percorrendo-se aproximadamente 13 km até o povoado Caiçarinha da Penha. Então percorre-se cerca de 6 km em direção da localidade de Tauapiranga, a sudoeste, até chegar em Conceição de Cima.

Dados do Proprietário

- Nome – Antonio Dimas
- Endereço: No sítio Conceição de Cima, situado próximo da localização da barragem.
- GPS – Casa do proprietário – P19 –AD – 592252/9099800.

Aspectos hídricos superficiais e subterrâneos

- Drenagem principal: riacho São Domingos, que tem como principal tributário, localmente, o denominado riacho dos Caibros. O riacho São Domingos nasce a aproximadamente 13 km do ponto selecionado.
- Abastecimento local; as condições de abastecimento da localidade são similares as que ocorrem em São José de Caiçarinha: a população recorre à captação de diversos poços amazonas (Figura 2.23) e escavados (Figura 2.24) localizados no leito do riacho São Domingos. O sistema adutor de Rocas Velhas (Figura 2.25A e 2.25B) também era há pouco tempo utilizado pela comunidade; porém, assim como em São José do Caiçarinha, encontra-se atualmente desativado.

Características dos poços cadastrados:

P21-C5(escavado) GPS: 592227/9099935. NE= 1,5 m, CE - 1023 μ S/cm

P22-C6(amazonas) GPS: 592220/9099953. NE= 3,0 m, CE - Obstruído.

P25-C7(amazonas) GPS: 592220/9099953. NE=3,20 m, CE - 1050 μ S/cm (profundidade - 8m)



Figura 2.23 – Poço amazonas (P25-C7)



Figura 2.24 – Poço escavado (P21-C5)



Figura 2.25A – Tubulação da adutora Roca Velhas



Figura 2.25B – Chafariz abandonado

Aspectos geológicos locais

Localmente ocorrem xistos e gnaisses xistosos contendo veios de quartzo, concordantes com a foliação. Bastante fraturado (Figura 2.26).



Figura 2.26 – Afloramento de gnaisses xistosos, mostrando fraturas discordantes bastante abertas. P23-A3.

P23-A4 – Afloramento de gnaisses – GPS: 592175/9099988.

.P23-A3 – Afloramento de gnaisses xistos. GPS 592175/9099989.

.P30-A4 – Afloramento de calcário cristalino. GPS: 595171/9102573

Indicação preliminar da locação da barragem

A localização preliminar do eixo da barragem, conforme pode ser visualizada na Figura 2.27, tem as seguintes características:

P23-L1 – início da secção: GPS 592228/9099916 – material argiloso produto de alteração de xistos.

P24-L2 – final da secção: GPS– 592200/9100051.

Extensão da secção: 140 metros.



Figura 2.27 – Localização preliminar do eixo da barragem, posicionada paralelamente a estrada.

Outros dados

P25-EE – Energia elétrica monofásica – GPS: 592258/9099815 e 592260/9100142

P27- AD – Chafariz FUNASA – desativado – GPS: 592413/9100207

P28- ES – Escola Municipal Pedro Cavalcanti – GPS: 592624/9100279

P29- CF – Casa de Farinha – GPS: 592612/9100357

2.6. 3. Características da localidade de Ingá

Localização

- Município – Custódia. Folha SUDENE 1:100.000 – Custódia

Acesso

O acesso se dá a partir da sede da cidade de Custódia. Logo após a fábrica de doces Tambaú, entra-se à esquerda em direção ao povoado de Ingá, que dista aproximadamente 13,7 km da sede do município.

Dados do Proprietário

- Nome – Flaviano Feitosa.
- Endereço: Povoado Ingá, próximo à localização da barragem.

Aspectos hídricos superficiais e subterrâneos

Drenagem principal: Riacho Copiti, que nasce a aproximadamente 4 km do local indicado, após as junções dos riachos do Gado e Mulungu.

Abastecimento local: A população local é abastecida por um poço amazonas localizado próximo ao local da indicação para a barragem (Figura 2.28). Existe também um poço tubular equipado com dessalinizador (Figura 2.29), sem funcionamento por falta de manutenção.



Figura 2.28 – Poço amazonas (P32-C8), equipado com bomba centrífuga, que abastece o povoado do Ingá. Observa-se a aluvião saturada



Figura 2.29 – Lavanderia pública e dessalinizador (desativado) instalado no povoado de Ingá.

Características dos poços cadastrados:

P32-C8 – (amazonas). GPS 637743/9098980. 1280 $\mu\text{S}/\text{cm}$

P33-C9 – (amazonas). GPS 637707/9098991. Obstruído.

P38-PT (tubular). GPS 637765/9098900. Desativado.

Aspectos geológicos locais

Localmente ocorrem gnaisses migmatizados (Figura 2.30), pouco fraturados.

P35-A5. (afloramento de gnaisse). GPS: 637774/9099039.



Figura 2.30 – Afloramento de gnaisses (P35-A5), represando água superficial no leito do rio Copiti. Condutividade elétrica medida no local de 1.120 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Outros dados

P36-E5 -. Escola Municipal Manoel Alves e energia elétrica trifásica. GPS: 637837/9098917.
P37-LP. Lavanderia pública. GPS: 637752/9098861.

2.6. 4. Características da localidade de Caroalina

Localização

- Município – Sertânia. Folha SUDENE – 1.100.000 Custódia.

Acesso

O acesso pode ser feito a partir da BR-232, vindo de Cruzeiro do Nordeste, entrando-se a esquerda, próximo à localidade de Algodões ou de Boa Esperança, ou a partir de Custódia, percorrendo-se a via Custódia-Carvalho-Boa Vista. Caroalina dista aproximadamente 22,7 km da sede municipal de Custódia.

Dados do Proprietário

- Nome - Manoel Lourenço
- Endereço: No povoado Caroalina, situado a cerca de 1,8 km do ponto selecionado.

Aspectos hídricos superficiais e subterrâneos

- Drenagem principal: rio Moxotó, que nasce a aproximadamente 30 km do ponto indicado.
- Abastecimento local: A população local é abastecida por poços amazonas localizados no leito do rio Moxotó (Figura 2.31), por diversos poços rasos, escavados (Figura 2.32) no leito aluvionar deste rio e poço amazonas equipado com dessalinizador (Figuras 2.33 e 2.34).



Figura 2.31 – Poço amazonas (P42-C1), equipado com bomba.



Figura 2.32 – Poço escavado (P49-A1), localizado no leito do rio Moxotó,



Figura 2.33 – Local onde está instalado o dessalinizador que fornece água para o povoado de Carolina.



Figura 2.34 – Aspectos do equipamento de dessalinização instalado.

Características dos poços cadastrados:

P42-C1 – (amazonas). GPS: 658186/9084904. 1950 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (água bruta), 295 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (água tratada).

P46-C2 – (amazonas). GPS: 659312/9086680. 710 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

P49-A1 – (escavado). GPS: 659288/9086678. 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Aspectos geológicos locais

A geologia local é constituída por xistos, gnaisses migmatizados e calcários cristalinos. No local indicado para a construção da barragem predominam gnaisses com foliação transversal ao leito do rio Moxotó.

P48-A9 – (afioramento). Xistos. GPS 659288/9086651.

Indicação preliminar da locação da barragem

A localização preliminar do eixo da barragem, (Figura 2.35) tem as seguintes características:

P44-L1 – início da secção: GPS: 659270/9086738.

P45-L2 – fim da secção: GPS: 659344/9086698.

Extensão da secção: 80 metros.



Figura 2.35 - Vista do local indicado preliminarmente para a locação da barragem.

Outros dados

P41-CD – Caixa d'água. GPS: 658241/9085317

P43-PI – Pluviômetro – CPRM. GPS: 658285/9084959

P44/EE – Energia elétrica monofásica. GPS: 659324/9086669

2.6.5. Características da localidade de Betânia

Localização

Município - Betânia. Folha SUDENE 1:100.000 - Betânia

Acesso

O acesso se faz através da BR 232, a partir de Recife, até a localidade de Sítio dos Nunes. A partir daí, segue-se em direção a Betânia, através da PE-340. Antes de chegar a sede municipal, a aproximadamente 1,5 km da mesma, entra-se a esquerda até encontrar o lugar indicado, próximo à estação de tratamento da COMPESA.

Dados do Proprietário

- Nome Público – COMPESA.

Aspectos hídricos superficiais e subterrâneos

- Drenagem principal: riacho do Navio.
- Abastecimento local: A sede municipal de Betânia é abastecida por poços amazonas localizados no leito do riacho do Navio. O sistema, operado pela COMPESA, recebeu atualmente reforço em seu abastecimento a partir de um poço de dreno radial (Figura 2.36) construído por convênio CPRM/COMPESA. Ocorre também a injeção de água do poço tubular P54-PT no poço radial, conforme pode ser visto na Figura 2.37.



Figura 2.36 – Poço amazonas, com drenos radiais, Betânia/PE.



Figura 2.37 – Poço tubular raso, utilizado também como poço de injeção para o poço radial, reforçando o abastecimento da rede de Betânia.

O sistema é complementado pela captação de água feita a partir do poço P56-C5 (Figura 2.38).



Figura 2.38 - Poços amazonas (P56-C5) e tubular desativado (P58-PT), próximos à localidade indicada para a barragem subterrânea.

Características dos poços cadastrados:

P53-C3 – (amazonas–radial). GPS: 607696/9085896. CE - 880 $\mu\text{S}/\text{cm}$

P54-PT – (tubular) GPS: 607717/9085888

P55-C4- (amazonas). GPS: 607749/9085938. CE - 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$

P56-C5 – (estação de tratamento da COMPESA). GPS: 607465/9085770.

1194 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (água bruta) e CE - 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (água tratada).

Aspectos geológicos locais

Predominam na região rochas graníticas em geral bastante fraturadas. Na Figura 2.39, observa-se afloramento de granitos, dispostos transversalmente ao curso do riacho do Navio, formando verdadeira barragem natural, com o represamento das águas superficiais. Este local ocorre a aproximadamente 1,5 km a montante do ponto indicado para a construção da barragem subterrânea.

P55–NA – (barragem natural). GPS: 608226/9087348 - CE - 1655 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

P59-A4 – (afloramentos de granitos). GPS: 607567/9085665



Figura 2.39 – Afloramentos de granito formando barramento natural no riacho do Navio

Indicação preliminar da locação da barragem

A localização preliminar do eixo da barragem tem as seguintes características:

P57-L1 – início da secção: GPS: 607535/9085704

P59-A4 – final da secção: GPS: 607567/9085665

Extensão da secção: 50 m.

Outros dados

P56-C5 – (estação de tratamento da COMPESA). GPS: 607465/9085770

P60-LP – (lavanderia pública). GPS: 606502/9085575

P61-SC – (localidade de São Caetano). GPS: 611835/9095083

P56-C5 – (Energia elétrica trifásica). GPS: 607465/9085770

2.6.6. Características da localidade de Cacimba de Cima

Localização

Município - Sertânia. Folha SUDENE 1:100.000 - Custódia.

Acesso

O acesso se dá através da localidade de Barro Vermelho, localizada na BR-232 (logo depois do Povoado Valdemar Siqueira), na estrada que segue a esquerda, para Caroyalina.

Dados do Proprietário

- Nome – Nivaldo Virgínio
- Endereço: sítio Cacimba de Cima.

Aspectos hídricos superficiais e subterrâneos

Drenagem principal: Riacho de Fora, cuja nascente se situa a aproximadamente 20 km do local selecionado.

Abastecimento local: A pequena comunidade é abastecida por carros pipas, na época da seca e os animais por poços rasos escavados (Figura 2.40) ao longo dos riachos de Fora e dos Campos.



Figura 2.40 - um dos muitos poços rasos, escavados nas aluviões Do riacho de Fora. Água destinada ao consumo animal.

Características dos poços cadastrados:

P51-C3 - (escavado). GPS: 661288/9093312

Aspectos geológicos locais

Localmente ocorrem gnaisses anfibolíticos migmatizados bastante fraturados como pode ser observado na Figura 2.41.



Figura 2.41 – Aspectos de afloramento - gnaisses anfibolíticos. Observa-se a grande quantidade de areia depositada no leito do riacho de Fora.

P52-A2 – (afloramento de gnaisses) – GPS: 661286/9093174.

Indicação preliminar da locação da barragem

A localização preliminar do eixo da barragem, conforme pode ser visualizada também na Figura 24, tem as seguintes características:

P52-A2 – início da secção. GPS: 661286/9093174

P53-A3 – fim da secção. GP: 661355/9093194

Extensão da secção – 70 m.

Outros dados

P54-ES. (Escola Municipal Neuza Bezerra). GPS: 661217/9090449

2.6.7. Características da localidade de Riacho do Gado

Localização

- Município – Custódia. Folha SUDENE 1:100.000 - Custódia.

Acesso

O acesso se dá a partir da cidade de Custódia, através da BR-232, em direção a localidade de Sítio dos Nunes, percorrendo-se a partir daquela, cerca de 8 km até atingir a localidade de Serrinha. Daí entra-se à direita e após 1,7 km chega-se ao local indicado para a construção da barragem subterrânea.

Dados do Proprietário

- Nome – João Bar.
- Endereço: Sítio Riacho do Gado, localizada a 300 metros do local indicado.
- GPS – (casa do proprietário) – 641952/9107457

Aspectos hídricos superficiais e subterrâneos

- Drenagem principal: Riacho do Gado que nasce a aproximadamente 5 km do local, sendo também alimentado pelo denominado riacho do Meio.
- Abastecimento local: a população local é abastecida por poços rasos, escavados (Figura 2.42) e amazonas (Figura 2.43), localizados ao longo do leito do riacho do Gado. A localidade de Serrinha, situada a 1,7 km, nas margens da BR-232, é abastecida pelo poço tubular (CT-217, cadastro da CPRM), (Figura 2.44).



Figura 2.42 – Poço raso (P65-C7), escavado no leito do riacho do Gado, utilizado para consumo animal.



Figura 2.43 – Poço amazonas (P62-C6). Água utilizada para consumo animal e humano.

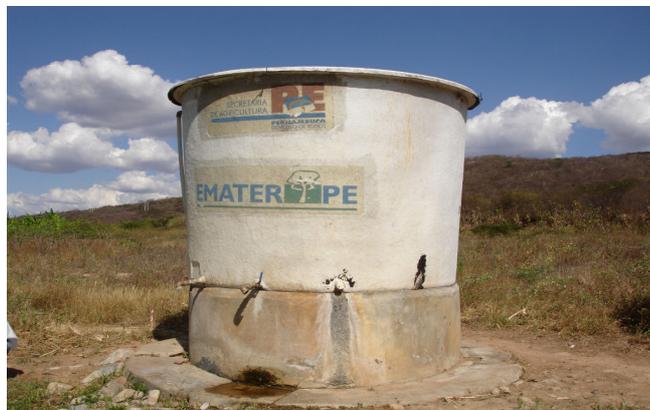


Figura 2.44 – Vista da caixa d'água instalada na localidade de Serrinha que armazena água do poço tubular CT217.

Características dos poços cadastrados:

P62-C6 – (amazonas). GPS: 641652/9107347. CE - 430 $\mu\text{S/cm}$, NE = 0,50m

P65.C7 – (escavado). GPS: 641584/9106730. CE - 830 $\mu\text{S/cm}$

P69-PT – (tubular). GPS: 642391/9105827. CE - 1023 $\mu\text{S/cm}$

Aspectos geológicos locais

Localmente ocorrem afloramentos de granitos pouco fraturados (Figura 2.45). Provavelmente o pacote aluvionar é pouco espesso.



Figura 2.45 – Afloramento de granito, localizado próximo ao local indicado para a construção da barragem.

Indicação preliminar da locação da barragem

As principais características do local indicado são;

P64-L1 – início da secção: GPS 641578/9106739

P63-EE – fim da secção. GPS: 641529/9107238

Extensão da secção; 50 m

Outros dados

P63-EE – (energia elétrica monofásica). GPS: 641529/9107238

P68-ES. (Escola Provisória riacho do Gado). GPS: 642234/9105944.

2.6.8. Conclusões e recomendações

Após as visitas realizadas nos pontos previamente selecionados, recomenda-se que sejam dadas prioridades para construção de barragens subterrâneas nas localidades de Betânia, Ingá, São José de Caiçarina da Penha e Conceição de Cima, tanto devido às necessidades locais observadas, assim como à favorabilidade nas condições técnicas observadas preliminarmente;

Não é indicada que as mesmas sejam implantadas em Caroyalina, devido ao fato do povoado estar atualmente bem abastecido, inclusive com dessalinizador instalado. As outras localidades visitadas de Cacimba do Meio e Riacho do Gado, apesar da escassez dos recursos hídricos observados, possuem poucos habitantes no entorno da região;

Não foram observados em todos os locais visitados problemas relacionados às questões de poluições que afetassem a construção de barragens subterrâneas;

Recomenda-se a execução de estudos geológicos mais detalhados, com fotointerpretação, execução de sondagens, entre outros, além do detalhamento das questões sociais e seu diagnóstico aplicado às localidades a serem beneficiadas.

2.7. AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA NO VALE DO RIACHO SÃO DOMINGOS

Os trabalhos iniciais apontaram para uma experiência que permitisse a construção de barragens disponibilizando o maior volume de água possível. Esta decisão implicaria na construção de barragens sucessivas, possibilitando que os benefícios fossem estendidos a uma quantidade maior de famílias. Do ponto de vista de comportamento humano ante às obras, permitiria compara-lo entre comunidades com localização próximas.

Objetivando um melhor entendimento dos fundamentos hidrológicos, na área, foi aprofundado os estudos, integrando a geologia, hidrologia e hidroquímica, visando a locação das barragens sucessivas e a definição da quantidade a serem construídas. Os estudos e dados coletados estão a seguir apresentados.

2.7.1. Aspectos da hidrogeologia da área piloto das barragens de São José de Caiçarina e Conceição de Cima, Município de Serra Talhada - PE

2.7.1.1. Localização e Vias de Acesso

A área das barragens se localiza no município de Serra Talhada, estado de Pernambuco. O acesso à área é feito através da estrada asfaltada BR-232 até a localidade Varzinha, situada no referido município e por estrada carroçável até Caiçarina da Penha, São José de Caiçarina e Conceição de Baixo, onde estão construídas as barragens subterrâneas. A cidade de Serra Talhada, sede do município do mesmo nome, pode ser localizada pelas coordenadas 9.079.129 KmN e 586.198 KmE, numa altitude de 429 metros.

2.7.2. Influências dos Aspectos Físicos sobre a Instalação de Barragens Subterrâneas

2.7.2.1 Clima

Os fatores climáticos exercem função importante na renovação dos recursos hídricos subterrâneos, bem como nas características da rede de drenagem. Um fator marcante na pluviometria do semiárido é sua irregularidade, tanto no espaço como no tempo.

O clima predominante, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Bsh tropical, quente e seco, semiárido). A ocorrência de chuvas se dá em três ou quatro meses no ano, com índices pluviométricos anual de 600 mm a 800mm. Há a ocorrência de secas periódicas com médias pluviométricas em torno de 200 mm (IBGE,1959). Melo Filho et al. (2006) afirmam que em condições normais as chuvas no semiárido podem chegar a 1000mm, gerando um volume total estimado de chuva de 581 bilhões de m³ por ano, assim distribuídos: 454,8 bilhões de m³ (78%) são consumidos pela evapotranspiração; 87,5 bilhões de m³ (15%) pelo escoamento superficial e 38,7 bilhões de m³ (7%) pela infiltração e pelo escoamento subterrâneo.

O Índice de Aridez (IA) foi criado para caracterizar as regiões semi-áridas com base na razão entre a precipitação e a evapotranspiração potencial, e considerando a água que evaporaria se houvesse água e vegetação o ano todo. Nas regiões semi-áridas do mundo esse índice fica entre 0,21 e 0,50. No semiárido nordestino, este valor é de 0,35.

Para a região semi-árida do Brasil são considerados outros elementos, que caracterizam a aridez da região como: o começo da estação úmida, que é incerto, e a concentração da precipitação, que chega a 95% durante a estação chuvosa e é muito variável de um ano para o outro.

2.7.2.2. Solos e Vegetação

A diversidade de material de origem, relevo e intensidade da aridez do clima conduzem aos variados tipos de solos encontrados na sub-bacia do Riacho São Domingos, entre eles:

- Neossolos Flúvicos (Solos Aluviais): são encontrados na área das barragens, ocupando a drenagem principal do Riacho São Domingos e seus tributários; são formados a partir de deposições de sedimentos fluviais não consolidados, de natureza e granulometria muito variadas.
- Neossolos Quartzarênicos (Areias Quartzosas): ocupam a porção sudoeste da bacia, equivalem aos sedimentos da Formação Tacaratu.
- Luvisolos: são solos minerais, pouco profundos, com argilas de atividade alta, típicos das áreas de cotas baixas, planas ou suavemente onduladas, onde o relevo permite um excesso de água, mesmo que por um período de tempo relativamente curto; ocupam as porções centro-sul e sudeste da sub-bacia do Riacho São Domingos.
- Planossolos: constituídos por material mineral, são solos rasos a pouco profundos, apresentam más condições físicas (presença de horizontes adensados pouco permeáveis) e estrutura colunar; típicos de áreas planas ou suavemente onduladas; ocupam grande extensão longitudinal na sub-bacia.
- Argissolos: são constituídos por material mineral e presença de um horizonte subsuperficial mais argiloso no perfil, possuem baixa fertilidade natural e, dependendo da espessura da camada arenosa e da mudança textural abrupta, podem ser bem drenados ou suscetíveis à erosão hídrica.

De um modo geral, os solos do sertão são pouco profundos, com baixa permeabilidade e profundidade efetiva, ficando sujeitos a erosão hídrica devido à intensidade das chuvas torrenciais. Segundo Melo Filho & Vasconcelos (2006), os processos de degradação dos solos em zonas semi-áridas são condicionados pela erosão hídrica, física e química.

A degradação física está diretamente relacionada à erosão hídrica, pois apesar de estocásticos, os eventos chuvosos se apresentam em algumas épocas e locais com grande intensidade, o que associado à baixa eficiência da vegetação para proteger solos com erodibilidade alta, resulta em eventos erosivos de grande magnitude.

A degradação química dos solos do semiárido se deve principalmente ao acúmulo de sais do perfil do solo, devido à presença de material de origem salina, como resultado de alteração dos minerais das rochas (micas, feldspatos, hornblendas), aos baixos índices de pluviosidade e a elevada evaporação da água na superfície.

A faixa de declividade predominante na área piloto do riacho São Domingos se situa entre 0 e 6%, com ocorrências localizadas de 6 a 8% e chegando até 60% nas encostas dos morros. Os locais onde as barragens foram construídas apresentam declividades inferiores a 6%, obedecendo ao critério amplamente aceito de que sejam evitados locais com fortes declividades.

Lima Brito et al.(1999) quando se refere aos aspectos construtivos das barragens subterrâneas e enfocando a seleção de áreas, sugere que sejam utilizados solos aluviais, não muito profundos (3 a 4 m no máximo), de textura média a grossa e declividades de 3 a 4%. Declividades elevadas devem ser evitadas porque além de produzirem escoamento rápido e até turbulento, não favorecem o acúmulo de sedimentos necessário para a manutenção do depósito de aluvial e armazenamento da água da chuva no local.

Com relação à vegetação, a área em estudo é composta por espécies xerófilas de padrão tanto arbóreo quanto arbustivo, adaptadas ao clima e escassez de água, resultado dos fatores

climáticos da zona semi-árida. Sua adaptação se faz notar pela perda das folhas na época de estiagem, reduzida superfície foliar e transformação das folhas em espinho.

A degradação dos solos, aliada a uma vegetação nativa esparsa e a ausência de mata ciliar favorecem a perda de solos por erosão hídrica, o aumento da energia nas ondas de cheia e o transporte de material do leito para jusante, e quando esse material é perdido, diminui também o volume de água que poderá ser acumulado na aluvião.

2.7.2.3. Hidrografia

A sub-bacia do Riacho São Domingos, no município de Serra Talhada, faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú com direção aproximada noroeste-sudeste. Todos os riachos da referida sub-bacia, são de regime intermitente. O Riacho São Domingos recebe vários afluentes desde a sua nascente na localidade rural de Barreiros até a sua foz no Rio Pajeú em Boa Esperança. As drenagens que compõem a sub-bacia do Rio São Domingos são, entre outras, pela margem direita os riachos da Penha, dos Pereiras, da Arara e dos Afonsos e pela margem esquerda os riachos dos Caibros, do Gado, do Curral Velho, do Poço, do Cipó e do Juá. Há ainda a existência de açudes de pequeno porte que atendem às populações, mesmo sabendo-se que a maioria destes permanecem secos durante o verão devido à incidência da forte evaporação reinante na área.

2.7.3. Hidrogeologia

A geologia da região das barragens é bastante variável, com predominância de rochas cristalinas, exibindo ao norte da área rochas sedimentares e em menor proporção são encontradas áreas do cristalino com cobertura pouco espessa de sedimentos arenosos ou areno-argilosos. A área apresenta baixa vocação de recursos de água subterrânea. As zonas com alguma potencialidade hídrica dependem exclusivamente do grau de fraturamento e das aluviões.

Os eventos tectônicos que ocorreram na área estão materializados pela Zona de Cisalhamento de Afogados da Ingazeira, que está bem demonstrada no relevo local pelo alinhamento retilíneo da Serra Grande. Este evento ordena a drenagem do Riacho São Domingos numa direção aproximada nordeste-sudoeste, direção esta que coincide com a observada na referida zona de cisalhamento. Esse tectonismo se reflete nos cursos de água da área que correm, de certa forma, encaixados em grandes fraturas, (Figura 2.46).

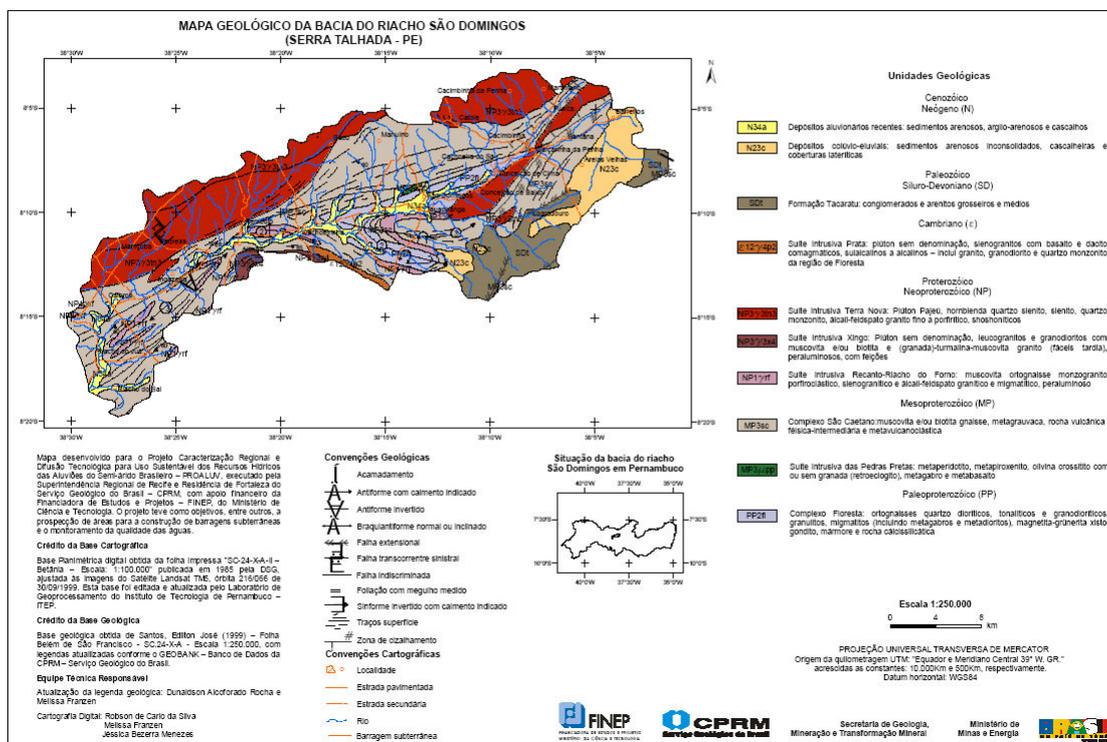


Figura 2.46 – Geologia do alto vale do riacho São Domingos, Serra Talhada – PE

Rebouças (2001) afirma que as águas subterrâneas representam a parcela da chuva que infiltra nos terrenos. Essas infiltrações alimentam as descargas de base dos rios durante os períodos de estiagem ou sem chuva. As bacias hidrográficas esculpidas nos terrenos cristalinos e metamórficos, do semiárido, a exemplo da sub-bacia do Riacho São Domingos, são praticamente impermeáveis, onde os principais locais de água subterrânea estão acumulados nas manchas aluviais e nas zonas aquíferas fraturadas. As descargas de base dos rios constituem a alimentação da drenagem no período de déficit de água e duram apenas alguns dias ou meses após o período chuvoso. As aluviões, dependendo das suas dimensões, formam depósitos de água subterrânea que podem ser aproveitados para barragens subterrâneas.

Costa (1982) declara que apesar dos depósitos aluviais permanecerem ainda saturados durante alguns meses, em função do gradiente hidráulico, o fluxo subterrâneo vai se escoando subsuperficialmente até o esgotamento no final no período mais seco, provocando a seca nas captações de água do tipo “cacimbões”, muito utilizado no semiárido. A construção de barragens subterrâneas faz com que a água que percola diariamente pelos depósitos aluviais fique contida e permita que o aproveitamento de poços e cacimbas seja feito de forma mais perene.

Para a construção das barragens subterrâneas, nas localidades de São José de Caiçarina e Conceição de Cima, foram efetuadas duas etapas de atividades, uma no escritório, com a coleta de material bibliográfico, e outra de campo para locação e estudo das aluviões. As aluviões do Riacho São Domingos são, em geral, de composição arenosa podendo ocorrer camadas de silte e argila, como o apresentado na Figura 2.47.



Figura 2.47 – Perfil do pacote aluvial passando do topo para a base, de camadas de areias quartzosas a material areno-siltoso contendo fragmentos de rocha.

Os locais para a construção das barragens foram criteriosamente escolhidos e estudados através de seções transversais com furos de trado e barra-mina, com a finalidade de serem conhecidas as características das aluviões como a composição granulométrica e as dimensões do pacote aluvial.

No presente trabalho são apresentados dois perfis transversais, os mais representativos, realizados na localidade de São José de Caiçarinha.

O perfil da Figura 2.48 apresenta o local mais propício para a construção da barragem por ser de menor extensão lateral, baseado em critérios técnicos construtivos que aconselham a escolha da menor largura da drenagem para construção de barragens subterrâneas.

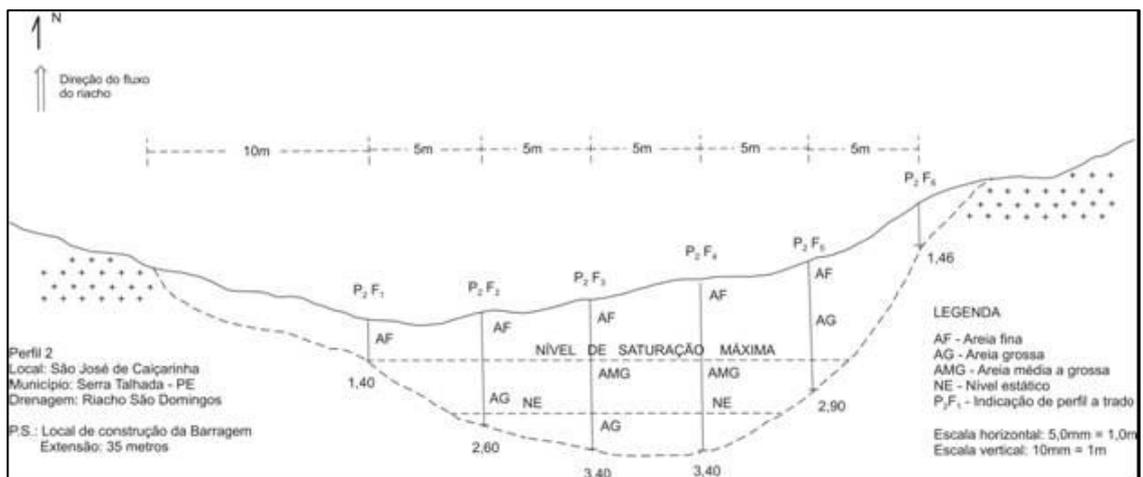


Figura 2.48 - Seção transversal evidenciando a composição arenosa e a espessura do pacote aluvial no local da construção barragem subterrânea Z-W-01

O perfil da Figura 2.49 apresenta a maior largura da calha do riacho, local não indicado para a construção da barragem subterrânea.

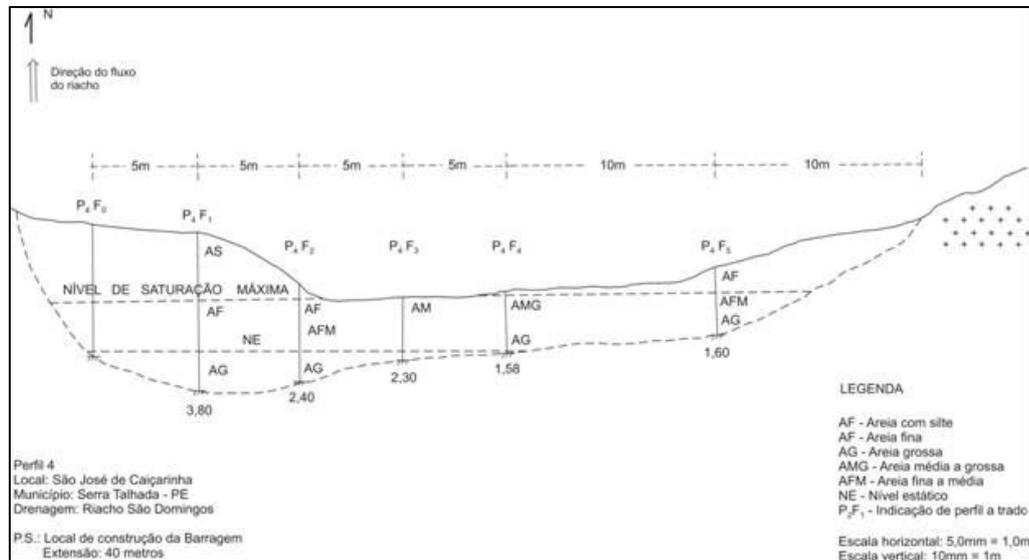


Figura 2.49 - Seção transversal destacando a composição granulométrica, a maior largura do Riacho São Domingos e a menor espessura da aluvião em local escavado para implantação da barragem subterrânea.

As espessuras obtidas nos locais das barragens subterrâneas variam de 2,95 m em São José de Caçarinha a 4,80 m em Conceição de Cima. A partir desta última localidade as aluviões constam na Folha Belém do São Francisco, escala de 1:250.000.(Santos,1999). A seguir (Figura 2.50 e Quadro 2.1) são apresentados um dos perfis litológicos e as características de largura (L) e profundidade máxima até a rocha impermeável (P), das barragens:



Figura 2.50 - Perfil mostrando do topo para a base a passagem de material fino, com estratificação cruzada, para material grosseiro contendo seixos.

Quadro 2.1. – Larguras e profundidades das aluviões nos eixos das barragens

Barragem	Localidade	(L)	(P)
ZW – 01	São Jose de Caiçarinha	35 m	3,40 m
ZW – 02	Conceição de Cima	56 m	2,95 m
ZW – 03	Conceição de Cima	80 m	4,80 m
ZW – 04	Conceição de Cima	55 m	4,80 m

O pacote aluvial é mais expressivo em Conceição de Cima do que em São José de Caiçarinha, este com valor de declividade mais acentuado. Por apresentar um pacote aluvial mais expressivo do que aquele encontrado em São José de Caiçarinha, e ainda com alto nível de saturação da aluvião, as barragens construídas a jusante, ou seja, em Conceição de Cima exigiram cuidados construtivos mais apurados.

Durante a construção das barragens em Conceição de Cima o perfil litológico das valas mostraram areias de granulometria desde fina a grossa, com estratificação cruzada, bolsões de argilas saturadas e material de rochas, sob a forma de matacões, e seixos de diversos tamanhos. A Figura 2.51 apresenta um exemplo de perfil do pacote aluvionar geralmente encontrado no local.

Uma das formas de alimentação das aluviões foi constatada sob a forma de infiltrações nas valas escavadas, demonstrando a boa alimentação das aluviões no local



Figura 2.51 - Material aluvial com percolação de água em perfil de trincheira durante período construtivo das barragens.

Foram construídos poços amazonas captando água das barragens com a finalidade de que possa ser usada e assim provocar a renovação das águas evitando assim o aumento da salinidade.

O monitoramento de pontos de água selecionados como, poços amazonas, poços tubulares e águas superficiais, tem por finalidade obter parâmetros de condutividade elétrica e PH. Este

procedimento permite conhecer os tipos de água que se infiltram nos solos, ou escoam superficialmente para os riachos durante os poucos meses chuvosos, e das águas que permanecem armazenadas nos meses de estiagem e que alimentam as barragens subterrâneas.

A continuação do monitoramento está reforçada por dez piezômetros nas imediações de cada barragem, com a finalidade de ser avaliada a eficiência das mesmas. Foram construídos dois piezômetros em cada uma das quatro barragens subterrâneas, sendo um a montante e outro a jusante perfazendo oito, e mais dois piezômetros instalados a montante e jusante do conjunto fora da influência direta das barragens, no mesmo curso de água.

A decisão de se construírem dois pontos de observação para cada barragem se deve a necessidade de avaliação da eficiência de cada barragem no que diz respeito à interrupção de fluxo, à verificação da qualidade de água em épocas distintas e ao comportamento do aquífero. Os piezômetros foram revestidos com tubo de PVC 1¼" de modo que as coletas e medições deverão ser feitas através de um coletor adaptado.

As barragens de São José de Caiçarinha e Conceição de Cima estão em pleno funcionamento, e para melhor eficiência operacional, recomenda-se que o monitoramento extensivo seja continuado, para que se possam ser conhecidos os efeitos climáticos sobre a quantidade e a qualidade das águas das barragens subterrâneas.

2.7.4. Síntese e Recomendações Finais

Com a chegada do período da estiagem, o fluxo subterrâneo vai se escoando subsuperficialmente até o esgotamento no final no período mais seco, provocando seca nas captações de água do tipo cacimbas. A construção de barragens subterrâneas faz com que a água que percola diariamente pelos depósitos aluviais fique contida e permite que o aproveitamento de poços e cacimbas seja feito de forma mais perene.

Foram construídas quatro barragens subterrâneas no Riacho São Domingos, nas localidades de São José de Caiçarinha e Conceição de Cima, com a finalidade de aproveitamento das aluviões para promover o aumento da oferta de água à população, além de criar áreas úmidas para agricultura familiar.

As aluviões do Riacho São Domingos são, em geral, de composição arenosa podendo ocorrer camadas de silte e argila. Em São José de Caiçarinha, devido à declividade mais acentuada, o pacote aluvial é menos expressivo que em Conceição de Cima, onde as aluviões apresentam alto nível de saturação, exigindo cuidados construtivos mais apurados.

O monitoramento de níveis de água será reforçado por dez piezômetros nas imediações de cada barragem, com a finalidade de ser avaliada a eficiência das mesmas no que diz respeito à interrupção de fluxo, à avaliação da qualidade de água em épocas distintas e o comportamento do aquífero.

As barragens de São José de Caiçarinha e Conceição de Cima estão em pleno funcionamento e, para garantir melhor eficiência operacional, se recomenda-se que o monitoramento seja continuado, mensalmente nos parâmetros de obtenção *in loco* (condutividade elétrica, pH e nível estático) e, com uma periodicidade trimestral, para análises mais detalhadas (composição química em termos de íons maiores e menores).

O aprofundamento dos estudos é necessário para compreender os fatores climáticos e demais elementos que interferem na qualidade e na quantidade de água nos meses de seca e de chuva.

Referências

- CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M.R. 1983. Hidrologia subterrânea. 2ed. Barcelona: Omega. 2V.
- FEITOSA, F.A.C. & FILHO, J.M. (Coord.) 1997. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID – UFPE, 389 p.
- LEITE, J.F. & PIRES, S.T.M. 1999. Programa de água subterrânea para a região nordeste – Projeto avaliação hidrogeológica das bacias interiores: Estudo hidrogeológico da Bacia do Jatobá (PE) - Área Frutuoso. Série Hidrogeologia: Estudos e Projetos, Volume 3. Recife,
- SANTOS, Edilton José dos. 1999. Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil - PLGB. Belém de São Francisco: Folha SC.24-X-A. Estados de Pernambuco, Alagoas e Bahia. Escala 1:250.000. Brasília: CPRM, 1 CD-ROM.
- AMORIM, R. S. S. et al. Influência da declividade do solo e da energia cinética de chuvas simuladas no processo de erosão entre sulcos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.5, n.1, p.124-130, jan./abr. 2001..
- BRASIL. IBGE *Mapeamento de zoneamento árido do Nordeste*. Rio de Janeiro, 1959
- BRITO, L. T. DE L. et al. Alternativa tecnológica para aumentar a disponibilidade de água no semiárido. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.3, n.1, p.111-115, jan./abr. 1999.
- CAMPOS, J. D. et al. *Barragem subterrânea: uma alternativa de captação*. Teixeira – Pb: CEPF
- COSTA, W. D. Barragens subterrâneas uma intervenção de baixo custo para a região do semiárido nordestino. Revista Agropecuária do Nordeste, p. 1-11, 1982.
- LEAL, Onofre Projeto aluviões e coberturas recentes do Nordeste: trabalhos de pesquisa e estudos hidrogeológicos efetuados nos aluviões. Recife: CPRM, 1998. 25p. (Serie Hidrogeologia. Informações básicas, 22). Programa de Água Subterrânea para a Região Nordeste.
- MELLO FILHO, J. F. de; SOUZA, A. L. V. O manejo e a conservação do solo no semiárido baiano: desafios para a sustentabilidade. Bahia Agric., v.7, n.3, p.50-60, nov. 2006..
- MONTEIRO, L. C. C. Barragens subterrâneas: uma alternativa para suprimento de água ne região semi-árida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 3, 2-6 set. 1984, Fortaleza. *Anais*. Fortaleza: ABAS. Núcleo Nordeste, 1984. 528p. p.421-430.
- MONTEIRO, L. C. C. *Levantamento técnico de algumas barragens subterrâneas da Paraíba e Rio Grande do Norte*. Petrolina-PE: EMBRAPA, 1984. n. p.
- OREV, Y. Prolonging water-flow in Negev wades: Preliminary report on a modest experiment. Kidma, v.5, n.4, p.8-11, 1980.
- REBOUÇAS, A. da C. Potencialidade dos aquíferos do Nordeste do Brasil. In: SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO NORDESTE, 4, 14-17 out., 2001, Recife. *Anais*. Recife: ABAS. Nucleo Nordeste, 2001.
- REBOUÇAS, A. da C. A potencialidade de água subterrânea no semiárido brasileiro. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 9, 1999, Petrolina. *Anais*. Petrolina, 1999.

3. SELEÇÃO DE ÁREAS-PILOTO E ELABORAÇÃO DE PROJETOS EXECUTIVOS

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	62
3.1 Seleção das áreas-piloto	63

INTRODUÇÃO

As avaliações realizadas nas áreas potenciais passaram por análises e, com base nos critérios de favorabilidade técnica e demanda social, foram escolhidas as áreas-piloto. Para cada área foi elaborado um projeto executivo, dimensionando juntamente com a população local as obras que seriam executadas.

Desta forma, como resultado dos primeiros trabalhos técnicos, de campo e de laboratório, avaliados pelo diagnóstico social e participação da comunidade foram definidas as seguintes áreas-pilotos (nove áreas):

- quatro comunidades em Quixeramobim - CE, com trabalhos desenvolvidos em aluviões, tradicionalmente utilizados pela população, mas vivenciando um problema recorrente de falta d'água no período de setembro a janeiro, de cada ano. Área de planície, aluvião com baixa declividade possibilitando uma grande área de influência a montante da barragem;
- duas comunidades em Serra Talhada - PE, com uso incipiente das reservas aluviais, em colapso total a partir de setembro. Área com declive, onde foram testados os resultados com quatro barragens sucessivas;
- uma comunidade em Custódia - PE com intensa utilização das reservas hídricas, sem gerenciamento e cuidados ambientais. Predomina o desperdício. Sujeita ao colapso a cada época sem chuvas;
- uma comunidade em Pocinhos - PB, área de assentamento rural, acompanhada há anos, permanentemente, pela ONG PATAC, que oferece todo apoio referente as ações sociais, assistência agrícola e sobre o uso da água;
- Uma comunidade no Rio Grande do Norte, constituída por um assentamento do Incra, para fins de geração de renda, também assistida pelo INCRA e uma ONG;

Atendidas as condições geológicas, de disponibilidade de manchas aluviais, viáveis a implantação de barragens subterrâneas, foi considerada também de fundamental importância a disposição da comunidade em construir, conjuntamente todo o processo de implantação, uso e gerenciamento das barragens. Outro fator importante sempre levado em consideração, foi a possibilidade do estabelecido de parcerias locais, especialmente com o poder público municipal e com as organizações não-governamentais, atuantes na região.

3.1. SELEÇÃO DAS ÁREAS-PILOTO

A Figura 3.1 apresenta uma visão da distribuição espacial das primeiras áreas selecionadas.

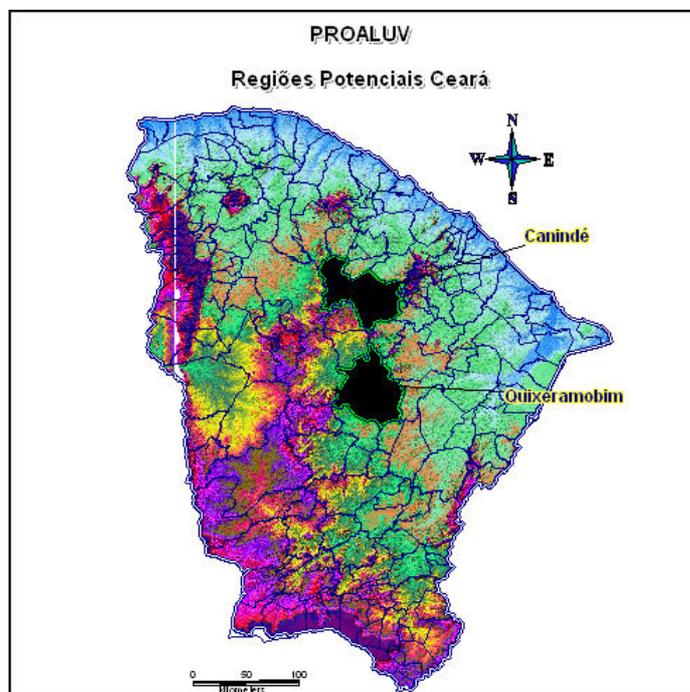


Figura 3.1.- Regiões pré-selecionadas no estado do Ceará

No estado do Ceará, município de Quixeramobim, a zona rural do distrito sede, foi escolhida como área piloto pelas peculiaridades das condições locais de organização comunitária, dos aspectos técnicos locais das fontes de abastecimento das comunidades com referência à implantação de barragem subterrânea e sistemas de abastecimento pré-existente.

As comunidades de Aroeiras, Patos, Recanto dos Patos e Onça situados no vale do riacho Caraúna, são supridas através de um sistema de abastecimento formado por poços tubulares e cacimbões, dos quais a água é bombeada para caixas reservatórios elevadas e daí então distribuídas, por gravidade, pelas redes locais até as residências dessas comunidades.

Os trabalhos de pesquisa foram executados principalmente nas aluviões que abastecem as comunidades Cajueiro-Camará, no rio Forquilha e nos riachos Guaribas e Caraúna. As comunidades aí localizadas utilizam a água para abastecimento primário e secundário e também em pequenas áreas para fruticultura.

Os principais estudos realizados para locação da barragem no campo da hidrogeologia envolveram, além do cadastro das obras hídricas e demanda pela população, as seguintes atividades: levantamento topográfico, levantamento geofísico, avaliação pluviométrica, sondagens a trado, avaliação hidroquímica, composição arenosa e argilosa do aluvião, e condições de recarga do aquífero.

Assim foi escolhida a drenagem do riacho Caraúna, motivado ainda pela possibilidade de uma barragem subterrânea aumentar a oferta hídrica para reforço do abastecimento das



Figura 3.3 - Drenagens nos municípios de Itaporanga, Diamante, Cantinho, Castanhedo e Varginha, Estado da Paraíba.

Nos municípios de Mãe D'água e Olho D'água, embora também apresentem drenagens nos sopés das serras, nos vales menos estreitos e de baixa declividade, formaram-se depósitos aluviais consideráveis em suas drenagens. No entanto, nas áreas pré-selecionadas, a presença de descarga de esgotos residenciais a montante da locação e a presença de impedimentos naturais foram elementos bastantes para não serem priorizadas na implantação do projeto.

A outra região está situada nas porções limítrofes do Agreste e Borborema Setentrional do Estado da Paraíba. A população da área rural desses municípios vem sendo assessorada e trabalhada pela Organização Não Governamental denominada PATAAC - Programa de Aplicação de Tecnologia Apropriada as Comunidades, há muitos anos e desenvolveu nas comunidades, por eles assistidas, senso de responsabilidade, associativismo, cooperação e participação muito intensa.

Nas áreas pré-selecionadas tecnicamente, o processo de seleção foi muito criterioso, social e democraticamente,. Foram qualificados três sítios: Sítio Arruda, Sítio Pascácio, e Assentamento Icó. As comunidades dentro dos sistemas de priorização adotados pelo PATAAC, decidiram em assembléia que o Assentamento Icó seria contemplado com a construção de uma barragem subterrânea.

No estado de Pernambuco foram selecionadas duas áreas piloto situadas nos municípios de Custódia e de Serra Talhada, ambas no sertão pernambucano, bacias hidrográficas dos rios Moxotó e Pajeú, respectivamente, (Figura 3.4).

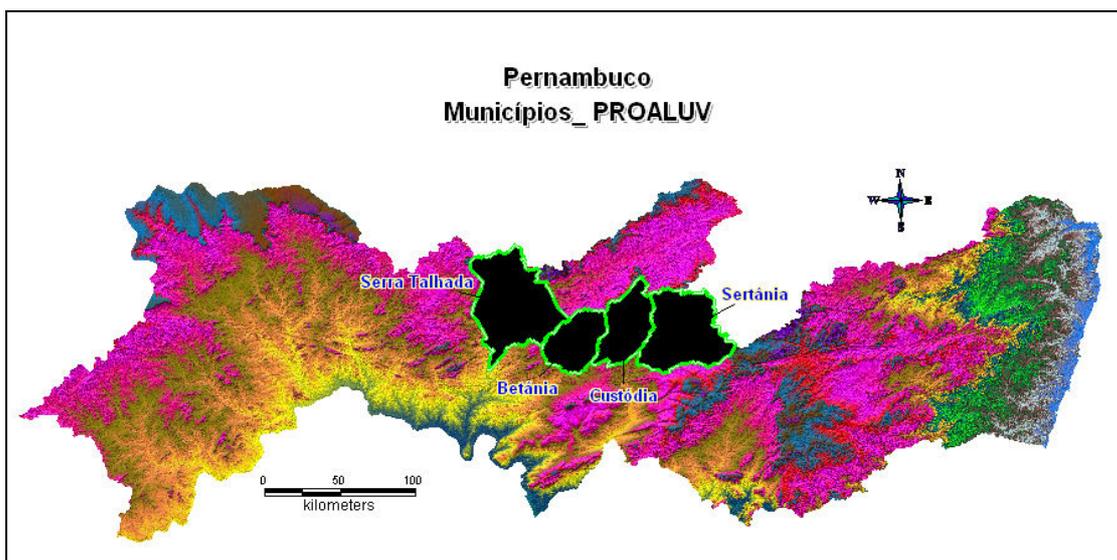


Figura 3.4 - Regiões pré-selecionadas no estado da Pernambuco

O Distrito de Ingá, município de Custódia foi escolhido por ser caracterizado por um povoado que é a sede distrital com uma comunidade organizada, dispor de um sistema de abastecimento e distribuição de água encanada proveniente de poço amazonas, situado no leito de um riacho e contar com uma lavanderia comunitária. Há nas proximidades do poço uma instalação para dessalinização, inoperante e depredada. Na verdade o abastecimento era deficitário, realizado a intervalos diários e alternando-se as ruas abastecidas a cada período, quando não se tornava escasso e mais espaçado, nos períodos de estiagem.

Um problema de contaminação do lençol freático, por causa do lançamento de esgoto doméstico no mesmo local do poço de abastecimento da comunidade, era uma questão de saúde pública demandando ações urgentes para a extinção dessa ameaça.

A instalação de uma barragem subterrânea se proporia então a melhorar a reservação, o suprimento de água e conseqüentemente a continuidade de abastecimento, o prolongamento do tempo de suprimento, a mitigação da escassez e do racionamento, no período de estiagem. A adoção de obras complementares tal como o desvio do esgoto eliminaria a contaminação da água para consumo humano, mas claramente não eliminaria a poluição da drenagem a jusante da barragem subterrânea.

A outra área-piloto em Pernambuco situa-se no Distrito de Caiçarinha da Penha, abrangendo os sítios São José e Conceição de Cima, no município de Serra Talhada.

Essas comunidades são pequenos grupamentos de casas, em forma de vilas e arruados, tendo, no entanto uma comunidade dispersa ao longo do riacho São Domingos, um afluente do rio Pajeú. Com poucas exceções, a agricultura familiar, principalmente de milho e feijão é praticada no período das chuvas em uma região denominada "Areias", situada a cerca de 20 km das comunidades e na cata da castanha de caju, em época bem definida e de curta duração, as frutíferas de caju estão também disseminadas nessa mesma região das, "Areias".

A maioria das terras agricultáveis às margens do riacho se destina à plantação de capim para alimentação de juntas de bois, com as quais os trabalhos agrários e o abastecimento de água residencial são realizados. Há, no entanto uma área considerável a ser cultivada mesmo respeitando-se a zona ripária e o espaço da mata ciliar regulamentada. Apenas uma minoria se

utiliza de bombeamento para seu suprimento de água para uso geral diário, através de bombas centrífugas instaladas em poços escavados no riacho.

Nesta área pretendeu-se juntamente com a construção de barragens subterrâneas sucessivas, implantarem-se um sistema de monitoramento e desenvolver-se o fomento às atividades agrícolas e pecuaristas locais. De modo a facilitar o acesso à água e de melhorar o bem estar social foram definidas a instalação de sistemas simplificados de abastecimento de água localizados em pontos estratégicos.

Rio Grande do Norte - O Estado é atualmente o mais atuante no emprego da tecnologia de barragens subterrâneas nas comunidades dispersas das zonas rurais, incentivadas e realizadas através da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural - EMATER – RN, principalmente na construção de barragens subterrâneas de pequeno a médio porte, ou seja, de até cinco metros de profundidade.

A primeira região pré-selecionada localiza-se na porção centro sul do estado no município de Ouro Branco, no sítio Malhada Grande, no riacho Cantinho, afluente do rio São José. Constataram-se que a locação demarcada a montante de um conjunto de barragens superficiais de terra, estava situada na bacia hidráulica da barragem no leito do rio São José..A área em questão foi então descartada e dada prioridade à segunda região compreendida pelos municípios de Lages e Pedro Avelino entrecortados por uma malha de rios temporários tais como rio do Meio, rio do Feijão, riacho Santa Isabel e rio Cabugi, (Figura 3.5).

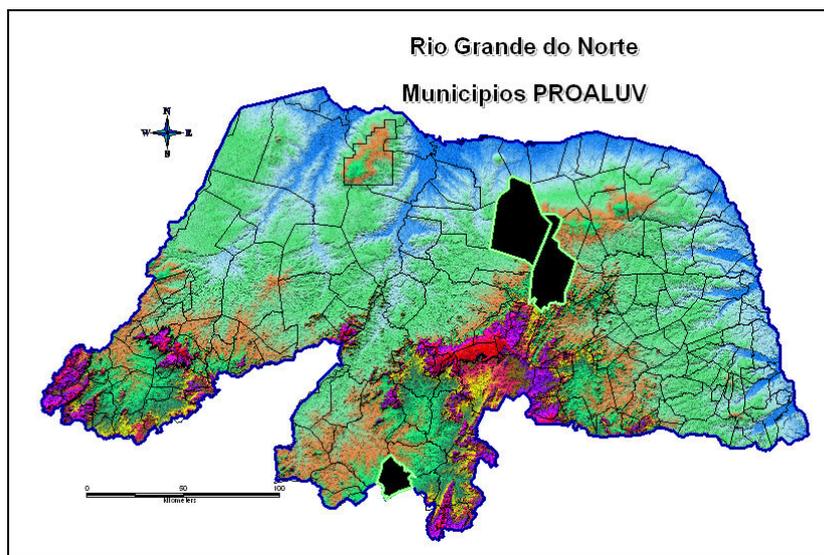


Figura 3.5 - Regiões pré-selecionadas no estado do Rio Grande do Norte

Desses foi definida a construção da barragem subterrânea no rio do Feijão, próximo ao assentamento do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA, denominado Assentamento Feijão distando cerca de 1.000 metros do barramento. Esta barragem será utilizada para irrigação agrícola que deverá ser intensamente desenvolvida nos terraços aluviais e proximidades do rio do Feijão. É importante salientar a possibilidade de construção de outras barragens subterrâneas a jusante e a montante da barragem locada..

Com base nos recursos humanos e materiais identificados em cada comunidade, a partir dos diagnósticos realizados, foi definida a intervenção social e a forma de abordagem a

ser adotada. Um conjunto de levantamentos incluindo topografia, geofísica, sondagens, levantamentos geológicos e hidrogeológicos, definiu o método e as necessidades para construção das barragens subterrâneas e obras complementares. Essas obras constaram de poços de captação, chafarizes, lavanderias, poços de monitoramento, operação de pluviômetros, entre outras. (Quadro 3.1).

Na área piloto de Serra Talhada, achou-se por conveniente, o aprofundamento dos estudos geológicos visando aumentar o nível de compreensão da relação do meio físico com os fundamentos hidrológicos. Incluem aí, as avaliações sobre os processos de salinização.

Quadro 3.1 – Obras hídricas pactuadas com as comunidades

Área-Piloto	Obras Hídricas
Quixeramobim – CE (01)	Construção de 01 barragem, recuperação de poços, construção de poços. Objetivo atenuar a falta de água nos meses mais secos.
Pedro Avelino – RN (01)	Construção de 01 barragem – área de assentamento do Incra. Objetivo criar condições para plantio em época seca, consumo secundário e animal. Parceria da comunidade com a Emater/RN.
Pocinhos – PB (01)	Construção de uma barragem para assentados de Iço, destino agrícola em parceria com a ONG PATAC.
Custódia – PE (01)	Construção de uma barragem e um poço amazonas com tubos coletores, Consumo secundário, animal e agrícola.
Serra Talhada – PE (04)	Construção de 04 barragens, instalação de pluviômetro, 04 sistemas de abastecimento com chafariz, caixa d'água elevada e lavanderia. Consumo secundário, animal e agrícola.

4. CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS SUBTERRÂNEAS, POÇOS PRODUTORES E PIEZÔMETROS

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	71
4.1. Barragem subterrânea da área-piloto de Quixeramobim - CE	72
4.1.1. Levantamento Topográfico do eixo da barragem	72
4.1.2. Levantamento geofísico	74
4.1.3. Construção da barragem subterrânea	87
4.2. Barragem subterrânea da área-piloto de Pocinhos - PB	89
4.3. Barragem subterrânea da área-piloto de Pedro Avelino - RN	90
4.4. Barragem subterrânea da área-piloto de Custódia - PE	91
4.4.1. Considerações gerais	91
4.4.2. Hidrografia da bacia do riacho Copiti	92
4.4.3. Trabalhos desenvolvidos na área piloto de Ingá	93
4.4.4. Prospecção hidrogeológica no riacho Copiti	93
4.4.5. Construção da barragem subterrânea	94
4.4.6. Construção do poço coletor	100
4.4.7. Comentários gerais	103
4.5. Barragem subterrânea da área-piloto de Serra Talhada - PE	105

INTRODUÇÃO

Definidas as localidades a serem trabalhadas, deu-se início, ao detalhamento das etapas para construção das barragens subterrâneas obedecendo à metodologia abaixo referidas.

A primeira etapa começou com a inspeção técnica das drenagens pré-selecionadas, com a caracterização dos aspectos locais superficiais e subterrâneos. No primeiro momento, foi adotado o modelo Costa & Melo, para a construção de barragens subterrâneas, com algumas adaptações:

- a qualidade da água não precisaria ter os padrões de potabilidade regulamentados para o ser humano, bastaria que as características permitissem que atendessem a outras demandas e às expectativas locais, tais como dessedentação animal e irrigação, durante um período considerável;
- a calha viva em desnível acentuado com os terraços, não seriam fator impeditivo desde que essa relação fosse menor em relação à espessura da camada aluvial medida na calha viva.
- A presença de lençol freático relativamente alto não impediria a construção desde que fosse possível realizar-se o esgotamento da vala e que a intensidade do fluxo não conferisse instabilidade e desmoronamento permanente da vala.

A definição dos parâmetros locais subterrâneos, segunda etapa, aconteceu com a execução de prospecções por meio de trados manuais e perfuração a percussão também manual com barra-mina. Esses procedimentos têm o fim de determinar o perfil topográfico superficial e a profundidade do embasamento rochoso, o perfil litoestratigráfico da camada sedimentar aluvial, ocorrência de areias, a espessura da lâmina de água e a existência ou não de anomalias.

Determinam essencialmente a exequibilidade da construção da barragem subterrânea consoante os recursos tecnológicos disponíveis e acessíveis e dos recursos financeiros alocáveis. É preciso considerar que principalmente na calha, dependente da geomorfologia e geografia do aquífero, ocorre a presença de camada conglomerática, embora incoerente, formada por seixos, cascalhos, calhaus e matacões, que mascara a verdadeira profundidade do "bedrock".

Determinada a geometria do perfil da vala a ser aberta a próxima etapa consta do dimensionamento dos trabalhos de escavação em que se estimam os volumes de sedimentos a serem escavados, as movimentações do material escavado e o reaterro, a necessidade ou não de sistemas de bombeamento para drenagem e rebaixamento do nível freático da vala.

Dentre os municípios beneficiados, dois foram escolhidos para objeto de maior detalhamento hidrogeológico: Quixeramobim, no Ceará e Serra Talhada, em Pernambuco. As experiências vivenciadas nestas áreas serviram de modelo para serem replicadas nas demais. No total foram envolvidas, nestas áreas-piloto, seis comunidades e cinco barragens subterrâneas.

Considerando todo o projeto, procurou-se trabalhar a maior diversidade de ambientes hidrogeológicos possíveis. Isto possibilitou a aplicação de diferentes técnicas de escavação das barragens subterrâneas, ante as condições dimensionais, estratigráficas e hidrográficas.

Em Icó, Paraíba, o processo de escavação foi totalmente manual. As demais barragens foram escavadas e aterradas por processo mecanizado sendo que: a do Distrito de Ingá, município de Custódia, as de Caiçarina da Penha, município de Serra Talhada em Pernambuco e a barragem de Quixeramobim no Ceará, foram construídas com a utilização de retroescavadeiras de pequeno porte.

4.1. BARRAGEM SUBTERRÂNEA DA ÁREA-PILOTO DE QUIXERAMOBIM - CE

A barragem subterrânea do riacho Caraúna fica na localidade Onça, tem extensão de 195 metros e seu eixo tem direção N 02° 30' W com o ponto central de coordenadas Lat. 9417163 - Long. 452917.

A maior profundidade foi de 8,40 m, local onde foram construídos dois poços tubulares com revestimento de 6 e 2 polegadas. Foi construída no período de 14 a 29 de dezembro de 2006, com emprego de retroescavadeira e trator de esteira D-4, para rebaixamento da cava em profundidades superiores à capacidade do lance da retro (4,40 m). Além dos dois poços tubulares, foi construído um poço amazonas com profundidade de 4,40 m a 50 metros da margem esquerda do riacho.

Os estudos e levantamentos complementares realizados para locação da barragem são apresentados a seguir.

4.1.1. Levantamento Topográfico do eixo da barragem

As Figuras 4.1 e 4.2 apresentam cenas do levantamento topográfico executado para definição, juntamente com os resultados geofísicos e de sondagem com trado, da locação do eixo da barragem. Os dados taqueométricos estão apresentados na Tabela 3.1, e representados graficamente na Figura 4.3.



Figura 4.1 – nivelamento topográfico realizado em poços e eixo da barragem



Figura 4.2 – nivelamento topográfico realizado em poços e eixo da barragem

Tabela 3.1 – levantamento taqueométrico do eixo da barragem, riacho Caraúna-CE, 08.11.2006;

PONTO VISADO	ESTÁDIA	ÂNGULO		DIF. NÍVEL	DIST. REDUZ.	COTAS	OBSERVAÇÕES
		HORIZONTAL	VERTICAL				
0.00						220.00	margem direita
N M		0° 00'00"					
1	20	216° 10'	90'04"	- 0.06	0	219.92	
2	40	216° 10'	88'36"	+ 0.95	39.98	220.95	
2 + 6m	46	216° 10'	88'04"	+ 1.05	45.98	221.05	Poço tubular desativado
3	60	216° 10'	88'57"	+ 1.10	59.98	221.10	
4	80	216° 10'	89'30"	+ 0.70	79.99	220.70	
5	100	216° 10'	89'21"	+ 1.13	99.99	221.13	
6	120	216° 10'	89'32"	+ 0.98	119.99	220.98	
-1	20	30°	89'00"	+ 0.37	20	220.32	
-2	40	30°	88'40"	+ 0.84	39.98	220.84	
-3	60	30°	88'52"	+ 1.16	59.98	221.18	
-4	80	30°	88'26"	+ 2.19	79.98	222.19	
Serviço: Eixo de barragem subterrânea – riacho Caraúnas.						Topógrafo: Clayton	

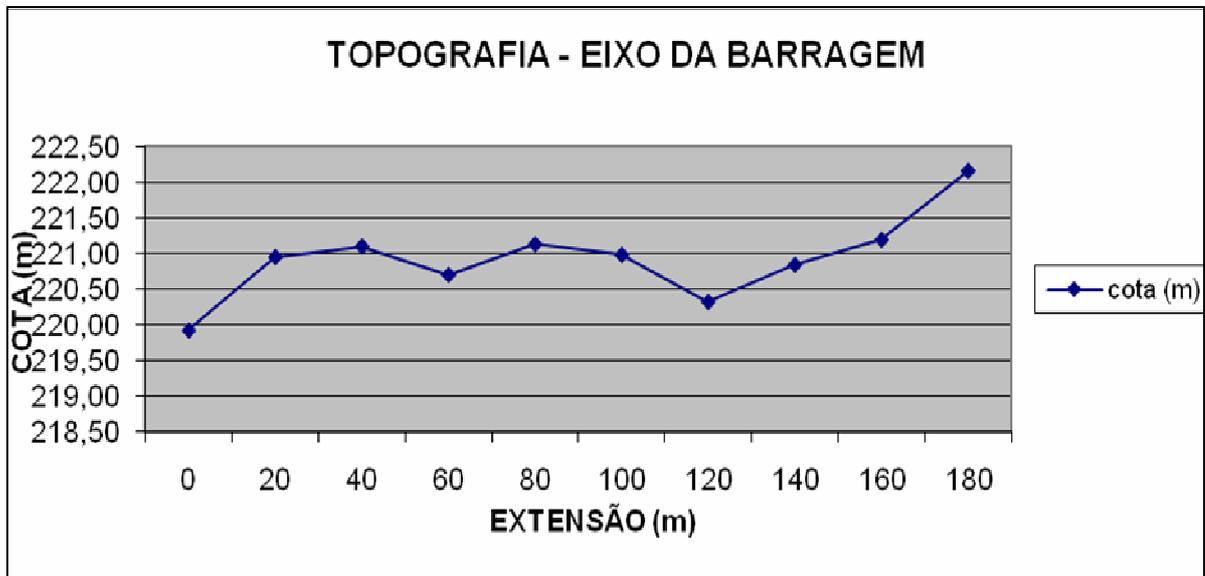


Figura 4.3 – Topografia do eixo da barragem

4.1.2. Levantamento geofísico

Realizado com o objetivo de verificar a possibilidade de obter resposta com relação a definição de perfis transversais, indicando profundidades, litologias e presença de água, considerando a conveniência de reduzir a quantidade de sondagens diretas, por meio de trado ou ferramentas similares.

4.1.2.1. Fundamentos teóricos da eletrorresistividade

A Eletrorresistividade é um dos métodos elétricos que pode ser utilizado para investigação em profundidade (Sondagens Elétricas Verticais – SEV) ou para investigação de discontinuidades laterais (Caminhamentos Elétricos – CE). Em qualquer caso, injeta-se corrente em dois eletrodos, geralmente de metal, e mede a diferença de potencial em outros dois eletrodos. A razão $\Delta V/I$ é multiplicada por uma constante (fator geométrico) que depende da distribuição dos eletrodos e fornece o que chamamos de resistividade aparente (R_oA ou ρ_a). Figura 4.4).

$$\rho_a = K \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (\text{Ohm.m})$$

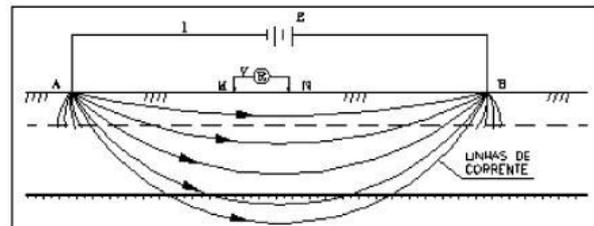


Figura 4.4 – Linhas de corrente

Para o Arranjo Schlumberger (simétrico em relação ao centro do arranjo), o fator geométrico assume a seguinte forma:

$$k = \pi \cdot \frac{\left(\frac{AB}{2}\right)^2 - \left(\frac{MN}{2}\right)^2}{2 \cdot \left(\frac{MN}{2}\right)}$$

Quanto mais aberto os eletrodos de injeção de corrente, maior a profundidade investigada.

4.1.2.2. Procedimento de campo

No riacho Caraúna foram realizadas 04 (quatro) sondagens elétricas verticais (SEV) e um caminhamento elétrico (CE). (Figura 4.5)



Figura 4.5 – Seção transversal do riacho Caraúna, transversal a qual foram realizadas as SEVs.

4.1.2.3. Sondagem Elétrica Vertical (SEV)

No caso de Sondagens Elétricas Verticais, mantém o MN fixo e vai-se abrindo os eletrodos AB (de corrente) até que a medida do potencial perca a confiabilidade (na prática, não se deixa chegar a esse limite). Aumenta-se o MN e repetem-se duas ou três leituras de AB.

Quando a corrente atinge o embasamento, a curva de campo começa a subir a 45 graus e o procedimento de campo pode ser interrompido. Para manter o paralelismo entre as camadas exigido num procedimento de SEV, a abertura dos eletrodos se deu aproximadamente paralelo ao leito do riacho e na direção N90°.

Os dados são, então, colocados em uma planilha adequada. Os resultados são plotados em papel bi-log, tendo no eixo horizontal os valores de AB/2 e, no vertical, a resistividade aparente.

Os dados de AB/2 versus Resistividade são invertidos num software específico para fornecer os valores de resistividade verdadeira e profundidade das camadas. A redução da “ambigüidade dos modelos” foi obtida com a informação de que um furo, no leito do riacho, atingiu o embasamento a aproximadamente 4 metros.

4.1.2.4. Caminhamento Elétrico (CE)

No caso do caminhamento elétrico, o utilizado foi aquele em que foi movido todo o arranjo numa direção pré-estabelecida, mantendo-se a distância entre os eletrodos fixas. A distância fixa foi escolhida com base nos dados das SEVs. A partir de 12,5 metros, a curva de campo começou a subir a 45 graus e essa foi a distância de AB/2 escolhida para fazer o caminhamento. A equação simplificada que explica a variação da resistividade no caminhamento elétrico é a lei de Ohm, (Figura 4.6)

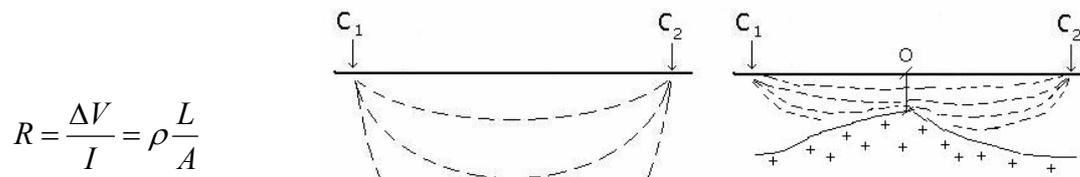


Figura 4.6 – Distribuição de corrente no meio homogêneo e isotrópico (esq) e influenciada pela topografia do embasamento (dir)

O estreitamento da seção transversal por ocasião da subida do embasamento cristalino provoca uma elevação na resistência (como todo o conjunto é mantido constante, ela passa ser sinônimo ou proporcional à resistividade aparente). (Figura 4.7)

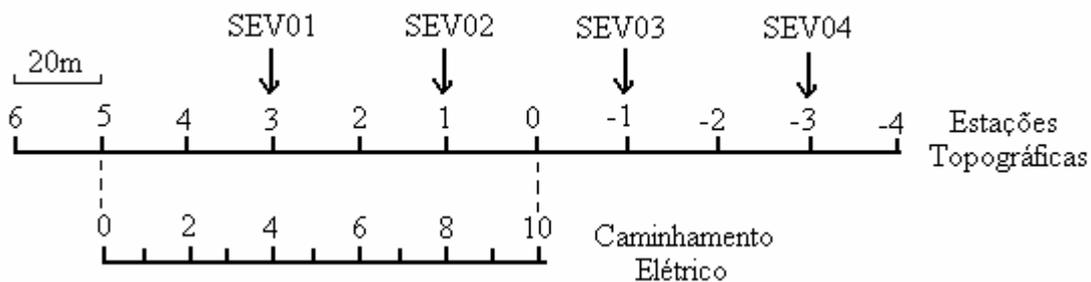


Figura 7 – Desenho esquemático da relação entre as estações topográficas, SEVs e de Caminhamento Elétrico.

4.1.2.5. Aspectos locais

O levantamento geofísico de eletrorresistividade foi desenvolvido em um pacote aluvionar do riacho Caraúna que repousa diretamente sobre o embasamento cristalino. Observações locais permitem concluir que o aluvião é recoberto de sedimentos arenoargilosos, de coloração escura, onde a fração argilosa presente parece ser decorrente, também, da alteração do embasamento.

Através de informação verbal obtida dos habitantes locais, foi possível saber que esse trecho da aluvião já forneceu matéria prima para fabricação de tijolos e telhas, o que revela o seu potencial em argilas. Tal atividade deixou a topografia ligeiramente irregular.. A aproximadamente 30 metros a jusante da linha das SEVs encontra-se um poço amazonas com nível estático de 3 metros e lâmina d'água de 0,5 metro.

Na estrada na margem esquerda do aluvião, pode ser observado o embasamento cristalino aflorando (Figura 4.8).



Figura 4.8 – Embasamento na margem esquerda do riacho.

4.1.2.6. Resultados

A forma da curva de campo da SEV01 pode ser interpretada como um modelo de 2, 3 ou 4 camadas sobre o embasamento. Pelo método da assíntota, uma estimativa inicial seria a do “modelo inicial” abaixo (Tabela 4.2)

Tabela 4.2 – Modelo geoeletricos da SEV01

Modelo inicial		Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo Final	
ρ_v	z (m)	ρ_v	z (m)	ρ_v	z (m)	ρ_v	z (m)	ρ_v	z (m)
85	1	132	5,4	143	3,8	129	1,79	129-143	4 – 6,5
100	5	68	17,8	2,2	4	137	6,5	2,2	6,8
500		4592		172		2,2	6,8	>200	
						630			
		Erro%	12,9	Erro%	15	Erro%	12,9		

* ρ_v em “Ohm.m” e z em “metro”

Após a inversão dos parâmetros do modelo inicial, foi obtido o modelo 1. Esse modelo possui uma resistividade verdadeira (ρ_v) muito elevada na segunda camada para ser compatível com o embasamento alterado além de possuir uma espessura ($17,8 - 5,4 = 12,8$ m) também elevada até chegar o embasamento. A espessura da primeira camada (sedimentar) está coerente.

Na geração do segundo modelo, utilizou-se a informação da espessura de sedimentos (4 metros) como fixa obtida a partir de informações de um poço perfurado entre as SEVs 2 e 3. Embora as espessuras e resistividades da primeira e segundas camadas esteja com valores adequados, a resistividade do embasamento está muito baixa.

Foi introduzida mais uma camada na parte sedimentar (divisão da primeira camada) e um terceiro modelo foi gerado. Fornecendo valores de resistividades e profundidades dentro do esperado. A última camada apresenta o modelo final resultado da observação dos dados de campo e da inversão das SEVs. Uma interpretação geológica para o modelo geoeletrico acima encontra-se na tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Modelo geoeletrico x Modelo geológico (SEV01)

Modelo Geoeletrico		Modelo Geológico
ρ_v	z	
129-143	4 – 6,5	Camada sedimentar areno-argilosa seca
2,2	6,8	Camada argilosa, úmida (embasamento alterado)
>200	>200	Embasamento

A forma da curva de campo da SEV02 também pode ser interpretada como um modelo de 2 ou 3 camadas sobre o embasamento. Pelo método da assíntota, uma estimativa inicial seria a do “modelo inicial” abaixo.(Tabela 4.4)

Tabela 4.4 – Modelo geoeletricos da SEV02

Modelo inicial		Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo Final	
ρ_v	z (m)	ρ_v	z (m)	ρ_v	z (m)	ρ_v	z (m)	ρ_v	z (m)
200	3	302	4,2	292	2,21	317	3,8	300	3,1 – 3,8
160	15	66	5,9	698	3,10	1,12	3,9	1,0	4,0
500		337		0,97	3,14	1100		>500	
				880					
		Erro%	20,9	Erro%	19,5	Erro%			

* ρ_v em “Ohm.m” e z em “metro”

De maneira semelhante a anterior, a escolha do modelo foi escolhida com base em parâmetros geológicos e geofísicos, atentando para valores de resistividade e profundidade até chegarmos ao modelo final. Uma interpretação geológica para o modelo geoeletrico encontra-se na tabela 4.5.

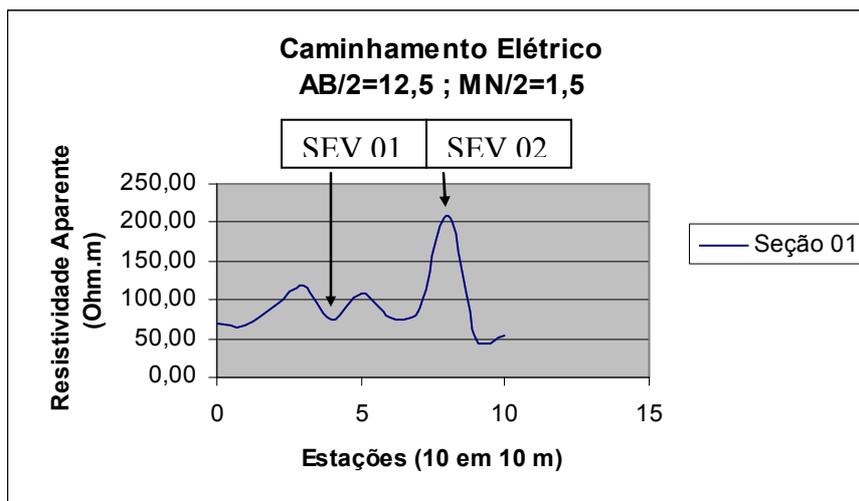
Tabela 4.5 – Modelo geoeletrico x Modelo geológico (SEV02)

Modelo Geoeletrico		Modelo Geológico
ρ_v	z	
300	3,1 – 3,8	Camada sedimentar areno-argilosa seca
1,0	4,0	Camada argilosa, úmida (embasamento alterado)
>500	>500	Embasamento

É importante observar que a cobertura sedimentar no local da SEV02 foi menor que a da SEV01, dado que concorda com a informação obtida do caminhamento elétrico devido a subida na topografia do embasamento.(Tabela 4.6).

Tabela 4.6 – Caminhamento elétrico

Caminhamento Elétrico				
Arranjo	Schlumberger Simétrico			
AB/2 =	12.5	MN/2 =	1.5	
Estação	mV	mA	K	Ro A
0	4.30	10	161.27	69.35
1	8.40	20	161.27	67.74
2	10.30	18	161.27	92.28
3	23.50	32	161.27	118.44
4	8.30	18	161.27	74.37
5	14.60	22	161.27	107.03
6	20.10	42	161.27	77.18
7	19.80	38	161.27	84.03
8	31.00	24	161.27	208.31
9	9.00	29	161.27	50.05
10	10.30	30	161.27	55.37



Procedendo de forma semelhante para as SEV03 e SEV04, obtêm-se os modelos geoeletricos e geológicos, tabelas 4.7 a 4.8, respectivamente.

Tabela 4.7 – Modelo geoeletricos da SEV 03

Modelo inicial		Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo Final	
ρ_v	z (m)	ρ_v	z (m)	ρ_v	z (m)	ρ_v	z (m)	ρ_v	z (m)
90	1	76	0,72	130	0,8	60	1,45	60-70	1,2
40	8	26	6,5	2,2	1,2	5	2,3	8	2,3
500		69187		271		620		>600	
		Erro%	6,3	Erro%	13,5	Erro%	6,5		

* ρ_v em "Ohm.m" e z em "metro"

O primeiro modelo foi descartado devido à falta de coerência entre os valores de resistividade e profundidade da base das camadas. O segundo modelo foi obtido com base nos valores de resistividade verdadeira e profundidades da SEV01, mais adequado ao local do que os da SEV02. No modelo 3, os parâmetros foram alterados para se obter um melhor ajuste da curva respeitando as informações locais (localização próximo à borda da aluvião, ao lado da plantação de bananeira, topograficamente no início da encosta)

Tabela 4.8 – Modelo geoeletrico x Modelo geológico (SEV03)

Modelo Geoeletrico		Modelo Geológico
ρ_v	z	
60-70	1,2	Camada sedimentar areno-argilosa seca
8	2,3	Camada argilosa, úmida (embasamento alterado)
>600		Embasamento

A curva de campo da SEV04 se assemelha com a das SEVs 01 e 02, porém com uma resistividade inicial (da primeira camada ou solo) bem mais baixa. Os vários modelos sugeridos não forneceram uma informação confiável com a geologia esperada visto que a profundidade do embasamento variou de 7,5 a mais de 10 metros. Na extremidade mais a oeste desta SEV, foi encontrada uma voçoroca de pequenas dimensões, mas que pode ter servido de guia para a corrente, distorcendo o padrão esperado, principalmente se esta estiver associada à fratura. (Tabelas 4.9 e 4.10)

Um modelo de 6 camadas, no entanto, apresentou uma camada de 3,4 metros de espessura acima de outra de 4,4 metros. Pela posição da SEV na encosta, assumiremos que a espessura de 3,4 metros é a sobrecarga sedimentar sobre o embasamento.

Tabela 4.9 – Modelo geoeletricos da SEV04

Modelo inicial		Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo Final	
ρ_v	z (m)	ρ_v	z (m)	ρ_v	z (m)	ρ_v	z (m)	ρ_v	z (m)
25	10	23,7	10,5	17,9	0,8	24	3,4	17-30	7,8-10,4
500		97448		30,4	1,3	25	7,8	800	10000
				33,7	3,4	10480			
				14,5	7,82				
				22,8	7,83				
				979					
		Erro%	14,3	Erro%	11,9	Erro%			

* ρ_v em "Ohm.m" e z em "metro"

Tabela 4.10 – Modelo geoeletrico x Modelo geológico (SEV04)

Modelo Geoeletrico		Modelo Geológico
ρ_v	z	
150	3,4 (?)	Camada sedimentar / embasamento alterado
1000		Embasamento

De acordo com os dados obtidos, pode-se montar a seguinte seção transversal, (Figura 4.9):

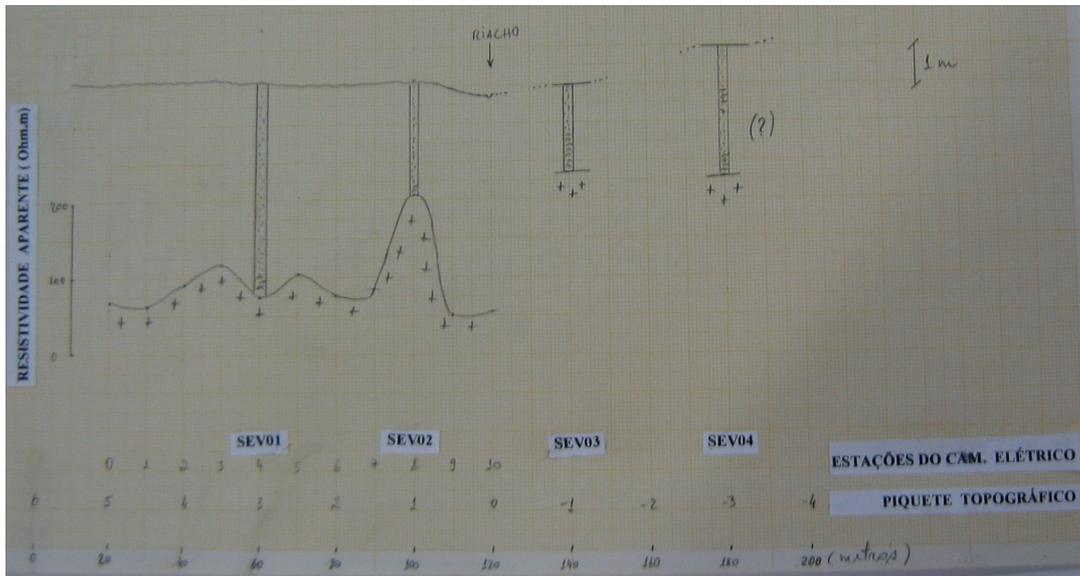


Figura 4.9 – Seção transversal

A seguir estão apresentados os resultados das Sondagens Elétricas Verticais (SEVs), no riacho Caraúna, (Figuras 4.10 a 4.15 e Tabelas correspondentes 4.11 a 4.14).



Figura 4.10 – Visão geral da linha da SEV01

Tabela 4.11 – SEV 01

AB/2	MN/2	K	V(mV)	I(mA)	RoA
1.50	0.50	6.2834	920.0	70	82.58
2.00	0.50	11.78138	720.0	80	106.03
2.50	0.50	18.8502	320.0	70	86.17
3.00	0.50	27.48988	180.0	58	85.31
4.00	0.50	49.48178	100.0	62	79.81
5.00	0.50	77.75708	47.0	42	87.01
6.00	0.50	112.3158	56.4	74	85.60
8.00	0.50	200.2834	24.7	60	82.45
10.00	0.50	313.3846	12.9	54	74.86
12.50	0.50	490.1052	6.1	38	78.67
16.00	0.50	803.4898	2.7	22	98.61
20.00	0.50	1255.895	2.4	44	68.50
10.00	1.50	102.3671	29.2	36	83.03
12.50	1.50	161.2739	14.2	24	95.42
16.00	1.50	265.7355	4.6	14	87.31
20.00	1.50	416.5371	10.4	42	103.14
25.00	1.50	652.1646	8.6	50	112.17
30.00	1.50	940.1537	9.5	64	139.55
20.00	3.00	204.7341	20.0	40	102.37
25.00	3.00	322.5479	17.4	50	112.25
30.00	3.00	466.5425	16.5	54	142.55
40.00	3.00	833.0741	5.8	28	172.57

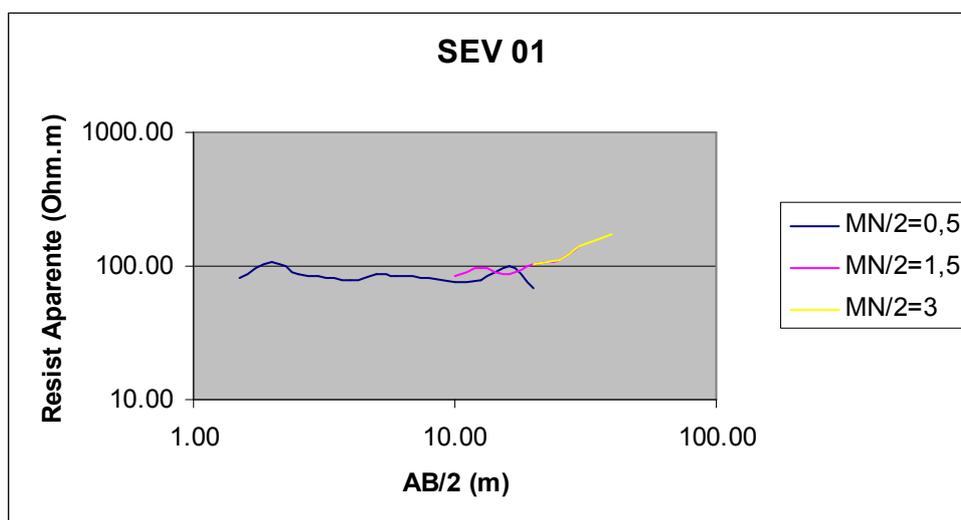


Figura 4.11 – SEV 01



Figura 4.12 – Visão geral da linha da SEV02

Tabela 4.12 – SEV 02

AB/2	MN/2	K	V(mV)	I(mA)	RoA
1.50	0.50	6.2834	641.0	20.0	201.38
2.00	0.50	11.78138	347.0	20.0	204.41
2.50	0.50	18.8502	180.0	20.0	169.65
3.00	0.50	27.48988	142.0	20.0	195.18
4.00	0.50	49.48178	71.0	20.0	175.66
5.00	0.50	77.75708	40.0	18.0	172.79
6.00	0.50	112.3158	32.0	18.0	199.67
8.00	0.50	200.2834	20.0	20.0	200.28
10.00	0.50	313.3846	11.8	20.0	184.90
12.50	0.50	490.1052	26.0	82.0	155.40
16.00	0.50	803.4898	7.9	36.0	176.32
20.00	0.50	1255.895	8.4	50.0	210.99
10.00	1.50	102.3671	31.0	20.0	158.67
12.50	1.50	161.2739	65.0	70.0	149.75
16.00	1.50	265.7355	32.0	23.0	369.72
20.00	1.50	416.5371	15.0	20.0	312.40
25.00	1.50	652.1646	6.4	20.0	208.69
30.00	1.50	940.1537	6.2	40.0	145.72

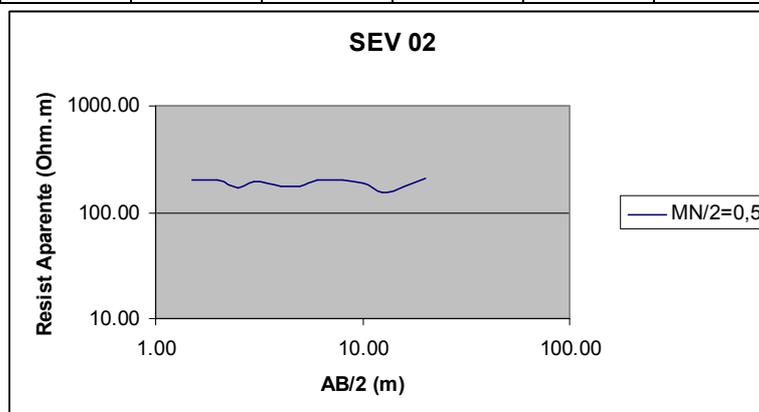


Figura 4.13 – SEV 02

Tabela 4.13 – SEV 03

AB/2	MN/2	K	V(mV)	I(mA)	RoA
1.50	0.50	6.2834	453.0	24.0	118.60
2.00	0.50	11.78138	126.0	24.0	61.85
2.50	0.50	18.8502	63.6	22.0	54.49
3.00	0.50	27.48988	41.0	22.0	51.23
4.00	0.50	49.48178	20.9	24.0	43.09
5.00	0.50	77.75708	14.6	24.0	47.30
6.00	0.50	112.3158	10.0	22.0	51.05
8.00	0.50	200.2834	5.6	22.0	50.98
10.00	0.50	313.3846	4.3	22.0	61.25
12.50	0.50	490.1052	3.4	22.0	75.74
16.00	0.50	803.4898	2.8	22.0	102.26
20.00	0.50	1255.895	2.0	22.0	114.17
10.00	1.50	102.3671	10.7	22.0	49.79
12.50	1.50	161.2739	8.2	22.0	60.11
16.00	1.50	265.7355	5.8	22.0	70.06
20.00	1.50	416.5371	4.2	22.0	79.52
25.00	1.50	652.1646	3.9	22.0	115.61
30.00	1.50	940.1537	3.2	22.0	136.75

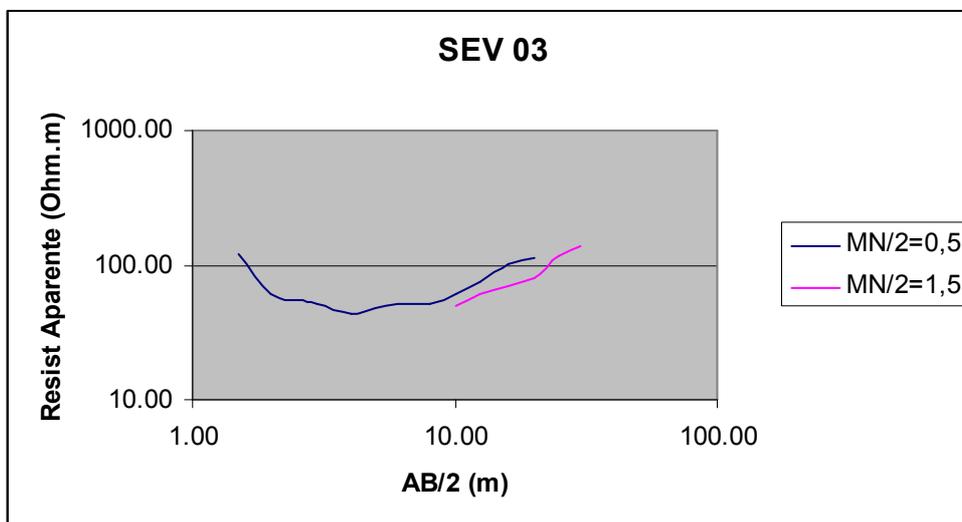


Figura 4.14 – SEV 03

Tabela 4.14 – SEV 04

AB/2	MN/2	K	V(mV)	I(mA)	RoA
1.50	0.50	6.2834	263.0	78.0	21.19
2.00	0.50	11.78138	88.0	48.0	21.60
2.50	0.50	18.8502	62.0	42.0	27.83
3.00	0.50	27.48988	32.0	36.0	24.44
4.00	0.50	49.48178	18.0	36.0	24.74
5.00	0.50	77.75708	36.0	90.0	31.10
6.00	0.50	112.3158	25.7	90.0	32.07
8.00	0.50	200.2834	2.7	17.0	31.81
10.00	0.50	313.3846	1.3	20.0	20.37
12.50	0.50	490.1052	1.3	22.0	28.96
16.00	0.50	803.4898	-	-	-
20.00	0.50	1255.895	-	-	-
10.00	1.50	102.3671	2.7	10.0	27.64
12.50	1.50	161.2739	1.7	10.0	27.42
16.00	1.50	265.7355	1.3	10.0	34.55
20.00	1.50	416.5371	1.1	10.0	45.82
25.00	1.50	652.1646	0.9	10.0	58.69
30.00	1.50	940.1537	0.9	10.0	84.61

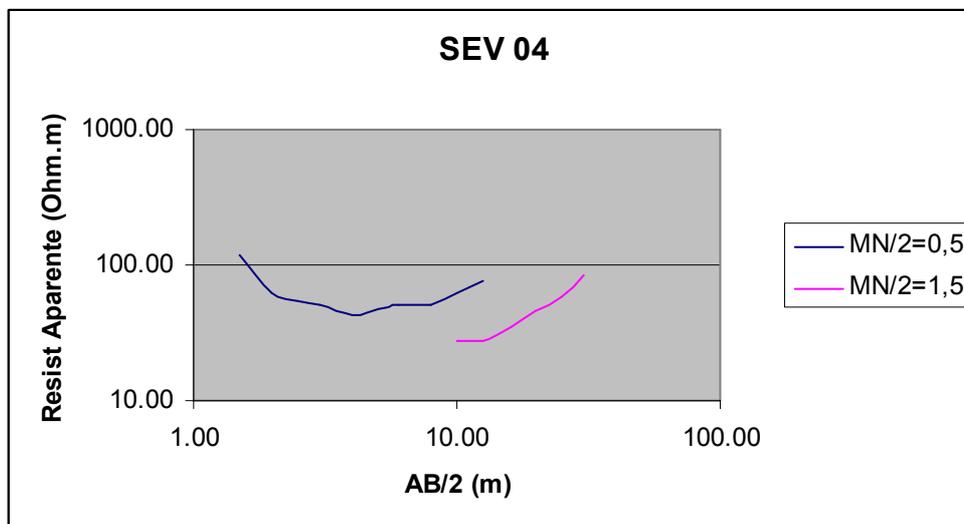
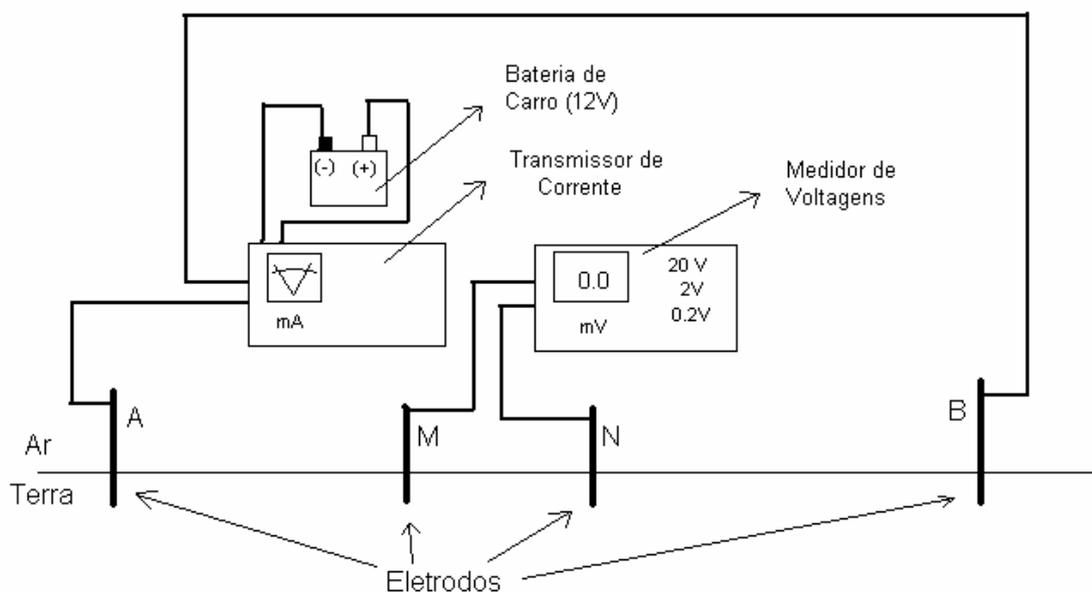


Figura 4.15 – SEV 04

4.1.2.7. Material necessário para o trabalho de campo

- Equipamento ;
- Bateria de carro (12 V) e carregador de bateria ;
- Pilhas para o medidor de voltagens ;
- Mesa com banco para o operador do equipamento ;
- Guarda-sol ;
- 04(quatro) marretas de 2 kg cada;
- 04(quatro) trenas de 50 metros cada ;
- Planilhas de campo;
- Lápis / borracha ;
- Máquina de calcular ou Laptop ;
- 04(quatro) recipientes de 5 litros cada ;
- 04(quatro) eletrodos, no mínimo (o ideal é uns 20);
- 02 (duas) bobinas de fios com 350 metros cada;
- 02 (duas) bobinas de fios com 50 metros cada.



4.1.3. Construção da barragem subterrânea e poço produtor/piezométrico

A barragem subterrânea do riacho Caraúna foi construída na localidade Onça, com extensão de 195 metros e seu eixo tem direção N 02° 30' W com o ponto central de coordenadas Lat. 9417163 - Long. 452917. Sua maior profundidade foi de 8,40 m, local onde foram executados dois poços tubulares com revestimento de 6 e 2 polegadas.

A construção da barragem ocorreu no período de 14 a 29 de dezembro de 2006, com utilização de retroescavadeira e trator de esteira D-4, para rebaixamento da cava em profundidades superiores à capacidade do lance da retro (4,40 m). Além dos dois poços tubulares, foi construído também um poço amazonas com profundidade de 4,40 m a 50 metros da margem esquerda do riacho.

A seguir são apresentados alguns aspectos da construção da barragem subterrânea na área piloto de Quixeramobim – CE (Figura 4.16 e 4.17).



Figura 4.16 – detalhes da construção da barragem subterrânea



Figura 4.17 – detalhes da construção da barragem subterrânea

A Figura 4.18 representa o perfil litológico correspondente a um poço tubular construído na vala, próximo ao septo impermeável.

LOCALIZAÇÃO: RIACHO CARAÚNA - EIXO DA BARRAGEM SUBTERRÂNEA
 COORDENADAS: 9345678 - 456789
 PROF.: 4,40 m - NE: 2,10 m
 CONSTRUÇÃO: 10/12/2006

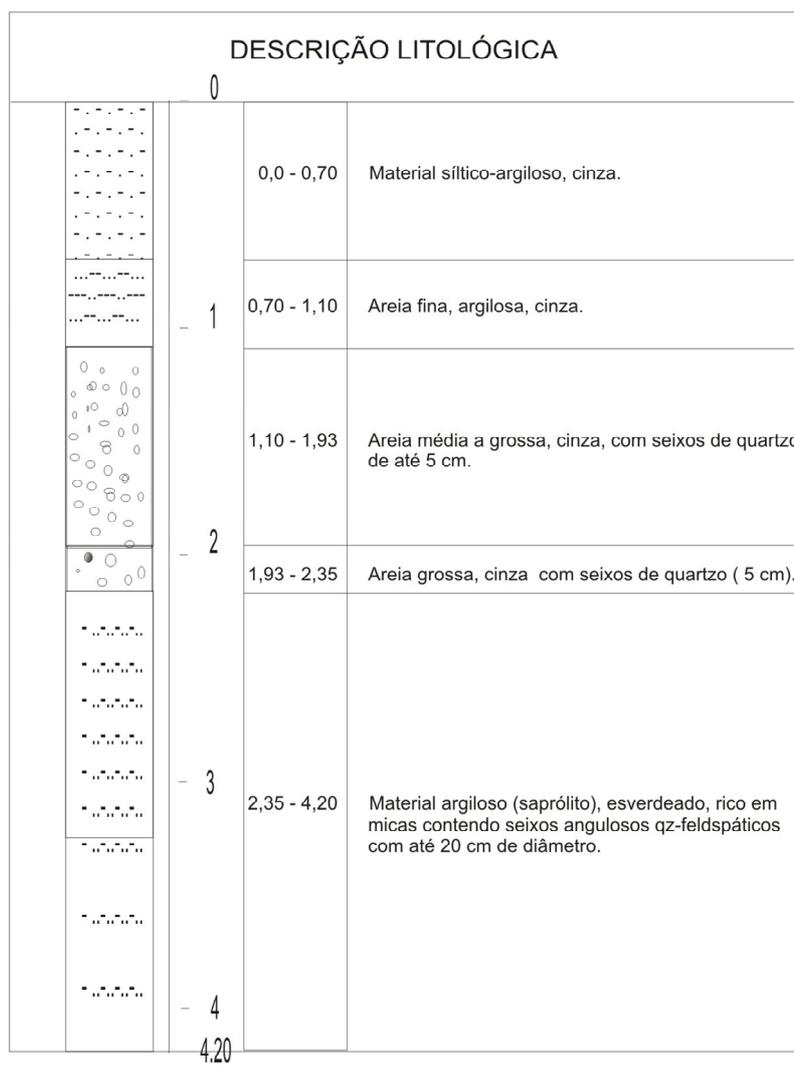


Figura 4.18 – Perfil litológico do poço construído na vala aberta para colocação do septo impermeável.

Mais dois poços tubulares foram construídos no aluvião do riacho Caraúbas, área de influencia da barragem subterrânea, para abastecimento das comunidades de Patos e Onça. Esses poços substituíram outros dois já existentes e que se encontravam em fase precária de exploração.

4.2. BARRAGEM SUBTERRÂNEA DA ÁREA-PILOTO DE POCINHOS - PB

A barragem subterrânea de Assentamento Icó, por sua geometria possibilitou o emprego de escavação manual em regime de mutirão empregando os próprios moradores do assentamento. Na Figura 4.19 nota-se alguns aspectos peculiares quando do uso dessa alternativa de escavação manual:



Figura 4.19 - Texturas silto-areno-argilosa e arenosa média a grossa, no perfil de um furo de prospecção do eixo da Barragem Subterrânea de Mãe d'Água – PB.

Os sedimentos são muito coerentes, a coluna estratigráfica mostrou a ocorrência de leitos silto-argilosos apenas na calha viva do aluvião que se apresenta mais uniformemente arenosa. A profundidade máxima obtida durante a prospecção do eixo foi de três metros, atingindo inclusive o embasamento rochoso e por fim o lençol freático apresentou na região mais profunda da vala apenas 30 centímetros de lamina d'água e com fluxo basal insignificante. Tais condições são muito propícias ao uso dessa técnica além do aspecto social envolvido.

Após a identificação da locação do eixo transversal da possível barragem, procedeu-se o nivelamento topográfico superficial da linha do eixo e à demarcação dos locais da perfuração de sondagem. O nivelamento normalmente é executado com o auxílio de um nível de mangueira de pedreiro, neste caso faz-se o estaqueamento no local dos furos e excepcionalmente o nivelamento é feito com o emprego de equipamento topográfico e piquetagem dos locais dos furos.(Figura 4.20)



Figura 4.20 – Detalhes do nivelamento

4.3. BARRAGEM SUBTERRÂNEA DA ÁREA-PILOTO DE PEDRO AVELINO - RN

A barragem subterrânea de Assentamento Feijão, município de Pedro Avelino, no Rio Grande do Norte foi executada usando uma escavadeira hidráulica. Cada barragem mostrou particularidades que tiveram inclusive influência capital no custo final de construção, não apenas por suas dimensões, mas pelos obstáculos intervenientes principalmente a altura da lâmina de água, a intensidade do fluxo subterrâneo e o estado de coesão do pacote aluvial. Figuras 4.21 e 4.22.



Figura 4.21 – Escavação com escavadeira hidráulica



Figura 4.22 – Escavação com escavadeira hidráulica

4.4. BARRAGEM SUBTERRÂNEA DA ÁREA-PILOTO DE CUSTÓDIA - PE

4.4.1. Considerações gerais

A barragem foi construída no Distrito de Ingá (figura 4.23), localizado às margens do riacho Copiti, sob o domínio político administrativo do município de Custódia, Estado de Pernambuco, distante 15 km da cidade, com acesso através de estrada carroçável. Conta com uma população residente, no núcleo urbano, de aproximadamente 250 pessoas, e uma ocupação rural circunvizinha significativa. A economia está baseada na agricultura de subsistência e nos planos de assistência governamental.

Foi escolhido como área piloto por apresentar condições geológicas favoráveis, tradição no uso da água aluvionar e esgotamento das reservas hídricas aluvionares nos períodos de seca. O objetivo foi a implantação de um sistema de reservação das águas aluviais, retidas por meio da construção de uma barragem subterrânea e captadas através de um poço coletor com drenos radiais.

A ocorrência aluvionar local apresenta composição litológica característica daquelas presentes em áreas de domínio cristalino do nordeste brasileiro, sobretudo na parte basal, formada por sedimentos arenosos de granulometria grosseira, com a presença de seixos. Isto favorece o escoamento das reservas hídricas subterrâneas acumuladas por ocasião das chuvas.



Figura 4.23 - Visão geral do Distrito de Ingá.

O sistema de abastecimento local é gerido pela comunidade, cabendo ao poder público municipal o pagamento mensal da conta de energia.

A fonte de captação, “cacimbão em alvenaria”, foi encontrada em condições precárias, permitindo o acesso de animais e insetos, conforme mostra as figuras 4.24 e 4.25..

Identificada a necessidade da regularização das reservas hídricas aluviais, foi projetada e construída uma barragem subterrânea, visando à retenção das águas aluviais residentes nos sedimentos arenosos de deposição recente, localizada nas proximidades do Distrito, com coordenadas UTM's 9.098.985 N e 637.765 E, respectivamente.



Figura 4.24- Fonte de Abastecimento encontrada na comunidade



Figura 4.25 - Fonte de abastecimento encontrada na comunidade

4.4.2. Hidrografia da bacia do riacho Copiti

A bacia hidrográfica formada pelo riacho Copiti, até o distrito de Ingá, tem uma extensão aproximada de 30 km, com área em torno de 450 km².

Por ter a nascente nas encostas das formações sedimentares arenosas da Bacia Sedimentar de Fátima, houve a possibilidade da formação de aluviões ao longo do seu curso, com disposição para receber águas com características físico-químicas adequadas ao consumo humano (Figura 4.26).



Figura 4.26 – Bacia Hidrográfica do riacho Copiti, Distrito de Ingá – Custódia-PE

4.4.3. Trabalhos desenvolvidos na área piloto de Ingá

- prospecção com “barramina” da área aluvionar próxima do distrito, para definição do contato entre sedimentos e rochas cristalinas;
- prospecção com trado, para definição litológica e granulométrica dos sedimentos aluviais;
- avaliação das reservas hídricas, relacionadas aos diversos níveis de saturação;
- avaliação da possibilidade de aproveitamento dos recursos hídricos para consumo humano;
- avaliação do sistema de saneamento do distrito, com sugestão para minimizar contaminação;
- definição de ponto de captação hídrica, com sugestão de construção de um poço coletor com drenos radiais;
- construção de um poço coletor com drenos radiais;
- escavação de calha, para desvio de águas superficiais que possam contaminar aquífero;
- construção de uma barragem subterrânea, para retenção de água;
- reconstrução do sistema adutor, para regularização da oferta hídrica;
- instalação de dois piezômetros, para monitoramento das reservas hídricas aluviais e estudo do mecanismo de recarga.

4.4.4. Prospecção hidrogeológica no riacho Copiti

Os trabalhos de prospecção executados no riacho Copiti, imediações do Distrito de Ingá, constaram de 36 perfurações com “barramina” e seis furos com trado de duas polegadas. O objetivo foi a caracterização dos reservatórios de água, definindo a real estrutura dos depósitos aluviais. A figura 4.27 apresenta os resultados obtidos com a sondagem exploratória, definindo profundidades do embasamento cristalino, constituição litológica e informações quantitativas e qualitativas das águas.

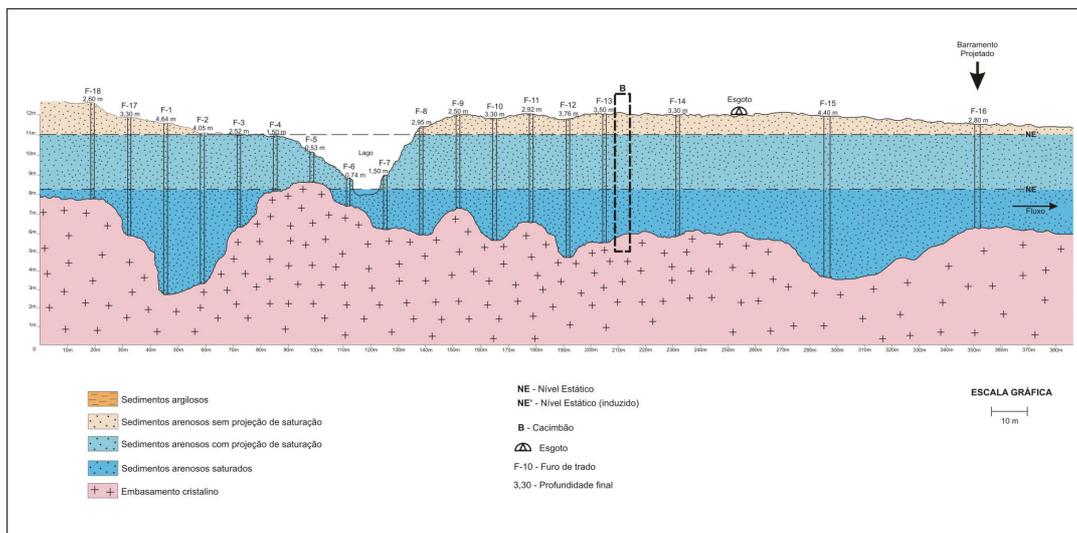


Figura 4.27 – Perfil ao longo da calha do riacho Copiti (área de Ingá, município de Custódia-PE)

Os dados geométricos e litológicos obtidos forneceram os subsídios para o cálculo das reservas hídricas explotáveis, visando o abastecimento da comunidade urbana. Propiciaram ainda, a determinação de um ponto para escavação de um poço coletor com drenos radiais, assim como a locação de uma barragem subterrânea, que propiciasse a retenção do fluxo subterrâneo e, em consequência, a elevação do nível do lençol freático.

As reservas hídricas potenciais foram calculadas em 5.921 m³; volume circunspécto à área estudada, enquanto se verificou uma pequena recarga por um período que se estende por quase todo o ano, dependendo do regime pluviométrico.

4.4.5. Construção da barragem subterrânea

A barragem foi locada considerando os estudos realizados e integrados, resultantes de análises de aerofotos, sondagens geotécnicas, geologia e hidrogeologia.

O eixo da barragem foi posicionado à montante do ponto de descarga das águas de superfície, que banham a área urbana do distrito de Ingá, objetivando isolar a área de captação das águas de possível contaminação por esgotos;

Para o início do processo de construção, observou-se também que o posicionamento do eixo do barramento subterrâneo deveria situar-se em um ponto de estrangulamento da aluvião, com a finalidade de obter um menor custo construtivo e uma maior facilidade operacional.

É conveniente que por ocasião da construção de um barramento subterrâneo, o nível de saturação dos sedimentos seja o menor possível, para facilitar as atividades de escavação e remoção do material desmontado. Entretanto, nem sempre é possível aguardar que o escoamento natural proporcione tal rebaixamento de nível estático, pois; um novo ciclo chuvoso pode ter início, recompondo as reservas hídricas originais.

Apesar de as obras de construção da barragem subterrânea do distrito de Ingá terem sido iniciadas em meados de dezembro de 2008, ou seja, final do período histórico de estiagem, a

altura saturada da coluna sedimentar ainda era de 2,00 metros, o que dificultou sobremaneira a instalação do elemento impermeabilizante, a lona plástica.

A elevada condutividade hidráulica apresentada pelos sedimentos arenosos, compostos por areias quartzosas de granulometria grosseira, da aluvião formada pelo riacho Copiti, dificultou os trabalhos de bombeamento previstos, o que impôs um redirecionamento da metodologia construtiva.

O elevado nível de saturação e a impossibilidade de bombeamento, em volume suficiente, para um rebaixamento significativo da altura saturada, impuseram uma divisão dos trabalhos de escavação em duas etapas. A primeira constou da movimentação de sedimentos, com trator de esteira, até a altura do nível estático, em um volume da ordem de 1.500 m³ (figura 4.28).



Figura 4.28 - Remoção com trator de altura seca

Na segunda etapa utilizou-se uma retroescavadeira para escavação até o nível do embasamento cristalino, permitindo a instalação concomitante do elemento impermeabilizante - lona plástica (Figuras 4.29 a 4.33).



Figura 4.29 - Instalação de lona plástica



Figura 4.30 - Instalação de lona plástica



Figura 4.31 - Instalação de lona plástica



Figura 4.32 - Reposição de material escavado



Figura 4.33 - Reposição de material escavado

4.4.5.1. Barragem Subterrânea de Ingá: Resumo dos Dados

Município	Custódia/PE
Distrito	Ingá
Localização (Coordenadas UTM)	9.098.995 N e 637.755 E
Data de construção	12 de dezembro de 2008
Comprimento do eixo da barragem..	40,00 m
Profundidade média	4,50 m
Elemento impermeabilizante	Lona plástica de 200 μ , 100 x 6 m
Movimentação aproximada de sólidos .	1.700 m ³
Tempo despendido (trator de esteira)	11h
Tempo despendido (com retro)	8h
Nível estático do aquífero (18.12.2008)	2,50 m
Condutividade d'água (18.12.2008)	1.200 μ S/cm

4.4.5.2. Calha Coletora de Drenagem

Por ocasião dos trabalhos de campo, também foi avaliada a vulnerabilidade do aquífero no que tange à possibilidade de contaminação por resíduos oriundos da área urbana do Distrito, e definido o desvio de águas superficiais para minimizar tal possibilidade.

O distrito de Ingá está assentado numa encosta do vale do riacho Copiti, o que permite que as águas fluviais e de esgoto sejam despejadas na aluvião de onde se capta água para o abastecimento. A alta exposição do aquífero à contaminação por esgotos, condicionou o aproveitamento das águas aluviais, à construção de uma calha de 84 m de comprimento, revestida com tijolos e cimento, objetivando o desvio das águas fluviais e dos esgotos para um ponto abaixo da locação da barragem subterrânea (Figura 4.34).



Figura 4.34 - Calha para desvio de águas superficiais

4.4.5.3. Monitoramento: poços de observação

Em virtude da elevada exposição dos aquíferos de baixa profundidade a agentes poluentes, faz-se necessário um acompanhamento sistemático da qualidade d'água ofertada aos consumidores, tanto do ponto de vista físico-químico quanto bacteriológico.

A necessidade de um acompanhamento da qualidade da água, sob o ponto de vista da quantidade de sais dissolvidos, deve-se ao fato de que o teor de sais, costumeiramente, tende a crescer de acordo com o prolongamento do tempo de estiagem; tornando a água muitas vezes imprópria para o consumo humano. Essa afirmativa sofre influência de um bom número de variáveis, tais como dimensões do aquífero, existência de alimentação, litologia, grau de evapotranspiração, nível de escoamento de base, entre outros.

Para possibilitar um monitoramento periódico, também foram construídos quatro poços piezométricos localizados à montante e à jusante do poço coletor, dentro da barragem, em diâmetros de 2", e revestidos com tubos de PVC no diâmetro de 1 ½".

4.4.5.4. Rede Adutora

Dentre os trabalhos desenvolvidos, consta a instalação subterrânea de uma rede adutora de 1½", suficiente para suprir as necessidades de consumo da área urbana, com uma população de 250 pessoas.

4.4.5.5. Cuidados Ambientais

Foi observado que o lixo produzido pela comunidade de Ingá estava sendo depositado numa área onde as águas de lixiviação seriam drenadas para a bacia do riacho Copiti, nas proximidades do poço de captação d'água.

À medida em que foi providenciada a remoção dos detritos, costumeiramente ali depositados, procurou-se demonstrar à comunidade a inconveniência da continuidade de tal prática e necessidade da mudança de comportamento (figura 4.35).



Figura 4.35 - Área de deposição de lixo

4.4.6. Construção do poço coletor

4.4.6.1. Escavação

Utilizados processos manuais de escavação, com mão de obra alocada na própria comunidade. Os trabalhos foram iniciados em 02.10.2007 e concluídos em 30.10.2007, incluindo o revestimento e a instalação dos drenos em 4". Está situado nas coordenadas UTM's 9.098.995 (N) e 637.755 (E), distando 100 m da área residencial da comunidade. A profundidade total escavada, até o embasamento cristalino, foi de 4 metros. O diâmetro útil do poço foi de 3 metros.

4.4.6.2. Perfil Estratigráfico encontrado

De 0,00 m a 4,00 m - sequência de areias quartzosas com granulação de média a grosseira, pouco argilosas, e presença de seixos de quartzo, notadamente na base da camada sedimentar. A coluna sedimentar apresentou-se de forma uniforme, características propícias ao acúmulo e produção de água. O contato com o embasamento cristalino está a 4 metros, apresentando-se localmente com certo nível de alteração e topografia irregular.

4.4.6.3. Revestimento do Poço Coletor

O poço foi revestido com placas de concreto de 14 cm de espessura, instalados de forma deslizante, encaixando-se em anéis sucessivos (Figuras 4.36 e 4.37). Projetado para uma altura acima do solo de 1,65 m.

- quantidade de placas por anel construído – 15;
- resistência ao cisalhamento - 170 ton.;
- profundidade total - 5,65 m (nível de referência - boca do poço);
- altura de boca do poço -1,65 m;
- quantidade de blocos utilizados -165 unidades;



Figura 4.36 – Obras de construção de poço radial

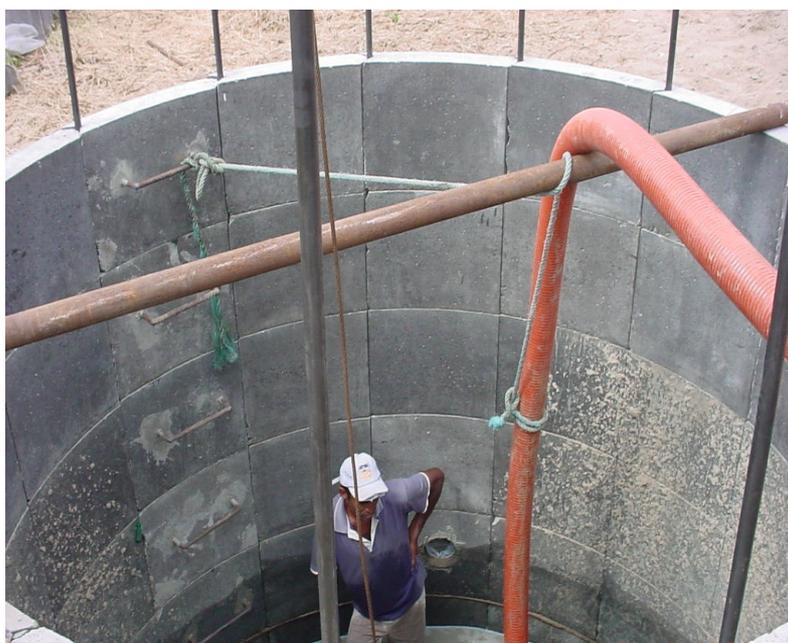


Figura 4.37 – Obras de construção de poço radial

4.4.6.4. Instalação dos Drenos Radiais

As atividades para instalação dos drenos radiais se desenvolveram entre os dias 22 e 27.10.2007, tempo considerado relativamente curto, para colocação de 26,70 m de drenos em tubo PVC de 4 polegadas.

- número de drenos: 4;
- diâmetro dos drenos: 4 polegadas;
- tipo de material: PVC rígido reforçado;
- abertura: 0,75 mm;

Ramais:

- Norte - 6,00 m (4,00 m tubos cegos e 2,00 m de filtro);
- Sul - 4,60 m (2,00 m tubos cegos e 2,60 m de filtro);
- Leste - 10,00 m (6,00 m tubos cegos e 4,00 m de filtro);
- Oeste - 8,10 m (4,10 m tubos cegos e 4,00 m de filtro);

Os ramais norte e sul tiveram comprimentos menores em função de se posicionarem transversalmente ao curso da aluvião, que tem dimensões de apenas 20 m.

Experimentalmente, foram instalados parte da coluna com tubos cegos e parte com filtros. Dessa forma, a vazão demonstrou melhores resultados, comparativamente aos drenos instalados somente com coluna filtrante.

Verifica-se que quando o rebaixamento, dentro do poço coletor, fica abaixo do nível dos filtros, parte do fluxo carregado pelo dreno intercepta o cone de rebaixamento do aquífero, desviando assim parte do fluxo d'água. Possivelmente este argumento explique a diferença observada de vazão por dreno instalado, quando o mesmo está composto por coluna mista – parte filtrante e parte não filtrante (Figura 4.38)..



Figura 4.38 – Produção por drenos radiais

4.4.6.5. Estrutura de Fundo do poço coletor

Com o objetivo de impedir o assoreamento da estrutura física do poço coletor, provocado por um casual bombeamento acima da capacidade produtiva do poço, ou por ocasião das inundações; o fundo da unidade coletora foi revestido com tela de nylon, de 1mm de abertura, e posteriormente recoberta com 1 m³ brita 19.

4.4.6.6. Laje de Proteção

Para restringir o acesso de pessoas não autorizadas ou mesmo de insetos, à fonte de captação, a “boca” do poço foi protegida com laje, em concreto, com estrutura compatível para suportar a instalação de um sistema de bombeio.

4.4.6.7. Suporte para bombeamento

A casa de bomba construída em alvenaria, e resguardada com grade de ferro, foi sobreposta à laje de proteção (boca do poço); visto que a profundidade do poço permitirá sempre o bombeio por sucção. A figura 4.39 apresenta uma visão do poço concluído.



Figura 4.39 - Poço coletor concluído

4.4.7. Comentários gerais

Trabalhos de prospecção em aluviões, notadamente nas regiões do semiárido, têm demonstrado que estes sedimentos, formados ao longo dos principais cursos d’água, são de baixa espessura, situando-se entre 4 e 10 metros. A sequência sedimentar destas aluviões é comumente formada por areias assentadas sobre o embasamento cristalino, seguido de um capeamento argiloso.

A alta permeabilidade das areias que formam estas aluviões, proporciona a exploração de suas reservas hídricas em valores considerados altos, até mesmo quando suas dimensões são consideradas modestas.

Por ocasião da construção do barramento subterrâneo, dezembro de 2008, o poço coletor estava operando com vazão de 32 m³/h, em regime de 12h/dia, para satisfazer o abastecimento do Distrito de Ingá, e a necessidade decorrente da irrigação de uma área de cultivo de sete hectares de capim.

4.5. BARRAGEM SUBTERRÂNEA DA ÁREA-PILOTO DE SERRA TALHADA - PE

A barragem subterrânea CPRM_ZW-1, localizada no Sítio São José em Caiçarinha da Penha, no riacho São Domingos, com eixo de 37 metros tem a ombreira da margem esquerda encaixada numa encosta rochosa e a margem esquerda apoiada no solo em declive sobre a rocha alterada. A profundidade máxima sondada foi de 3,50 metros, não apresentou empecilhos ao processo de escavação.

Observou-se que a escavação só poderia ser feita em um sentido por causa da configuração rochosa da ombreira da margem esquerda dificultando a abertura de um acesso à vala, assim o trabalho se deu da margem esquerda para a margem direita. (Figura 4.40).



Figura 4.40 – Escavação do eixo da barragem subterrânea CPRM_ZW-1

A vala foi aberta com a largura de 4,0 metros e o primeiro rebaixamento com profundidade de 2,5 metros para a retroescavadeira poder se deslocar por dentro da calha para executar o rebaixo final.

Antes de proceder à segunda fase da escavação foi feita a baldeação do sedimento empilhado na borda de montante da vala. Em seguida afastado da borda e realizado a escavação de um rebaixo lateral adicional, no trecho em que a espessura da aluvião fosse maior que 2,5 metros de modo a estabelecer-se um patamar de descarga, que comportasse o restante do material subjacente.

O motivo dessas manobras deve-se às limitações na profundidade de escavação, no alcance e altura de descarga do equipamento de escavação. Na porção mais profunda da calha a escavação penetrou na rocha de base alterada do embasamento cristalino, “salão”, chegando a aprofundar 70 centímetros, nesse material. Assim a porção mais profunda da vala atingiu a 4,20 metros.

Embora não se tenha detectado a presença do freático na etapa de sondagem do eixo da barragem deparou-se com uma lâmina de água pouco expressiva de 0,40 metros, que foi esgotada apenas enquanto se fez a limpeza do fundo da vala e o acabamento na superfície de contato entre a aluvião e o embasamento cristalino, não interferindo no trabalho de escavação.

A próxima etapa então foi a instalação do anteparo para barrar o fluxo subterrâneo em toda extensão e recobrir toda a superfície vertical de jusante da vala.

Revestimento e impermeabilização da vala com lona de PVC. Para concluir, foi feito, então, o “areamento”, aterramento, de toda a vala com o sedimento escavado.

Nesse ponto já se está com a barragem CPRM_ZW-1 em condições de cumprir o objetivo maior que é a captação, retenção e reservação de águas pluviais e percolantes. Foram despendidas 30,25 horas/máquina para consecução da barragem, assim distribuídas: 18 horas/máquina de escavação, 4 horas/máquina na atividade de baldear o material empilhado, 5 horas/máquina de rebaixamento para preparação do patamar lateral, 2 horas/máquina no fechamento da vala e 1,25 horas de deslocamentos.

A lâmina d'água que fora medida com 0,40 metros depois de fechada a barragem atingiu a marca de 0,75 metros no dia seguinte.

Para completar a construção da barragem subterrânea construiu-se o barramento superficial com o empilhamento de aproximadamente 80 m³ de pedra de mão transportada em 265 carradas de carros de bois. Em seguida, foi feito um acabamento superficial com argamassa. Esse acabamento mostrou-se inadequado, pois submetido à acomodação da aluvião que preencheu a vala e a força das corredeiras durante as primeiras chuvas intensas esse bloco de pedras sem flexibilidade, sofreu rachaduras e veio a ruir.

Foi refeito o barramento posteriormente com a recolocação das mesmas pedras com um arranjo diferente, simplesmente apoiadas umas sobre as outras e não em forma de taipa. Desse modo o barramento que inicialmente ficou com um metro acima da superfície aluvial foi rebaixado para 0,80 metros, cumprindo prontamente o seu propósito.

A barragem subterrânea CPRM_ZW-2, localizada no sítio Conceição de Cima, no distrito de Caiçarina da Penha, a primeira das barragens sucessivas as quais têm suas bacias hidráulicas influenciando e influenciadas entre si, depois de construída alcançou as seguintes dimensões: a extensão da parede impermeabilizada mediu 55 metros e uma profundidade máxima de 3,50 metros. O procedimento para abertura, impermeabilização e fechamento obedeceu a mesma sistemática empregada na barragem subterrânea CPRM_ZW-1.

Nela os aspectos particulares evidenciados foram a presença de um nível freático de 0,80 metros requereu 26 horas de bombeamento para permitir os trabalhos e o surgimento de manchas de sedimento argiloso.

Foram necessárias 44,33 horas/máquina ou 6 dias de trabalho, para consecução da barragem, assim distribuídas: 17 horas/máquina de escavação, 10 horas/máquina na atividade de baldear o material empilhado, 4 horas/máquina de rebaixamento para preparação do patamar lateral, 8 horas/máquina no fechamento da vala, uma hora escavando um poço de drenagem para rebaixar a água da vala, 3 horas/máquina de recheio, empurrando o sedimento escavado para a borda da vala, e 1,33 horas de deslocamentos.

A lâmina de água conforme citado acima, que fora medida com 0,80 metros depois de fechada a barragem atingiu a marca de 2,00 metros ou seja houve um a elevação de 150% no nível subterrâneo e conseqüentemente na reservação.

O barramento superficial de 55 metros seguiu idêntico procedimento ao anterior, qual seja o empilhamento em forma de muro de pedras, com 1,50 metros de largura, altura total de 1,80 metros, ficando aparente um metro e rebocada com argamassa. Foram utilizados cerca de 90 m³ de pedras de mão transportadas em 301 carradas de carros de bois. Apresentou as mesmas deficiências e o mesmo processo de restauração.

Resumo das larguras e profundidades das aluviões nos eixos das barragens

Barragem	Localidade	(L)	(P)
ZW – 01	São Jose de Caiçarinha	35 m	3,40 m
ZW – 02	Conceição de Cima	56 m	2,95 m
ZW – 03	Conceição de Cima	80 m	4,80 m
ZW – 04	Conceição de Cima	55 m	4,80 m

4.5.1. Poços produtores

Foi construído um poço tipo amazonas para cada barragem subterrânea, totalizando quatro poços. As Figuras 4.41, 4.42 e 4.43 apresentam aspectos de construção dos poços,



Figura 4.41 – Poço amazonas em construção, Serra Talhada – PE



Figura 4.42 – Poço amazonas em construção, Serra Talhada - PE



Figura 4.43 – Poço amazonas em construção, Serra Talhada - PR

5. TESTES DE BOMBEAMENTO

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO

5.1. Teste de Vazão no Poço Coletor de Ingá – Custódia/PE

INTRODUÇÃO

Os testes de bombeamento executados nos poços tipo “amazonas”, localizados dentro do perímetro das barragens, apresentaram taxas de rebaixamento de nível d’água muito baixas. Em Serra Talhada não se conseguiu detectar nenhuma alteração de nível nos poços de observação. Mesmo assim os dados iniciais observados possivelmente demonstrem que o volume bombeado, como é esperado, estava sendo subtraído da reserva, e que o aquífero aluvial não estava recebendo aporte de água (reserva) significativo.

Para a obtenção de dados mais representativos seria necessária a utilização de bombas de alta capacidade de produção, com custos envolvidos injustificáveis ante a expectativa de resultados que seriam obtidos.

O volume de água acumulado foi estimado em função do formato geométrico de cada reservatório, estimativa de espaços vazios – função da quantidade de fração arenosa, tamanho das partículas e argiloidades.

Em pontos estratégicos, foram implantados poços de observação para monitorar o volume de água disponível, no tempo, a partir da variação dos níveis de água, assim como a coleta de dados de condutividade elétrica da água.

5.1. Teste de Vazão no Poço Coletor de Ingá – Custódia/PE

Poço bombeado a 11.000 L/h, com dois poços de observação, situados um a montante da barragem, outro a jusante. A tabela 5.1 apresenta o resumo do teste realizado, enquanto a tabela 5.2 fornece os dados de rebaixamento do nível d’água, no tempo, obtidos para a taxa de bombeamento utilizada e a tabela 5.3, a relação entre os dados: poço coletor x piezômetros:

Tabela 5.1 - Resumo do teste

Data do teste de bombeamento	06.12.2007
Nível de referência	boca do poço
Profundidade do poço	5,65 m
Construção acima do solo (boca do poço)	1,65 m
Nível estático	3,92 m
Nível dinâmico	4,27 m
Rebaixamento (no poço)	0,35 m
Vazão de bombeamento	11,00 m ³ /h
Vazão específica (Qe)	35,48 m ³ /h/m
Altura molhada	1,73 m
Rebaixamento disponível (Rd)	1,23 m
Tempo de bombeio	9h
Rebaixamento em piezômetro (48 m, a jusante)	0,01 m
Rebaixamento em piezômetro (110 m, a montante)	0,01 m

Tabela 5.2 – Teste de bombeamento do poço coletor de Ingá – PE

Teste de bombeamento		
Tempo de bombeamento (min)	Rebaixamento do nível d'água (m)	Nível dinâmico (m)
0	0,0	3,920
5	0,08	4,000
8	0,09	4,010
15	0,11	4,030
20	0,12	4,040
25	0,14	4,060
30	0,15	4,070
40	0,17	4,090
50	0,19	4,115
60	0,205	4,116
70	0,215	4,135
80	0,225	4,145
100	0,230	4,150
120	0,235	4,155
140	0,240	4,160
160	0,245	4,165
220	0,260	4,180
280	0,290	4,210
340	0,305	4,225
400	0,320	4,245
460	0,330	4,255
520	0,350	4,270

Tabela 5.3 - Parâmetros poço/piezômetros (06.12.2007)

Nomenclatura	Piezômetro a jusante	Poço coletor	Piezômetro a montante
Distância (m)	0,00	48,00	158,00
Nível Estático (m)	2,42	2,33	2,31
Nível Dinâmico (m)	2,43	2,68	2,32
NE corrigido	2,42	2,26	2,64

Comentários:

Transcorridas nove horas de bombeamento não se constatou a estabilização do rebaixamento do nível d'água. Para um rebaixamento no poço bombeado de 35 centímetros correspondeu um rebaixamento medido nos poços de observação de apenas +/- 1 cm.

Dois poços de observação foram utilizados com registro de variação de níveis pouco perceptível. Um situado 48 m a jusante e outro 110 m a montante do poço bombeado.

Considerando a vazão específica obtida com o teste realizado no poço, correspondente a 35,48 m³/h/m e um rebaixamento disponível de 1,23 m, admite-se uma vazão de exploração de 43,64 m³/h, válidas para um nível de saturação do aquífero de 2,26 m com uma recarga aproximadamente equivalente ao volume explorado.

6. QUALIDADE DA ÁGUA NAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	115
6.1. Hidroquímica de águas superficiais, sub-superficiais e subterrâneas na bacia do riacho São Domingos, Serra Talhada - PE	116
6.2. Qualidade da água na área de Ingá, Custódia - PE	141

INTRODUÇÃO

Em diversos momentos da execução do projeto foram realizados testes para verificação da qualidade das águas. Coletas sistemáticas de água, ocorreram também antes da construção das barragens, sempre apontando para uma grande diferença de valores de salinidade, entre as diversas locações em uma mesma linha de drenagem. Fato que, provavelmente corrobora a necessidade da utilização frequente das reservas hídricas e renovação a cada ciclo hidrológico.

Na bacia hidrográfica do riacho São Domingos, Serra Talhada – PE foi procedido um estudo mais detalhado, relacionando inclusive a qualidade da água com a diversidade litológica predominante. Esta avaliação culminou com a análise da água coletada após os testes de bombeamento com realização de análises físicoquímicas completas (íons principais). Informação que permite estabelecer a qualidade da água classificando-a para os diversos usos pretendidos. Não houve registro de valores anormais de nitrato nem constatação do uso de pesticidas e agrotóxicos nas áreas de influência das barragens.

De forma similar não houve evidências de sinais de contaminação bacteriológica, mesmo considerando a altíssima vulnerabilidade natural das aluviões à contaminação. As ações sociais desenvolvidas pelo projeto junto à comunidade usuária das barragens deixaram-nas preparadas para o enfrentamento dos problemas de contaminação e a identificação da necessidade de desinfecção do sistema de distribuição de água para abastecimento, no momento que se fizer necessário.

Em Quixeramobim - CE foram realizadas 10 (dez) análises para organoclorados nos poços dos sistemas de abastecimento públicos não tendo sido detectados valores significativos para os dez maiores inseticidas/pesticidas deste grupo químico.

6.1. HIDROQUÍMICA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS, SUB-SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NA BACIA DO RIACHO SÃO DOMINGOS, SERRA TALHADA - PE

A construção de barragens subterrâneas em aluviões é uma alternativa promissora para a população do semiárido nordestino, especialmente no atendimento de usos tais como agricultura familiar, irrigação de hortifrutigranjeiros, dessedentação de animais e higienização. Por serem utilizadas para abastecimento de água da população que vive em locais isolados, que muitas vezes não são atendidas com água tratada, há necessidade de informação a respeito da qualidade dessas águas.

Partindo do pressuposto de que a água fornecida pela aluvião deverá ser sempre fervida antes de ser utilizada para cozinhar alimentos ou para consumo humano, uma caracterização da água de acordo com a composição química pode fornecer sua classificação ou enquadramento, de acordo com padrões de qualidade estabelecidos e tendo em vista a sua utilização.

Em áreas de clima semiárido, usos como irrigação e dessedentação de animais podem ser inviabilizados caso a salinidade da água seja muito elevada. O processo de salinização das águas é favorecido pelo clima, resultado do contraste entre um período curto em que chove pouco e outro mais longo em que praticamente não chove. A falta de chuva e a elevada evaporação levam à escassez de água no subsolo, o que faz os sais presentes em solução precipitarem, aumentando gradativamente as condições de salinidade existentes nas captações de água através de poços tubulares, poços amazonas e cacimbas.

A qualidade da água em aluviões do semiárido é resultado de diversos fatores, dentre os naturais, se destacam: i) o clima caracterizado pela baixa umidade; ii) a geologia em que pesam as litologias e estruturas em que a água percola até alcançar os lençóis freáticos; e iii) o relevo que condiciona o transporte de sedimentos e a espessura do pacote aluvionar. Entre os fatores antrópicos, destaca-se o manejo da terra, que pode resultar em erosão acelerada, transporte de poluentes aos cursos d'água e contaminação do aquífero aluvionar.

O papel da geologia sobre a qualidade da água subterrânea fica ainda mais evidenciado onde pesam elevadas taxas de evaporação. A composição química dos minerais e os elementos estruturais presentes determinam a alterabilidade das rochas e, conseqüentemente, os constituintes iônicos da água subterrânea. Em vista disto, a grande heterogeneidade de salinidades existentes no semiárido pode ser, em parte, reflexo do contexto geológico em que as águas subterrâneas se encontram inseridas.

Tendo em vista reconhecer o nível de salinidade da água fornecida pelas aluviões e identificar uma possível relação entre as litologias e a salinização das águas superficiais, subsuperficiais e subterrâneas, esta investigação teve como objetivos caracterizar as águas da bacia do riacho São Domingos em termos de salinidade, íons maiores e para fins de irrigação.

6.1.1. Área de estudo

A área de estudo foi definida com os limites da bacia hidrográfica do riacho São Domingos à montante das barragens até a localidade de Tauapiranga à jusante, distante cerca de 6 km da última barragem. A Figura 6.1 apresenta a localização das quatro barragens subterrâneas no Riacho São Domingos, com as suas respectivas bacias de drenagem.

As estações de amostragem foram escolhidas de modo a representar os principais tributários, os tipos litológicos existentes na bacia e a influência dos barramentos sobre a qualidade da água no riacho São Domingos.

A amostragem destinada às análises químicas foi realizada nos riachos, cacimbas existentes nos leitos dos riachos e poços tubulares, em maio e agosto de 2007, representando os períodos úmido e seco, respectivamente, nos diferentes tipos de fontes de abastecimento de água. Informações a respeito das duas campanhas de monitoramento da qualidade da água no riacho São Domingos são apresentadas na Tabela 6.1, onde são expostos dados como localização, tipo de amostra coletada e período de coleta.

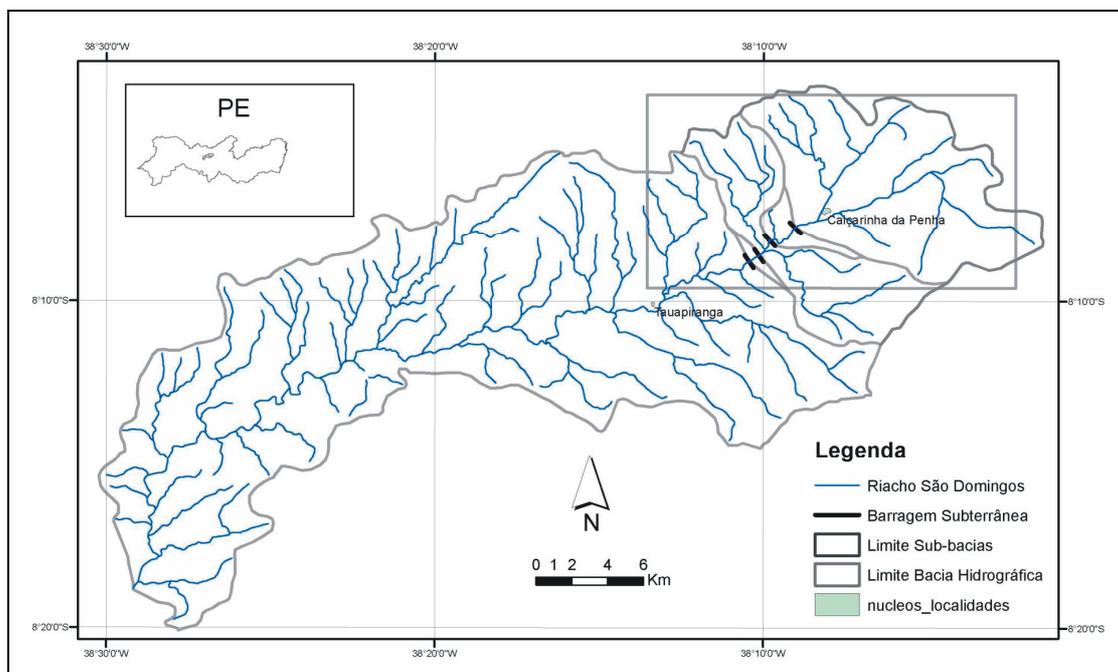


Figura 6.1 - Localização da microbacia do Riacho São Domingos, das barragens subterrâneas e suas respectivas áreas de drenagem

Tabela 6.2 - Localização dos pontos de amostragem de água na bacia do Riacho São Domingos; tipo de amostra: P – poço tubular, B – barragem, R – riacho, C – cacimba, A – açude, PI – piezômetro e período de coleta.

Ponto	UTM	Localização	Tipo	MAI /07	AGO /07
SDZW1	593538 / 9101302	Riacho São Domingos, localidade de São José da Caiçarina.	B	X	X
SDZW2	592131 / 9100596	Riacho São Domingos, localidade de Conceição de Cima.	B	X	X
SDZW3	591537 / 9099678	Riacho São Domingos, entre as localidades de Conceição de Cima e Conceição de Baixo.	B	X	X
SDZW4	590956 / 9099362	Riacho São Domingos, localidade de Conceição de Baixo.	B	X	X
SD5	596407 / 9106206	Nascente à montante da localidade de Fuxica, antes do Riacho da Lagoa, próximo à localidade de Martiniano.	R	X	---
SD6	598394 / 9106894	Riacho na localidade de Fuxica, margem direita da Serra Grande, montante do poço SD-P9, na aluvião.	R	X	---

Ponto	UTM	Localização	Tipo	MAI /07	AGO/ 07
SD8	591788 / 9100282	Riacho Lagoa da Pedra, próximo da localidade de Cacimbinha.	R	X	---
SD9	590373 / 9098994	Riacho São Domingos, jusante das quatro barragens subterrâneas, na localidade de Conceição de Baixo.	R	X	---
SD10	599938 / 9103718	Cacimba no riacho São Domingos (SE da Serra Grande), na localidade de Santana.	C	X	X
SD11	601758 / 9102976	Cacimba no leito do riacho São Domingos, na localidade de Pedra D'Água, poço tubular com catavento quebrado.	P	X	X
SD12	599249 / 9103336	Cacimba no riacho São Domingos (SE da Serra Grande), na localidade de Santana do Meio.	C	X	X
SD7	595234 / 9102506	Riacho da Penha, próximo à rua calçada que dá acesso à localidade de Caiçarina da Penha.	R	X	---
SD14	592217 / 9099962	Cacimba no riacho dos Caibros, junto ao cruzamento do riacho com a estrada de acesso a São José da Caiçarina.	C	X	X
SD15	593153 / 9099284	Riacho dos Caibros, 300 m à montante da cachoeira.	R	X	---
SD15c	592638/ 9100032	Cacimba no riacho dos Caibros, jusante cachoeira.	C	---	X
SDC1	597808/ 9106172	Cacimba no riacho da Lagoa, próximo à localidade de Fuxica.	C	---	X
SDC2	595027/ 9102170	Cacimba no riacho da Lagoa, jusante de Caiçarina da Penha.	C	---	X
SDC3	586719/ 9098048	Cacimba no riacho São Domingos, jusante de Conceição de Baixo.	C	---	X
SDC4	591638/ 9100430	Cacimba no riacho Cacimbinha, próximo à localidade de Conceição de Cima.	C	---	X
SDC5	591095/ 9102338	Cacimba no riacho Cacimbinha, jusante da Lagoa da Pedra e da localidade de Cacimbinha.	C	---	X
SDJ9	584884/ 9096514	Cacimba no riacho São Domingos, localidade de Tauapiranga.	C	---	X
SD-P6	601848 / 9100666	Poço tubular na localidade de Areias; abastece a localidade de Santana de Caiçarina.	P	X	X
SD-P6B	600850 / 9101648	Poço tubular em casa de farinha abandonada, entre as localidades de Areias Velhas e Pedra d'Água.	P	X	X
SD-P9	598326 / 9106912	Poço tubular com catavento em aluvião na localidade de Fuxica.	P	X	---
SDJ5	591743/ 9103910	Riacho Cacimbinha, montante da Lagoa da Pedra e da localidade de Cacimbinha.	P	---	X
SDP	586374/ 9099304	Riacho Cachoeira do Sá, montante da localidade de São Domingos.	P	---	X
SD18	595114/ 9104562	Açude no riacho da Penha.	A	---	X
SDPI10	590702/ 9099136	Riacho São Domingos, jusante das quatro barragens subterrâneas.	PI	---	X

6.1.2. Materiais e Métodos

A base planimétrica foi obtida a partir da carta Betânia escala 1:100.000 da SUDENE e a geologia através da Folha Belém de São Francisco escala 1:250.000 de Santos (1999). A geologia da região em que se encontra inserida a bacia do riacho São Domingos foi reinterpretada em fotos aéreas na escala 1:75.000 para obtenção de um mapa geológico na escala 1:100.000 (Rocha, em preparação). As informações inseridas em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) foram utilizadas para identificação das relações existentes entre as litologias e estruturas presentes na bacia hidrográfica do riacho São Domingos e a qualidade da água.

A primeira coleta de amostras de água foi realizada entre os dias 28 e 29 de maio de 2007, respeitando recomendações para preservação refrigerada até o momento da análise. As amostras foram encaminhadas ao IPA – Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, onde foram realizadas análises da água para irrigação. Na ocasião, a presença de água nos riachos facilitou a obtenção de amostras da água que infiltra e abastece as aluviões. Onde a água superficial não estava presente, foram utilizadas cacimbas e poços amazonas, além dos poços tubulares, utilizados para perceber a influência do tempo de contato das litologias sobre a qualidade da água.

Com a análise de água destinada à irrigação é possível calcular a Razão de Adsorção de Sódio e o Risco de Salinização. Os resultados das análises de água foram submetidos ao software QUALIGRAF©, que fornece o balanço iônico, cálculo de erro da análise química, classificação iônica e para fins de irrigação.

Em agosto de 2007, as coletas foram realizadas entre os dias 31/08 a 05/09, já não se encontrava água superficial presente nos riachos e os pontos foram substituídos por cacimbas próximas. As amostras foram mantidas refrigeradas até a chegada ao laboratório da AGROLAB – Análises Ambientais, onde foram realizadas análises físico-químicas sumárias de rotina. A localização dos pontos de amostragem é apresentada nas Figuras 6.2 e 6.3, a seguir.

6.1.3. Caracterização Química da Água

6.1.3.1. Classificação quanto à salinidade

O principal problema de qualidade da água em áreas de clima semiárido é a salinização, por isso uma classificação com base nos valores de Sólidos Totais Dissolvidos é de suma importância, tanto em investigações expeditas, quanto em análises completas de qualidade da água. A salinidade pode ser obtida através dos valores de Condutividade Elétrica, que é um parâmetro de fácil obtenção em campo e amplamente utilizado. A Tabela 6.3 apresenta a classificação de salinidade obtida em maio de 2007 com o software Qualigraf©.

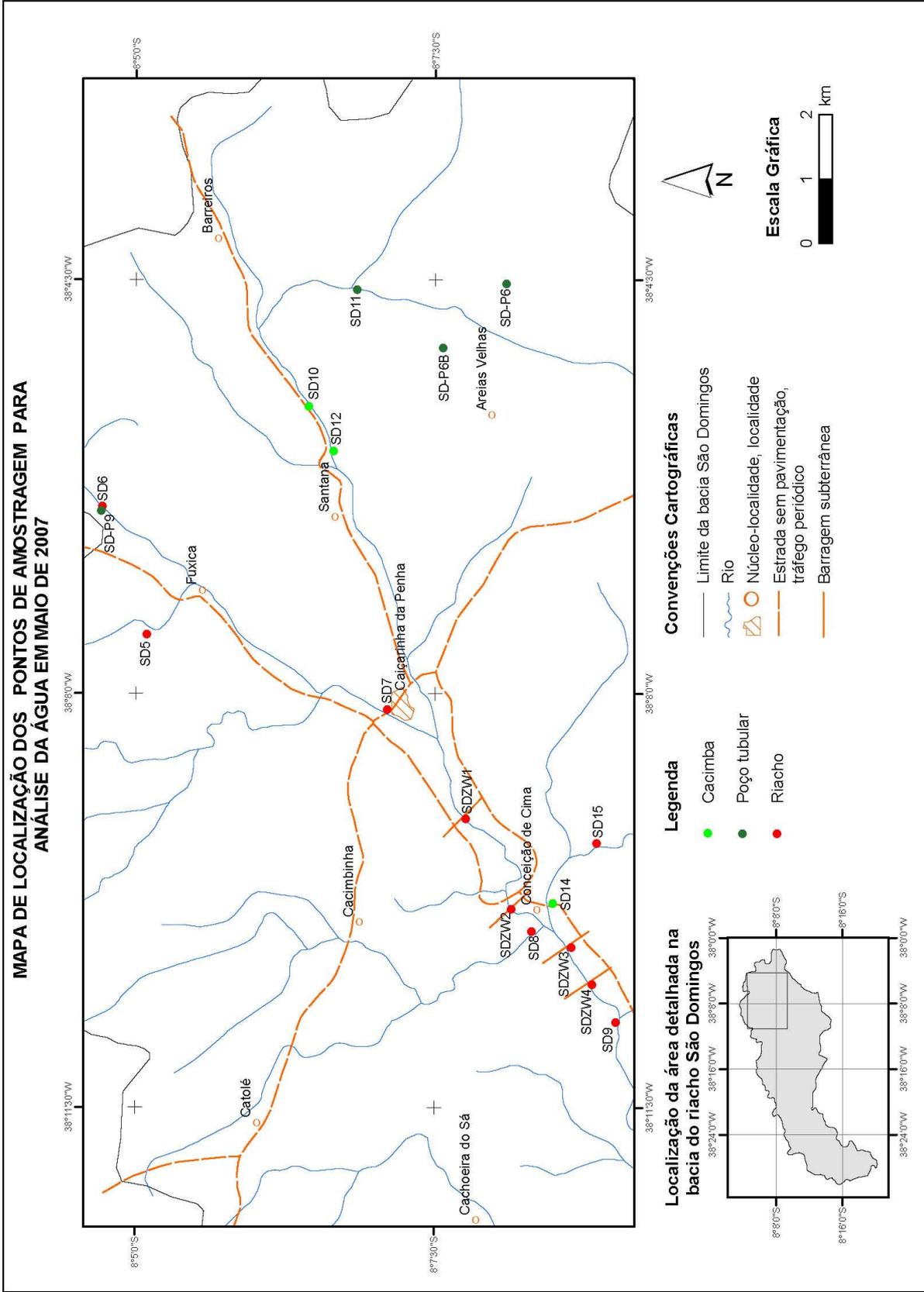


Figura 6.2 - Localização dos pontos de amostragem e vias de acesso em maio de 2007

Os resultados de maio representam o período úmido e demonstram que entre os poços tubulares (SDP6, SDP6B E SDP9) existe uma ampla variabilidade de salinidades, visto que obtiveram classificações distintas: doce, salgada e salobra, respectivamente; nas barragens e riachos, as águas foram classificadas como doces (50%) à salobras (50%), confirmando a variabilidade espacial de salinidades nas águas do semiárido.

Em relação às barragens, as águas foram classificadas como doces em SDZW1 e SDZW3, e como salobras em SDZW2 e SDZW4. É importante notar que entre as barragens SDZW1 e SDZW2 não existem aportes significativos de tributários, da mesma forma que entre SDZW3 e SDZW4, como pode ser visto na Figura 1, acima. Este pode ser o motivo para o aumento de salinidades em SDZW2 e SDZW4, ao contrário de SDZW1 e SDZW3 que recebem tributários e, por isso, possuem uma maior capacidade de renovação da água armazenada.

Tabela 6.3 - Classificação com base nos valores de Sólidos Totais Dissolvidos estimados através da Condutividade Elétrica, em maio de 2007, dados em meq.L⁻¹.

nº	nome	Na + K	Ca	Mg	Cl	CO+HCO	SO4	C.E.	STD (mg/L)	Classificação
1	SDP6	0,38	0,0	0,3	0,8	0,48	0,0	65,0	42,3	Água Doce
2	SDP6B	2,53	14,31	17,23	34,08	5,59	1,04	3670,0	2385,5	Água Salgada
3	SDP9	7,13	5,6	5,61	42,9	8,4	1,77	1682,0	1093,3	Água Salobra
4	SDZW1	2,59	2,25	3,26	3,61	5,2	0,0	640,0	416,0	Água Doce
5	SDZW2	8,19	0,4	5,66	8,02	6,96	1,76	1228,0	798,2	Água Salobra
6	SDZW3	1,74	0,75	2,6	2,81	3,12	0,51	427,0	277,6	Água Doce
7	SDZW4	3,88	3,15	2,76	7,22	4,0	1,05	991,0	644,2	Água Salobra
8	SD5	2,51	0,76	0,84	3,21	1,84	0,0	453,0	294,5	Água Doce
9	SD6	2,49	1,6	2,8	4,81	2,16	0,88	535,0	347,8	Água Doce
10	SD8	2,71	1,8	1,7	3,61	2,32	0,88	488,0	317,2	Água Doce
11	SD9	4,52	2,9	1,5	5,61	2,72	0,72	711,0	462,2	Água Doce
12	SD10	11,45	5,3	4,56	14,03	5,6	1,56	1678,0	1090,7	Água Salobra
13	SD11	9,02	6,9	7,01	20,85	0,8	1,06	1963,0	1276,0	Água Salobra
14	SD12	6,98	4,6	3,96	9,22	7,04	1,19	1193,0	775,5	Água Salobra
15	SD13	10,17	3,9	3,81	11,63	5,28	0,0	1368,0	889,2	Água Salobra
16	SD14	5,12	4,0	3,11	9,22	2,88	0,0	957,0	622,1	Água Salobra
17	SD15	1,16	0,8	0,8	0,8	0,96	0,21	116,0	75,4	Água Doce

A Tabela 6.4 apresenta a classificação de salinidade obtida no início do período seco, em agosto de 2007, através do software Qualigraf®. Ocorre o aumento do número de pontos de água salobra e salgada em detrimento de águas doces. As águas doces estiveram presentes somente em SDP6 (poço tubular profundo), localizado em rochas sedimentares da Bacia de Betânia, proveniente de um aquífero livre que é notadamente doce; em SDZW1_C (cacimba) situada à montante da 1ª barragem; em SDJ9 (poço amazonas) e PI_10 (piezômetro), estes últimos, à jusante das quatro barragens subterrâneas.

Nas amostras analisadas nos dois períodos (SDP6 e SDP6-B, SD10, SD11, SD12 e SD14), se observa que os poços tubulares (SDP6 e SDP6-B) e algumas cacimbas (SD12 e SD14) não mudam sua condição de salinidade no período seco; enquanto outras cacimbas (SD10, SD11) passam a ter águas salgadas.

Estas cacimbas que passaram a salgadas no período seco se localizam próximo à localidade de Santana e são relacionadas ao Complexo São Caetano que, na área de estudo, está representado por rochas gnáissicas do Proterozóico Superior. A cacimba SD10 se encontra no leito da aluvião e não foi cavada até o salão, enquanto SD11 foi originariamente um poço profundo, antes bombeado com catavento que hoje se encontra quebrado. Sua profundidade (145 metros) deve ser suficiente para expor as águas ao contato com o cristalino, representado por rochas do Complexo São Caetano. Isto, aliado ao fato de não haver mais renovação desta água com o bombeamento, resulta em avanço do processo de salinização destas águas.

Tabela 6.4- Classificação com base nos valores de Sólidos Totais Dissolvidos estimados através da Condutividade Elétrica, em agosto de 2007, dados em meq.L⁻¹.

nº	nome	Na + K	Ca	Mg	Cl	CO+HCO	SO4	C.E.	STD (mg/L)	Classificação
1	SDP6	0,24	0,09	0,26	0,37	0,19	0,0	60,0	39,0	Água Doce
2	SDP6B	14,16	12,38	13,33	32,44	5,36	2,81	4430,0	2879,5	Água Salgada
3	SDP	18,81	13,21	14,73	27,5	6,72	11,37	4990,0	3243,5	Água Salgada
4	SDZW1_C	2,47	1,97	1,37	2,47	2,52	0,83	585,0	380,3	Água Doce
5	SDZW2_M	12,21	3,62	4,0	8,46	6,29	4,73	1988,0	1292,2	Água Salobra
6	SDZW3	7,09	2,86	2,38	7,05	3,2	1,67	1286,0	835,9	Água Salobra
7	SDZW4_C	3,87	2,66	1,52	4,65	3,0	0,96	808,0	525,2	Água Salobra
8	SD10	10,18	7,81	7,52	16,22	6,01	1,99	2590,0	1683,5	Água Salgada
9	SD11	4,49	6,29	6,0	21,16	0,4	0,21	2450,0	1592,5	Água Salgada
10	SD12	7,17	3,9	2,85	7,05	5,16	1,62	1377,0	895,1	Água Salobra
11	SD14	6,74	2,38	1,81	6,7	3,64	0,59	1110,0	721,5	Água Salobra
12	SD18	1,06	0,33	0,29	0,76	0,84	0,09	177,0	115,1	Água Doce
13	SDC1	4,12	1,91	2,38	2,96	4,04	0,99	843,0	548,0	Água Salobra
14	SDC2	5,21	3,52	3,62	5,64	4,16	1,87	1366,0	887,9	Água Salobra
15	SDC3	38,86	13,11	7,8	42,32	6,24	11,06	6010,0	3906,5	Água Salgada
16	SDC4	25,71	11,43	12,38	31,74	5,0	12,68	4950,0	3217,5	Água Salgada
17	SDC5	6,63	2,19	2,76	2,82	8,09	0,4	1192,0	774,8	Água Salobra
18	SDJ5	9,66	14,07	0,29	11,99	3,88	8,09	2810,0	1826,5	Água Salgada
19	SDJ9	0,44	0,9	0,62	0,11	1,8	0,02	199,0	129,4	Água Doce
20	SDPI_10	3,99	1,14	0,76	2,4	2,72	0,65	590,0	383,5	Água Doce

Em relação aos pontos de riachos, que se encontravam secos em agosto, foram substituídos por cacimbas nas imediações. Assim, SD5 e SD6 que apresentavam águas doces na estação úmida, foram substituídos pela cacimba SDC1, que apresentou água salobra na estação seca. O ponto SD7 de maio foi substituído por SDC2 em agosto, ambos com águas salobras. O ponto SD8 de maio, escolhido para representar o riacho Cacimbinha, teve água doce em maio e foi substituído pela cacimba SDC4, com água salgada no período seco.

O riacho Cacimbinha teve ainda dois novos pontos em agosto, SDC5 (cacimba) com água salobra e SDJ5 (poço tubular) com água salgada. A escolha de novos pontos no riacho Cacimbinha se justifica por ser este um dos maiores tributários do riacho São Domingos e por haver a suspeita de que ele teria uma contribuição importante para a salinidade do riacho São Domingos, à jusante do riacho Cacimbinha. As análises indicam que os granitóides da Suíte Shoshonítica favorecem o aumento das salinidades, como pode ser observado em SDJ5 (poço tubular) que representa a água armazenada com maior tempo de contato com as litologias e menor influência externa.

O ponto SDC5 (cacimba) fica localizado próximo e à jusante de um açude no riacho Cacimbinha, o que pode favorecer a diluição dos sais nas imediações e a presença de águas salobras, ao invés de salgadas. Com origem nos mesmos granitóides, SD18 é o único ponto de coleta em açude, localizado no riacho da Penha, apresentava água doce em agosto e à jusante o riacho estava seco, deixando de contribuir para a diluição das águas onde se encontram as barragens subterrâneas.

O ponto escolhido para representar o riacho São Domingos à jusante das quatro barragens (SD9) tinha água doce em maio. Em agosto, foi substituído por SDC3, distante cerca de 2 km à jusante, e apresentava água salgada no período seco.

6.1.3.2. Classificação para fins de irrigação

A classificação da água para fins de irrigação se baseia em dois atributos: o Risco de Sódio e o Risco de Salinidade. O Risco de Sódio ou Razão de Adsorção de Sódio (SAR) indica a percentagem de sódio contido numa água que pode ser adsorvida pelo solo; quanto maior o

SAR, menos apropriada será a água para irrigação. O Risco de Salinidade leva em consideração a condutividade elétrica da água ou o teor de sais dissolvidos e, juntos, indicam se a água é apropriada ou não para fins de irrigação.

A Figura 6.4 demonstra a classificação SAR para amostras de maio, onde se percebe que o Risco de Sódio é predominantemente Baixo, tendendo a Médio em apenas 2 amostras: SD10 e SD7. As análises de maio demonstram ainda que as águas do riacho São Domingos apresentam Risco de Salinidade Médio a Alto ainda no período úmido, (Quadro 1). Apenas duas amostras apresentaram comportamento distinto: SD15 (riacho, Risco Baixo, provavelmente seja de origem intempérica) e SDP6B (poço tubular da Casa de Farinha, risco Muito Alto em função da sua profundidade de 145 metros expor suas águas ao contato com o cristalino). Sua elevada salinidade deve estar relacionada ao Complexo São Caetano, pois o poço se encontra localizado próximo ao contato deste com a unidade sedimentar sobreposta, o que resulta em contato da água do poço com uma litologia que favorece a salinização.

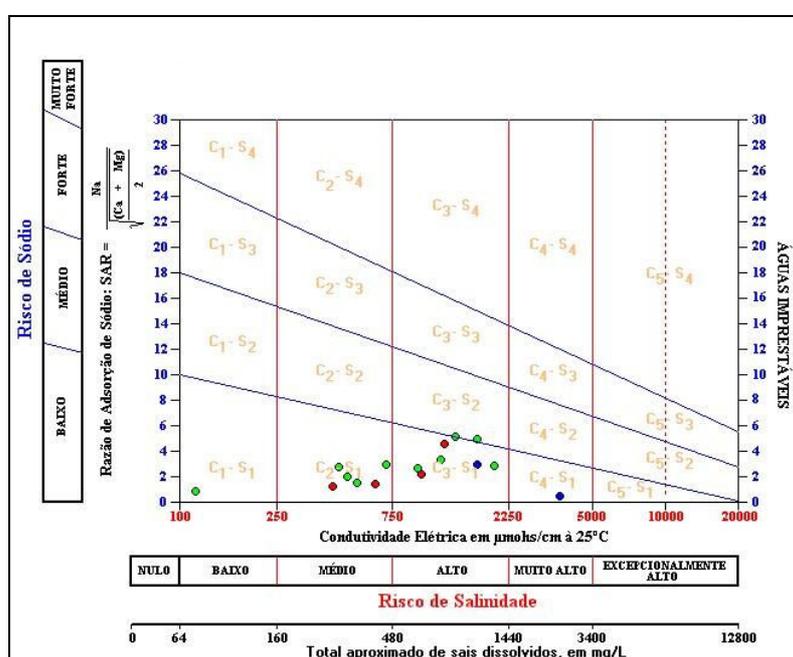


Figura 6.4 - Classificação das águas para irrigação em maio de 2007. Cores distinguem os diferentes tipos de amostras: **poços**, **riachos**, **barragens**.

Quadro 6.1 - Risco de Salinidade em maio de 2007

Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
SD15	SDZW1	SDZW2	SDP6B
	SDZW3	SDZW4	
	SD5	SD10	
	SD6	SD12	
	SD8	SD7	
	SD9	SD14	
		SDP9	

(extraído da Figura 2.55)

As análises do período úmido demonstram ainda que, no lado direito (LD) do Riacho São Domingos, de um modo geral, predomina um Risco de Salinidade Médio (SD5, SD6, SD8),

assim como nos pontos SDZW1, SDZW3 e SD9. Já os tributários do lado esquerdo (SD10, SD11, SD12 e SD14), as barragens SDZW2, SDZW4 e dois pontos do LD (SDP9 e SD13) apresentam Risco de Salinidade Alto.

Neste conjunto de amostras e período, de um modo geral, se observa que predomina um Risco de Salinidade Médio no lado direito (LD) do Riacho São Domingos (SD5, SD6, SD8) e um Risco de Salinidade Alto em tributários do LE (SD10, SD11, SD12 e SD14), (Quadro 6.2).

A Figura 6.5 apresenta a classificação das águas para irrigação em agosto de 2007, onde se nota que as amostras apresentam Risco de Salinidade predominantemente Alto e Muito Alto no período seco.

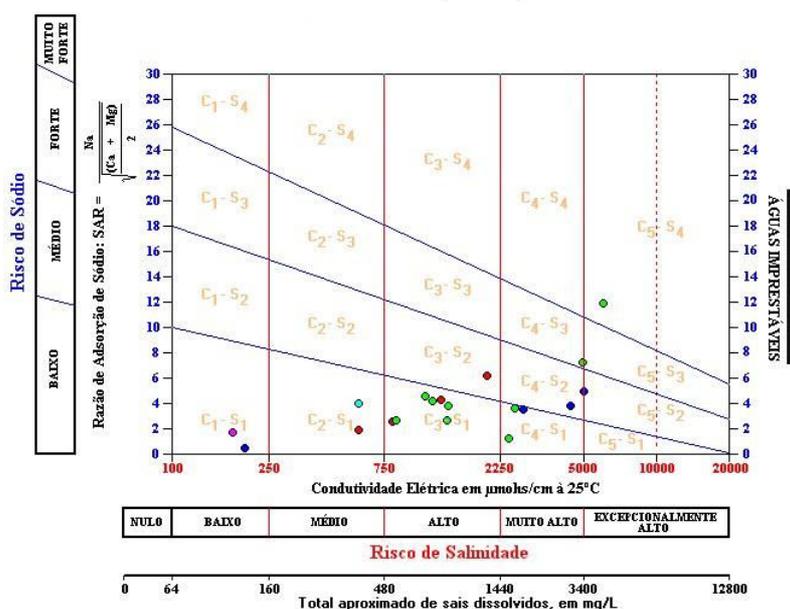


Figura 6.5 - Classificação das águas para irrigação em agosto de 2007. Cores distinguem os diferentes tipos de amostras: **poços**, **açude**, **barragens**, **cacimbas**, **piezômetro**.

Quadro 6.2 - Classificação das águas para irrigação em agosto de 2007

Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	Excepcionalmente Alto
SD18	PI_10	SDZW2	SD10	SDC3
SDJ9	SDZW1	SDZW3	SD11	SDC4
		SDZW4	SDJ5	SDP
		SDC1	SDP6B	
		SDC2		
		SDC5		
		SD12		
		SD14		

(extraído da Figura 2.56)

Apenas duas amostras apresentaram Risco de Salinidade Baixo, SD18 (açude) e SDJ9 (cacimba à jusante das barragens). A cacimba a montante da primeira barragem (SDZW1) e o piezômetro a jusante da quarta barragem (SDZW4) não mudam de condição no período seco, mantendo um Risco de Salinidade Médio. Em relação ao Risco de Sódio, se destacam SDC3

(Muito Forte) e SDC4 (Forte). Já os poços SDP, SDP6B e a barragem SDZW2 apresentam Risco Médio.

A distinção entre os lados direito (LD) e esquerdo (LE) não foi pronunciada, visto que ambos os lados apresentam o mesmo comportamento de salinidades. As nascentes no Complexo São Caetano, que representa uma das litologias mais antigas da bacia do riacho São Domingos, contribuem para o elevado nível de salinidade que se verifica no Riacho São Domingos.

6.1.3.3. Classificação iônica

Os principais constituintes iônicos estão presentes em diferentes proporções e a sua soma representa a quase totalidade dos íons presentes nas águas naturais. Na Figura 6.5 se encontram expostas proporções de cátions e ânions para o conjunto de análises realizadas em agosto de 2007, (Quadro 6.3). Caracterizando o período seco, em termos de cátions predominam águas mistas (50%) e sódicas (45%). Em relação aos ânions, as águas são cloretadas (60%), mistas (25%) e bicarbonatadas (15%). Em suma, predominam águas cloretadas mistas (45%) e sódicas (40%).

Entre os lados direito e esquerdo, é possível perceber que as amostras de águas bicarbonatadas são oriundas do lado direito, onde se tem ainda águas mistas e, em menor proporção, águas cloretadas. O exposto está de acordo com o que se espera de águas subterrâneas provenientes da influência de granitídeos.

Do lado esquerdo, as águas são invariavelmente cloretadas, inclusive no poço tubular profundo de água doce que caracteriza a assinatura geoquímica da bacia sedimentar. Águas cloretadas sódicas são esperadas em terrenos sedimentares marinhos argilosos, entretanto, essa origem não é confirmada para a Formação Tacaratu, que conforme Santos (1999) é representada por arenitos arcoseanos médios a grosseiros. Leite & Pires (1999) relatam a existência de águas cloretadas cálcicas e sódicas para o aquífero da Bacia de Jatobá como um todo, incluindo as Formações Inajá (superior) e Tacaratu (inferior).

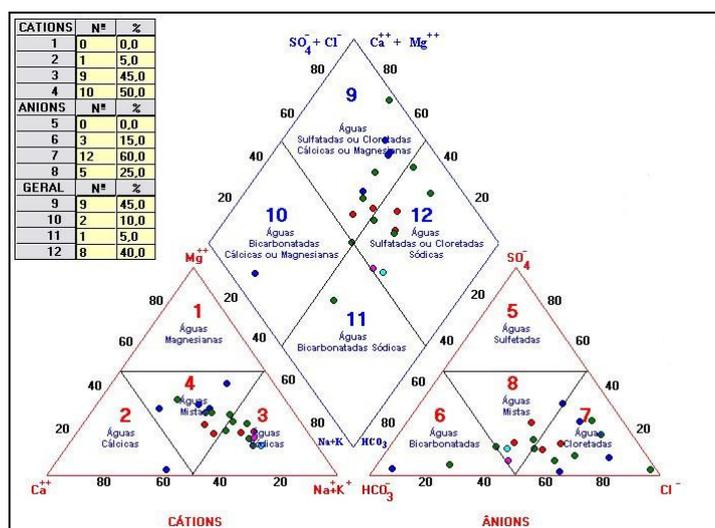


Figura 6.5 - Classificação geoquímica das águas por íons dominantes para agosto de 2007. As cores distinguem os diferentes tipos de amostras: **poços**, **riachos**, **barragens**, **cacimbas**, **piezômetro**.

Quadro 6.3 - Classificação iônica das águas em agosto de 2007

	Bicarbonatadas	Mistas	Cloretadas
Ca	SDJ9	SDJ5	
Na	SDC5 SD18	SDZW2 PI_10	SDZW3 SDC3 SDC4 SD12 SD14
Mista	SDC1	SDZW1 SDC2	SDZW4 SDP SDP6 SDP6B SD10 SD11

(extraído da Figura 2.57).

6.1.4. Relação entre salinização das águas e litologias

Para ilustrar as relações existentes entre a geologia e a variabilidade espacial de salinidades existentes nas águas superficiais, subsuperficiais e subterrâneas da bacia do riacho São Domingos, as Figuras 6.6, 6.7, 6.8 e 6.9 apresentam dados de condutividade elétrica e pH das coletas de maio e agosto, com o esboço geológico simplificado ou somente as litologias, respectivamente, na área de detalhamento da bacia do Riacho São Domingos.

Conforme o esboço geológico simplificado obtido a partir de Santos (1999) e apresentado na Figura 6.6 a serra de orientação NE que divide as duas principais nascentes do riacho São Domingos faz parte de uma Suíte Sienítica e Granítica Alto K (Shoshonítica) e Ultra-Potássica, que corresponde à Suíte Intrusiva Terra Nova do GEOBANK – Banco de Dados da CPRM (2008). Composta por sienitos, granitos finos a porfiríticos e shoshonitos de idade Neoproterozóica, a unidade se encontra intrudida no Complexo São Caetano, que é Mesoproterozóico e formado por Paragneisses que ocupam a maior parte da bacia, nas cotas intermediárias e de ambos os lados da Serra Grande.

O que difere o lado direito (LD) do lado esquerdo (LE) da Serra Grande, é que a Suíte Intrusiva Terra Nova predomina no LD e ocorre subordinadamente no LE, enquanto as litologias sedimentares representadas pelos depósitos colúvio-eluvias e sedimentos da Formação Tacaratu (Paleozóico) ocorrem apenas no LE, constituindo as principais áreas de recarga dos aquíferos subterrâneos.

A Figura 6.6 apresenta também dados de condutividade elétrica da água no período úmido, onde se verifica que a maior parte das amostras de riachos são doces, entretanto, nas barragens SDZW2 e SDZW4 as águas se apresentavam salobras, assim como nas cacimbas das localidades de Santana (LE), Caiçarinha da Penha (LD) e do Riacho dos Caibros (LE). A única amostra de água salgada foi coletada justamente no poço tubular profundo SDP6B, mencionado anteriormente por apresentar um Risco de Salinidade Muito Alto, se localiza próximo à borda da Bacia de Betânia e, devido à profundidade de 145 metros, deve captar água armazenada em rochas do embasamento cristalino, possivelmente no Complexo São Caetano.

A Figura 6.7 apresenta dados de pH de maio, onde se observa que as litologias mais antigas, os Complexos Floresta e São Caetano apresentam águas levemente alcalinas a neutras, respectivamente, enquanto as águas da bacia sedimentar são levemente ácidas.

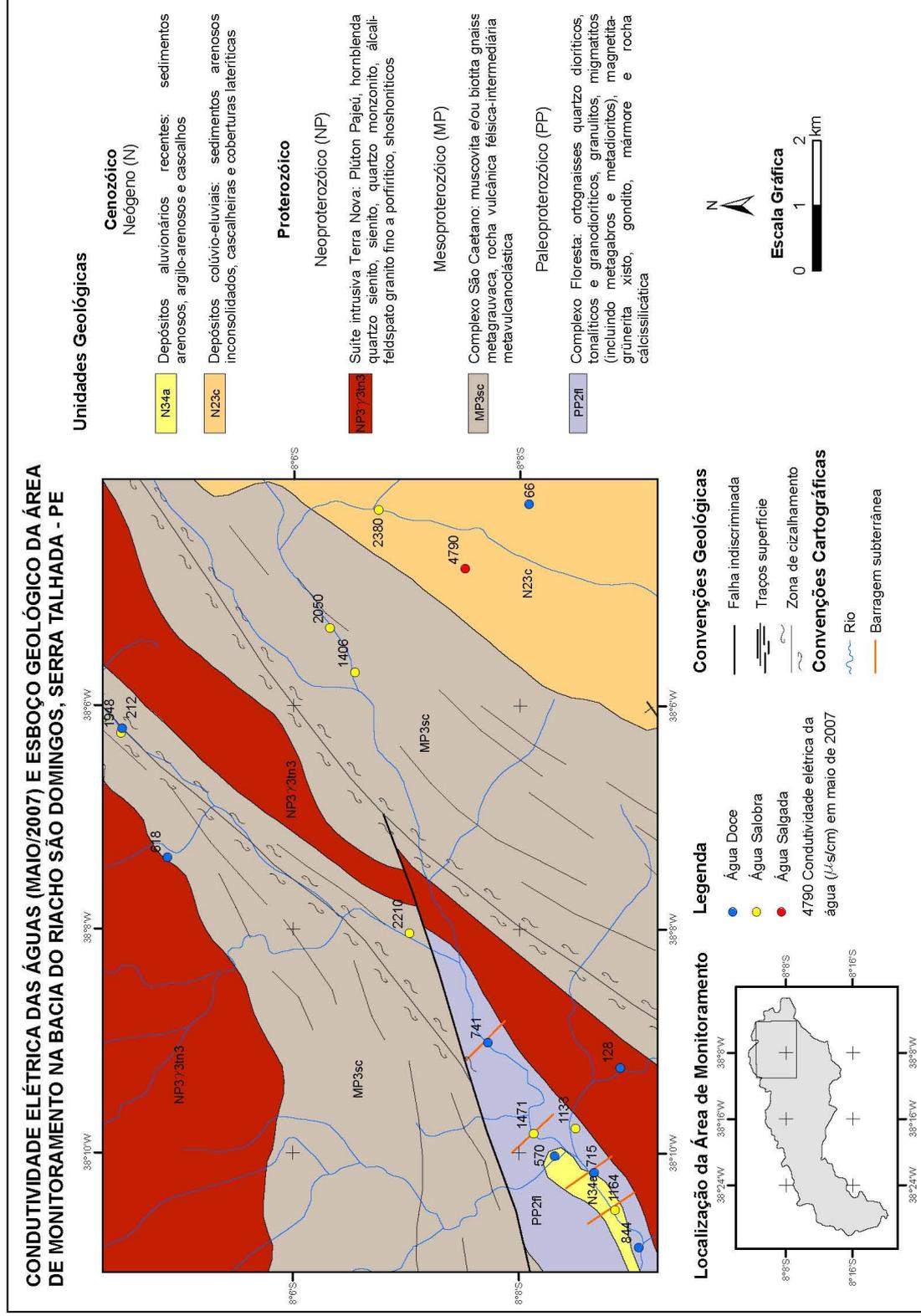


Figura 6.6 - Condutividade elétrica das águas (maio/2007) e esboço geológico da área de monitoramento na bacia do Riacho São Domingos

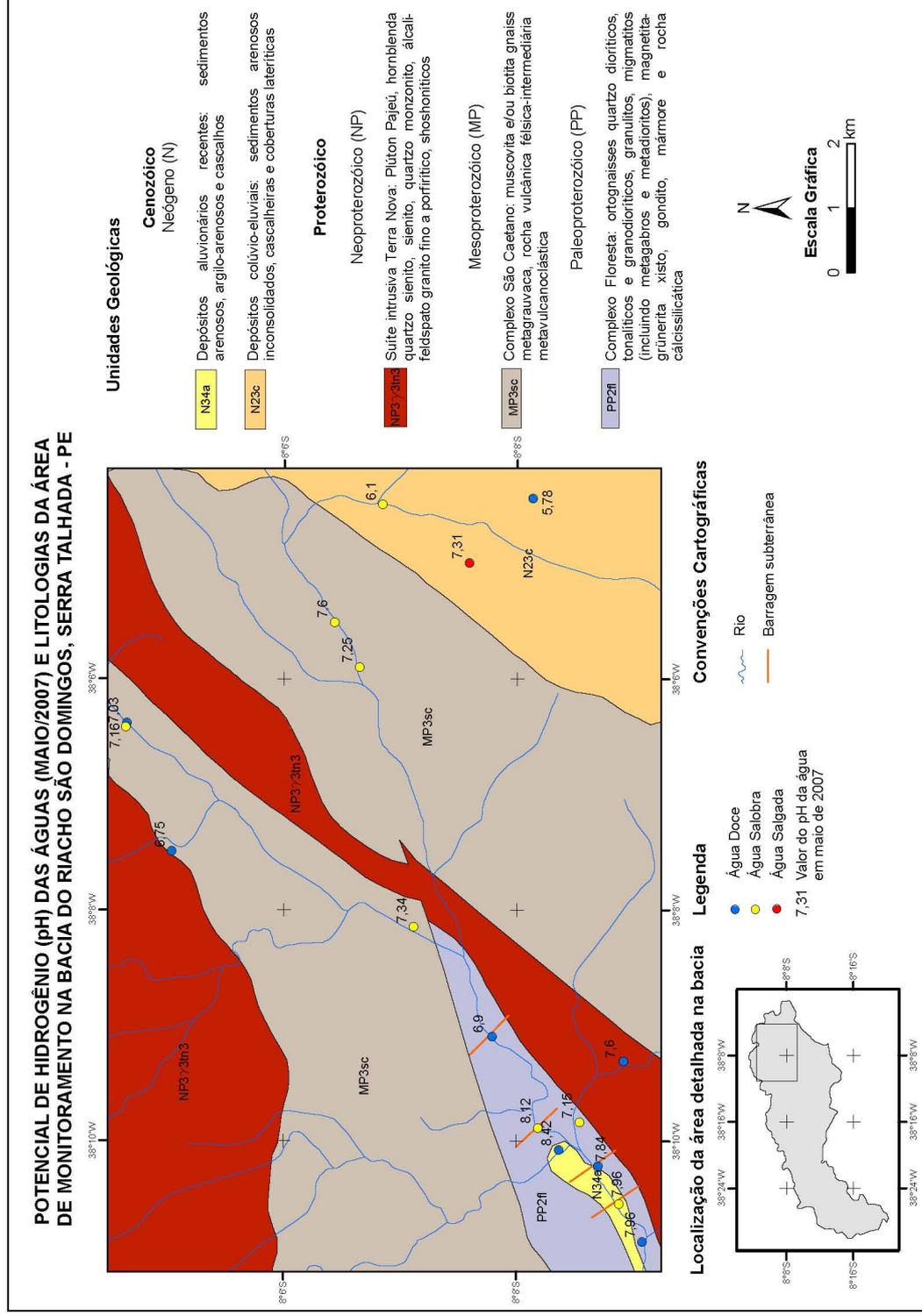


Figura 6.7 - Potencial de hidrogênio (pH) das águas em maio de 2007 e litologias na área de monitoramento na bacia do riacho São Domingos

Na Suíte Sienítica Terra Nova somente foram coletadas amostras de águas superficiais no período úmido, com pH em torno da neutralidade.

As figuras 6.8 e 6.9 apresentam dados de condutividade elétrica da água e pH para agosto de 2007. Na ocasião, não existia água nos riachos, portanto, a maior parte das amostras são de cacimbas e salobras. Dois dos poços tubulares profundos do lado esquerdo apresentam água salgada (SDP6B e SD11), assim como o poço tubular de 70 metros de profundidade (SDJ5) na localidade de Cacimbinha, a cacimba próxima da foz deste tributário (SDC4) e a cacimba à jusante das quatro barragens no Riacho São Domingos (SDC3). De todas as amostras de águas salgadas, as cacimbas SDC3 e SDC4 apresentam os valores isolados de condutividades mais elevados e se encontram sobre as rochas mais antigas da bacia, os Ortognaisses do Complexo Floresta, de idade Paleoproterozóica.

No período seco, águas doces foram amostradas somente no poço tubular profundo de Areias (SDP6), no açude do riacho da Penha (SD18), na cacimba da barragem SDZW1 e à jusante das quatro barragens, na cacimba da localidade de Tauapiranga (SDJ9). Apesar de haver água salgada próximo deste último, existe diferença litológica entre os pontos SDJ9 (doce) e SDC3 (salgada). Enquanto SDC3 se encontra sobre o Complexo Floresta, litologia mais antiga da bacia, SDJ9 se localiza sobre a Suíte Intrusiva Recanto e Riacho do Forno, composta de granitóides peraluminosos do Neoproterozóico, além do pacote aluvionar ser muito mais espesso do que em SDC3, o que possibilita maior capacidade de armazenamento, diluição e filtração.

Outro ponto que merece atenção é SDC2 (água salobra), localizado à jusante do açude da Penha (doce), montante da barragem SDZW1 (doce) e sobre uma falha indiscriminada. Esta falha também é contato entre os complexos Floresta e São Caetano, constituindo uma zona de deformação frágil, cominuição de fragmentos de rocha e alteração de minerais primários. A falha pode funcionar como um conduto tanto para águas meteóricas se infiltrarem como para ascensão da água subterrânea por capilaridade. Além disso, o açude da Penha represou as águas do riacho, cessando a contribuição superficial deste riacho para o São Domingos e diminuindo a diluição que antes do represamento poderia haver em SDC2.

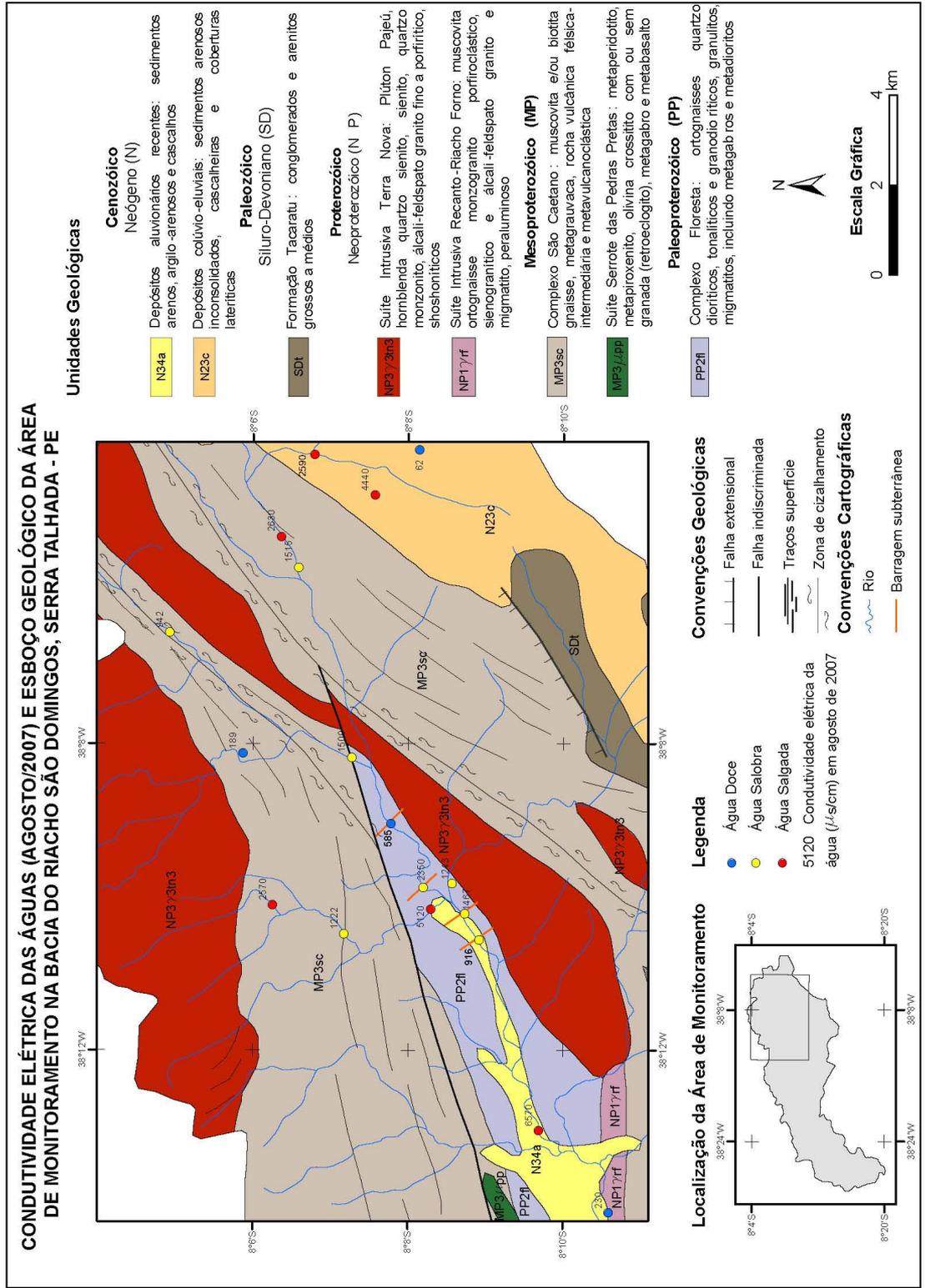


Figura 6.8 - Condutividade elétrica das águas (agosto/2007) e esboço geológico da área de monitoramento na bacia do Riacho São Domingos

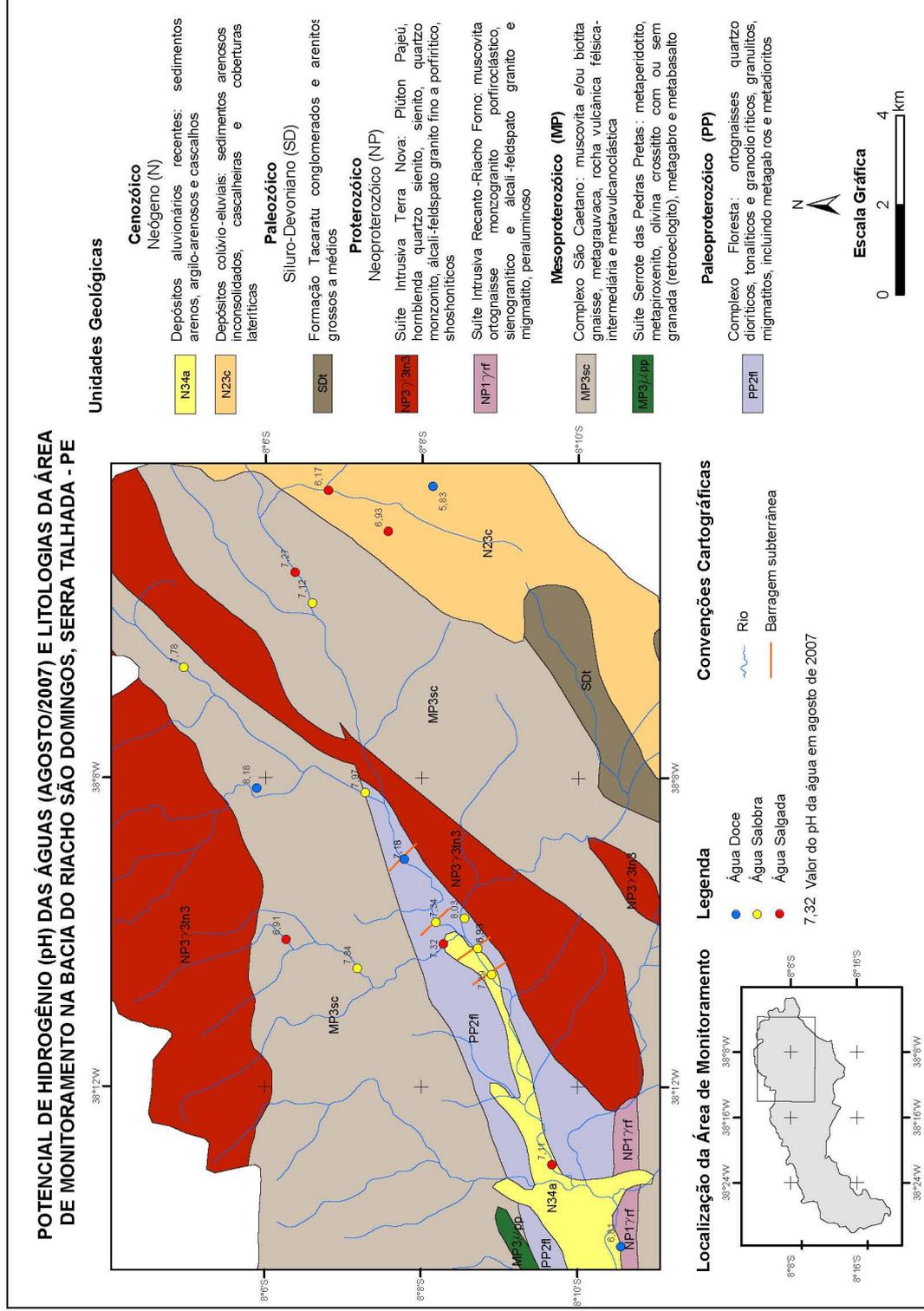


Figura 6.9 - Potencial de hidrogênio (pH) das águas em agosto de 2007 e litologias na área de monitoramento na bacia do Riacho São Domingos

Na Figura 6.9 acima, dados de pH do período seco são apresentados sobre as litologias na área de detalhamento e monitoramento na bacia do riacho São Domingos, onde se confirmam as observações anteriormente mencionadas para o período úmido. Nas litologias mais antigas, representadas por Ortognaisses e Paragnaisses, o pH se situa em torno da neutralidade. Nos granitóides, há tendência de águas levemente ácidas nas suítes Shoshonítica e Peraluminosa, assim como nas águas da Bacia de Betânia.

Agrupando os resultados das duas coletas (períodos úmido e seco), a Tabela 6.5 apresenta médias (pH, condutividade elétrica e resíduo seco) obtidas em cada litologia e de acordo com o grau de influência inferido. A suposição do grau de influência leva em consideração a área de drenagem, a profundidade do nível d'água (NA) e do tempo de contato ou idade aproximada da rocha. Destina-se a demonstrar a relação existente entre as litologias, o pH e parâmetros relacionados à salinização das águas.

Tabela 6.5 - Relação do pH e salinização das águas com as litologias

Litologia	Coleta	Ponto	Tipo	Litologia	pH	Condutiv ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	Resíduo Seco 105°C (mg.L ⁻¹)
Ortognaisse (Cxo. Floresta)	1	SDZW1	R	Ortognaisse, Paragnaisse e Sienito	6.90	741	459
		SDZW2	R	Ortognaisse, Paragnaisse e Sienito	8.12	1471	925
		SDZW3	R	Ortognaisse, Aluvião, Paragnaisse, Sienito	7.84	715	320
		SDZW4	R	Ortognaisse, Aluvião, Paragnaisse, Sienito	7.96	1164	731
		SD9	R	Ortognaisse, Aluvião, Paragnaisse, Sienito	7.96	844	617
		SD8	R	Ortognaisse, Paragnaisse e Sienito	8.42	570	389
		SD14	C	Ortognaisse, Sienito, Paragnaisse e Tacaratu	7.15	1133	940
	2	SDC2	C	Ortognaisse, Paragnaisse e Sienito	7.97	1500	674
		SDZW1	C	Ortognaisse, Paragnaisse e Sienito	7.18	702	267
		SDZW2	PI	Ortognaisse, Paragnaisse e Sienito	7.34	2350	970
		SDZW3	PI	Ortognaisse, Aluvião, Paragnaisse, Sienito	6.93	1467	626
		SDZW4	C	Ortognaisse, Aluvião, Paragnaisse, Sienito	7.39	916	344
		SD14	C	Ortognaisse, Sienito, Paragnaisse e Tacaratu	8.03	1243	571
		SDC4	C	Ortognaisse, Paragnaisse e Sienito	7.32	5120	2712
				Ortognaisse, Aluvião, Paragnaisse, Sienito	7.11	6570	3419
			Média (n=15)	7.6	1767	931	
Paragnaisse (Cxo. São Caetano)	1	SD6	R	Paragnaisse	7.16	2640	387
		SD-P9	P	Paragnaisse	7.03	1948	1433
		SD10	C	Paragnaisse, Sedimentos	7.60	2050	1416
		SD12	C	Paragnaisse, Sedimentos	7.25	1406	888
		SDP6B	P	Paragnaisse ¹ , Sedimentos	8.10	3670	73
		SD13	R	Paragnaisse, Sienito	7.34	2210	1047
	2	SDC1	C	Paragnaisse	7.78	942	367
		SDJ5	P	Paragnaisse, Sienito	6.91	2570	1407
		SDC5	C	Paragnaisse, Sienito	7.84	1222	526
		SD10	C	Paragnaisse, Sedimentos	7.27	2630	1284
			Paragnaisse, Sedimentos	7.12	1515	719	

Tabela 6.5 - Relação do pH e salinização das águas com as litologias (continuação)

Litologia	Coleta	Ponto	Tipo	Litologia	pH	Condutiv (µS.cm-1)	Resíduo Seco 105°C (mg.L-1)
		SDP6B	P	Paragnaisse ¹ , Sedimentos	6.93	4440	2468
				Média (n=12)	7.4	2270	1001
Sienito	1	SD5	R	Sienito	6.75	618	321
		SD15	R	Sienito, Paragnaisse e Tacaratu	7.60	128	1676
				Média (n=2)	7.2	373	999
Bacia Betânia	1	SDP6	P	Sedimentos	5.78	66	73
		SD11	P	Paragnaisse ¹ , Sedimentos	6.10	2380	1707
	2	SDP6	P	Sedimentos	5.83	62	22
		SD11	P	Paragnaisse ¹ , Sedimentos	6.17	2590	1438
				Média (n=4)	5.9	836	601

¹Provável influência do Paragnaisse sob Sedimentos

Na Tabela acima as médias dos valores de pH, condutividade elétrica da água e resíduo seco demonstram que:

- As maiores médias de condutividade e resíduo seco se encontram sob influência dos Paragnaises, que apresentam pH em torno da neutralidade, a maior área de drenagem entre as litologias presentes e é a segunda mais antiga, mais recente apenas que os Ortognaisses.
- Em segundo lugar se encontram os Ortognaisses, com pH levemente alcalino e condutividade média menor que os Paragnaises, contrariando a tendência natural de condutividades mais elevadas nas litologias mais antigas. Apesar disto, apresentam os valores isolados mais elevados dentre todos. O efeito demonstrado nas médias provavelmente se deve à diluição que, neste caso, é função da contribuição de águas que drenam outras litologias, visto que os Ortognaisses se encontram nas cotas mais baixas do terreno, onde já recebem influência das litologias por onde passam os tributários à montante.
- Os Sienitos, Shoshonitos e Ultra-Potássicas mostraram condutividades menores e pH em torno da neutralidade em superfície. Entretanto, em profundidade e com o tempo de contato, as condutividades são maiores e o pH levemente ácido. Nos contatos entre os Sienitos e o Complexo São Caetano, os poços tubulares profundos também apresentam condutividades elevadas, águas salobras à salgadas e pH levemente ácido. Possivelmente, as razões para o aumento progressivo da salinidade em profundidade são: o contato com a água meteórica que é levemente ácida, o tempo de permanência e o encontro com rochas mais antigas e friáveis, com maior grau de alteração.
- Os sedimentos da Bacia de Betânia apresentaram as menores condutividades em relação às demais litologias, com águas doces em poços tubulares profundos e, no que se refere ao pH, há tendência de águas levemente ácidas. A presença de águas salobras em poços tubulares profundos próximo às bordas da bacia pode ser influência do embasamento cristalino.

6.1.5. Conclusões e recomendações

No período úmido, as águas superficiais eram doces à montante das barragens, especialmente nos tributários do lado direito, onde predominava um Risco de Salinidade Médio. No lado esquerdo e proximidades das barragens se encontravam águas subsuperficiais salobras com Risco de Salinidade Médio a Alto. De um modo geral, as águas do riacho São Domingos se apresentavam doces à montante, salobras nas imediações das barragens e doces à jusante.

Já no período seco, as águas se apresentaram salobras à montante das barragens, salgadas em suas proximidades e salobras à jusante. As cacimbas apresentam Risco de Salinidade predominantemente Alto e Muito Alto.

Considerando os dois períodos, úmido e seco, se observa que os poços tubulares não mudam sua condição de salinidade no período seco; enquanto as cacimbas podem aumentar seu nível de salinidade ou se manter constante. A cacimba à montante da primeira barragem e o piezômetro à jusante da quarta barragem não mudam de condição no período seco, mantendo um Risco de Salinidade Médio.

Análises do período seco mostram que predominam águas cloretadas mistas e sódicas na bacia do riacho São Domingos. Em menor proporção, se encontram águas bicarbonatadas no lado direito do riacho, onde também se tem águas mistas e cloretadas. Do lado esquerdo, as águas são invariavelmente cloretadas, inclusive no poço tubular profundo de água doce que caracteriza a bacia sedimentar.

As litologias que mais contribuem para o aumento de salinidades na bacia do riacho São Domingos são os Ortognaisses do Complexo Floresta e os Paragnaisses do Complexo São Caetano, ocorrendo nas imediações do leito do riacho e nas cotas intermediárias, respectivamente. Os sedimentos da Bacia de Betânia apresentam condutividades variadas, entretanto, se acredita que sejam as águas mais doces entre as litologias apresentadas. Os poços tubulares que apresentam condutividades elevadas sofrem influência dos Paragnaisses do Complexo São Caetano.

Os Sienitos, Shoshonitos e Ultra-Potássicas mostraram condutividades intermediárias, com águas salobras e pH levemente ácido em profundidade.

É possível que as litologias condicionem as características de qualidade da água superficial e subsuperficial, justificando o fato da maioria das amostras coletadas no lado direito do Riacho São Domingos apresentar Risco de Salinidade Médio a Alto, enquanto nos tributários do lado esquerdo predomina um Risco de Salinidade Alto a Muito Alto. Apesar de haver água doce no lado esquerdo, proveniente da Bacia de Betânia, se percebe uma clara distinção entre os poços tubulares amostrados nessa área. As águas são doces na parte mais central da bacia, salobras na porção intermediária e salgadas próximo ao contato da bacia com o embasamento cristalino, representado pelo Complexo São Caetano.

Como os principais tributários do riacho São Domingos nascem sobre o Complexo São Caetano e uma boa parte de sua extensão corre sobre o Complexo Floresta, ambos contribuem para o elevado nível de salinidade que se verifica no riacho São Domingos.

Por fim, é importante salientar que após esta caracterização das águas na bacia do riacho São Domingos, o monitoramento da qualidade da água deverá ser continuado nas imediações das captações nas quatro barragens subterrâneas e à jusante, com medição também dos níveis d'água, motivo pelo qual foram construídos piezômetros, a fim de avaliar o comportamento qualitativo da água fornecida pela aluvião, após a construção das barragens subterrâneas.

Referências

- CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M.R. 1983. Hidrologia subterrânea. 2ed. Barcelona: Omega. 2V.
- FEITOSA, F.A.C. & FILHO, J.M. (Coord.) 1997. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID – UFPE, 389 p.
- FEITOSA, F.A.C. & FILHO, J.M. (Coord.) 1997. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID – UFPE, 389 p.
- LEITE, J.F. & PIRES, S.T.M. 1999. Programa de água subterrânea para a região**
LEITE, J.F. & PIRES, S.T.M. 1999. Programa de água subterrânea para a região nordeste – Projeto avaliação hidrogeológica das bacias interiores: Estudo hidrogeológico da Bacia do Jatobá (PE) - Área Frutuoso. Série Hidrogeologia: Estudos e Projetos, Volume 3. Recife,
- LOGAN, J. 1965. Interpretação de análises químicas de água. Recife: U.S. Agency for International Development. 67 p.
- MORAIS, Franklin de. Qualidade da água e produtividade dos poços no meio fissural do alto Vale do Rio Moxotó - PE. Recife, 2000. Dissertação (Mestrado em Geociências)-Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 106 p.

ANEXO I

Balanço Iônico e estimativa de erro associado à análise química

Na pesquisa hidroquímica, o resultado analítico é considerado o principal meio para a caracterização da água e, por isso, deve ser avaliado previamente à sua utilização. O erro da análise deve ser conhecido para que se possa avaliar o grau de incerteza associado à análise, sendo determinado com base no balanço iônico e partindo do pressuposto de que, numa análise química completa, a concentração total de íons positivos (cátions) deve ser aproximadamente igual à concentração total de íons negativos (ânions). O desvio percentual desta igualdade é determinado pelo coeficiente de erro da análise (e%).

A Tabela I apresenta os resultados obtidos nos cálculos de erro para análises de maio de 2007 realizadas pelo IPA. Os resultados obtidos com o software Qualigraf® são utilizados para demonstrar o somatório (Σ) de ânions e cátions (meq.L^{-1}), os balanços iônicos N° 1 e N° 2 e o resultado (Erro Prático) na coluna 'Problema'.

Tabela I - Balanço iônico de maio de 2007 baseado no erro prático, considerando a condutividade elétrica (N°1) e o somatório de ânions ou cátions (N°2), dados em meq.L^{-1} .

n°	nome	Na + K	Ca	Mg	Cl	CO+HCC	SO4	C.E.	Ânions	Cátions	B.I.N°1	B.I.N°2	Problema
1	SDP6	0,38	0,0	0,3	0,8	0,48	0,0	65,0	0,69	1,29	60,93	30,47	BI N°1 e 2
2	SDP6B	2,53	14,31	17,23	34,08	5,59	1,04	3670,0	34,07	40,71	17,75	8,87	BI N°1 e 2
3	SDP9	7,13	5,6	5,61	42,9	8,4	1,77	1682,0	18,34	53,07	97,26	48,63	BI N°1 e 2
4	SDZW1	2,59	2,25	3,26	3,61	5,2	0,0	640,0	8,09	8,81	8,5	4,25	BI N°1 e 2
5	SDZW2	8,19	0,4	5,66	8,02	6,96	1,76	1228,0	14,25	16,74	16,05	8,03	BI N°1 e 2
6	SDZW3	1,74	0,75	2,6	2,81	3,12	0,51	427,0	5,1	6,43	23,14	11,57	BI N°1 e 2
7	SDZW4	3,88	3,15	2,76	7,22	4,0	1,05	991,0	9,79	12,26	22,47	11,24	BI N°1 e 2
8	SD5	2,51	0,76	0,84	3,21	1,84	0,0	453,0	4,11	5,05	20,57	10,28	BI N°1 e 2
9	SD6	2,49	1,6	2,8	4,81	2,16	0,88	535,0	6,89	7,85	13,07	6,54	BI N°1 e 2
10	SD8	2,71	1,8	1,7	3,61	2,32	0,0	488,0	6,21	5,93	4,61	2,3	OK
11	SD9	4,52	2,9	1,5	5,61	2,72	0,72	711,0	8,93	9,05	1,43	0,71	OK
12	SD10	11,45	5,3	4,56	14,03	5,6	1,56	1678,0	21,31	21,19	0,54	0,27	OK
13	SD11	9,02	6,9	7,01	20,85	0,8	0,0	1963,0	22,93	21,65	5,76	2,88	BI N°1
14	SD12	6,98	4,6	3,96	9,22	7,04	1,19	1193,0	15,54	17,45	11,63	5,81	BI N°1 e 2
15	SD13	10,17	3,9	3,81	11,63	5,28	0,0	1368,0	17,87	16,91	5,55	2,77	BI N°1
16	SD14	5,12	4,0	3,11	9,22	2,88	0,0	957,0	12,23	12,1	1,04	0,52	OK
17	SD15	1,16	0,8	0,8	0,8	0,96	0,21	116,0	2,76	1,97	33,45	16,73	BI N°1 e 2

<p>Balanço Iônico N°1 Baseado no Erro prático (Ep) definido por Custódio e Llamas (1983) como:</p> $Ep (\%) = \frac{r \Sigma \text{ânions} - r \Sigma \text{cátions}}{r \Sigma \text{ânions} + r \Sigma \text{cátions}} \times 200$ <p>o erro Teórico é o E.P. máximo permitido considerando-se a condutividade elétrica (C.E.) conforme mostrado abaixo:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>Cond. Elétrica ($\mu\text{S/cm}$)</td> <td>50</td> <td>200</td> <td>500</td> <td>2.000</td> <td>> 2.000</td> </tr> <tr> <td>Erro permitido (%)</td> <td>30</td> <td>10</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>< 4</td> </tr> </table>	Cond. Elétrica ($\mu\text{S/cm}$)	50	200	500	2.000	> 2.000	Erro permitido (%)	30	10	8	4	< 4	<p>Balanço Iônico N°2 Baseado no Erro prático (Ep) definido por Logan (1965), dado como:</p> $Ep (\%) = \frac{r \Sigma \text{ânions} - r \Sigma \text{cátions}}{r \Sigma \text{ânions} + r \Sigma \text{cátions}} \times 100$ <p>O erro Teórico é o E.P. máximo permitido levando-se em consideração os valores dos íons, conforme mostrado abaixo:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>Σ cátions ou Σ ânions</td> <td>< 1</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>6</td> <td>10</td> <td>30</td> <td>>30</td> </tr> <tr> <td>Erro permitido (%)</td> <td>15</td> <td>10</td> <td>6</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>1</td> </tr> </table>	Σ cátions ou Σ ânions	< 1	1	2	6	10	30	>30	Erro permitido (%)	15	10	6	4	3	2	1
Cond. Elétrica ($\mu\text{S/cm}$)	50	200	500	2.000	> 2.000																								
Erro permitido (%)	30	10	8	4	< 4																								
Σ cátions ou Σ ânions	< 1	1	2	6	10	30	>30																						
Erro permitido (%)	15	10	6	4	3	2	1																						

Os métodos analíticos são menos precisos para baixas concentrações iônicas, podendo levar a valores elevados de e%, sem que isso indique erro de análise ou cálculo, comumente são utilizados os conceitos de erro prático e teórico. Neste caso, se considera que o erro teórico corresponde ao erro prático máximo permitido, levando em consideração: 1) os valores da condutividade elétrica da água (Custódio e Llamas, 1983); ou 2) o somatório de ânions e cátions (Logan, 1965).

Conforme a Tabela I, apenas 4 das 17 amostras obtiveram fechamento do balanço iônico (B.I.) satisfatório por ambas metodologias; 2 amostras apresentam problemas com o B.I. N°1 (baseado em condutividades) e 11 amostras apresentam problemas também com B.I. N°2 (baseado no somatório de íons).

Feitosa e Filho (1997) recomendam que o e% da análise não deve ser superior a 10 para que a análise seja considerada correta. Altos valores de e% podem indicar: erro analítico, erro de

cálculo, presença de íons não analisados na água em quantidades apreciáveis, águas pouco mineralizadas como as de chuvas, etc. Na Tabela II se encontram expostos os resultados obtidos nos cálculos de erro das análises de agosto de 2007 realizadas pela empresa AGROLAB - Análises Ambientais.

Na Tabela II são apresentados dados da coleta 2, onde o balanço iônico demonstra que apenas 6 das 20 amostras apresentaram problemas de fechamento do balanço iônico (B.I.), o restante apresentou resultados satisfatórios por ambas metodologias.

Tabela II - Balanço iônico de agosto de 2007 baseado no erro prático, considerando a condutividade elétrica (Nº1) e o somatório de ânions ou cátions (Nº2), dados em meq.L⁻¹.

nº	nome	Na + K	Ca	Mg	Cl	CO+HCC	SO4	C.E.	Ânions	Cátions	B.I.Nº1	B.I.Nº2	Problema
1	SDP6	0,24	0,09	0,26	0,37	0,19	0,0	60,0	0,6	0,56	7,07	3,53	BI Nº2
2	SDP6B	14,16	12,38	13,33	32,44	5,36	2,81	4430,0	39,88	40,61	1,84	0,92	OK
3	SDP	18,81	13,21	14,73	27,5	6,72	11,37	4990,0	46,75	45,6	2,49	1,24	OK
4	DZW1_I	2,47	1,97	1,37	2,47	2,52	0,83	585,0	5,81	5,82	0,24	0,12	OK
5	DZW2_I	12,21	3,62	4,0	8,46	6,29	4,73	1988,0	19,82	19,48	1,74	0,87	OK
6	SDZW3	7,09	2,86	2,38	7,05	3,2	1,67	1286,0	12,33	11,92	3,33	1,67	OK
7	DZW4_I	3,87	2,66	1,52	4,65	3,0	0,96	808,0	8,06	8,62	6,72	3,36	BI Nº1 e 2
8	SD10	10,18	7,81	7,52	16,22	6,01	1,99	2590,0	25,52	24,22	5,24	2,62	BI Nº1
9	SD11	4,49	6,29	6,0	21,16	0,4	0,21	2450,0	16,78	21,77	25,86	12,93	BI Nº1 e 2
10	SD12	7,17	3,9	2,85	7,05	5,16	1,62	1377,0	13,93	13,84	0,63	0,31	OK
11	SD14	6,74	2,38	1,81	6,7	3,64	0,59	1110,0	10,93	10,93	0,04	0,02	OK
12	SD18	1,06	0,33	0,29	0,76	0,84	0,09	177,0	1,68	1,69	0,55	0,27	OK
13	SDC1	4,12	1,91	2,38	2,96	4,04	0,99	843,0	8,41	8,0	4,99	2,5	BI Nº1
14	SDC2	5,21	3,52	3,62	5,64	4,16	1,87	1366,0	12,35	11,68	5,62	2,81	BI Nº1
15	SDC3	38,86	13,11	7,8	42,32	6,24	11,06	6010,0	59,77	59,62	0,25	0,13	OK
16	SDC4	25,71	11,43	12,38	31,74	5,0	12,68	4950,0	49,52	49,42	0,2	0,1	OK
17	SDC5	6,63	2,19	2,76	2,82	8,09	0,4	1192,0	11,57	11,31	2,33	1,16	OK
18	SDJ5	9,66	14,07	0,29	11,99	3,88	8,09	2810,0	24,02	23,97	0,21	0,11	OK
19	SDJ9	0,44	0,9	0,62	0,11	1,8	0,02	199,0	1,96	1,94	1,2	0,6	OK
20	SDPI_10	3,99	1,14	0,76	2,4	2,72	0,65	590,0	5,9	5,77	2,21	1,1	OK

Dentre as amostras com problemas, 3 amostras apresentam problema no B.I. Nº1, 1 amostra no B.I. Nº 2 e apenas 2 amostras apresentam problemas com ambas metodologias de balanços iônicos (B.I. Nº1 e Nº2).

Com relação aos problemas apresentados nos resultados de maio, se devem à análise quantitativa de sulfato realizada pelo IPA que, diferentemente dos demais parâmetros, foi realizado somente após 40 dias da coleta das amostras, o que justifica a presença de valores nulos para este íon e o grande número de amostras com erros elevados.

O exposto justifica a mudança de empresa na realização das análises durante o monitoramento, tornando evidente a necessidade de maior confiabilidade nos resultados das análises, o que motivou a contratação da empresa AGROLAB que veio a apresentar resultados de melhor qualidade.

ANEXO II

Pontos de amostragem escolhidos para dar continuidade ao monitoramento de qualidade da água na bacia do Riacho São Domingos; tipo de amostra: P – poço tubular, B – barragem, R – riacho, C – cacimba, A – açude, e PI – piezômetro.

Ponto	UTM	Localização	Tipo	Mai/07	Ago/07
SDZW1	593538 / 9101302	Riacho São Domingos, localidade de São José da Caiçarina.	B	X	X
SDZW2	592131 / 9100596	Riacho São Domingos, localidade de Conceição de Cima.	B	X	X
SDZW3	591537 / 9099678	Riacho São Domingos, entre as localidades de Conceição de Cima e Conceição de Baixo.	B	X	X
SDZW4	590956 / 9099362	Riacho São Domingos, localidade de Conceição de Baixo.	B	X	X
SD12	599249 / 9103336	Cacimba no Riacho São Domingos (SE da Serra Grande), na localidade de Santana do Meio.	C	X	X
SD14	592217 / 9099962	Cacimba no Riacho dos Caibros, junto ao cruzamento do riacho com a estrada de acesso a São José da Caiçarina.	C	X	X
SDC2	595027 / 9102170	Riacho da Lagoa, jusante de Caiçarina da Penha.	C	---	X
SDC3	586719 / 9098048	Riacho São Domingos, jusante de Conceição de Baixo.	C	---	X
SDC4	591638 / 9100430	Cacimba no Riacho Cacimbinha, próximo a localidade de Conceição de Cima.	C	---	X
SDJ9	584884 / 9096514	Riacho São Domingos, localidade de Tauapiranga.	C	---	X
SDPA	586854 / 9098842	Localidade de Cachoeira do Sá, montante da localidade de São Domingos.	C	---	X
SDPI10	590702 / 9099136	Riacho São Domingos, jusante das quatro barragens subterrâneas.	PI	---	X

Dados obtidos após construção dos piezômetros, em agosto 2007:

Barragem	Piezômetros	NA (m)	Prof. (m)	H (m)	Temp. Água (°C)	PH	Cond. (µS.cm ⁻¹)
	SDPI_1	1.98	2.68	0.70	31,2	7,28	2230
SDZW1	SDPI_2 (m)	1.90	2.04	0.14	25,9	7,18	702
	SDPI_3 (j)	1.61	1.95	0.34	x	x	x
SDZW2	SDPI_4 (m)	0.56	2.24	1.68	25,2	7,34	2350
	SDPI_5 (j)	1.10	2.28	1.18	x	x	x
SDZW3	SDPI_6 (m)	2.02	3.72	1.70	31,0	6,93	1467
	SDPI_7 (j)	1.56	3.6	2.04	x	x	x
SDZW4	SDPI_8 (m)	1.13	2.43	1.30	31,6	6,87	992
	SDPI_9 (j)	1.35	3.43	2.08	x	x	x
	SDPI_10	1.31	4.37	3.06	30,7	7,45	615

6.2. QUALIDADE DA ÁGUA NA ÁREA DE INGÁ, CUSTÓDIA - PE

As águas presentes na aluvião objeto de captação para abastecimento do Distrito de Ingá, apresentaram condutividade elétrica de 1.100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que corresponde, aproximadamente, a um resíduo seco da ordem de 780 mg/L. Esta medição corresponde a medidas efetuadas em 23.11.2007, período que antecede o ciclo chuvoso anual, quando os lençóis freáticos das aluviões apresentam os mais baixos níveis e, correlativamente, seus maiores índices de concentração de sais.

A concentração de sais presentes nas águas aluviais sofre uma variação constante durante o ano, em função de variáveis tais como: tempo de residência das águas no subsolo; grau de evaporação; tipo de sedimento do reservatório.

Usuários locais informam que dependendo da intensidade de chuvas e do prolongamento do período chuvoso anual, normalmente se estendendo até o mês de abril, as águas das aluviões do rio Copiti, na região de Custódia, são melhor suportáveis, para a ingestão, até o mês de outubro.

6.2.1. Resumo da Análise Físicoquímica

Laboratório de análise	Agrolab, certificado nº 12.610/07 de 26.12.2007		
Data da coleta	10.12.2007		
Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25o C)	941,0		
pH	8,4		
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	567		
Amônia em NH_3	não detectado		
Nitrato em N	não detectado		
Alcalinidade de bicarbonato-mg/L CaCO_3	180,2		
Dureza total em (mg/L de CaCO_3)	204,5		
Ferro total em mg/L	0,12		
Cátions (mg/L)		Ânions (mg/L)	
Ca (cálcio)	21,9	Cl (cloreto)	185
Mg (magnésio)	24,3	SO_4 (sulfato)	10,7
Na (sódio)	110,4	NO_3 (nitrato)	0
K (potássio)	7,8	HCO_3 (bicarbonato)	219,8

Todos os parâmetros físicoquímicos da amostra d'água estão dentro dos limites de potabilidade, de acordo com a portaria 518/2004 do MS.

7. SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	143
7.1. Sistemas de distribuição implantados e revitalizados	144

INTRODUÇÃO

Tal como ocorreu com a construção da barragem, o uso da água e os sistemas de abastecimento foram cuidadosamente discutidos com as comunidades. Questões fundiárias, de pagamento de energia elétrica, de manutenção do sistema, de gerenciamento, o uso e manejo, entre outras tem, obrigatoriamente que serem equacionados. É um processo muito lento. As águas são utilizadas para diversos fins, desde o consumo humano, uso doméstico, animal e para pequenas irrigações.

7.1. Sistemas de distribuição implantados e revitalizados

Em Quixeramobim – CE, apesar da existência de conflitos pelo uso da água, a decisão pela localização e tipo de captação foi rapidamente resolvido. Duas revitalizações de sistemas de abastecimento foram executadas a partir da recuperação e instalação dos poços. Mais dois poços nas proximidades da barragem, construídos. Todos instalados com bomba e interligados aos sistemas existentes.

A Figura 7.1 apresenta o perfil litológico de um poço construído em dezembro de 2006, na comunidade de Patos, riacho Caraúna, à montante da barragem subterrânea. Esse poço atingiu a profundidade de 8,20 m com nível estático de 8,20 m. Apresenta também os perfis construtivos, com poços revestidos em tubos de PVC de 6” de diâmetro.

Em Icó – PB e no Assentamento do Feijão – RN as obras de captação ainda estão em discussão pela comunidade. Serão instalados, com assessoria da CPRM e instituições que apóiam estes assentamentos. No momento estão utilizando a água acumulada nas barragens através de poços amazonas pré-existentes.

Em Ingá – PE foi construído um poço coletor com drenos radiais, haja vista a grande demanda e ao elevado potencial de produção de água, proporcionado especialmente pelo aumento da capacidade de acúmulo de água, advindo com a construção da barragem.

Em Conceição de Cima, contemplada com três barragens sucessivas, foram construídos poços amazonas, de grande capacidade de produção. Todos instalados com bomba, equipados com reservatórios elevados, de fibra de vidro, com 20.000 litros de capacidade. Cada sistema dispõe de um chafariz e uma lavanderia. Itens negociados com a comunidade.

Da mesma forma e com estrutura idêntica, a barragem que serve a comunidade de São José da Caiçarina, também conta com poço amazonas equipado, caixa d'água elevada, chafariz e lavanderia. As Figuras 7.2 a 7.7 apresentam aspectos dos sistemas de distribuição de água e resultados da utilização da água na pequena irrigação.

Todas as obras estão sob a responsabilidade das respectivas associações comunitárias.

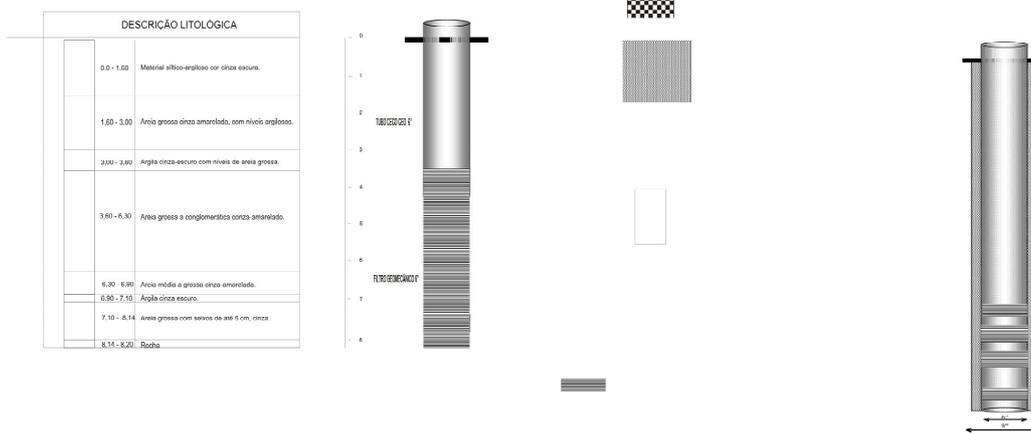


Figura 7.1 – Perfis litológico e construtivo, riacho Caraúna – Quixeramobim/CE



Figura 7.2 – Chafariz em construção, Serra Talhada - PE



Figura 7.3 – Chafariz em construção, Serra Talhada - PE



Figura 7.4 – Chafariz em construção, Serra Talhada - PE



Figura 7.5 – Chafariz em construção, Serra Talhada - PE



Figura 7.6 – Sistema de pequena irrigação, Serra Talhada - PE



Figura 7.7 – Produção de cenoura, barragem de Icó, Pocinhos – PB, junho de 2009

8. MONITORAMENTO QUALITATIVO E QUANTITATIVO NAS BARRAGENS CONSTRUÍDAS

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	149
8.1. Variação temporal da condutividade na área-piloto de Serra Talhada - PE	150
8.2. instalação de equipamentos de medição de chuva e de níveis/vazões na bacia do riacho São Domingos, Serra Talhada - PE	154
8.3. Área-piloto de Ingá, Custódia – PE	157
8.4. Monitoramento da Barragem no riacho Caraúna	158
8.5. Conclusões e recomendações	182

INTRODUÇÃO

As atividades de monitoramento foram programadas para início antes da construção, com análises de qualidade e, após a construção das barragens com observação das variações de níveis e qualidade da água contida nos reservatórios. O fato de não se ter uso pleno nas atividades agrícolas manteve o consumo baixo, provocando por um momento que algumas barragens se mantivessem cheias e, por outro, interferindo negativamente na recarga do aquífero, também com variações de níveis pouco significantes.

Quanto ao aspecto qualitativo, exceto nos períodos de chuvas a amostras coletadas superficialmente, com uma condutividade da ordem de 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$, abre uma perspectiva muito otimista com referência a melhoria da qualidade das reservas, se meios de captação artificiais e subterrâneos puderem ser instalados.

De um modo geral pode-se perceber uma tendência cíclica de elevação de condutividade elétrica tendendo ao máximo pico da estiagem quando os níveis de água tendem ao mínimo e tendendo a um mínimo quando do final dos períodos de chuva, e a aluvião encontra-se saturada de água nova..

O monitoramento da qualidade da água é fundamental para viabilização de programas de manejo e uso. Do mesmo modo é necessário ampliar o número de pontos de amostragens, pois o comportamento evolutivo da salinidade tem relação com a origem do caudal que alimenta o riacho principal.

Devido a situação especial de consumo verificada na área piloto de Quixeramobim, esta foi escolhida para ser modelo, no programa de monitoramento, iniciado antes da construção da barragem, prolongando-se até janeiro de 2009. Os dados coletados e analisados demonstram que há recarga quando a precipitação é favorável e que a salinidade tende sempre a baixar, quando existe uso regular da água. Estas observações, invariavelmente ocorrem nas outras áreas-piloto.

A seguir estão apresentados os resultados obtidos com um trabalho executado na área-piloto de Serra Talhada e relatório de reconhecimento para instalação de um pluviômetro – operado pela própria comunidade com uma seção de medição de vazão para dados hidrológicos, dados do monitoramento de níveis, qualidade e chuvas, ocorrido em Quixeramobim – CE.

8.1. Variação temporal da condutividade na área-piloto de Serra Talhada - PE

A medição de condutividades foi iniciada antes de construção das barragens, quando do estudo prévio para locação das barragens subterrâneas, que foram instaladas em janeiro de 2007. Os resultados dessas primeiras medições são apresentados a seguir, juntamente com aquelas realizadas após a construção das mesmas.

As Figuras 8.1 e 8.2 demonstram que antes da construção das barragens, em setembro e novembro de 2006, se verificavam condutividades em torno de 1000 $\mu\text{S/cm}$ no Riacho São Domingos. Nos períodos de seca, a água foi amostrada em poços escavados (Figura 8.1) e cacimbas (Figura 8.2), onde se percebe que há tendência de condutividades maiores nas barragens SDZW2 e SDZW4.

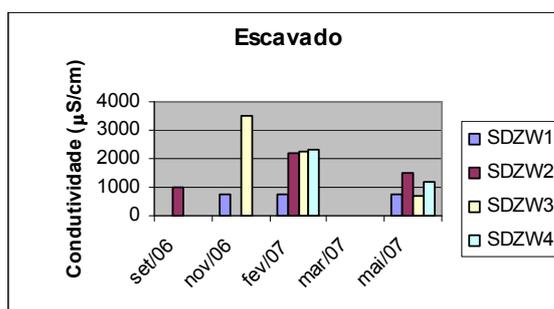


Figura 8.1 - Condutividades em amostras de leito escavado

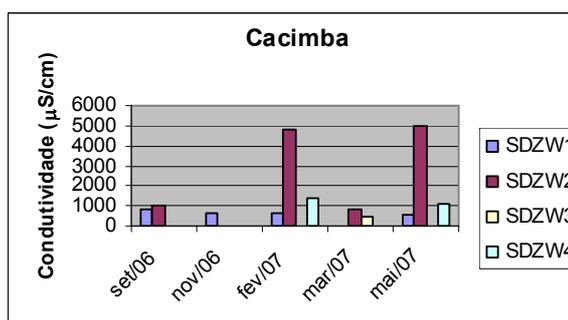


Figura 8.2 - Condutividades em amostras de cacimbas escavadas na aluvião

A partir de fevereiro, período de chuvas no sertão, as condutividades mostram tendência de aumento, como o verificado nas cacimbas (Figura 8.2), onde se encontram valores de condutividades até 5 vezes superiores aos verificados no período anterior. Este comportamento é esperado no início dos eventos de chuva, quando os riachos trazem e disponibilizam uma carga de sedimentos em suspensão que até então estava estocada na bacia.

De setembro de 2006 a maio de 2007, a única coleta em que havia água corrente nos riachos foi em março de 2007, quando se verificaram os menores valores de condutividade, em torno de 400 $\mu\text{S/cm}$ (Figura 8.3). Neste período, se observa também a tendência de diluição dos sais dissolvidos em função do aumento da lâmina de água e renovação, com aumento das condutividades na direção de jusante, devido ao aumento da área de drenagem.

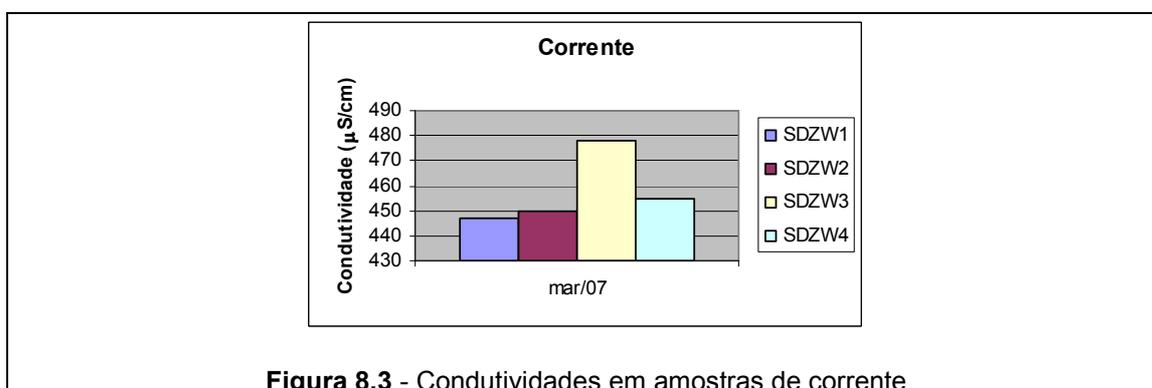


Figura 8.3 - Condutividades em amostras de corrente

Em agosto de 2007 foram construídos 10 piezômetros, a montante e jusante de cada barragem subterrânea, para monitoramento dos níveis da água. A montante das quatro barragens (SDPI_1), montante de cada uma das barragens (SDPI2, SDPI4, SDPI6 e SDPI8) e mais à

jusante da última (SDPI_10) foram obtidas amostras para medições de condutividades, apresentadas a seguir (Figura 8.4).

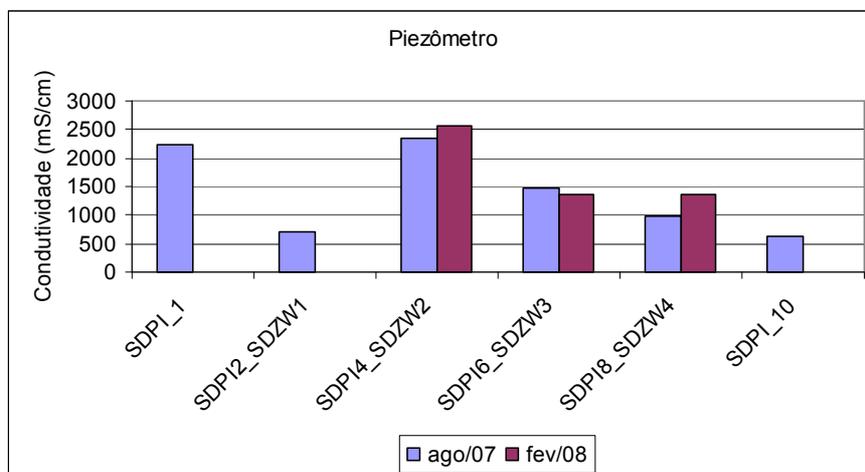


Figura 8.4 - Condutividade em piezômetros à montante das barragens subterrâneas

Os piezômetros construídos na estação seca demonstram condutividades elevadas à montante da primeira barragem e uma diminuição muito acentuada na primeira barragem, o que pode ser devido à diluição propiciada pelo aumento de água armazenada. O piezômetro situado na segunda barragem apresenta um aumento grande de condutividade, vale lembrar que entre a primeira e a segunda barragem não existem aportes significativos de tributários, o que vem a ocorrer na barragem 3, onde se tem a diminuição das condutividades em ambos os períodos (agosto/2007 e fevereiro/2008).

Na barragem 4 os níveis de condutividade não se modificam muito, embora também não existam novos tributários significativos entre as barragens 3 e 4. Distante cerca de 2 km à jusante das barragens, o piezômetro SDPI_10 apresentou as menores condutividades do conjunto de piezômetros.

A Figura 8.5 apresenta os níveis d'água encontrados nos piezômetros das barragens 2, 3 e 4 após sua construção, em agosto de 2007 (início do período seco) e em fevereiro de 2008 (final do período seco).

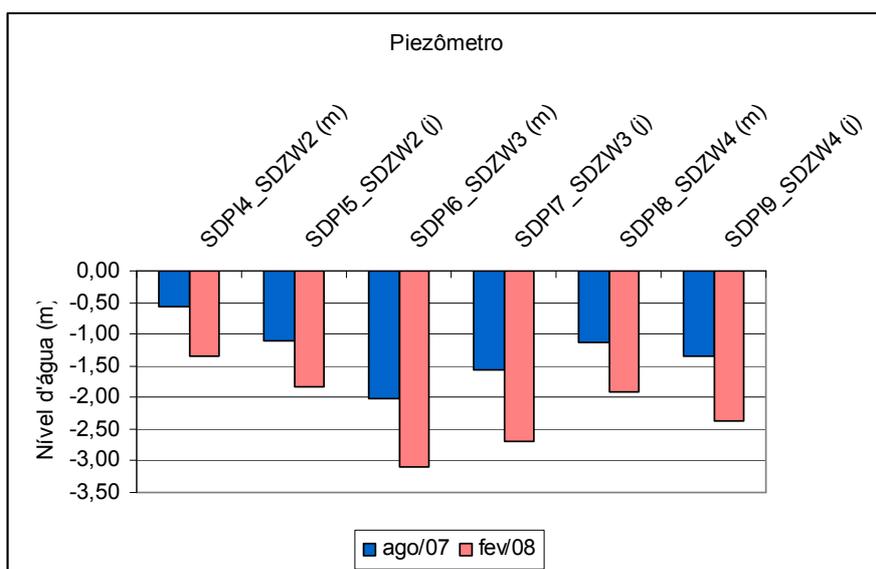


Figura 8.5 - Níveis d'água nos piezômetros à montante e jusante das barragens

É possível perceber que o nível d'água baixou cerca de 1 metro do início para o final do período seco, em decorrência da falta de recarga e do uso da água. A obtenção dos níveis d'água à montante e jusante de cada barragem é dedicada à observação do rebaixamento em função do barramento. Esse rebaixamento nos piezômetros de jusante do barramento foi demonstrado na barragem 2 e na barragem 4. Na barragem 3 ocorreu comportamento inverso, níveis mais elevados à jusante do que à montante do barramento, provavelmente em função de aspectos construtivos do piezômetro, como sua localização em relação ao leito do riacho e profundidade do embasamento.

Estas observações deverão continuar para que se possa emitir uma avaliação sobre o efeito de sucessivos barramentos sobre a disponibilidade de água aluvionar, no entorno das barragens subterrâneas e à jusante.

As tabelas 8.1 e 8.2 apresentam respectivamente os dados obtidos nos piezômetros em agosto 2007, janeiro e fevereiro de 2008.

Tabela 8.1 – Dados obtidos nos piezômetros em agosto de 2007

Barragem	Piezômetros	NA (m)	Prof. (m)	H (m)	Temp água (°C)	pH	Cond $\mu\text{S.cm}^{-1}$
SDZW1	SDPI_1	1.98	2.68	0.70	31,2	7,28	2230
	SDPI_2 (m)	1.90	2.04	0.14	25,9	7,18	702
	SDPI_3 (j)	1.61	1.95	0.34	x	x	x
SDZW2	SDPI_4 (m)	0.56	2.24	1.68	25,2	7,34	2350
	SDPI_5 (j)	1.10	2.28	1.18	x	x	x
SDZW3	SDPI_6 (m)	2.02	3.72	1.70	31,0	6,93	1467
	SDPI_7 (j)	1.56	3.6	2.04	x	x	x
SDZW4	SDPI_8 (m)	1.13	2.43	1.30	31,6	6,87	992
	SDPI_9 (j)	1.35	3.43	2.08	x	x	x
	SDPI_10	1.31	4.37	3.06	30,7	7,45	615

Tabela 8.2 – Dados obtidos nos piezômetros em janeiro e fevereiro de 2008

PONTO	UTM	LOCALIZAÇÃO	TIPO	MAI/07	AGO/07
SDZW1	593538 / 9101302	Riacho São Domingos, localidade de São José da Caiçarinha.	C	X	X
SDZW2	592131 / 9100596	Riacho São Domingos, localidade de Conceição de Cima.	PI	X	X
SDZW3	591537 / 9099678	Riacho São Domingos, entre as localidades de Conceição de Cima e Conceição de Baixo.	PI	X	X
SDZW4	590956 / 9099362	Riacho São Domingos, localidade de Conceição de Baixo.	C	X	X
SD12	599249 / 9103336	Cacimba no Riacho São Domingos (SE da Serra Grande), na localidade de Santana do Meio.	C	X	X
SD14	592217 / 9099962	Cacimba no Riacho dos Caibros, junto ao cruzamento do riacho com a estrada de acesso a São José da Caiçarinha.	C	X	X
SD15c	592638/ 9100032	Cacimba no Riacho dos Caibros, jusante cachoeira.	C	---	X
SDC2	595027/ 9102170	Riacho da Lagoa, jusante de Caiçarinha da Penha.	C	---	X
SDC3	586719/ 9098048	Riacho São Domingos, jusante de Conceição de Baixo.	C	---	X
SDC4	591638/ 9100430	Cacimba no Riacho Cacimbinha, próximo a localidade de Conceição de Cima.		---	X
SDJ9	584884/ 9096514	Riacho São Domingos, localidade de Tauapiranga.	C	---	X
SDPA	586854/ 9098842	Localidade de Cachoeira do Sá, montante da localidade de São Domingos.	C	---	X
SDPI10	590702/ 9099136	Riacho São Domingos, jusante das quatro barragens subterrâneas.	PI	---	X

8.2. Instalação de equipamentos de medição de chuva e de níveis/vazões na bacia do riacho São Domingos, Serra Talhada - PE

Para estabelecer um melhor conhecimento sobre as taxas de precipitação de chuvas e forma de escoamento, foi realizado um reconhecimento de campo na região correspondente a bacia hidrográfica superior do vale do riacho São Domingos. O objetivo foi a definição de local apropriado para instalação de equipamentos de medição de chuva, níveis e vazões da drenagem principal, nos trechos influentes às barragens subterrâneas construídas nas comunidades de São José da Caiçarinha e São José, Município de Serra Talhada-PE.

8.2.1. Pluviometria

Visando a um estudo pluviométrico mais detalhado da área piloto, envolvendo todos os pontos de medição de chuva, de todas as instituições operadoras na bacia, decidiu-se por iniciar o monitoramento de uma estação climatológica na área de interesse. Para isso, resolveu-se escolher um local adequado para instalação de um pluviômetro e um tanque evaporimétrico para início de séries temporais.

Este ponto foi determinado no Povoado de Conceição de Cima, pertencente ao Distrito de Serra Talhada, denominado Caiçarinha da Penha. Para materialização do ponto, que tem distância de aproximadamente 4 km do Distrito, foram aferidas coordenadas geográficas com GPS, sendo as mesmas iguais a "08°08'15,9 S" e "38°09'33,1 W". O ponto refere-se ao quintal da residência do Sr. Antônio Selmo, vice-presidente da Associação de Moradores da Comunidade, com instrução e interesse suficientes para realizar a tarefa de observador, motivo que o levou ao preenchimento da ficha cadastral.

Como justificativa, a localização entre a primeira e a segunda barragem, de montante para jusante, possibilita uma representatividade significativa do comportamento hidrológico nas áreas das barragens, como também subsidia um balanço hídrico de maior precisão após as séries geradas. Assim foi realizada a limpeza e terraplenagem da área identificada na forma de platô, para implantação de um cercado, construído com mourões e tela galvanizada, nas dimensões necessárias ao funcionamento perfeito do tanque classe A e guarda dos equipamentos.

8.2.2. Fluviometria

Com o intuito de descobrir seções transversais ideais ao longo do leito seco do rio principal, ou seja, que fosse composta de afloramentos rochosos para construção de obras hidráulicas de baixo custo, partiu-se para sondagem verbal através dos nativos. Esta ação resultou no conhecimento da inexistência das seções desejadas. Mesmo assim foi possível identificar as duas seções tecnicamente melhores para monitoramento simultâneo dos níveis (seção de réguas) e vazões (seção de medição), uma a montante e outra a jusante do conjunto de barragens.

As margens definidas e estabilizadas, os trechos retilíneos e a possibilidade de dispor-se de observadores hidrológicos, foram as características principais verificadas. Diferentemente como se pensava, foi importante saber que o tempo de resposta da vazão não era tão rápido, podendo ser medido através do método convencional, com molinetes.

Ainda, através de informações obtidas com os moradores das margens e comunidades próximas, tomou-se conhecimento de que a malha fluvial durante os meses chuvosos, de janeiro a abril, passa muito tempo com água, sendo o mês de março o mais crítico e provável para os picos de vazão.

8.2.2.1 Seção de Jusante

Localizada no ponto de coordenadas geográficas “08°09’4,8 S e 38°11’9,0 W”, aproximadamente 2 km à jusante da quarta barragem, última da sequência, e a 6 km da comunidade de Conceição de Cima. O local apresentou na margem direita um barranco arenoso definido pela última cheia, enquanto na margem esquerda foi constatado presença de rochas aflorantes, seguida de talude pouco íngreme, caracterizando um estreitamento do curso natural em cotas altas.

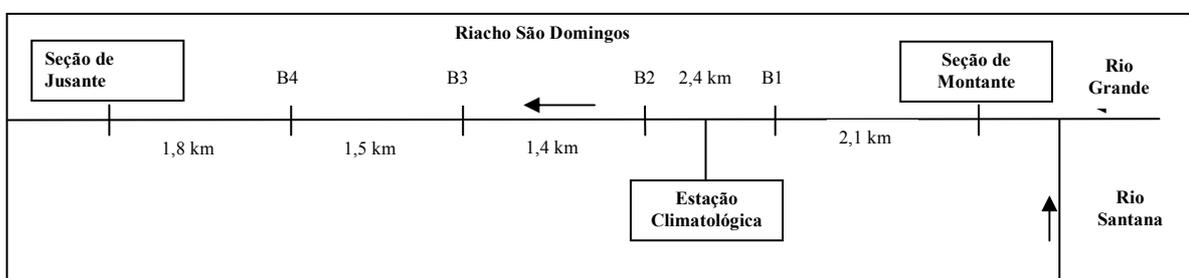
Além disso, foi observada a presença de casas residenciais no entorno, favorecendo o futuro recrutamento de observadores hidrológicos. As informações também indicam a inexistência de fugas e contribuições no intervalo entre a seção escolhida e a quarta barragem barragens.

8.2.2.2 Seção de Montante

Localizada no ponto de coordenadas “08°07’35,2 S e 38°08’22,9 W”, aproximadamente 2 km a montante da primeira barragem e a 3 km da comunidade de Conceição de Cima. A margem direita adentra terreno de propriedade particular e a esquerda também delinea a calha natural em cotas altas. O ponto encontra-se a alguns metros a jusante da contribuição do rio Santana.

Regionalmente o riacho São Domingos toma a denominação de rio Grande, pela superioridade de seu porte em relação ao Santana, onde foi possível observar um reservatório de grande volume, provavelmente para abastecer o Distrito de Caiçarinha da Penha. Também foi constatada a inexistência de fugas e contribuições no trecho entre a seção e a primeira barragem.

8.2.3. DIAGRAMA UNIFILAR



8.2.4. PRECIPITAÇÃO MENSAL

Após a instalação da estação pluviométrica, começaram a ser executadas as leituras e registros diários da precipitação. Os dados obtidos estão apresentados a seguir, representando a precipitação mensal em milímetros, no período de novembro de 2007 a junho de 2009;

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2007											12,5	2,0	-
2008	23,8	134,0	304,5	203,7	65,0	13,5	61,1	3,0	0	0	0	0	808,6
2009	69,2	107,1	167,3	238,2	234,5	35,0							
Média	46,5	120,5	235,9	220,9	149,8	24,3	61,1	3,0	0	0	6,3	1,0	808,6

8.2.5. ILUSTRAÇÃO FOTOGRÁFICA

Localção de Estação Climatológica (figuras 8.6 e 8.7)

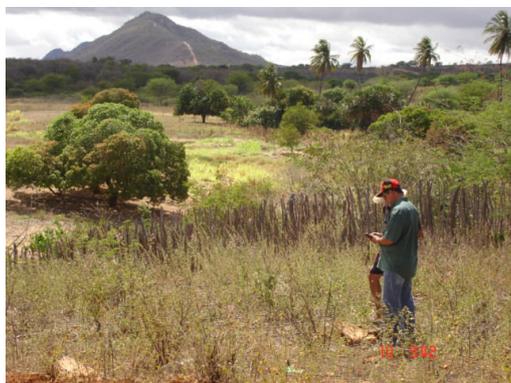


Figura 8.6 – locação da estação



Figura 8.7 – locação da estação

Seção Transversal de Jusante (figuras 8.8 e 8.9)



Figura 8.8 – Vista montante



Figura 8.9 – Vista jusante

Localção da Seção Transversal de Montante (figuras 8.10 a 8.15)



Figura 8.10 – Margem esquerda



Figura 8.11 – Encontro do rio Santana com o riacho São Domingos



Figura 8.12 – Margem esquerda



Figura 8.13 – Margem esquerda



Figura 8.14 – Margem esquerda



Figura 8.15 – Calha à jusante

8.3. Área-piloto de Ingá, Custódia – PE

De forma similar a área-piloto de Quixeramobim, no Ceará, em Ingá há uso regular da água aluvionar. Durante todo o período de atuação do projeto não foram observadas mudanças significativas na condutividade elétrica da água, mesmo considerando os rebaixamentos de níveis da água, a medida da progressão de período de estiagem.

Em 20.11.2008, no poço de abastecimento, foi medida a altura molhada em 1,90 m, valor maior que o medido em 06.12.2007 de 1,73 m. As outras medições obtidas também nesta data foram: Boca do poço até o NE 3,70 e Boca do poço até referência de nível instalada fora do poço 1,70 m. A condutividade elétrica, nessas condições, recua para a faixa entre 800 e 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ retornando paulatinamente para a referência de 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

8.4. Monitoramento da Barragem no riacho Caraúna

8.4.1. Rede de Observação - Piezômetros

Foram construídos quatorze poços piezômetros no riacho Caraúnas, a montante da barragem subterrânea. Outros três poços tubulares desativados foram utilizados como ponto de observação.

Os poços piezométricos foram construídos com trado manual, revestidos com tubo PVC de 2" de diâmetro, a maioria deles seccionando toda a aluvião. O poço mais afastado do barramento está a uma distância de 6,2 km do eixo da barragem.

As Figuras 8.6, 8.7 e 8.8 apresentam a localização dos piezômetros e poços de observação em toda rede de drenagem, na área de influência na barragem.

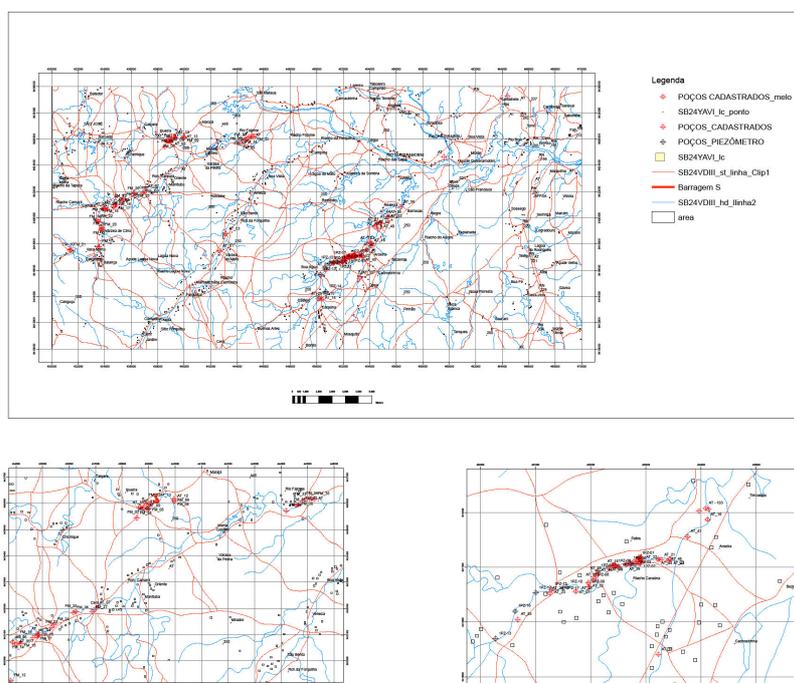


Figura 8.6 - Localização dos piezômetros e o total de poços cadastrados

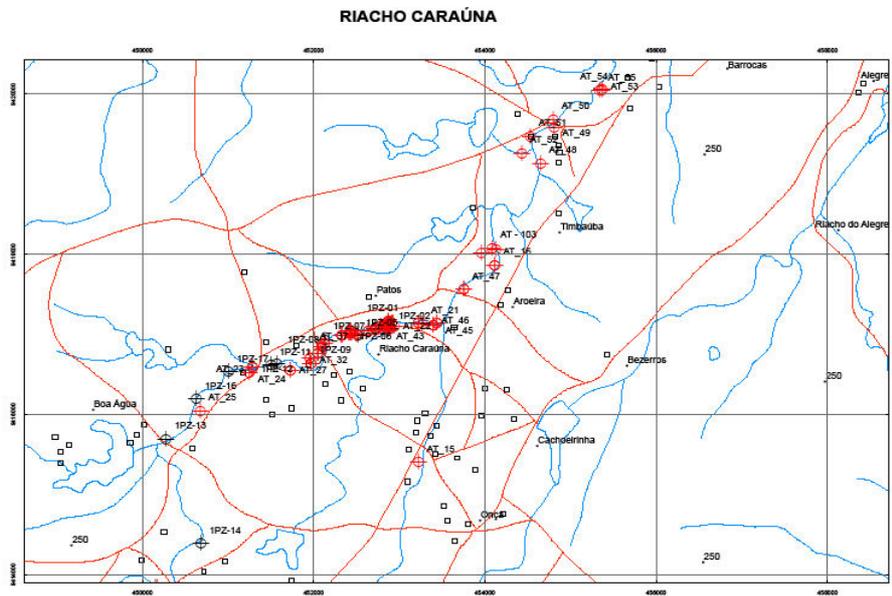


Figura 8.7 - Localização dos piezômetros e o total de poços cadastrados, riacho Caraúna

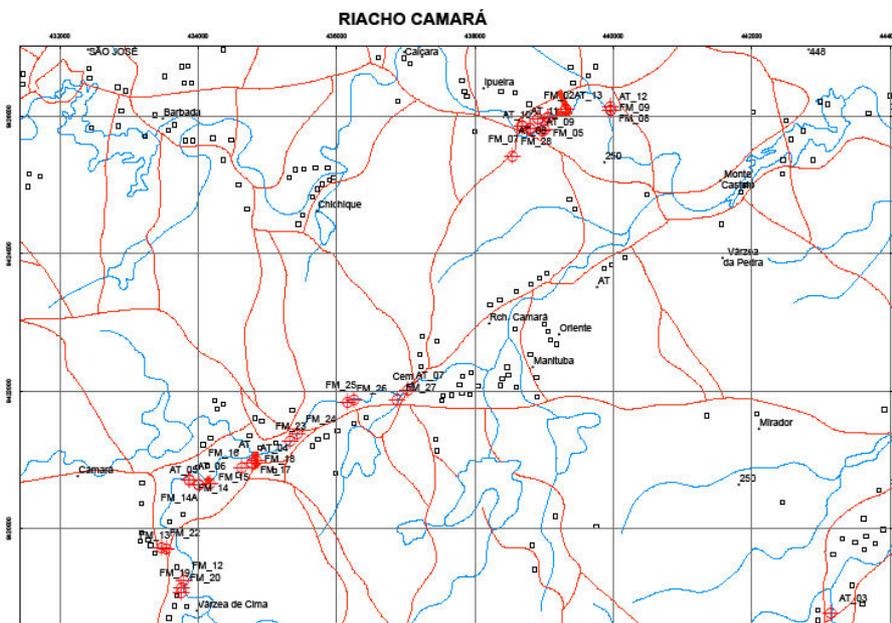


Figura 8.8 - Localização dos piezômetros e o total de poços cadastrados, riacho Camará

8.4.2. Monitoramento

Os períodos de monitoramento compreenderam os meses de junho a dezembro de 2007 e junho de 2008 a janeiro de 2009, correspondendo aos períodos de estiagem. Os dados coletados resumem-se à determinação do nível estático e a condutividade elétrica, correspondendo a uma amostra mensal por poço.

Os dados tabulados, embora em número reduzido do ponto de vista estatístico, parecem indicar que a barragem subterrânea é a responsável pelo aumento do nível da água subterrânea aluvial reservada. A barragem, também pode ser associada à redução, ainda que pouco significativa, dos índices de condutividade elétrica medidos nos poços piezômetros.

Uma outra observação importante diz respeito aos sistemas de abastecimento público que captam água aluvial, a montante da barragem subterrânea. Estes sistemas, nos anos de 2007 e 2008 não sofreram redução na oferta de água às populações rurais, de forma contrária aos anos anteriores, quando o fornecimento de água chegava até a ser interrompido, notadamente nos meses de outubro a janeiro.

As Tabelas 8.3 a 8.20 e as Figuras 8.5 a 8.25 apresentam dados de monitoramento em poços de observação e pluviômetro.

Tabela 8.3. – Condutividade elétrica em 2006

Nº	Localidade	Condutividade Elétrica $\mu\text{S}/\text{cm}$ - 2006					USO
		14.10	30.10	04.12	16.12	30.12	
01	Guaribas	1.051	1.000	1.133	1.144	1.035	abastecimento público
02	Várzea de Cima	1.209	1.214	1.261	1.297	1.192	abastecimento público
03	Limeira/Cajueiro	1.625	1.508	1.659	1.633	1.632	Irrigação
04	Ipueiras	1.293	1.263	1.236	1.224	1.198	Irrigação
05	Retiro	1.644	1.558	1.523	1.589	1.539	abastecimento público
06	Caraúnas	1.179	1.062	1.099	1.087	1.032	abastecimento público
07	Onça	1.089	1.047	1.068	1.109	1.061	abastecimento público
08	Patos	1.188	1.154	1.084	1.079	1.090	abastecimento público

Tabela 8.4. - Condutividade elétrica em 2007

Nº	Localidade	Condutividade Elétrica $\mu\text{S}/\text{cm}$ - 2007						
		15.01	30.01	15.02	28.02	15.03	18.04	04.05
01	Guaribas	1.261	1.100	1.090	910	910	870	720
02	Várzea de Cima	1.467	1.230	1.200	1.100	1.120	1.130	1.110
03	Limeira/Cajueiro	1.741	1.640	1.600	1.350	1.340	1.350	1.370
04	Ipueiras	1.284	1.200	1.210	1.100	1.100	1.110	1.060
05	Retiro	1.684	1.560	1.560	1.400	1.320	1.300	1.250
06	Caraúnas	1.059	1.080	1.090	930	940	930	910
07	Onça	1.170	1.100	1.090	820	810	920	850
08	Patos	1.250	1.110	1.130	1.100	1.140	1.100	1.080

De uma maneira geral não são observadas variações significativas nas leituras de valores de condutividade elétrica, ressaltando-se o curto período de amostragem.

Tabela 8.5. - Variação de níveis estáticos e condutividades em período de chuvas - 2007

Variação de Níveis Estáticos e Condutividades em período de chuvas - 2007							
Parâmetros e Datas de medição	15.01	30.01	15.02	28.02	15.03	18.04	04.05
Poço tubular localizado a montante da barragem							
Nível Estático (m)	4,90	4,93	4,98	4,50	4,26	4,43	4,54
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S/cm}$)	1.341	1.350	1.370	1.000	970	900	920
Poço amazonas localizado a jusante da barragem							
Nível Estático (m)	3,72	3,76	3,83	3,10	2,58	2,70	2,81
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S/cm}$)	1.190	1.200	1.210	1.150	1.120	980	920

Tabela 8.6. - Pluviometria - riacho Caraúna

Pluviometria - riacho Caraúna			
Fevereiro de 2007		Março de 2007	
Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
04	3,50	01	35,70
06	5,80	02	5,10
13	2,90	04	6,00
15	1,70	08	4,90
16	22,00	09	11,80
17	28,50	14	5,70
18	30,00	15	2,20
19	0,60	16	4,40
20	3,30	19	12,00
21	1,60	23	5,00
23	27,40	24	1,00
24	5,20		
25	0,50		
26	1,60		
28	21,00		
Total/mês	155,60	Total/mês	93,80

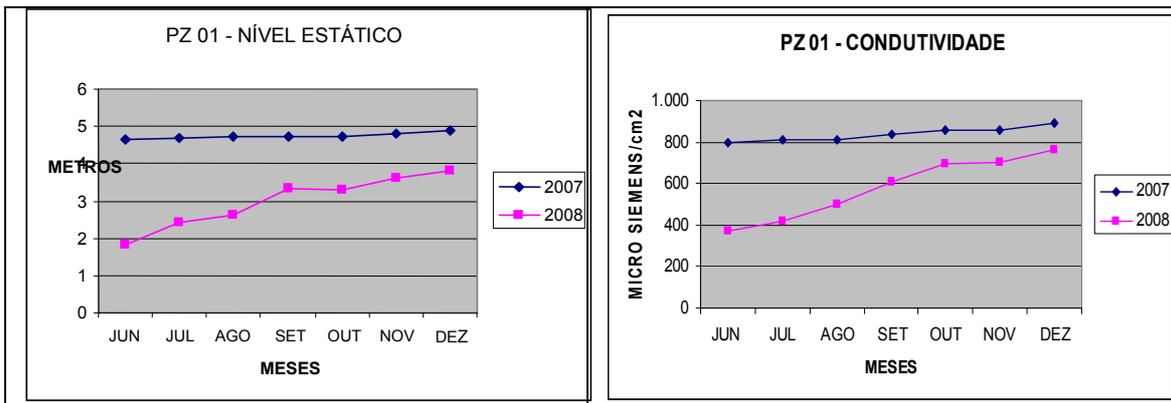


Figura 8.9 – PZ 01

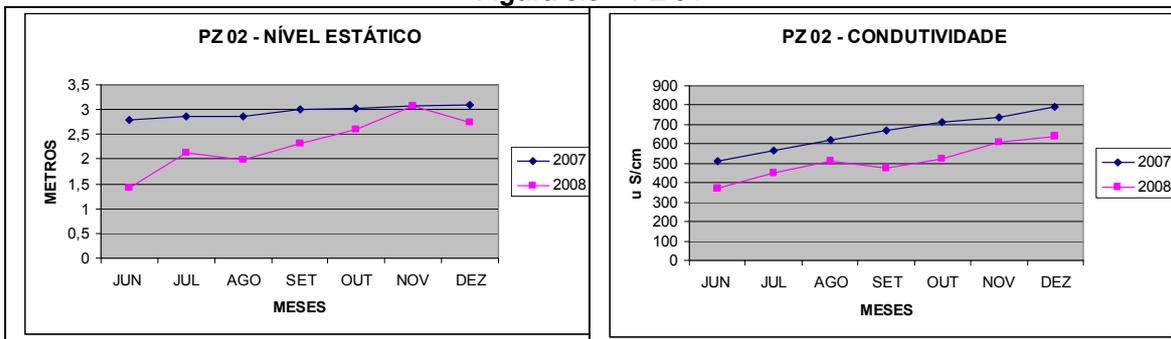


Figura 8.10 – PZ 02

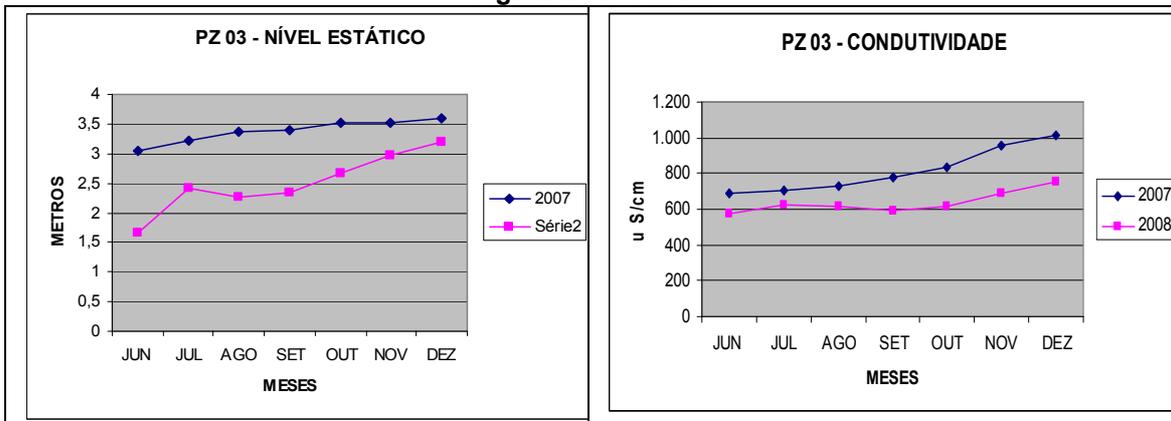


Figura 8.11 – PZ 03

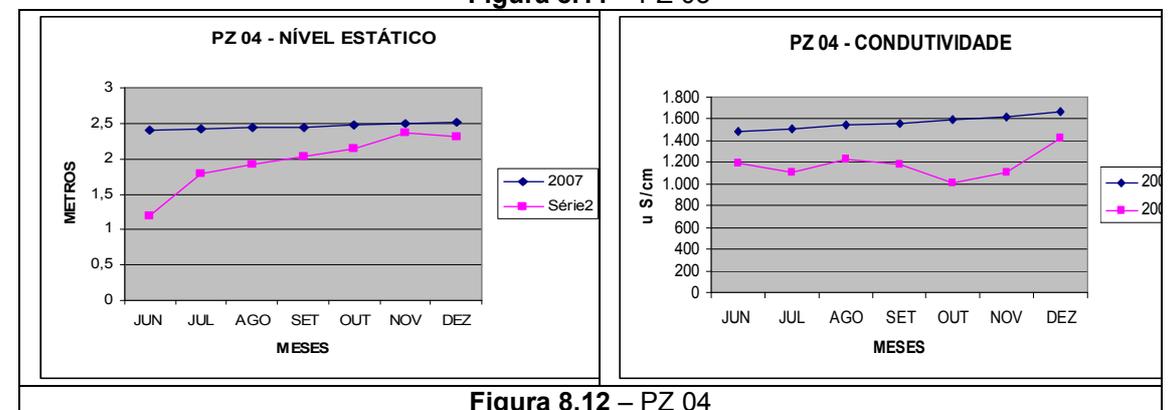


Figura 8.12 – PZ 04

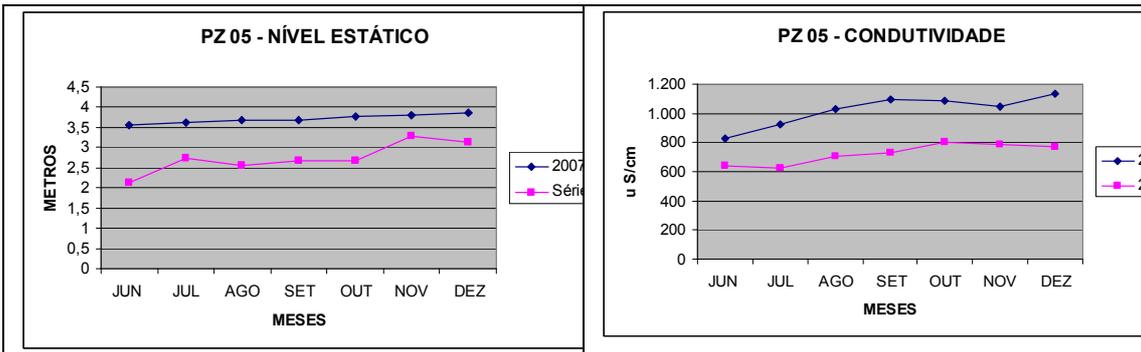


Figura 8.13 – PZ 05

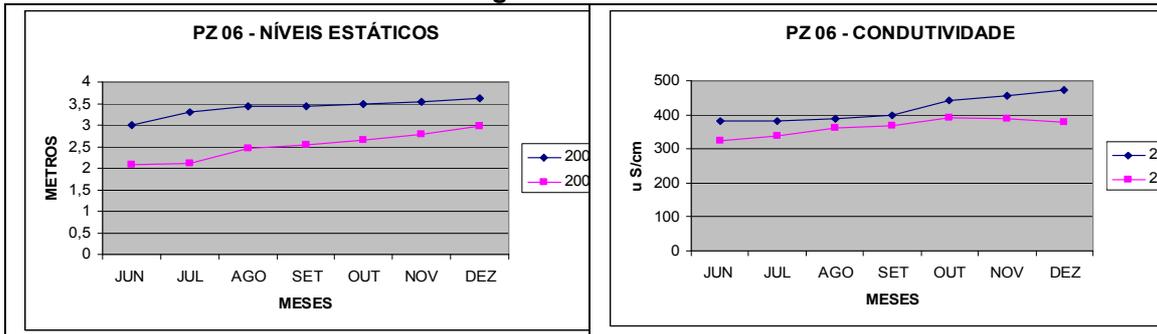


Figura 8.14 – PZ 06

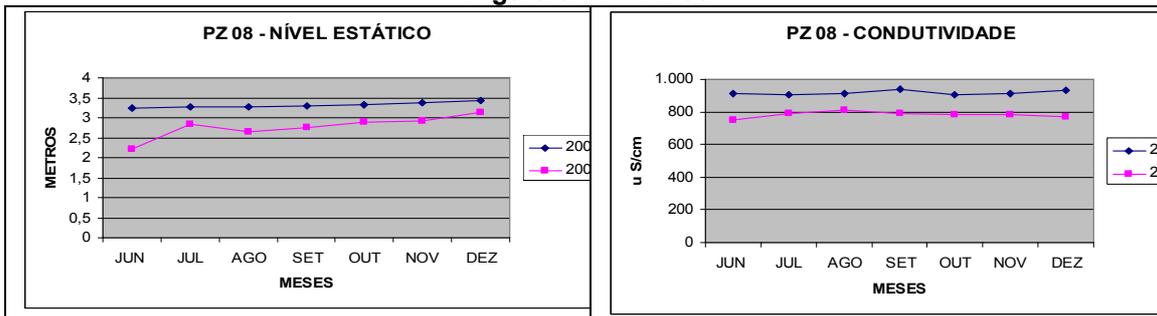


Figura 8.15 – PZ 08

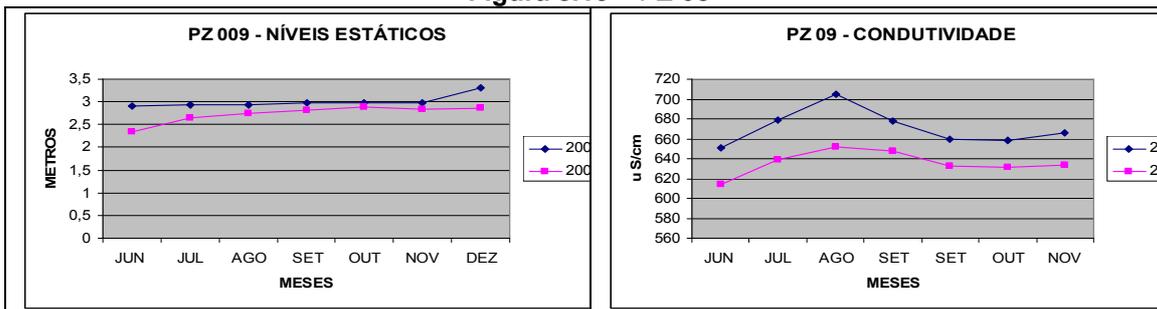


Figura 8.16 – PZ 09

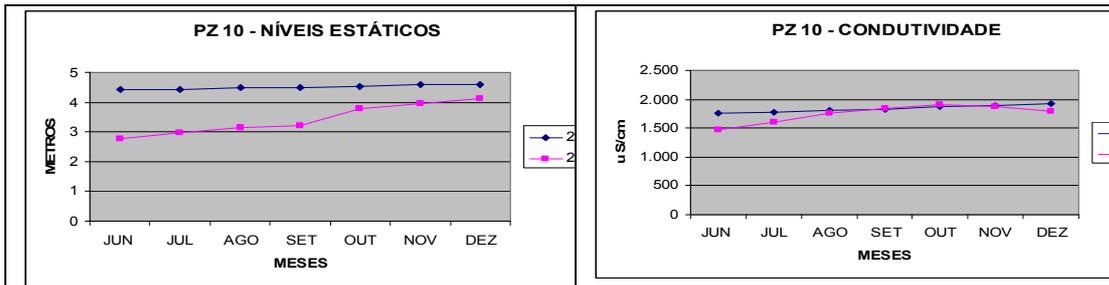


Figura 8.17 – PZ 10

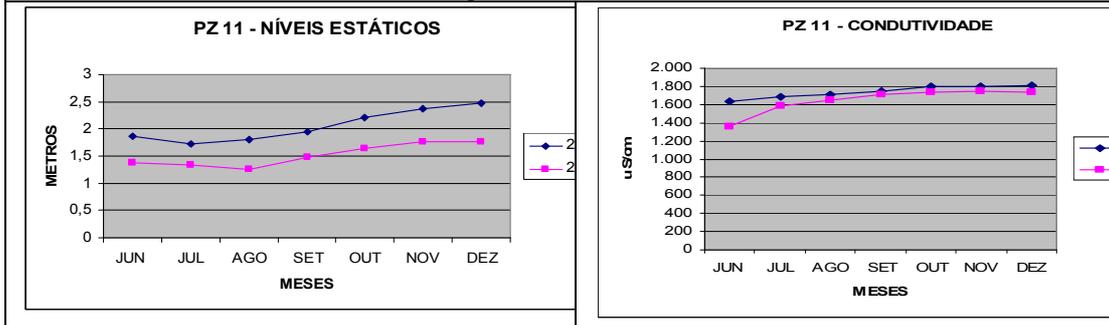


Figura 8.18 – PZ 11

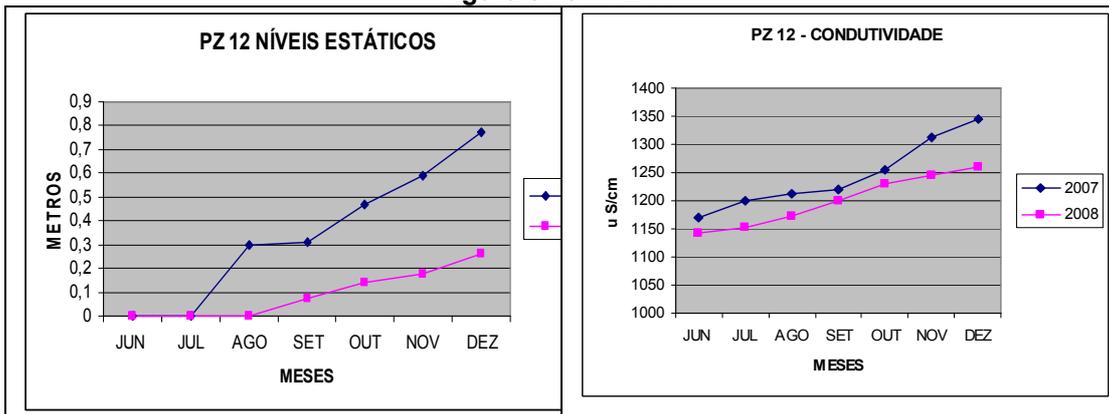


Figura 8.19 – PZ 12

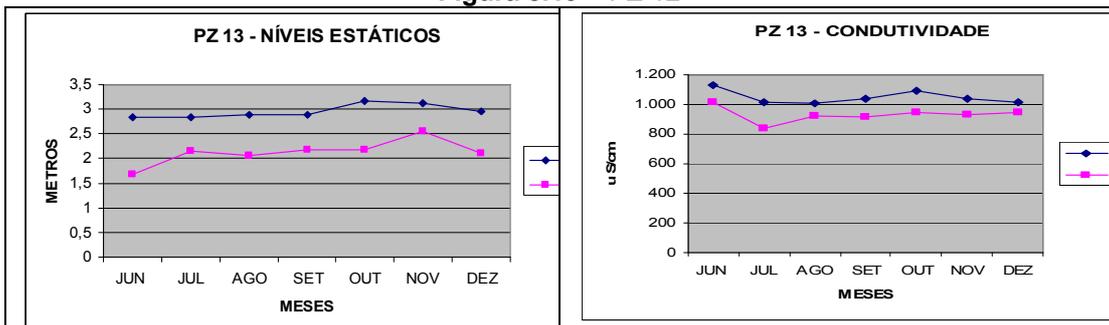


Figura 8.20 – PZ 13

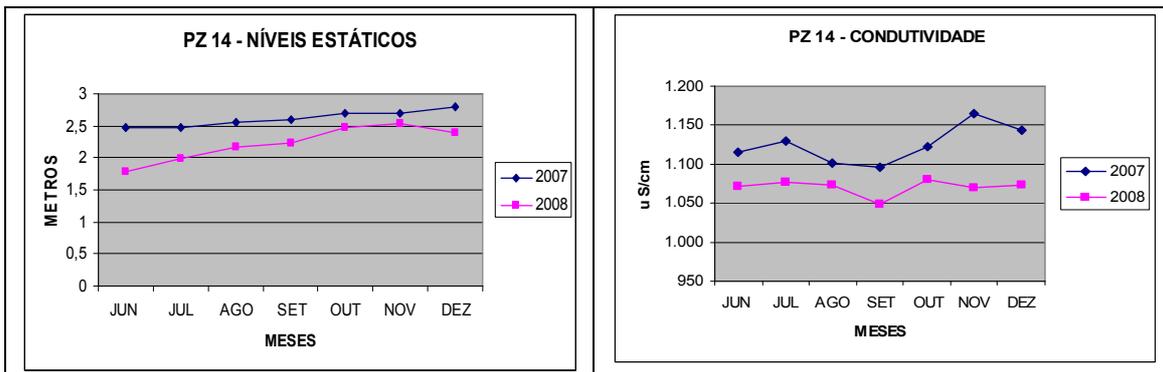


Figura 8.21 – PZ 14

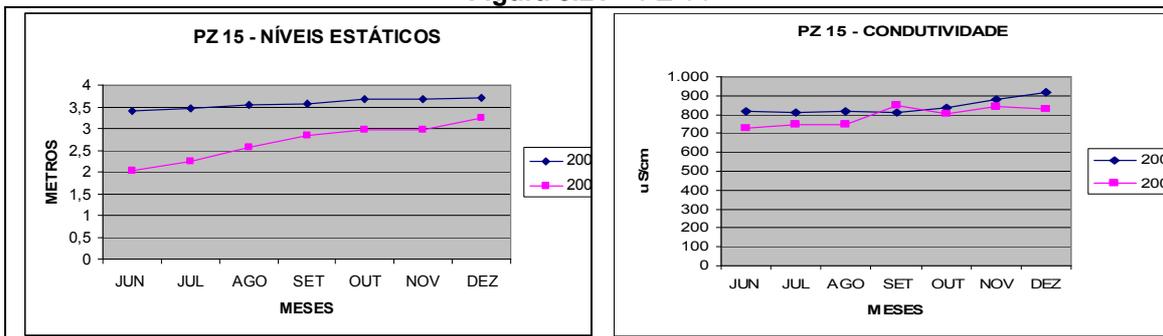


Figura 8.22 – PZ 15

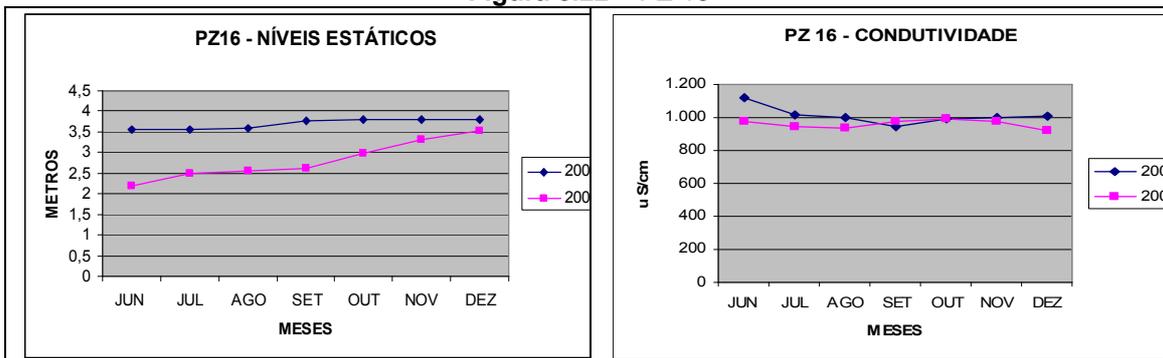


Figura 8.23 – PZ 16

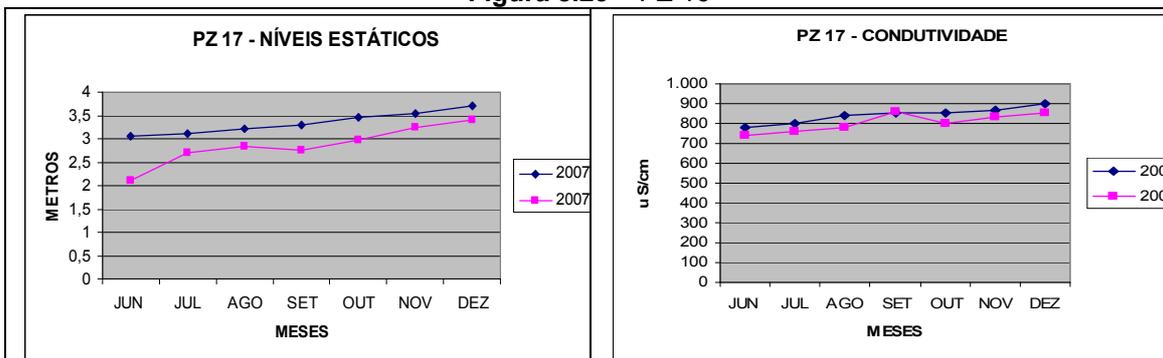


Figura 8.24 – PZ 17

Figura 25 – Nível estático e condutividade elétrica em janeiro de 2008 e janeiro de 2009

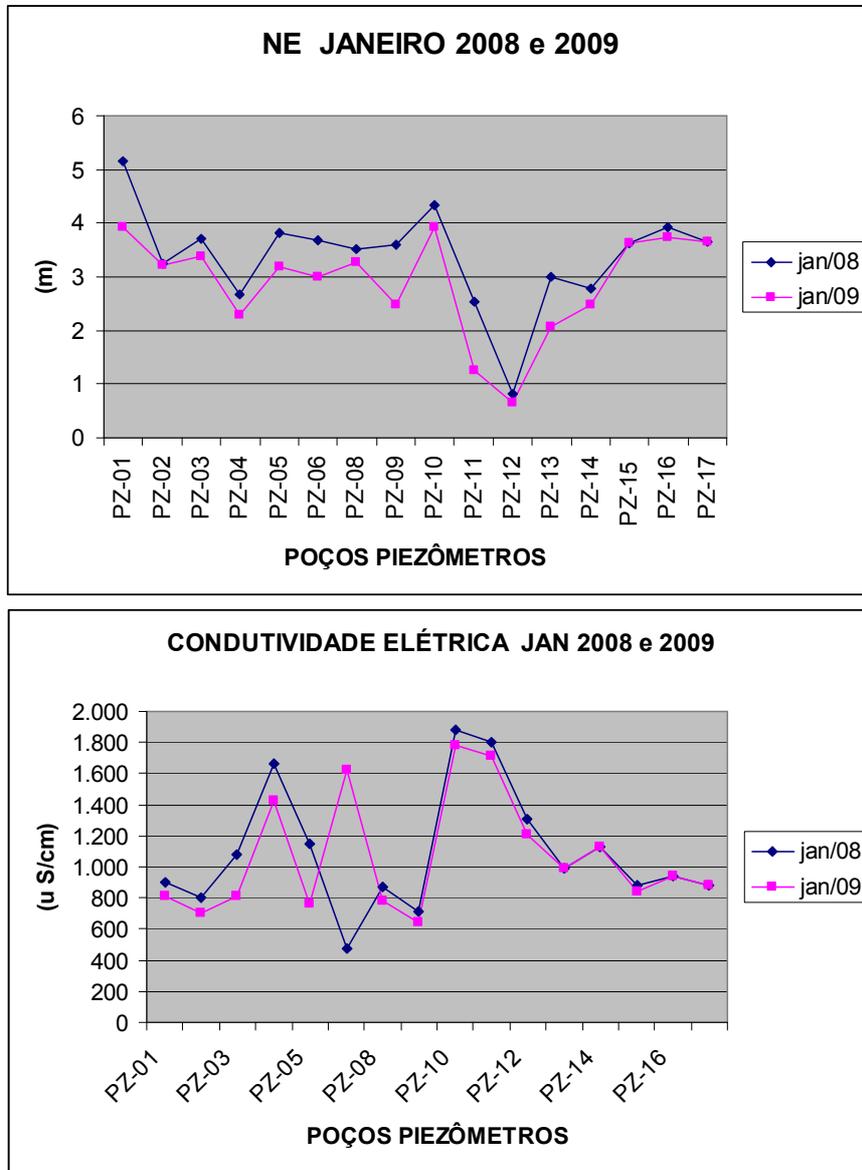


Tabela 8.7 - Barragem subterrânea do riacho Caraúna, Junho de 2007

Nº	Cad.	Coordenadas	Alt	Ø"	Alt.b	Prof.	Obs	µ S	N.E
01	<u>1 PZ-01</u>	9417172 – 452869	236	2	1,45	8,10		4,66	798
02	1 PZ-02	9417075 - 452894	230	1 ¼	0,88	4,10		2,79	508
03	1 PZ-03	9417068 - 452810	239	1 ¼	0,92	4,10		3,04	688
04	1 PZ-04	9417081 - 452715	233	1 ¼	0,73	6,20		2,41	1.489
05	1 PZ-05	9416993 – 452515	228	6	0,30	6,85		3,55	828
<u>06</u>	<u>1 PZ-06</u>	<u>9417029 – 452441</u>	<u>255</u>	<u>1 ¼</u>	<u>0,35</u>	<u>7,12</u>	<u>AT 35</u>	<u>3</u>	<u>383</u>
07	1 PZ-07	9416941 – 452131	235	1 ¼	0,49	5,80		-	-
<u>08</u>	<u>1 PZ-08</u>	<u>9416770 – 452050</u>	<u>237</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>7,35</u>	<u>AT 30</u>	<u>3,24</u>	<u>911</u>
<u>09</u>	<u>1 PZ-09</u>	<u>9416644 – 451970</u>	<u>223</u>	<u>6</u>	<u>0,18</u>	<u>9,00</u>	<u>AT 32</u>	<u>2,9</u>	<u>651</u>
10	1 PZ-10	9416648 – 451571	236	1 ½	1,36	5,00		4,41	1.749
11	1 PZ-11	9416623 – 451505	228	1 ¼	1,42	3,10		1,87	1.633
<u>12</u>	<u>1 PZ-12</u>	<u>9416601 – 451286</u>	<u>238</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>5,36</u>	<u>AT 23</u>	<u>0</u>	<u>1170</u>
13	1 PZ-13	9415702 – 450278	244	1 ¼	0,85	5,05		2,83	1.129
14	1 PZ-14	9414395 – 450684	245	1 ¼	0,36	6,30		2,47	1.116
15	1 PZ-15	9413845 – 450156	222	1 ½	0,63	5,05		3,4	814
16	1 PZ-16	9416202 – 450632	240	1 ¼	1,18	5,00		3,55	1.120
17	1 PZ-17	9416539 – 451005	241	1 ¼	1,43	4,24		3,05	780

Tabela 8.8 - Barragem Subterrânea do riacho Caraúna, Julho de 2007

Nº	Cad.	Coordenadas	Alt	Ø"	Alt.b	Prof.	Obs	μ S	N.E
01	<u>1 PZ-01</u>	9417172 – 452869	236	2	1,45	8,10		4,7	811
02	1 PZ-02	9417075 - 452894	230	1 ¼	0,88	4,10		2,87	566
03	1 PZ-03	9417068 - 452810	239	1 ¼	0,92	4,10		3,21	705
04	1 PZ-04	9417081 - 452715	233	1 ¼	0,73	6,20		2,43	1.505
05	1 PZ-05	9416993 – 452515	228	6	0,30	6,85		3,61	926
<u>06</u>	<u>1 PZ-06</u>	<u>9417029 – 452441</u>	<u>255</u>	<u>1 ¼</u>	<u>0,35</u>	<u>7,12</u>	<u>AT 35</u>	3,31	381
07	1 PZ-07	9416941 – 452131	235	1 ¼	0,49	5,80		-	-
<u>08</u>	<u>1 PZ-08</u>	<u>9416770 – 452050</u>	<u>237</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>7,35</u>	<u>AT 30</u>	3,26	907
<u>09</u>	<u>1 PZ-09</u>	<u>9416644 – 451970</u>	<u>223</u>	<u>6</u>	<u>0,18</u>	<u>9,00</u>	<u>AT 32</u>	2,93	679
10	1 PZ-10	9416648 – 451571	236	1 ½	1,36	5,00		4,44	1.777
11	1 PZ-11	9416623 – 451505	228	1 ¼	1,42	3,10		1,73	1.689
<u>12</u>	<u>1 PZ-12</u>	<u>9416601 – 451286</u>	<u>238</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>5,36</u>	<u>AT 23</u>	<u>0</u>	<u>1.199</u>
13	1 PZ-13	9415702 – 450278	244	1 ¼	0,85	5,05		2,84	1.019
14	1 PZ-14	9414395 – 450684	245	1 ¼	0,36	6,30		2,48	1.129
15	1 PZ-15	9413845 – 450156	222	1 ½	0,63	5,05		3,47	807
16	1 PZ-16	9416202 – 450632	240	1 ¼	1,18	5,00		3,55	1.019
17	1 PZ-17	9416539 – 451005	241	1 ¼	1,43	4,24		3,11	799

Tabela 8.9 - Barragem subterrânea do riacho Caraúna, Agosto de 2007

Nº	Cad.	Coordenadas	ALT	Ø"	Alt.b	Prof.	Obs	μ S	N.E
01	<u>1 PZ-01</u>	9417172 – 452869	236	2	1,45	8,10		4,72	814
02	1 PZ-02	9417075 - 452894	230	1 ¼	0,88	4,10		2,87	621
03	1 PZ-03	9417068 - 452810	239	1 ¼	0,92	4,10		3,37	732
04	1 PZ-04	9417081 - 452715	233	1 ¼	0,73	6,20		2,45	1.549
05	1 PZ-05	9416993 – 452515	228	6	0,30	6,85		3,67	1.027
<u>06</u>	<u>1 PZ-06</u>	<u>9417029 – 452441</u>	<u>255</u>	<u>1 ¼</u>	<u>0,35</u>	<u>7,12</u>	<u>AT 35</u>	3,44	390
07	1 PZ-07	9416941 – 452131	235	1 ¼	0,49	5,80		-	-
<u>08</u>	<u>1 PZ-08</u>	<u>9416770 – 452050</u>	<u>237</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>7,35</u>	<u>AT 30</u>	3,27	913
<u>09</u>	<u>1 PZ-09</u>	<u>9416644 – 451970</u>	<u>223</u>	<u>6</u>	<u>0,18</u>	<u>9,00</u>	<u>AT 32</u>	2,93	705
10	1 PZ-10	9416648 – 451571	236	1 ½	1,36	5,00		4,51	1.814
11	1 PZ-11	9416623 – 451505	228	1 ¼	1,42	3,10		1,81	1.711
<u>12</u>	<u>1 PZ-12</u>	<u>9416601 – 451286</u>	<u>238</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>5,36</u>	<u>AT 23</u>	<u>0,3</u>	<u>1.212</u>
13	1 PZ-13	9415702 – 450278	244	1 ¼	0,85	5,05		2,88	1.011
14	1 PZ-14	9414395 – 450684	245	1 ¼	0,36	6,30		2,55	1.101
15	1 PZ-15	9413845 – 450156	222	1 ½	0,63	5,05		3,55	819
16	1 PZ-16	9416202 – 450632	240	1 ¼	1,18	5,00		3,59	1.003
17	1 PZ-17	9416539 – 451005	241	1 ¼	1,43	4,24		3,21	843

Tabela 8.10 - Barragem subterrânea do riacho Caraúna, Setembro de 2007

Nº	Cad.	Coordenadas	ALT	Ø"	Alt.b	Prof.	Obs	µ S	N.E
01	<u>1 PZ-01</u>	9417172 – 452869	236	2	1,45	8,10		4,73	837
02	1 PZ-02	9417075 - 452894	230	1 ¼	0,88	4,10		3,01	667
03	1 PZ-03	9417068 - 452810	239	1 ¼	0,92	4,10		3,4	776
04	1 PZ-04	9417081 - 452715	233	1 ¼	0,73	6,20		2,45	1.551
05	1 PZ-05	9416993 – 452515	228	6	0,30	6,85		3,69	1.095
<u>06</u>	<u>1 PZ-06</u>	<u>9417029 – 452441</u>	<u>255</u>	<u>1 ¼</u>	<u>0,35</u>	<u>7,12</u>	<u>AT 35</u>	3,44	397
07	1 PZ-07	9416941 – 452131	235	1 ¼	0,49	5,80		-	-
<u>08</u>	<u>1 PZ-08</u>	<u>9416770 – 452050</u>	<u>237</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>7,35</u>	<u>AT 30</u>	3,30	940
<u>09</u>	<u>1 PZ-09</u>	<u>9416644 – 451970</u>	<u>223</u>	<u>6</u>	<u>0,18</u>	<u>9,00</u>	<u>AT 32</u>	2,97	678
10	1 PZ-10	9416648 – 451571	236	1 ½	1,36	5,00		4,50	1.822
11	1 PZ-11	9416623 – 451505	228	1 ¼	1,42	3,10		1,95	1.748
<u>12</u>	<u>1 PZ-12</u>	<u>9416601 – 451286</u>	<u>238</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>5,36</u>	<u>AT 23</u>	<u>0,31</u>	<u>1.221</u>
13	1 PZ-13	9415702 – 450278	244	1 ¼	0,85	5,05		2,89	1.039
14	1 PZ-14	9414395 – 450684	245	1 ¼	0,36	6,30		2,60	1.097
15	1 PZ-15	9413845 – 450156	222	1 ½	0,63	5,05		3,58	811
16	1 PZ-16	9416202 – 450632	240	1 ¼	1,18	5,00		3,77	942
17	1 PZ-17	9416539 – 451005	241	1 ¼	1,43	4,24		3,29	851

Tabela 8.11 - Barragem Subterrânea do riacho Caraúna, Outubro de 2007

Nº	Cad.	Coordenadas	ALT	Ø"	Alt.b	Prof.	Obs	μ S	N.E
01	<u>1 PZ-01</u>	9417172 – 452869	236	2	1,45	8,10		4,72	814
02	1 PZ-02	9417075 - 452894	230	1 ¼	0,88	4,10		2,87	621
03	1 PZ-03	9417068 - 452810	239	1 ¼	0,92	4,10		3,37	732
04	1 PZ-04	9417081 - 452715	233	1 ¼	0,73	6,20		2,45	1.549
05	1 PZ-05	9416993 – 452515	228	6	0,30	6,85		3,67	1.027
<u>06</u>	<u>1 PZ-06</u>	<u>9417029 – 452441</u>	<u>255</u>	<u>1 ¼</u>	<u>0,35</u>	<u>7,12</u>	<u>AT 35</u>	3,44	390
07	1 PZ-07	9416941 – 452131	235	1 ¼	0,49	5,80		-	-
<u>08</u>	<u>1 PZ-08</u>	<u>9416770 – 452050</u>	<u>237</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>7,35</u>	<u>AT 30</u>	3,27	913
<u>09</u>	<u>1 PZ-09</u>	<u>9416644 – 451970</u>	<u>223</u>	<u>6</u>	<u>0,18</u>	<u>9,00</u>	<u>AT 32</u>	2,93	705
10	1 PZ-10	9416648 – 451571	236	1 ½	1,36	5,00		4,51	1.814
11	1 PZ-11	9416623 – 451505	228	1 ¼	1,42	3,10		1,81	1.711
<u>12</u>	<u>1 PZ-12</u>	<u>9416601 – 451286</u>	<u>238</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>5,36</u>	<u>AT 23</u>	<u>0,3</u>	<u>1.212</u>
13	1 PZ-13	9415702 – 450278	244	1 ¼	0,85	5,05		2,88	1.011
14	1 PZ-14	9414395 – 450684	245	1 ¼	0,36	6,30		2,55	1.101
15	1 PZ-15	9413845 – 450156	222	1 ½	0,63	5,05		3,55	819
16	1 PZ-16	9416202 – 450632	240	1 ¼	1,18	5,00		3,59	1.003
17	1 PZ-17	9416539 – 451005	241	1 ¼	1,43	4,24		3,21	843

Tabela 8.12 - Barragem subterrânea do riacho Caraúna, Novembro de 2007

Nº	Cad.	Coordenadas	Alt	Ø"	Alt.b	Prof.	Obs	μ S	N.E
01	<u>1 PZ-01</u>	9417172 – 452869	236	2	1,45	8,10		4,81	859
02	1 PZ-02	9417075 - 452894	230	1 ¼	0,88	4,10		3,07	737
03	1 PZ-03	9417068 - 452810	239	1 ¼	0,92	4,10		3,53	953
04	1 PZ-04	9417081 - 452715	233	1 ¼	0,73	6,20		2,50	1.612
05	1 PZ-05	9416993 – 452515	228	6	0,30	6,85		3,81	1.046
06	<u>1 PZ-06</u>	<u>9417029 – 452441</u>	<u>255</u>	<u>1 ¼</u>	<u>0,35</u>	<u>7,12</u>	<u>AT 35</u>	3,53	456
07	1 PZ-07	9416941 – 452131	235	1 ¼	0,49	5,80		-	-
08	<u>1 PZ-08</u>	<u>9416770 – 452050</u>	<u>237</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>7,35</u>	<u>AT 30</u>	3,39	911
09	<u>1 PZ-09</u>	<u>9416644 – 451970</u>	<u>223</u>	<u>6</u>	<u>0,18</u>	<u>9,00</u>	<u>AT 32</u>	2,98	<u>658</u>
10	1 PZ-10	9416648 – 451571	236	1 ½	1,36	5,00		4,59	1.891
11	1 PZ-11	9416623 – 451505	228	1 ¼	1,42	3,10		2,38	1.801
12	<u>1 PZ-12</u>	<u>9416601 – 451286</u>	<u>238</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>5,36</u>	<u>AT 23</u>	<u>0,59</u>	<u>1313</u>
13	1 PZ-13	9415702 – 450278	244	1 ¼	0,85	5,05		3,11	1.035
14	1 PZ-14	9414395 – 450684	245	1 ¼	0,36	6,30		2,70	1.165
15	1 PZ-15	9413845 – 450156	222	1 ½	0,63	5,05		3,67	881
16	1 PZ-16	9416202 – 450632	240	1 ¼	1,18	5,00		3,81	997
17	1 PZ-17	9416539 – 451005	241	1 ¼	1,43	4,24		3,55	865

Tabela 8.13 - Barragem subterrânea do riacho Caraúna, Dezembro de 2007

Nº	Cad.	Coordenadas	Alt	Ø"	Alt.b	Prof.	Obs	μ S	N.E
01	<u>1 PZ-01</u>	9417172 – 452869	236	2	1,45	8,10		4,9	889
02	1 PZ-02	9417075 - 452894	230	1 ¼	0,88	4,10		3,1	792
03	1 PZ-03	9417068 - 452810	239	1 ¼	0,92	4,10		3,60	1.014
04	1 PZ-04	9417081 - 452715	233	1 ¼	0,73	6,20		2,51	1.665
05	1 PZ-05	9416993 – 452515	228	6	0,30	6,85		3,85	1.135
06	<u>1 PZ-06</u>	<u>9417029 – 452441</u>	<u>255</u>	<u>1 ¼</u>	<u>0,35</u>	<u>7,12</u>	<u>AT 35</u>	3,61	472
07	1 PZ-07	9416941 – 452131	235	1 ¼	0,49	5,80		-	-
08	<u>1 PZ-08</u>	<u>9416770 – 452050</u>	<u>237</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>7,35</u>	<u>AT 30</u>	3,44	933
09	<u>1 PZ-09</u>	<u>9416644 – 451970</u>	<u>223</u>	<u>6</u>	<u>0,18</u>	<u>9,00</u>	<u>AT 32</u>	<u>3,31</u>	666
10	1 PZ-10	9416648 – 451571	236	1 ½	1,36	5,00		4,60	1.919
11	1 PZ-11	9416623 – 451505	228	1 ¼	1,42	3,10		2,48	1.813
12	<u>1 PZ-12</u>	<u>9416601 – 451286</u>	<u>238</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>5,36</u>	<u>AT 23</u>	<u>0,77</u>	<u>1.344</u>
13	1 PZ-13	9415702 – 450278	244	1 ¼	0,85	5,05		2,95	1.013
14	1 PZ-14	9414395 – 450684	245	1 ¼	0,36	6,30		2,79	1.144
15	1 PZ-15	9413845 – 450156	222	1 ½	0,63	5,05		3,71	917
16	1 PZ-16	9416202 – 450632	240	1 ¼	1,18	5,00		3,81	1.008
17	1 PZ-17	9416539 – 451005	241	1 ¼	1,43	4,24		3,69	899

Tabela 8.14 - Barragem subterrânea do riacho Caraúna, Junho de 2008

Nº	Cad.	Coordenadas	Alt	Ø"	Alt.b	Prof.	Obs	μ S	N.E
01	<u>1 PZ-01</u>	9417172 – 452869	236	2	1,45	8,10		1,82	375
02	1 PZ-02	9417075 - 452894	230	1 ¼	0,88	4,10		1,42	368
03	1 PZ-03	9417068 - 452810	239	1 ¼	0,92	4,10		1,67	576
04	1 PZ-04	9417081 - 452715	233	1 ¼	0,73	6,20		1,2	1.190
05	1 PZ-05	9416993 – 452515	228	6	0,30	6,85		2,13	640
<u>06</u>	<u>1 PZ-06</u>	<u>9417029 – 452441</u>	<u>255</u>	<u>1 ¼</u>	<u>0,35</u>	<u>7,12</u>	<u>AT 35</u>	<u>2,07</u>	<u>326</u>
07	1 PZ-07	9416941 – 452131	235	1 ¼	0,49	5,80		-	-
<u>08</u>	<u>1 PZ-08</u>	<u>9416770 – 452050</u>	<u>237</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>7,35</u>	<u>AT 30</u>	<u>2,2</u>	<u>753</u>
<u>09</u>	<u>1 PZ-09</u>	<u>9416644 – 451970</u>	<u>223</u>	<u>6</u>	<u>0,18</u>	<u>9,00</u>	<u>AT 32</u>	<u>2,3</u>	<u>614</u>
10	1 PZ-10	9416648 – 451571	236	1 ½	1,36	5,00		2,76	1.470
11	1 PZ-11	9416623 – 451505	228	1 ¼	1,42	3,10		1,38	1.359
<u>12</u>	<u>1 PZ-12</u>	<u>9416601 – 451286</u>	<u>238</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>5,36</u>	<u>AT 23</u>	<u>0</u>	<u>1.143</u>
13	1 PZ-13	9415702 – 450278	244	1 ¼	0,85	5,05		1,68	1.015
14	1 PZ-14	9414395 – 450684	245	1 ¼	0,36	6,30		1,78	1.071
15	1 PZ-15	9413845 – 450156	222	1 ½	0,63	5,05		2,03	728
16	1 PZ-16	9416202 – 450632	240	1 ¼	1,18	5,00		2,18	976
17	1 PZ-17	9416539 – 451005	241	1 ¼	1,43	4,24		2,11	742

Tabela 8.15 - Barragem subterrânea do riacho Caraúna, Julho de 2008

Nº	Cad.	Coordenadas	Alt	Ø"	Alt.b	Prof.	Obs	μ S	N.E
01	<u>1 PZ-01</u>	9417172 – 452869	236	2	1,45	8,10		2,42	422
02	1 PZ-02	9417075 - 452894	230	1 ¼	0,88	4,10		1,84	450
03	1 PZ-03	9417068 - 452810	239	1 ¼	0,92	4,10		2,41	624
04	1 PZ-04	9417081 - 452715	233	1 ¼	0,73	6,20		1,78	1.110
05	1 PZ-05	9416993 – 452515	228	6	0,30	6,85		2,74	626
<u>06</u>	<u>1 PZ-06</u>	<u>9417029 – 452441</u>	<u>255</u>	<u>1 ¼</u>	<u>0,35</u>	<u>7,12</u>	<u>AT 35</u>	2,1	<u>339</u>
07	1 PZ-07	9416941 – 452131	235	1 ¼	0,49	5,80		-	-
<u>08</u>	<u>1 PZ-08</u>	<u>9416770 – 452050</u>	<u>237</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>7,35</u>	<u>AT 30</u>	2,84	788
<u>09</u>	<u>1 PZ-09</u>	<u>9416644 – 451970</u>	<u>223</u>	<u>6</u>	<u>0,18</u>	<u>9,00</u>	<u>AT 32</u>	2,66	639
10	1 PZ-10	9416648 – 451571	236	1 ½	1,36	5,00		2,98	1.600
11	1 PZ-11	9416623 – 451505	228	1 ¼	1,42	3,10		1,33	1.590
<u>12</u>	<u>1 PZ-12</u>	<u>9416601 – 451286</u>	<u>238</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>5,36</u>	<u>AT 23</u>	0	1.153
13	1 PZ-13	9415702 – 450278	244	1 ¼	0,85	5,05		2,15	<u>842</u>
14	1 PZ-14	9414395 – 450684	245	1 ¼	0,36	6,30		1,99	1.076
15	1 PZ-15	9413845 – 450156	222	1 ½	0,63	5,05		2,24	750
16	1 PZ-16	9416202 – 450632	240	1 ¼	1,18	5,00		2,49	942
17	1 PZ-17	9416539 – 451005	241	1 ¼	1,43	4,24		2,71	760

Tabela 8.16 - Barragem subterrânea do riacho Caraúna, Agosto de 2008

Nº	Cad.	Coordenadas	Alt	Ø"	Alt.b	Prof.	Obs	μ S	N.E
01	<u>1 PZ-01</u>	9417172 – 452869	236	2	1,45	8,10		2,18	500
02	1 PZ-02	9417075 - 452894	230	1 ¼	0,88	4,10		1,99	508
03	1 PZ-03	9417068 - 452810	239	1 ¼	0,92	4,10		2,27	616
04	1 PZ-04	9417081 - 452715	233	1 ¼	0,73	6,20		1,91	1.230
05	1 PZ-05	9416993 – 452515	228	6	0,30	6,85		2,55	703
<u>06</u>	<u>1 PZ-06</u>	<u>9417029 – 452441</u>	<u>255</u>	<u>1 ¼</u>	<u>0,35</u>	<u>7,12</u>	<u>AT 35</u>	<u>2,46</u>	<u>360</u>
07	1 PZ-07	9416941 – 452131	235	1 ¼	0,49	5,80		-	-
<u>08</u>	<u>1 PZ-08</u>	<u>9416770 – 452050</u>	<u>237</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>7,35</u>	<u>AT 30</u>	<u>2,66</u>	<u>811</u>
<u>09</u>	<u>1 PZ-09</u>	<u>9416644 – 451970</u>	<u>223</u>	<u>6</u>	<u>0,18</u>	<u>9,00</u>	<u>AT 32</u>	<u>2,74</u>	<u>652</u>
10	1 PZ-10	9416648 – 451571	236	1 ½	1,36	5,00		3,13	1.749
11	1 PZ-11	9416623 – 451505	228	1 ¼	1,42	3,10		1,25	1.650
<u>12</u>	<u>1 PZ-12</u>	<u>9416601 – 451286</u>	<u>238</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>5,36</u>	<u>AT 23</u>	<u>0</u>	<u>1.173</u>
13	1 PZ-13	9415702 – 450278	244	1 ¼	0,85	5,05		2,06	920
14	1 PZ-14	9414395 – 450684	245	1 ¼	0,36	6,30		2,17	1.073
15	1 PZ-15	9413845 – 450156	222	1 ½	0,63	5,05		2,57	750
16	1 PZ-16	9416202 – 450632	240	1 ¼	1,18	5,00		2,55	938
17	1 PZ-17	9416539 – 451005	241	1 ¼	1,43	4,24		2,84	780

Tabela 8.17 - Barragem Subterrânea do riacho Caraúna, Setembro de 2008

Nº	Cad.	Coordenadas	Alt	Ø"	Alt.b	Prof.	Obs	μ S	N.E
01	<u>1 PZ-01</u>	9417172 - 452869	236	2	1,45	8,10		3,32	608
02	<u>1 PZ-02</u>	9417075 - 452894	230	$\frac{1}{4}$	0,88	4,10		2,31	474
03	<u>1 PZ-03</u>	9417068 - 452810	239	$\frac{1}{4}$	0,92	4,10		2,35	592
04	<u>1 PZ-04</u>	9417081 - 452715	233	$\frac{1}{4}$	0,73	6,20		2,04	1.180
05	<u>1 PZ-05</u>	9416993 - 452515	228	6	0,30	6,85		2,69	730
<u>06</u>	<u>1 PZ-06</u>	<u>9417029 - 452441</u>	<u>255</u>	<u>$\frac{1}{4}$</u>	<u>0,35</u>	<u>7,12</u>	<u>AT 35</u>	<u>2,55</u>	<u>368</u>
07	<u>1 PZ-07</u>	9416941 - 452131	235	$\frac{1}{4}$	0,49	5,80		-	-
<u>08</u>	<u>1 PZ-08</u>	<u>9416770 - 452050</u>	<u>237</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>7,35</u>	<u>AT 30</u>	<u>2,8</u>	790
<u>09</u>	<u>1 PZ-09</u>	<u>9416644 - 451970</u>	<u>223</u>	<u>6</u>	<u>0,18</u>	<u>9,00</u>	<u>AT 32</u>	<u>2,8</u>	<u>648</u>
10	<u>1 PZ-10</u>	9416648 - 451571	236	$\frac{1}{2}$	1,36	5,00		3,22	<u>1.848</u>
11	<u>1 PZ-11</u>	9416623 - 451505	228	$\frac{1}{4}$	1,42	3,10		1,48	1.710
<u>12</u>	<u>1 PZ-12</u>	<u>9416601 - 451286</u>	<u>238</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>5,36</u>	<u>AT 23</u>	<u>0,1</u>	1.200
13	<u>1 PZ-13</u>	9415702 - 450278	244	$\frac{1}{4}$	0,85	5,05		2,18	<u>917</u>
14	<u>1 PZ-14</u>	9414395 - 450684	245	$\frac{1}{4}$	0,36	6,30		2,22	1.048
15	<u>1 PZ-15</u>	9413845 - 450156	222	$\frac{1}{2}$	0,63	5,05		2,84	850
16	<u>1 PZ-16</u>	9416202 - 450632	240	$\frac{1}{4}$	1,18	5,00		2,62	975
17	<u>1 PZ-17</u>	9416539 - 451005	241	$\frac{1}{4}$	1,43	4,24		2,75	861

Tabela 8.18 - Barragem subterrânea do riacho Caraúna, Outubro de 2008

Nº	Cad.	Coordenadas	Alt	Ø"	Alt.b	Prof.	Obs	µ S	N.E
01	<u>1 PZ-01</u>	9417172 – 452869	236	2	1,45	8,10		3,3	696
02	1 PZ-02	9417075 - 452894	230	1 ¼	0,88	4,10		2,59	522
03	1 PZ-03	9417068 - 452810	239	1 ¼	0,92	4,10		2,66	616
04	1 PZ-04	9417081 - 452715	233	1 ¼	0,73	6,20		2,14	1.009
05	1 PZ-05	9416993 – 452515	228	6	0,30	6,85		2,69	800
<u>06</u>	<u>1 PZ-06</u>	<u>9417029 – 452441</u>	<u>255</u>	<u>1 ¼</u>	<u>0,35</u>	<u>7,12</u>	<u>AT 35</u>	2,66	391
07	1 PZ-07	9416941 – 452131	235	1 ¼	0,49	5,80		-	-
<u>08</u>	<u>1 PZ-08</u>	<u>9416770 – 452050</u>	<u>237</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>7,35</u>	<u>AT 30</u>	2,9	783
<u>09</u>	<u>1 PZ-09</u>	<u>9416644 – 451970</u>	<u>223</u>	<u>6</u>	<u>0,18</u>	<u>9,00</u>	<u>AT 32</u>	2,88	633
10	1 PZ-10	9416648 – 451571	236	1 ½	1,36	5,00		3,8	1.913
11	1 PZ-11	9416623 – 451505	228	1 ¼	1,42	3,10		1,65	1.730
<u>12</u>	<u>1 PZ-12</u>	<u>9416601 – 451286</u>	<u>238</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>5,36</u>	<u>AT 23</u>	0,14	1.230
13	1 PZ-13	9415702 – 450278	244	1 ¼	0,85	5,05		2,18	947
14	1 PZ-14	9414395 – 450684	245	1 ¼	0,36	6,30		2,48	1.080
15	1 PZ-15	9413845 – 450156	222	1 ½	0,63	5,05		2,97	802
16	1 PZ-16	9416202 – 450632	240	1 ¼	1,18	5,00		2,97	989
17	1 PZ-17	9416539 – 451005	241	1 ¼	1,43	4,24		2,96	803

Tabela 8.19 - Barragem Subterrânea do riacho Caraúna, Novembro de 2008

Nº	Cad.	Coordenadas	Alt	Ø"	Alt.b	Prof.	Obs	μ S	N.E
01	<u>1 PZ-01</u>	9417172 – 452869	236	2	1,45	8,10		3,61	703
02	1 PZ-02	9417075 - 452894	230	1 ¼	0,88	4,10		2,7	608
03	1 PZ-03	9417068 - 452810	239	1 ¼	0,92	4,10		2,97	689
04	1 PZ-04	9417081 - 452715	233	1 ¼	0,73	6,20		2,37	1.107
05	1 PZ-05	9416993 – 452515	228	6	0,30	6,85		3,28	784
<u>06</u>	<u>1 PZ-06</u>	<u>9417029 – 452441</u>	<u>255</u>	<u>1 ¼</u>	<u>0,35</u>	<u>7,12</u>	<u>AT 35</u>	2,79	389
07	1 PZ-07	9416941 – 452131	235	1 ¼	0,49	5,80		-	-
<u>08</u>	<u>1 PZ-08</u>	<u>9416770 – 452050</u>	<u>237</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>7,35</u>	<u>AT 30</u>	2,93	781
<u>09</u>	<u>1 PZ-09</u>	<u>9416644 – 451970</u>	<u>223</u>	<u>6</u>	<u>0,18</u>	<u>9,00</u>	<u>AT 32</u>	2,84	631
10	1 PZ-10	9416648 – 451571	236	1 ½	1,36	5,00		3,94	1.868
11	1 PZ-11	9416623 – 451505	228	1 ¼	1,42	3,10		1,76	1.750
<u>12</u>	<u>1 PZ-12</u>	<u>9416601 – 451286</u>	<u>238</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>5,36</u>	<u>AT 23</u>	0,18	1.244
13	1 PZ-13	9415702 – 450278	244	1 ¼	0,85	5,05		2,55	933
14	1 PZ-14	9414395 – 450684	245	1 ¼	0,36	6,30		2,54	1.069
15	1 PZ-15	9413845 – 450156	222	1 ½	0,63	5,05		2,97	844
16	1 PZ-16	9416202 – 450632	240	1 ¼	1,18	5,00		3,31	973
17	1 PZ-17	9416539 – 451005	241	1 ¼	1,43	4,24		3,23	833

Tabela 8.20 - Barragem subterrânea do riacho Caraúna, Dezembro de 2008

Nº	Cad.	Coordenadas	Alt	Ø"	Alt.b	Prof.	Obs	μ S	N.E
01	<u>1 PZ-01</u>	9417172 – 452869	236	2	1,45	8,10		3,8	764
02	1 PZ-02	9417075 - 452894	230	1 ¼	0,88	4,10		2,74	640
03	1 PZ-03	9417068 - 452810	239	1 ¼	0,92	4,10		3,2	754
04	1 PZ-04	9417081 - 452715	233	1 ¼	0,73	6,20		2,31	1.428
05	1 PZ-05	9416993 – 452515	228	6	0,30	6,85		3,12	770
<u>06</u>	<u>1 PZ-06</u>	<u>9417029 – 452441</u>	<u>255</u>	<u>1 ¼</u>	<u>0,35</u>	<u>7,12</u>	<u>AT 35</u>	2,97	380
07	1 PZ-07	9416941 – 452131	235	1 ¼	0,49	5,80		-	-
<u>08</u>	<u>1 PZ-08</u>	<u>9416770 – 452050</u>	<u>237</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>7,35</u>	<u>AT 30</u>	3,14	772
<u>09</u>	<u>1 PZ-09</u>	<u>9416644 – 451970</u>	<u>223</u>	<u>6</u>	<u>0,18</u>	<u>9,00</u>	<u>AT 32</u>	2,87	634
10	1 PZ-10	9416648 – 451571	236	1 ½	1,36	5,00		4,11	1.794
11	1 PZ-11	9416623 – 451505	228	1 ¼	1,42	3,10		1,76	1.730
<u>12</u>	<u>1 PZ-12</u>	<u>9416601 – 451286</u>	<u>238</u>	<u>6</u>	<u>0,42</u>	<u>5,36</u>	<u>AT 23</u>	0,26	1.260
13	1 PZ-13	9415702 – 450278	244	1 ¼	0,85	5,05		2,11	945
14	1 PZ-14	9414395 – 450684	245	1 ¼	0,36	6,30		2,39	1.073
15	1 PZ-15	9413845 – 450156	222	1 ½	0,63	5,05		3,24	832
16	1 PZ-16	9416202 – 450632	240	1 ¼	1,18	5,00		3,53	922
17	1 PZ-17	9416539 – 451005	241	1 ¼	1,43	4,24		3,4	856

8.4.3. Monitoramento em Quixeramobim – CE: Conclusões

Os valores medidos de nível estático e condutividade elétrica e observações de campo concernentes ao abastecimento público das comunidades Caraúnas, Onça, Patos e Aroeira, atendidas por poços amazonas localizados á montante da barragem subterrânea, permitem concluir que a construção do barramento subterrâneo possibilitou o fornecimento contínuo de água desde o início do ano de 2007 até janeiro de 2009, data final das observações, as comunidades referidas, ao contrário do que ocorria em anos anteriores, quando o abastecimento sofria redução e até mesmo era completamente suspenso.

Do ponto de vista da qualidade da água ocorreu também uma sensível melhora, não sendo relatado pelos consumidores um aumento acentuado da salinidade nos meses da estação seca, fato comum nos anos que antecederam a construção da barragem.

Situações observadas em campo, nos meses de monitoramento dos poços piezômetros, comprovam a eficácia da barragem subterrânea ao possibilitar ao longo da calha do riacho Caraúnas, um significativo aumento da umidade do leito aluvionar o que possibilitou a perenização de culturas de subsistência e frutíferas.

8.5. Conclusões e recomendações

No período úmido, as águas superficiais eram doces à montante das barragens, especialmente nos tributários do lado direito, onde predominava um Risco de Salinidade Médio. No lado esquerdo e proximidades das barragens se encontravam águas subsuperficiais salobras com Risco de Salinidade Médio a Alto. De um modo geral, as águas do riacho São Domingos se apresentavam doces à montante, salobras nas imediações das barragens e doces à jusante. Já no período seco, as águas se apresentaram salobras à montante das barragens, salgadas em suas proximidades e salobras à jusante. As cacimbas apresentam Risco de Salinidade predominantemente Alto e Muito Alto.

Considerando os dois períodos, úmido e seco, se observa que os poços tubulares não mudam sua condição de salinidade no período seco; enquanto as cacimbas podem aumentar seu nível de salinidade ou se manter constante. A cacimba à montante da primeira barragem e o piezômetro à jusante da quarta barragem não mudam de condição no período seco, mantendo um Risco de Salinidade Médio.

Por fim, é importante salientar que após esta caracterização das águas na bacia do riacho São Domingos, o monitoramento da qualidade da água deverá ser continuado nas imediações das captações nas quatro barragens subterrâneas e à jusante, com medição também dos níveis d'água, motivo pelo qual foram construídos piezômetros, a fim de avaliar o comportamento qualitativo da água fornecida pela aluvião, após a construção das barragens subterrâneas.

Referências

CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M.R. 1983. Hidrologia subterrânea. 2ed. Barcelona: Omega. 2V.
FEITOSA, F.A.C. & FILHO, J.M. (Coord.) 1998. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID – UFPE, 389 p.

FEITOSA, F.A.C. & FILHO, J.M. (Coord.) 1998. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID – UFPE, 389 p.

MORAIS, Franklin de. Qualidade da água e produtividade dos poços no meio fissural do alto Vale do Rio Moxotó - PE. Recife, 2000. Dissertação (Mestrado em Geociências)-Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 106 p.

**9. MODELOS DE IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E
 GERENCIAMENTO DE BARRAGENS SUBTERRÂNEAS**

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	184
9.1. Locação e implantação de barragens subterrâneas	184
9.2. Desenvolvimento de processos e técnicas de gestão do uso da água subterrânea de barragens subterrâneas.	189

INTRODUÇÃO

Com base na experiência acumulada no desenvolvimento do projeto, foi elaborada uma documentação técnica e explicativa indicando a melhor forma de construir, operar e gerir barragens subterrâneas. A intenção, além da divulgação técnica-científica dos resultados obtidos, é a difusão tecnológica, por agentes multiplicadores formados nas áreas-piloto, da construção e uso desse mecanismo simples de aumento da oferta hídrica, passível de ser utilizado de forma generalizada em todo o sem-árido.

9.1. Locação e implantação de barragens subterrâneas

Uma razão pela qual a locação de uma barragem subterrânea nem sempre se situa na porção mais estreita da drenagem é que para a locação desse tipo de barragem subterrânea a política de ocupação da superfície está sujeita à concessão dos proprietários. Por não prescindir de desapropriação da área e nem sempre se ter a concordância e a concessão do superficiário, muda-se a locação. Este é um motivo de cunho cultural, pois a falta de informação ou o temor de perder a terra provoca esse tipo de reação quando não o é por motivos mais mesquinhos.

O resultado de observações feitas em drenagens com barragens subterrâneas permitiu obter algumas conclusões não consideradas habitualmente na locação e construção de barragens subterrâneas e que podem não apenas comprometer a sua integridade e a eficácia da obra, mas também onerar os custos de construção e operação, ou seja, comprometendo a sustentabilidade da iniciativa.

Uma evidência da necessidade de maiores informações para a locação do eixo da barragem, como ocorreu à jusante da barragem subterrânea CPRM_ZW-4 onde depois das precipitações de 1997, em Conceição de Cima – Serra Talhada - PE, a enxurrada carregou parte da aluvião da margem esquerda, fazendo aflorar uma soleira, a qual se localizada previamente poderia reduzir o custo com a construção dessa barragem, descartar a construção ou mesmo ratificar a locação.

Isso posto, conclui-se que, embora as regras para locação do eixo da barragem devam ser seguidas, principalmente nas pequenas e mini-barragens subterrâneas, o trabalho pode ser simplificado, sem maiores conseqüências.

Nas barragens de médio e grande porte deverão ser feitos levantamentos mais detalhados por sondagens e por aplicação de técnicas de geofísica com vistas a detecção de anomalias quer sejam favoráveis quer impeditivas de tal sorte que não se incorram em erros.

Na locação de barragens subterrâneas com maiores dimensões ainda, ou seja, naquelas em que a camada aluvial se mostre com profundidades e larguras expressivas e/ou que demandem aplicação de técnicas construtivas mais aprimoradas é fundamental, tanto para locação do eixo quanto para quantificação das reservas, que trabalhos de sondagens com métodos mais tecnicamente mais eficientes que a prospecção sejam previamente executados, para possibilitar maior eficiência na locação, menores custos de construção e maximização da eficácia operacional tanto na exploração quanto no manejo das reservas.

“A locação do eixo, na porção mais estreita e menos profunda de uma drenagem não é necessariamente o lugar mais propício para construção do barramento subterrâneo”. A definição das espessuras da camada aluvial é um fator importante com vistas a definir a geometria das escavações e elemento imprescindível para elaboração dos projetos executivos.

Esse parâmetro é frequentemente mascarado em virtude da incapacidade de avanço do trado manual ou da barra mina, comumente usados nesse trabalho, de atravessar principalmente na paleocalha, dependente da geomorfogenia e geografia do aquífero onde ocorre uma camada conglomerática basal, muito embora incoerente formada por seixos, cascalhos, calhaus e matacões, que impedem o avanço da prospecção. Há, portanto uma tendência a minimizarem-se os volumes e custos de escavação e de avaliação da capacidade de reservação do aquífero.

O detalhamento da geometria do aquífero é elemento essencial para a cubagem das reservas hídricas e conseqüentemente para o estabelecimento de programas de uso e manejo dos recursos disponibilizáveis.

..
[A apropriada implantação de barragens subterrâneas exige um conhecimento profundo das condições hidrogeológicas na própria área. É necessário fazer generalizações e utilizar métodos geofísicos simples. Portanto, um estudo detalhado sobre as barragens subterrâneas é importante para chegar a soluções simples e úteis.]... (HANSSON E NILSSON, 1986) Apud Yilmaz(2003)¹.

As condições de sustentabilidade das obras construídas, tais como barragens, poços e sistemas de distribuição da água, são conseqüências diretas das ações sociais realizadas nas comunidades e das parcerias efetuadas;

“O conceito de sustentabilidade foi introduzido no início da década de 1980, por Lester Brown, fundador do Worldwatch Institute, que definiu comunidade sustentável como a que é capaz de satisfazer às próprias necessidades sem reduzir as oportunidades das gerações futuras.” (CAPRA in TRIGUEIRO, 2005, 19). É a propriedade de um processo que, além de continuar a existir no tempo, revela-se capaz de: (a) manter padrão positivo de qualidade; (b) apresentar, no menor espaço de tempo possível, autonomia de manutenção (contar com suas próprias forças); (c) pertencer simbioticamente a uma rede de coadjuvantes também sustentáveis e (d) promover a dissipação de estratégias e resultados, em detrimento de qualquer tipo de concentração e/ou centralidade, tendo em vista a harmonia das relações sociedade-natureza. Compreendemos a sustentabilidade humana como aquela que se vincula ao conhecimento e a capacidade criativa de transformá-lo, envolvendo os aspectos saúde, a alimentação e a nutrição, a educação, a cultura e a pesquisa para desencadear o processo de promoção da sustentabilidade, necessitando criar um ambiente favorável ao desenvolvimento.

Segundo, (GOMES, 2004)², O conceito de Desenvolvimento Sustentável é questionado, dentre outros argumentos, em função da dificuldade em se determinar a sustentabilidade de um sistema. Determinar a sustentabilidade de qualquer atividade é tarefa complexa, já que somente o tempo poderá trazer uma visão mais realista de suas conseqüências. Por outro lado, faz-se necessário fazer sua análise objetivando um direcionamento menos arbitrário das atividades que diretamente interferem no ambiente.

Os conceitos acima foram introduzidos porque a sustentabilidade das obras realizadas neste projeto, fazem parte, ou melhor, “pertencem simbioticamente a uma rede de coadjuvantes também sustentáveis - item c”, e, a vertente sustentabilidade humana é extremamente

¹ YILMAZ, Y., 2003 Control Of Groundwater By Underground Dams - A Thesis Submitted To The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of The Middle East Technical University. In partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of science In The department of civil engineering .November 2003 pg1 – 80.

² (Gome,l,. 2004) - Sustentabilidade social e ambiental na agricultura familiar- REVISTA DE BIOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA - ISSN 1519-5228 Volume 5- Número 1 - 1º Semestre 2004

importante na gestão e manejo dessas obras. Entretanto, para que as transformações e mudanças aconteçam e os resultados sejam notáveis e consistentes, é indispensável, é vital dar-se a continuidade de ações sociais, de mudar conceitos e tradições arraigados, de exercitar a transferência de conhecimento e a implantação de novas técnicas para o desenvolvimento socioeconômico. Os processos são complexos na identificação, na qualificação, nas formas de abordagens próprias de cada fenômeno e tudo demanda tempo e persistência. Por causa das restrições temporais entre outras, os projetos social, técnica e cientificamente significativos são fadados ao fracasso.

Mesmo assim as obras das barragens subterrâneas introduzidas nas drenagens de Quixeramobim no Ceará, Assentamento Feijão no Rio Grande do Norte, e as barragens subterrâneas de Pernambuco, pela disponibilização imediata de maiores volumes de recursos hídricos, atendendo assim às expectativas propaladas, despertaram nesses casos, por si sós, já intenções pró ativas. As barragens subterrâneas imediatamente após suas conclusões tiveram elevação do nível freático, inspirando confiança e intenções desenvolvimentistas além de proporcionar sentimentos de segurança e estabilidade do suprimento de água, nas comunidades beneficiadas.

Por oportuno, vale a pena citar os resultados positivos de desenvolvimento sustentável das barragens subterrâneas, obtidos devido à ação prolongada e persistente junto às comunidades e à pré-existência de vocação agrícola, no vale do riacho Mimoso, nos Municípios de Belo Jardim e Jataúba - PE e no Município de Soledade – PB. Neste município bem como em outros influenciados e sob as políticas de fomento desenvolvimentista das potencialidades rurais, pela ONG PATAC, (Figuras 9.1, 9.2 e 9.3) o emprego conscientizado, responsável e consentido, de pequenas barragens subterrâneas familiares, o êxito de desenvolvimento sustentável se deve-se à assistência contínua de cerca de 10 anos de trabalhos sociais.

As barragens subterrâneas do riacho Mimoso tiveram ao longo dos últimos 11 anos, desde as suas construções a presença de órgãos de desenvolvimento e pesquisas técnicos e científicos. A Universidade Federal de Pernambuco – UFPE e a Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, através de convênios e intercâmbio com entidades nacionais estrangeiras desenvolveram trabalhos de desenvolvimento tecnológico no campo da agrícola e pesquisas nas áreas de hidrologia e agronomia, fomentando a prática de ações sustentáveis. No entanto, a expressividade dessas barragens, como empreendimento bem sucedido, de conhecimento e divulgação nacional e internacional, foi enormemente facilitada pela vocação agrícola local ciosa em absorver técnicas que possibilitassem maior aproveitamento dos recursos facultados pelas barragens subterrâneas, promovendo o desenvolvimento socioeconômico local. Importante é também se ressaltar que estas barragens compõem aos apenas 15% bem sucedidos das quase 500 barragens subterrâneas construídas pela Secretaria Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco, no ano de 1998 (COSTA, W.D., et al 2000)³.

Também é importante frisar que não há qualquer programa ou plano de manejo ou gestão, e tudo acontece conforme os procedimentos empíricos tradicionais, praticados pelos usuários que são principalmente pequenos agricultores.

³ COSTA, W.D., CIRILO, J.A., ABREU, H.F.G. e COSTA, M.R. – 2000 – 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-ROM..



Figuras 9.1, 9.2 e 9.3 – Microbarragens subterrâneas da ONG PATAC – Soledade, Paraíba.

Segundo SOBRINHO, O. P., 2008, em seu trabalho de consultoria para a Secretaria Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco, em 130 barragens subterrâneas cadastradas, nas bacias hidrográficas dos rios Moxotó e Pajeú, 98 foram localizadas, destas 41,83% estão em funcionamento, dentre as quais 39,02% são usadas para consumo humano, suprimindo as necessidades de mais de 2000 pessoas enquanto 45,91% das encontradas apresentam algum problema de ordem técnica.

Excetuando-se a parcela construída por ONG's e como a PATAC, na Paraíba, ou por empresas como a Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias - EMBRAPA através do Centro de Pesquisas Agrícola e Tecnológica do Semiárido - CPATSA que desenvolvem atividades, junto às comunidades, de manejo e gestão em busca do desenvolvimento sustentável desses empreendimentos, a grande maioria se encontra desassistida.

Proporcionar a sustentabilidade de obras em regiões desprovidas de recursos, a populações e comunidades viciadas pelo assistencialismo político, descrentes das intenções que se lhes propõem é uma tarefa árdua, complexa e demorada. Demanda tempo e firmeza de propósito. Assegurar a sustentabilidade das barragens subterrâneas e das obras agregadas de captação e distribuição requer:

- Ações socioeducativas objetivas e prolongadas, para conscientização, assimilação e responsabilização pela preservação, manutenção e operação dos sistemas.
- Identificação das vocações locais tradicionais e potenciais com vistas à inserção de novas tecnologias e métodos produtivos.
- Fomento às potencialidades locais para um desenvolvimento socioeconômico e ambiental política e tecnicamente racionais.
- Monitoramento dos impactos positivos e negativos proporcionados no ambiente das barragens subterrâneas e no entorno delas.
- Determinação das disponibilidades e potencialidades do reservatório e a adoção comunitária de regras de uso e preservação dos recursos hídricos disponíveis.
- Determinação de normas referentes à ocupação e uso do solo com vistas à proteção ambiental e à saúde da população.
- Co-responsabilidade comunitária para manutenção e preservação da integridade das obras implantadas.
- Sendo a água um bem mineral de valor econômico, definição de formas e regras de cobrança pelo uso da água.

- Capacitar, treinar e ensinar as comunidades para a prática de atos e atitudes que lhes proporcionem conquistar avanços socioeconômicos com desenvolvimento sustentável.
- Implementar tecnologias de melhoria qualitativa da água para estimular e ampliar o consumo racional e propiciar o uso humano, através de processos naturais e/ou artificiais.

É fundamental para a sustentabilidade das obras e considerando os aspectos sociais, econômicos, estratégicos e territoriais dos recursos hídricos que a autoridade constituída, nos diferentes níveis governamentais, partilhe suas atribuições comuns, assumam e gerenciem a operação, a manutenção, a fiscalização e o uso das reservas e das obras.

Um primeiro passo foi dado quando se construíram as barragens subterrâneas de Assentamento Feijão – RN, Assentamento Icó – PB e as de Caiçarinha da Penha – PE, disponibilizando e estabilizando as reservas de água. Precisa-se, contudo de continuidade, com a inserção de programas objetivos de pesquisas e fomento, para assegurar-lhe a sustentabilidade.

As barragens subterrâneas de Quixeramobim–CE e Ingá–PE que são fontes de abastecimento de água das comunidades precisam de avaliação detalhadas das variáveis impactantes sociais, econômicas e ambientais. Necessitam de pesquisas multidisciplinares a fim de quantificar os parâmetros para determinar normas, e ações que lhes fortaleçam a sustentabilidade e que se possam transferir os resultados para outras localidades.

Então, as condições necessárias para garantir a sustentabilidade das obras de captação, armazenamento e uso são: tempo, recursos e objetividade da própria comunidade, capacitada ao longo do projeto;

9.2. Desenvolvimento de processos e técnicas de gestão do uso da água subterrânea de barragens subterrâneas

De um modo geral, observa-se que o uso dos recursos hídricos reservados em barragens subterrâneas não obedece a quaisquer tipos de planejamentos ou programas de gestão e manejo propendentes a um desenvolvimento sustentável.

Estudos pouco profundos são feitos sobre os impactos ambientais provocados por elas. Normalmente são realçados os resultados socioeconômicos proporcionados por atividades agrícolas e até pecuárias, desenvolvidos no domínio de influência ripária desses reservatórios e sem nenhuma avaliação ou proposição de sistema de desenvolvimento sustentável. As metodologias e critérios locais e construtivos também são de caráter restrito ao eixo da barragem subterrânea.

No entanto uma maior conscientização e sensibilidade vêm aflorando. Novos conceitos e informações estão tendendo a diminuir o empirismo que cerca a barragem subterrânea, paulatinamente, substituído por estudos e propostas cientificamente embasadas.

Por outro lado, há tendência à aplicação de políticas abrangentes haja vista a importância estratégica que estão assumindo os reservatórios subterrâneos de água. Nesse caso, por tratar-se de recursos hídricos renováveis, cuja dinâmica demanda maior conhecimento e cuidados sobre os impactos e sustentabilidades do universo circunscrito a essa tecnologia. Isto está evidenciado em muitos trabalhos focalizados no desenvolvimento integrado e sustentável.

Viessman, 1985 já manifestava essa preocupação em relação ao aproveitamento dos recursos hídricos de um modo geral: [...] Os recursos hídricos subterrâneos estão a receber atenção

crescente a nível mundial. A disponibilidade, utilização, desenvolvimento e gestão dos recursos hídricos subterrâneos são questões importantes em sociedades que estão a tentar resolver através de suas leis, regulamentos, e políticas. [...]

[...] Os recursos de água subterrânea têm sido esgotados e degradados com o aumento do consumo, devido ao aumento de produção dos setores agrícolas e industriais, e pelo consumo direto de utilizações municipais.

Estudos realizados pela Organização das Nações Unidas indicam que cerca de dois terços da população dos países em desenvolvimento não têm acesso ao abastecimento adequado de água potável (a partir de fontes de águas subterrâneas e de superfície), e que a água potável nos países desenvolvidos é comprometida pelas práticas de disposição inadequada de resíduos. Contudo, retiradas excessivas de água estão esgotando os recursos, especialmente nas regiões do clima árido e semiárido (nos estados a sudoeste) do país (USA).[...] (Viessman e Welty, 1985)Apud,(AL-HMOUD,1994)⁴.

No nordeste brasileiro semiárido, muitas instituições e programas governamentais e não governamentais e mesmo indivíduos da sociedade civil têm construído diversas modalidades de barragens subterrâneas. Não há qualquer política normativa, quanto à locação, construção, monitoramento, manejo e gestão, ou política de concessão, outorga e fiscalização, direcionadas para a tecnologia de barragens subterrâneas, pois são tratadas como obras simples e, certamente não o são, tais quais os barreiros e pequenos açudes construídos de qualquer forma, em propriedades rurais.

As barragens subterrâneas e obras de captação associadas são instrumentos utilizados principalmente para disponibilizar, entre outras, maiores reservas de água, recurso imprescindível à sobrevivência e ao desenvolvimento da sociedade humana e, por conseguinte um empreendimento de vital importância para o suprimento de água nas regiões carentes, nos períodos de estio. Porque é inevitável o emprego e desenvolvimento de tecnologias de captação, reservação, preservação e uso dos recursos hídricos para as populações atuais e vindouras de modo a assegurarmos a perpetuação das espécies animais e vegetais, evitando a extinção da humanidade da face da terra, por esta razão.

“A renovação de águas subterrâneas como parte do ciclo hidrológico é a principal diferença de outros recursos minerais” *, mas essa renovação não se traduz em aumento das reservas hídricas globais.

Como parte do ciclo hidrológico, elas interferem nas fases pós-precipitação, ou seja, no escoamento dos fluxos superficiais e subterrâneos. À semelhança dos reservatórios superficiais, aumentam as reservas hídricas disponibilizadas, e estão sujeitas a uma miríade de eventos exógenos e endógenos ao sistema. Podem, portanto promover, submeterem-se e alterar uma série de fenômenos físicos, químicos e biológicos no meio ambiente, cujas conseqüências e resultados podem não se revelarem e/ou não serem perceptíveis imediatamente ou ainda, não são visualizados e mensurados adequadamente:

⁴ Viessman, W., and C. Welty. *Water Management: Technology and Institutions*. New York: Harper & Row, PubHshers, Inc, 1985. Al-hmoud, Rasheed Bassam.”UNDERGROUND WATER MANAGEMENT IN ARID AND SEMIARID REGIONS: ALTERNATIVE STRATEGIES AND MEASUREMENT ISSUES.” A DISSERTATION IN ECONOMICS, Submitted to the Graduate Faculty of Texas Tech University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of DOCTOR OF PHILOSOPHY – Approved, December, 1994, cap 1 – Introduction, p 1, 1-179.

* Palavras citadas por autor não identificado.

Isso se explica, primeiramente, porque quando os fenômenos se manifestam, variam em intensidade e frequência, temporalmente, de modo velado ou visível, alguns rápida e intensamente enquanto outros, muito mais tardia, débil e lentamente;

Em sequência porque os programas e projetos motivadores, que contemplam as construções de barragens subterrâneas, em sua maioria, têm objetivos de ordem prática imediatista e limitadamente objetiva, represar a água dos fluxos subterrâneos. São programas de curta permanência, possuem recursos limitados e restritos às construções propriamente ditas e normalmente não direcionados para as pesquisas detalhadas dos fenômenos intervenientes;

Finalmente, porque simplesmente não há qualquer proposição, quer seja para combater ou para evitar a ocorrência de alterações importantes das condições iniciais, quer por ignorância da possibilidade de existência de tais modificações.

Assim, nenhuma avaliação significativa dos impactos é estabelecida, identificada, monitorada; nenhuma medida mitigadora é adotada e muito menos ainda, são feitos quaisquer estudos para implementação de programas com esses propósitos.

Nos casos específicos de projetos de pesquisas, a restrição da vigência e a existência limitada de recursos por falta de previsibilidade ou pormenorização de ações, implicam na obtenção de dados superficiais, inconsistentes e inconclusivos ao final da vigência, e no abandono de estudos e monitoramentos. As barragens subterrâneas ficam a partir de então, quando muito, como reservatórios naturais utilizados de modo indiferente e inconsequente pelos usuários ou mesmo, são relegadas ao esquecimento e os dados captados no tempo em que vigorou, são desprezados e inutilizados.

Nas barragens subterrâneas, os aquíferos aluviais imobilizados, por outro lado, são intimamente afetados qualitativa e quantitativamente pelas características geológicas, litológicas, estratigráficas, hidrográficas, climatológicas, ambientais e pelas atividades antrópicas decorrentes de uso e ocupação do solo, no âmbito da bacia hidrográfica e mesmo além dela. Decorrente dessas condições intrínsecas e singulares é preponderante estabelecerem-se estudos e pesquisas multidisciplinares abrangentes, de longos prazos, pelas seguintes razões, entre outras:

Primeiro, para identificar os parâmetros, fenômenos e interações detectáveis e mensuráveis, no âmbito: técnico, científico e ambiental, econômico e social [©]. Segundo, porque tais informações nortearão a definição, o estabelecimento e a aplicação racional de critérios, métodos e políticas adequados de uso, manejo, gestão e inclusive, das políticas normativas e regulamentadoras. Considerando a pluralidade das ciências atuantes para estabelecer os critérios e possibilitar o desenvolvimento de políticas gerenciais sustentáveis, somos corroborados por (Salih, A. 1997), quando afirmou que:

[...]“A gestão de águas subterrâneas, especialmente em regiões áridas, deve ser vista holisticamente e estar ligada ao manejo sustentável do ecossistema. Só através da consideração da interação entre as águas subterrâneas e de outros componentes ambientais pode ser possível elaborar um programa de longo prazo para a utilização e proteção racional de águas subterrâneas” [...]5.

[©] *A repetitividade desses termos enfatiza o caráter holístico dos estudos e impactos consequentes da implantação de barragens subterrâneas – o autor*

⁵ (Salih, A., 2006) Qanats a Unique Groundwater Management Tool in Arid Regions: The Case of Bam Region in Iran p79-87 /272, International Symposium on Groundwater Sustainability (ISGWAS), Alicante, Spain, January 24-27, 2006- Abdin Salih, Director, UNESCO Tehran Cluster Office, a.salih@unesco.org

Disponível em : <http://aguas.igme.es/igme/ISGWAS/Ponencias%20ISGWAS/6-Salih.pdf>

As experimentações e os ajustamentos necessários a longo prazo, se entendidos como fundamentais para gerir essas obras permitirão, corrigir desvios de análises e avaliações prematuras ou precipitadas, atribuindo consistência e confiabilidade às informações obtidas, para o desenvolvimento de técnicas e métodos, e evidenciando as potencialidades e restrições quantitativas e qualitativas dos aquíferos aluviais confinados.

Desse modo, a elaboração de regulamentos e procedimentos que definam políticas e metodologias de uso, de manejo, de gestão e de fiscalização, adequados e eficazes, conforme as similitudes e diferenças constatadas e processadas nas distintas locações serão confiáveis, e adaptáveis às diversas circunstâncias.

Por conta dessas concretudes, os sistemas de barragens subterrâneas serão de mais simples abordagem, mais fácil persuasão e aceitação social, melhores projetadas e gerenciadas, quando da introdução das técnicas em outras regiões.

[...] Para maximizar o bem-estar social, os recursos escassos de água subterrânea devem ser usados eficientemente em seus usos mais importantes. Uma política de controle consegue o valor mais elevado possível pelo uso quando permite que o recurso se mova livremente de uma aplicação para outra, ou de uma região a outra. Da perspectiva de equidade, um sistema de água subterrânea deve levar em consideração as gerações futuras que têm o direito de usar também do recurso. Também, em algumas partes à exceção daquelas que usam diretamente a água subterrânea podem ser adversamente atingidos na forma de um custo mais elevado da extração ou de uma qualidade de água mais baixa. Um regime bem sucedido da gestão deve ser capaz de compensar aquelas partes no caso de perda de bem-estar deles.[...] 6

Em seu trabalho (Al-hmoud,1994)op. cit⁷, de modo a avaliar diferente sistemas de controle ou formas de gerenciamento desenvolve sete critérios socialmente desejáveis.[...] Alguns dos quais derivados das noções de eficiência econômica e de equidade, e outras da literatura de economia de recursos naturais, para:

- (1) definir com precisão os direitos de propriedade,
- (2) permitir a flexibilidade de trocas e mudanças;
- (3) assegurar a conservação do recurso;
- (4) proteger as áreas de terceiros;
- (5) exercer uma abordagem descentralizada de controle dos recursos;
- (6) fornecer aos usuários a garantia de que o abastecimento de água vai continuar no futuro; e
- (7) proteger a qualidade das águas subterrâneas.

A situação ideal para uma sociedade é retirar a quantia de água por ano, equivalente ao montante da recarga natural no mesmo ano. Esta taxa de retirada é conhecida como o nível sustentável de extração. [...]

A exposição e citações acima se prestaram para identificar as inter-relações exógenas e endógenas dos fenômenos vinculados à intervenção humana na captação, armazenamento e uso dos recursos hídricos renováveis barrados. São fundamentais, indispensáveis, para nortear a elaboração de programas de gestão e manejo integrados que possibilite um desenvolvimento operacional sustentável com ênfase no desenvolvimento socioeconômico regional e na preservação dos aspectos ambientais e ecológicos direcionados, sobretudo, para a fixação do sertanejo no campo com uma melhor qualidade de vida e longe da marginalização dos grandes centros urbanos.

⁶ (Al-hmoud, R. B.,1994.) op. cit.

⁷ (Al-hmoud, R. B.,1994.) ibidem.

No enalço de bibliografia que reforçasse os argumentos de nossas experiências e pesquisas incipientes ainda, nos deparamos-nos com a Agenda 21 Global, difundida na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano, durante ECO-92, realizada em 1992, no Rio de Janeiro.

Tem por objetivo nortear a prática de ações em todos os níveis de administração de recursos naturais, sob o conceito de Desenvolvimento Sustentável. Tal conceito foi instituído pela - Organização das Nações Unidas - ONU através da Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, cujo conteúdo demonstra as multidisciplinaridades das ciências inter-relacionadas e intervenientes para a formulação de planos de gerenciamento sustentável dos recursos hídricos, extensíveis, nesse íterim às reservas hídricas das barragens subterrâneas e os fenômenos hidrogeomorfológicos, econômicos, sociais e ambientais.

A Seção II do citado documento – Conservação e Gestão dos Recursos para o Desenvolvimento -, estabelece em todos os seus capítulos relações com desenvolvimento integrado e sustentabilidade referentes ao desenvolvimento e manejo integrado dos recursos hídricos, apresentando no capítulo 18, item 18.6, essa pluralidade de relações e multidisciplinaridades:

[...] O grau em que o desenvolvimento dos recursos hídricos contribui para a produtividade econômica e o bem estar social nem sempre é apreciado, embora todas as atividades econômicas e sociais dependam muito do suprimento e da qualidade da água.

.....
O manejo holístico da água doce como um recurso finito e vulnerável e a integração de planos e programas hídricos setoriais aos planos econômicos e sociais nacionais são medidas de importância fundamental para a década de 1990 e o futuro. [...] 8

Analogamente ao evidenciado nos fundamentos de (BGR, 2007) 9, adequamos às barragens subterrâneas, que formam aquíferos cujos recursos hídricos são renováveis, as características e critérios que devem ser nomeados para a constituição de programas de gestão e manejo sustentável para recursos hídricos subterrâneos não renováveis, com objetivos focados no desenvolvimento socioeconômico das comunidades carentes:

Mensurabilidade, valorosidade – os aquíferos represados deverão ser previamente avaliados e mensurados com consistência e representar uma realidade tanto quanto possível. Suas reservas deverão ser quantificadas para balizar as potencialidades e disponibilidades, qualificadas para estabelecimento de suas aplicabilidades e serão valorizadas no sentido de se estabelecerem as relações de custo/benefício, bem como se atribuírem futuramente, formas de cobrança pelos usos da água, afinal é um bem de valor econômico e escasso;

Eficiência e Eficácia – os sistemas devem ser projetados para atender às demandas ou necessidades em quantidade e qualidade de acordo com as potencialidades e disponibilidades, a extensão da criticidade no abastecimento dos recursos hídricos e minimizar perdas e desperdícios;

⁸ Agenda 21 Global-Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano, ECO-92, Rio de Janeiro, 1992, Seção II- Cap 18 – item 18.6. p213-370. Disponível em <http://www.agendacascais21.net/Default.aspx?ID=368&q=mb>.

⁹(BGR, 2007)_Bundesanstalt für Geowissenschaft und Rohstoff -,sectoral project Policy Advice Groundwater – Resources and Management“ - Strategies for the Sustainable Management of Non-renewable Groundwater Resources - German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ).” - Editors: Mathias Polak, Dr. Ralf Klingbeil, Dr. Wilhelm Struckmeier – Geozentrum Hannover–Germany – 2007 – Disponível em www.bgr.bund.de/clin.../pbgw_strategies_nrgw.pdf.

O planejamento sustentável deverá prever e definir as ações complementares para aumentar a capacidade de captação, armazenamento, disposição e uso. Partindo-se de estudos prévios deverão ser identificados, quantos e quais os tipos de barragens subterrâneas deverão compor um sistema, quais os acessórios necessários para atender às demandas com maior presteza e segurança, isso visualizando os aspectos técnicos, sociais, econômicos e ambientais.

Multiplicidade – os programas de gestão e manejo deverão contemplar às variadas aplicações dos recursos hídricos, ou seja, atender a múltiplos-usos demandados nas áreas de abrangência das barragens subterrâneas, mas prioritariamente estarem orientados a ações para suprirem e satisfazerem ao consumo da comunidade humana. Deverão, portanto contemplar a operacionalidade de sistemas complementares de captação, armazenamento, de tratamento da água e de distribuição, para adequação quantitativa e qualitativa, quando das situações emergenciais, além de atender a outros fins, durante os períodos de maior favorabilidade;

Preservação – os recursos hídricos imobilizados utilizáveis e a capacidade de recarga do sistema devem ser tais que não exauram ou extingam a capacidade de restauração e recuperação do aquífero, tornando-o inutilizável às gerações atuais e futuras; Embora os aquíferos flúvio-aluviais se caracterizem pela renovação das reservas hídricas, algumas atividades antrópicas altamente degradantes e depredadoras podem causar danos catastróficos às barragens subterrâneas.

Desse modo o planejamento de gestão integrado e sustentável deve abordar condições e limitações para atividades antrópicas destrutivas ou inviabilizantes, ditando inclusive quais ações preventivas, restauradoras e mitigadoras deverão ser implementadas, monitoradas ou mesmo definindo quais ações na área serão absolutamente proibidas.

Racionalização e equanimidade – os recursos devem ser acessíveis a todos, principalmente aos menos favorecidos, tanto na abundância quanto em períodos de racionamento, de modo consensual, equitativamente, considerando inclusive a preservação e sustentabilidade da biota. Essas características precisam ser muito trabalhadas no sentido de evitar conflitos, portanto, um trabalho de conscientização e sociabilização prévio e aceitação consensual das decisões, de modo a estabelecer direitos, deveres e obrigações dos usuários. Deve ser conteúdo destacado, num planejamento de gestão e manejo integrado dos recursos hídricos subterrâneos e o binômio homem e meio ambiente, elementos interconectados e indissociáveis;

Proteção e integridade - os planos de gestão devem contemplar as ações e atividades atenuadoras que visem à proteção da qualidade da água e do ecossistema, cujo exercício é da responsabilidade de todos para evitar a contaminação, a poluição dos recursos hídricos aluviais e a degradação ambiental, assegurando a continuidade de abastecimento até mesmo, quando for o caso, penalizar o usuário poluidor e recompensar o usuário preservacionista;

Integralidade e fins - a barragem subterrânea, normalmente, não abarca toda a capacidade de armazenamento da bacia hidrográfica, então a existência de barragens subterrâneas sucessivas de tipos e finalidades diversas deverá estar contida nos planos de gerenciamentos e manejos, de modo individualizado nas feições unitárias e, integralizados na sua natureza macro associativa e pluridisciplinar.

Monitorização – aos programas de gerenciamento e manejo devem ser incorporados sistemas permanentes de medição e acompanhamento de maneira a extrair subsídios e estabelecer padrões, para a adoção de medidas e estratégias que assegurem a maximização dos benefícios, minimização dos desperdícios e mitigação dos impactos. Tanto as adequações, modificações e consolidações que se façam precisas, a qualquer tempo, devem estar

respaldadas em informações solidamente estruturadas, captadas dentro de padrões técnicos normatizados como as análises, decisões e implementações devem ser executadas por instituições qualificadas e capacitadas, em suas áreas de atuação focalizando os aspectos de integralização e sustentabilidade;

Descentralização – as decisões de manejo e uso enfim, as políticas devem ser descentralizadas, ou seja, devem ser tomadas no âmbito da bacia hidrográfica, pelas comunidades sujeitas à influência da barragem subterrânea, através de comitês gestores paritários. No entanto, os recursos hídricos são bens minerais regidos por leis específicas, os fluxos superficiais de água, permanentes ou temporários, são sujeitos às legislações oficiais nas esferas municipais, estaduais e federais, assim como as zonas ripárias e as áreas de preservação.

Embora se difunda uma gestão descentralizada é preciso que os órgãos oficiais sejam as instâncias superiores das políticas do gerenciamento e manejo sustentável e integrado dos recursos hídricos dos aquíferos e ramificações influenciadas por barragens subterrâneas;

Fomento – as barragens subterrâneas deverão ser objetos de fomento ao desenvolvimento socioeconômico e de elementos de recuperação e reabilitação ambiental, porquanto os planos de gerenciamento devem conter diretrizes que conduzam a uma melhoria da qualidade de vida, particularmente das comunidades menos favorecidas. De modo concomitante devem ser previstas e criadas possibilidades ordenadas de desenvolvimento socioeconômico que se traduzam em sustentação potencial para as futuras gerações. “As vantagens econômicas auferidas pelo uso atual, desses recursos deverão ser aplicadas em estruturas de desenvolvimento econômico alternativos, independentes dos recursos hídricos”, por analogia com (BMZ, 2006) apud (BGR, 2007) open cit com referencia aos recursos hídricos não renováveis.

Paliatividade – na concepção do programa integrado devem-se consagrar meios alternativos mitigadores das condições de inóxia de água para prover as mínimas condições de sobrevivência em consequência de condições extremadas de estiagens assaz severas e delongadas, exaurindo total, embora temporariamente, todas as reservas. Fenômeno freqüentemente acontecido nos aquíferos flúvio-aluviais dos fluxos no semiárido cristalino desprovidos de barreiras de contensão naturais ou artificiais, função da alta permeabilidade desses sedimentos basicamente arenosos;

Peculiaridade e inerência - cada bacia hidrográfica possui uma miríada de feições hidrogeomorfológicas, apresentando um mistifório de arranjos dessas feições que se lhes confere exclusividades e similitudes próprias, nunca tendo comportamentos comuns. A barragem subterrânea é um elemento limitador e caracterizador da bacia hidrográfica a qual concebeu. Assim cada barragem possui também sua individualidade multifacetada. Por essas razões, cada locação de barragem subterrânea exigirá a especificação de planos de gestão e manejo próprios, não sendo possível estabelecer modelos generalizados que se apliquem indistintamente a todo e qualquer sistema de barragem subterrânea.

Pode-se, no entanto, estabelecer roteiros flexíveis pautados nas experiências anteriores, nas quais os pontos comuns existentes ou não, das disciplinas parametrizadas ditarão a sistemática constitutiva do plano de gestão e manejo, integrado e sustentável para cada caso e situação.

Nos casos específicos das barragens subterrâneas construídas pelo projeto, foram dados diferentes enfoques tendo em vista seus usos e aplicações bem como devido às diferentes situações atuais referentes à intensidade das atividades de consumo, das potencialidades e disponibilidades das reservas que seriam imobilizadas.

Na verdade, a metodologia proposta no projeto, deixa de contemplar algumas parametrizações, subestima outras principalmente quando consideram as pluralidades de detalhamentos imprescindíveis para concretizar os objetivos e produtos propostos pela pesquisa. Atente-se que, dentre os fatores impeditivos para a concepção, condução das experimentações e captação de dados o mais significativo, já mencionado anteriormente, é o período de vigência.

Os critérios aplicados para orientarem a concepção de programas de desenvolvimento sustentável para gestão e manejo dos recursos hídricos renováveis são equivalentes aos adotados para as reservas não renováveis, ora com influências atenuantes ora agravantes relativamente aos efeitos e consequências de suas diferentes características, i.e. tempo de recarga, susceptibilidade à poluição, qualidade, etc.

Os padrões de uso das reservas disponíveis atuais permanecem basicamente inalterados até o evento da barragem subterrânea, os quais tendem a se modificar ao longo tempo. É desejável, porém, converter todo o tipo de exploração errática do reservatório subterrâneo em um sistema de gerenciamento planejado e dinâmico.

O estabelecimento dos limites exploráveis, fundamental para o desenvolvimento sustentável, deverá ser determinado com base:

- na projeção de capacidades de estocagem, função de uma estratégia de ampliação das reservas;
- na aplicação de técnicas de recarga artificial e induzida para ensejar a melhoria qualitativa da água e velocidade de recarga;
- nas diversas aplicações demandadas dos recursos hídricos, prioridades e limites de uso;
- na identificação do potencial socioeconômico a ser previsto, programado e fomentado para a região;
- no conhecimento ou da projeção da evolução demográfica, os aspectos migratórios, o desenvolvimento urbano, as perspectivas de melhoria da qualidade de vida e da geração de renda, fatores demandantes de incrementos hídricos;
- no estabelecimento de regras para ocupação, manejo e uso do solo, com vistas à preservação e proteção ambiental, dos recursos renováveis e das condições de captação e armazenamento;
- e, obviamente, nas características geomorfológicas da bacia hidrográfica delineada pela barragem subterrânea.

As barragens subterrâneas construídas.

No município de Quixeramobim, CE - área escolhida para construção de uma barragem por apresentar características importantes, se observadas experiências que possam ser replicadas. Morfologicamente, a drenagem se apresenta relativamente plana permitindo que qualquer barramento do fluxo de água subterrânea possibilite uma grande área de represamento. Por outro lado, a população localizada às margens do riacho - três comunidades significativas quanto à população usuária, já utilizam água subterrânea para consumo humano e pequena irrigação. Entretanto, relato de toda a comunidade, atesta que de forma recorrente, a disponibilidade hídrica escasseia nos meses mais secos. Após a construção da barragem constatou-se maior regularidade nos meses que antecedem o período de chuvas. O trabalho de conscientização da população continua no sentido de manter as taxas de consumo sob controle, sem desperdícios, com acompanhamento da evolução dos níveis d'água dentro dos ocos de abastecimento e poços específicos de monitoramento.

A barragem subterrânea localizada em Ingá, município de Custódia, PE - situada no riacho do Copiti foi instalada para aumentar a reservação e normalizar o abastecimento daquela comunidade. Considerando as condições climáticas dos últimos anos, o nível da água se manteve sempre elevado, não havendo problemas de escassez e o Distrito vem sendo abastecido permanentemente, pelo sistema de bombeamento instalado. A contaminação e a poluição do aquífero pelo esgoto residencial foram mitigadas, pelo desvio desse fluxo para jusante da barragem subterrânea.

Maior detalhamento hidrogeológico, de uso e ocupação do solo, estimativa de consumo, aspectos demográficos e econômicos precisam ser quantificados, detalhados e avaliados para que se estabeleçam os critérios de cujo embasamento será permissível estabelecer um programa ou plano de manejo sustentável.

As barragens subterrâneas consecutivas do distrito de Caiçarina da Penha – município de Serra Talhada, PE - denominadas CPRM-ZW_1, CPRM-ZW_2, CPRM-ZW_3 e CPRM-ZW_4.

A água dessas barragens tem presentemente duas aplicações principais: a irrigação de pequenas pastagens para sustento dos animais, dos carros de bois, e em segundo lugar o uso residencial, higiene e limpeza e cozimento de alimentos. Pouca ou nenhuma atividade pecuária é desenvolvida ainda embora haja perspectivas de instalação de central de beneficiamento de leite, na região. Em poucos locais e restritas ao período das chuvas e um pouco mais além, enquanto a qualidade é tolerável, as águas das barragens subterrâneas são usadas como água potável. À medida que a estiagem avança a concentração salina aumenta tornando-a imprópria para consumo humano, sem que haja algum tratamento de dessalinização.

O grande desafio, nessa região é incutir o senso comunitário, pois os conflitos pelo uso mais ou menos intenso de uns causa a insatisfação de outros. Este fato se manifesta mais fortemente porque o leito fluvial é intensamente dividido por faixas de terras, com dezenas de proprietários distintos, em que nem sempre a solidariedade e compartilhamento, por muitas razões, se fazem-se presentes. Todos os que podem, instalam seus poços tipo amazonas, uns poucos com sistemas de bombeamento, os menos favorecidos escavam suas cacimbas. Gerenciar sustentavelmente esse tipo de situação é um processo que requererá um trabalho intenso de conscientização, educação para congregar a comunidade em busca de objetivos racionais comuns, que possam principalmente se traduzir em renda.

A instalação dos sistemas simplificados de distribuição de água, com o propósito de diminuir o esforço despendido pelas donas de casa com as tarefas rotineiras já é um passo na busca da integração comunitária, mas até a localização desses sistemas despertaram sentimentos antagônicos entre os populares. O incentivo por meio de cursos ministrados com o objetivo de implantação de hortas também foi uma medida importante para o fomento e o desenvolvimento de uma agricultura familiar com perspectivas de expansão e de geração de renda. Incentivos, subsídios e programas ativos e supervisionados são condições essenciais para a geração de programas e políticas sustentáveis.

Mesmo com os trabalhos de avaliação das reservas hídricas realizados nessas barragens subterrâneas o desenvolvimento de um plano integrado sustentável é ilusório pela insuficiência de dados. Requer maior acervo social, técnico, científico e ambiental, para obtenção de dados consistentes.

Assim antes de se estabelecer um plano de manejo incongruente, um programa de monitoramento ampliado, contínuo, pluridisciplinar e integrado se deve estabelecer e seguir, para a parametrização, qualificação e quantificação de eventos e projeções e daí, poderem ser usados na tomada de decisões fundamentadas nos critérios técnicos e científicos, sociais e políticos, econômicos e ambientais, característicos para esse universo.

A barragem subterrânea do Assentamento Icó, município de Pocinhos, PB - é muito peculiar, diferentemente das demais barragens subterrâneas construídas pelo projeto, apresenta uma bacia hidrográfica relativamente pequena, as dimensões aluviais também reduzidas, por isso foi construída manualmente. A carência de água é grande, a organização comunitária é eficiente e participativa, sendo estes fatores que tornam favoráveis a implantação de sistemas de monitoramento e observação, bem como a adoção de processos experimentais desenvolvimentistas já que essa região está assistida por uma ONG, que desenvolve suas atividades essencialmente comunitárias.

No entanto a barragem subterrânea só poderá mostrar resultados iniciais a partir do período de chuvas do ano de 2009. Após essa fase inicial e a realização de trabalhos de monitoramento, a implantação de obras e experiências complementares será possível estabelecerem-se os parâmetros mensuráveis e manejáveis sustentavelmente.

A barragem subterrânea do rio Feijão, localizada nas proximidades do Assentamento Feijão, município de Pedro Avelino, RN - também possui suas peculiaridades. A mais significativa que norteará o planejamento sustentável, é que as reservas hídricas armazenadas se destinarão à irrigação agrícola, tendo em vista que essa comunidade de assentados é suprida com água encanada para seu consumo residencial. Outros aspectos a serem ponderados referem-se à distribuição das terras que cortam o leito a montante da barragem e aqueles situados a jusante dela. A comunidade possui associação organizada, este é um fator favorável ao sucesso de iniciativas de fomento assistido e implantação de metodologias gerenciais desenvolvimentistas e sustentáveis.

Todo o arcabouço para obtenção de resultados, além do evidente aumento de disponibilidade hídrica, das barragens subterrâneas, que possam evidenciar as informações essenciais para a proposição de critérios tecnicamente sustentáveis, economicamente viáveis e ecologicamente equilibrados estão à mercê de iniciativas de continuidade, carecendo de tempo, recursos, dedicação e seriedade.

É muito difícil estabelecer os parâmetros e suas inter-relações, conforme citado por estudiosos e cientistas, mas é vital para assegurar a satisfação das necessidades atuais e preservar os recursos hídricos sustentavelmente para as gerações vindouras, entendam-se gerações vindouras como toda a biota sobrevivente, que depende de água para coexistir.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de técnicas de geoprocessamento para locação de barragens subterrâneas, especialmente em programas de implantação de obras hídricas, de grandes envergaduras, exige cuidados com relação à aplicação de dados socioeconômicos, disponíveis geralmente para o município como um todo. Isso pode gerar distorções na tomada de decisões referente a inclusão de determinada comunidade carente.

A utilização de imagens de satélite para locação das barragens é uma ferramenta essencial, principalmente quando associadas as outras informações disponíveis, tais como: cadastros de poços, mapas geológicos, dados socioeconômicos, de infraestrutura e ambientais, etc.

O método indireto de prospecção de eletrorresistividade, como em experiências anteriores, não forneceu resultados satisfatórios para definição geométrica de seções aluvionares. Prevalecendo a alternativa de sondagens com trado ou ferramentas similares.

A legislação ambiental ainda não dedica a barragem subterrânea procedimentos próprios, considerando suas especificidades. Há a necessidade da realização de estudos orientados para definição das condições essenciais para implantação, e dos parâmetros de controle e monitoramento.

A salinidade da água contida nas aluviões, geralmente registra valores muito diferentes, ao longo do eixo das drenagens. A experiência mostra que o uso contínuo das reservas acumuladas nas barragens que permita a renovação dos estoques de água, a cada ciclo hidrológico, produz água paulatinamente com valores mais baixos de sais.

As barragens seqüenciais, especialmente para o caso da maioria das drenagens do Nordeste, oferecem maiores possibilidades de sucesso, pois possibilita grandes oportunidades de desenvolvimento em um mesmo vale, beneficiando todas as comunidades ao longo da drenagem.

Cuidados especiais devem ser tomados no uso da água aluvionar para irrigação, procedendo-se estudos preliminares de caracterização do solo e estabelecendo padrões de monitoramento.

As barragens subterrâneas constituem uma das soluções sustentáveis, viáveis para armazenamento e produção de água a baixo custo. Entretanto, para obter sucesso no empreendimento, faz-se necessário a inclusão na programação, por exemplo, das questões referentes a propriedade das terras e da inclusão da população em todas as etapas de execução: implantação, operação e monitoramento da qualidade e quantidade de água produzida. Nenhuma barragem pode ser construída sem que a população esteja preparada.