



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA - UEPB
CENTRO DE HUMANIDADES “OSMAR DE AQUINO”
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
ESPECIALIZAÇÃO EM GEOGRAFIA E TERRITÓRIO: PLANEJAMENTO
URBANO, RURAL E AMBIENTAL

AVALIAÇÃO E ESTUDO DO POTENCIAL DE RECURSOS HÍDRICOS

MANEJO DE SOLO E ÁGUA E OPÇÕES DE CULTIVO NAS BARRAGENS
SUBTERRÂNEAS NO ASSENTAMENTO PEDRO HENRIQUE NO MUNICÍPIO DE
SOLÂNEA - PB

FÁBIO LUIZ BEZERRA DE OLIVEIRA

GUARABIRA – PB

2012

FÁBIO LUIZ BEZERRA DE OLIVEIRA

**MANEJO DE SOLO E ÁGUA E OPÇÕES DE CULTIVO NAS BARRAGENS
SUBTERRÂNEAS NO ASSENTAMENTO PEDRO HENRIQUE NO MUNICÍPIO DE
SOLÂNEA - PB**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Geografia e Território: planejamento urbano, rural e ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Humanidades, Guarabira-PB, em cumprimento às exigências para o grau de especialista.

Orientadora: Prof. Dra. Luciene Vieira de Arruda

**GUARABIRA – PB
2012**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA SETORIAL DE
GUARABIRA/UEPB

O48m Oliveira, Fábio Luiz Bezerra de

Manejo de solo e água e opções de cultivo nas barragens subterrâneas no assentamento Pedro Henrique no município de Solânea – PB / Fábio Luiz Bezerra de Oliveira. – Guarabira: UEPB, 2012.

47f.: Il.; Color.

Monografia (Especialização em Geografia e Território: Planejamento Urbano, Rural e Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba.

“Orientação Prof. Dr. Luciene Vieira de Arruda”.

1. Recursos Hídricos 2. Barragem Subterrânea
3. Manejo de Solo I.Título.

22.ed. CDD 333.91

Fábio Luiz Bezerra de Oliveira

**MANEJO DE SOLO E ÁGUA E OPÇÕES DE CULTIVO NAS BARRAGENS
SUBTERRÂNEAS NO ASSENTAMENTO PEDRO HENRIQUE NO MUNICÍPIO DE
SOLÂNEA - PB**

COMISSÃO AVALIADORA

Luciene de Arruda

Prof. Dr^a Luciene Vieira de Arruda
Dr^a. Em Agronomia
Dpt^o. de Geografia -UEPB
(Orientadora)

Belarmino Mariano Neto

Prof. Dr. Belarmino Mariano Neto
Dr. Em Sociologia
Dpt^o. de Geografia UEPB

Carlos Antonio Belarmino Alves

Prof. Ms. Carlos Antonio Belarmino Alves
Ms. Em Educação
Dpt^o. de Geografia UEPB

Aprovada em 20 de JUNHO de 2012

**GUARABIRA – PB
2012**

Dedico a realização deste trabalho ao Ser Supremo que nos guia, maestro desta pequena orquestra; à minha querida e estimada esposa, Maria Aparecida Costa Dantas de Oliveira, que foi fonte inesgotável de incentivo e perseverança até o momento, contribuindo com incentivo moral e carinho; aos meus pais: Luiz Queiroz de Oliveira e Luzia Bezerra de Oliveira pela dedicação e respeito para com os meus estudos.

AGRADECIMENTOS

Ao Criador...

Consistência da vida e essência presente em todos os elementos da natureza.

Aos meus pais: Luiz Queiroz de Oliveira e Luzia Bezerra de Oliveira,
pelo reconhecimento de todo o esforço até o presente momento e por não
terem concedido que o desânimo me dominasse.

A minha esposa: Maria Aparecida Costa Dantas de Oliveira,
pela cumplicidade e parceria na realização do trabalho e em todos os
momentos.

**A todos os professores do Departamento de Geografia da UEPB
(Universidade Estadual da Paraíba),**
pelos ensinamentos repassados e conhecimentos adquiridos.

**À banca examinadora: Prof. Dra Orientadora Luciene Vieira de Arruda,
Prof. Dr. Belarmino Mariano Neto Prof. Ms Carlos Antonio Belarmino Alves**
pela disponibilidade de avaliar este trabalho.

Em especial à Prof. Dra Orientadora Luciene Vieira de Arruda,
Pela atenção, confiança e estímulo, ajudando-me a enfrentar os obstáculos neste
trabalho.

**Aos grandes amigos e amigas da turma de Especialização 2012 em Geografia e
Território**
pelos bons momentos no decorrer do curso.

OLIVEIRA, F. L. B. Manejo do solo e água e opções de cultivo nas barragens subterrâneas no Assentamento Pedro Henrique no município de Solânea – PB. (Monografia), Especialização em Geografia e Território: Planejamento Urbano Rural e Ambiental.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Luciene Vieira de Arruda (Orientadora). Dptº. de Geografia –UEPB III

Prof. Dr. Belarmino Mariano Neto. Dptº. de Geografia –UEPB III

Prof. Ms. Carlos Belarmino Mariano Alves. Dptº. de Geografia –UEPB III

Resumo

Este trabalho fundamenta-se na problemática da escassez de água doce no semiárido nordestino pela extrema irregularidade na distribuição das chuvas que constitui um atraso ao desenvolvimento socioeconômico da região. A barragem subterrânea é uma alternativa tecnológica social que contribui para a redução dos efeitos negativos dos longos períodos de estiagem. Objetiva analisar o manejo do solo e o uso da água de barragem subterrânea, bem como avaliar as opções de cultivos dos produtores da região. O método empregado constitui de revisão bibliográfica agregada a uma investigação exploratória e descritiva por meio de entrevista e visitas de campo, observações dos autores e dos entrevistados. Os entrevistados foram os proprietários ou responsáveis pelo manejo das barragens subterrâneas no Assentamento Pedro Henrique no município de Solânea – PB. Através dos resultados obtidos identificou-se que o manejo das barragens subterrâneas depende de vários aspectos como: manejo do solo, uso da água, estrutura adequada, quantidade e qualidade da água, propriedade física e química do solo e conhecimento da tecnologia. A barragem subterrânea depende de um manejo adequado para ter sucesso na sua produção.

Palavras-chaves: Recursos hídricos, Barragem Subterrânea, Manejo.

OLIVEIRA, F. L. B. Manejo do solo e água e opções de cultivo nas barragens subterrâneas no Assentamento Pedro Henrique no município de Solânea – PB. (Monografia), Especialização em Geografia e Território: Planejamento Urbano Rural e Ambiental.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Luciene Vieira de Arruda (Orientadora). Dptº. de Geografia –UEPB III

Prof. Dr. Belarmino Mariano Neto. Dptº. de Geografia –UEPB III

Prof. Ms. Carlos Belarmino Mariano Alves. Dptº. de Geografia –UEPB III

Abstract

This work is based at the fresh water shortage in the semi arid on the Northeast of Brazil due to an irregular situation of the rains which are considered a social economic development delay of the region. The underground dam is a social technologic alternative that contributes to the reduce of the negative effects in the dry weather long periodes. It has the purpose of analyzing the ground and underground dam water usage, as well as investigating the cultivation option of the region producers. The used method constitutes at bibliographies associated to an explorer and descriptive investigating through interviews and visits, authors and people who were interviewed observations. These people who were interviewed were also the owners or the responsables to the underground dam usage in the Assentamento Pedro Henrique, in Solânea – PB. Through the results it can be possible identify that the underground dam usage depends on a lot of aspects like: ground use, water use, right structure, water quantity and quality, physical and chemical properties grand and technological knowledge. The underground dam depends on the right usage to have success on its production.

Keywords: Water resources, underground dam, usage.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Classes de restrição do uso da água para irrigação de acordo com a qualidade.....	28
TABELA 2. Classes de restrição do uso de água para irrigação de acordo com a relação de absorção de sódio (RAS).....	28
TABELA 3. Classificação de água para irrigação.....	29
TABELA 4. Resultado da análise de solo (Química e Fertilidade).....	36
TABELA 5. Resultado da análise física do solo.....	38
TABELA 6. Resultado da análise da água (Irrigação).....	40

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. Classe de interpretação de fertilidade do solo para a matéria orgânica e para o complexo de troca de catiônica.....	26
---	----

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Local do barramento para a construção de barragem subterrânea.....	16
FIGURA 2. Escolha do local da obra para a construção de barragem subterrânea	16
FIGURA 3. Desenho esquemático do funcionamento da barragem subterrânea	18
FIGURA 4. Localização geográfica do município de Solânea/PB.....	21
FIGURA 5. Mapa altimétrico do município do Solânea/PB.....	22
FIGURA 6. Solos do município de Solânea/PB.....	23
FIGURA 7. Hidrografia do município de Solânea/PB.....	24
FIGURA 8. Diagrama triangular textural para classificação do solo.....	27
FIGURA 9. Barragem subterrânea construída pela AS-PTA.....	31
FIGURA 10. Barragem subterrânea sem sangradouro, poço amazonas e caixa elevada	32
FIGURA 11. BS- 3 com vazamento no septo impermeável.....	33
FIGURA 12. O manejo da terra que parte da montante em direção ao barramento	34
FIGURA 13. Porcentagem de areia, silte e argila das barragens subterrâneas.....	40

LISTA DE SIGLAS

AS-PTA – Assessoria e Serviço a Projetos em Agricultura Alternativa

BS – Barragem Subterrânea

C. E. – Condutividade Elétrica

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

SUDEMA – Superintendência de Administração do Meio Ambiente

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 PLANEJAMENTO AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS E GESTÃO DE ÁGUAS NA REGIÃO NORDESTE BRASILEIRA.....	13
2.2 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E GESTÃO DAS ÁGUAS.....	14
2.3 MANEJO DE SOLO, ÁGUA E OPÇÕES DE CULTIVO NAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE SOLÂNEA.....	21
3.2 COLETA E ANÁLISE DAS AMOSTRAS DE SOLO E ÁGUA.....	24
3.3 ENTREVISTAS COM OS PROPRIETÁRIOS DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
4.1 ANÁLISE ESTRUTURAL DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS.....	30
4.2 MANEJO DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS.....	33
4.3 CARACTERÍSTICAS DAS AMOSTRAS COLETADAS.....	35
4.4 CULTIVOS UTILIZADOS EM CADA BARRAGEM SUBTERRÂNEA E SEU RENDIMENTO	41
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
REFERÊNCIAS.....	45
..	

1 INTRODUÇÃO

Segundo BRITO et al (2007), o Brasil está incluído entre os países de maior reserva de água doce do mundo, porém, devido as suas dimensões geográficas e diversidade climática, algumas regiões sofrem graves problemas de escassez de água, como o semiárido brasileiro, que ocupa 67% da região Nordeste. Os autores afirmam que apenas 3% do total de água existente no país encontra-se na região Nordeste, sendo que 63% estão localizados na bacia hidrográfica do rio São Francisco e 15% na bacia do rio Parnaíba que, juntos, detêm 78% da água da região, e apenas 22% estão nas bacias dos rios intermitentes que se concentram em 450 açudes de grande porte.

No Brasil o semiárido nordestino é caracterizado climaticamente como uma região de baixa precipitação pluviométrica em média de 800 mm e de extrema irregularidade na distribuição das chuvas. Esta escassez de água doce constitui atraso ao desenvolvimento socioeconômico da região e dificulta a permanência do homem no campo (PALMIER e CARVALHO, 2003).

No semiárido a maioria dos produtores explora uma agricultura dependente de chuva que se torna um risco devido à irregularidade pluviométrica, que tem resultado em perdas de culturas de subsistência, falta de água para o consumo humano e para pequenas criações e que prejudica o desenvolvimento rural em regiões dependentes de chuva. Para Brito *et al.*, (1999, p.9) essa irregularidade de chuvas “constitui-se num grande obstáculo à permanência do homem no meio rural, devido à falta de água até mesmo para suprir suas necessidades básicas”.

Nas regiões com escassez de chuva são utilizadas águas de pequenas barragens superficiais e riachos temporários, mas no período da seca, por causa da evapotranspiração dos reservatórios, pode ocorrer aumento da concentração de sais em suas águas, tornando-se inadequada para irrigação, para o consumo humano e, dependendo do nível de salinidade, até para a dessedentação dos animais.

Outro agravante está relacionado com o manejo do solo que, dentro do processo de produção agrícola, é um dos componentes mais afetados pelo manejo inadequado, pode ocasionar impactos na disponibilidade dos nutrientes, na diversidade de microorganismos e formação da matéria orgânica, por causa da ausência de cobertura vegetal, adubação orgânica e pela queima dos restos de culturas que altera a umidade do solo o que resulta num ambiente desequilibrado.

A incerteza quanto à disponibilidade e a qualidade das águas gera insegurança na tomada de decisão de políticas de desenvolvimento agropecuário, socioeconômico e gestão das águas para a região. Faz-se necessário, portanto, medidas de planejamento e gestão dos recursos hídricos disponíveis que visem atender as necessidades da população de forma permanente (BRITO et al 2007).

Uma alternativa tecnológica social que contribui com a redução dos efeitos negativos dos longos períodos de estiagem é a Barragem Subterrânea (SILVA *et al.*, 2007, p 1). A autora explica que a barragem subterrânea consiste numa técnica para incrementar a disponibilidade de água no solo, reduzir os riscos da exploração agrícola e viabilizar a agricultura em pequenas e médias propriedades rurais.

A tecnologia consiste na intercepção do fluxo superficial e subterrâneo de um aquífero preexistente ou criado com a construção de uma parede impermeável, construída com alvenaria, concreto, argila compactável ou lona de plástico, dependendo das condições locais do produtor e da disponibilidade de materiais da região (BRITO et al., 1989). A barragem subterrânea é uma tecnologia simples, porém requer um manejo adequado para sua operação e manutenção.

No Rio Grande do Norte, em região onde chove uma média anual de 1000 mm há agricultores produzindo arroz, no alto sertão da Paraíba, no município de São Mamede, um agricultor produz manga para exportação, esses são exemplos da viabilidade das barragens subterrâneas em ambientes diferentes (BRITO et al 2007).

Este trabalho objetiva analisar o manejo do solo e o uso da água de barragem subterrânea, especificamente nas barragens do Assentamento Pedro Henrique, localizadas em Solânea e avaliar as opções de cultivos dos produtores dessa região.

Os objetivos específicos do trabalho foram direcionados ao manejo adequado do sistema solo-água-plantas na área de plantio, observando a estrutura de cada barragem e comparando seus rendimentos. Busca ainda a construção de conhecimento sobre o manejo do solo e água e a produção agrícola nas barragens subterrâneas do assentamento Pedro Henrique no município de Solânea/PB.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Diante do tema proposto, apresenta-se nesse trabalho temas relevantes para se atingir os objetivos, observando-se uma fundamentação teórica para futura pesquisa.

2.1 PLANEJAMENTO AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS E GESTÃO DE ÁGUAS NA REGIÃO NORDESTE BRASILEIRA

Em todo o mundo, a agricultura consome cerca de 69% da água captada, 23% é utilizada na indústria e 8% para o consumo doméstico. No Brasil são consumidos, em média, 246 m³/habitantes/ano, considerando todos os usos da água, inclusive para a agricultura e indústria (PHILIPPI Jr. et al, 2004, p, 55).

O Nordeste brasileiro, por ser uma região pobre em descarga dos rios, face às condições climáticas dominantes que provocam a existência de rios temporários e de rios com regime muito irregular, apesar de permanentes, a captação direta da água da chuva em cisternas é uma estratégia importante para suprir as populações rurais (CIRILO et al, 2007).

Em atividades socioeconômicas, a sustentabilidade do uso da água se embasa em dois aspectos: a quantidade e a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Tais informações são primordiais para direcionar a gestão dos recursos hídricos e controlar os impactos ao ambiente. (GOMES; PESSOA, 2010).

Em relação à água subterrânea, como o território nordestino é, por sua maioria, formado por rochas cristalinas e apresenta elevado teor de sais em poço de baixa vazão, o uso das águas subterrâneas para irrigação de culturas requer uma avaliação dos riscos potenciais associados à qualidade da água que poderão acarretar problemas relacionados, principalmente, à degradação dos solos pela salinização (CIRILO et al, 2007; CRUZ, 2008).

A irrigação é um componente importante não apenas nas regiões áridas e semiáridas, como também em outras regiões para proporcionar o equilíbrio da população em relação ao consumo e a distribuição e evitar possíveis interferências ocasionadas pela falta de água (ALMEIDA, 2009, p. 179).

Segundo Gomes e Pessoa (2010):

A forma como o agricultor atua em sua terra pode causar danos ao meio ambiente, pois a água, se mal manejada, em seu processo de escoamento superficial, pode gerar desde carreamento de solo até erosões acentuadas, como as voçorocas. Podemos citar também o desmatamento desordenado que podem por fim a nascentes de pequenos cursos d'água. Deve-se concentrar todos os esforços para se evitar ou minimizar o escoamento superficial proveniente da água que cai naturalmente (chuva) ou artificialmente (irrigação) sobre o solo agrícola (GOMES; PESSOA, 2010, p. 56).

2.2 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E GESTÃO DAS ÁGUAS

No semiárido brasileiro existem várias experiências de tecnologias bem sucedidas de acesso e manejo da terra e água para criação de animais e produção de alimentos, as quais podem ser multiplicadas para diferentes situações agroecológicas da região como é o caso das cisternas, poços, barreiros trincheiras, tanques de pedra, mandalas e as barragens subterrâneas, que contribuem com a redução dos efeitos negativos dos longos períodos de estiagem (BRITO et al, 2007).

Os primeiros trabalhos realizados sobre técnicas de armazenamento e conservação de água no subsolo foram realizados nos Estados Unidos por volta de 1895 na Califórnia, também foi realizada por hidrogeólogos franceses nas regiões áridas da África do Norte e no Saara com a construção de barragens subterrâneas com vistas à exploração de uma agricultura de vazante. A construção de barragens subterrâneas no Nordeste brasileiro ocorreu em Mossoró-RN a partir de 1935 através da Inspetoria de Obras Contra as Secas e em Recife foi a Missão de Hidrogeologia para o Nordeste em 1954 do Projeto Maior para Zonas Áridas da UNESCO (BRITO *et al.*, 1999).

As experiências com barragens subterrâneas no Nordeste brasileiro começaram no início da década de 80, por dois grupos de pesquisa, o da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) liderada pelo professor Waldir Duarte Costa e o grupo da Embrapa Semi-Árido liderado pelo pesquisador Aderaldo de Souza e Silva. Atualmente, a barragem subterrânea é uma das âncoras do Programa Uma Terra Duas Águas (P1 + 2), constituindo-se uma das opções de captação de água para produção de alimentos (Silva *et al.*, 2008).

Como explica a autora:

O P1 + 2 é um programa de convivência com o semiárido, que pretende assegurar à população rural o acesso a terra e à água. Tem como princípio básico dotar cada família do semiárido brasileiro (SAB) de Uma Terra (1), com tamanho suficiente para alimentos, e Duas águas (2), uma para o consumo humano e outra para produção de alimentos e/ ou criação de animais. O P1+ 2 é um Programa de formação e mobilização social para convivência com semiárido brasileiro que está sendo implantado em alguns Estados do Nordeste, através de Unidades Pilotos, podendo ser incorporado a programas governamentais como a reforma agrária, “Programa Fome Zero e Sede Zero”, “Programa de Combate à Desertificação” e o “Programa Hum Milhão de Cisternas (P1MC)” (GNADLINGER, 2005 apud SILVA *et al.*, 2008, p.10).

As barragens subterrâneas são construídas em regiões caracterizadas por grande diversidade de quadros naturais e socioeconômicos e dentro dessa diversidade o crescente número de experiências organizacionais desenvolvidas em torno da agricultura familiar vem superando a vulnerabilidade desses agroecossistemas diante das secas e constituindo alternativas econômicas sustentáveis (BRITO *et al.*, 2007).

A construção da barragem subterrânea necessita de treinamento de pessoal. Esse problema pode ser sanado com cursos no local, por meio da metodologia construtiva, isto é, aprendendo e fazendo, fazendo e aprendendo, mas também se faz necessário realizar a sensibilização das famílias quanto à sua importância e funcionalidade (critérios de construção, manejo do solo, da água e opção de cultivo), antes de sua implantação (Oliveira, *et al.*, 2010).

Segundo Silva *et al.* (2008).

Nos últimos anos tem crescido muito o interesse por parte de empresas públicas, privadas e de movimentos sociais pela implantação de barragens subterrâneas nos agroecossistemas rurais do semiárido brasileiro. Em decorrência, muitos técnicos e agricultores têm sido treinados quanto aos aspectos construtivos, mas na maioria das vezes, são treinamentos de curta duração, sem carga horária suficiente para formar multiplicadores da tecnologia, maquiando suas limitações. Existem muitas unidades improdutivas no Nordeste, em decorrência, principalmente, da falta de critérios técnicos na construção destas unidades (Silva *et al.*, 2008, p.11).

Para Oliveira *et al.* (2010), o primeiro passo é a escolha do local onde o barramento deve ser feito, em trecho do rio ou riacho que disponha de pelo menos 1

km de extensão à montante, para proporcionar uma recarga natural, à medida que a água acumulada pelo barramento venha a ser explorada. As áreas próximas as nascentes devem ser sempre evitadas, na figura abaixo, o local mais favorável seria em A e, em segunda opção nos locais em B, enquanto isso, os locais marcados por C são totalmente desfavoráveis (figura 1).

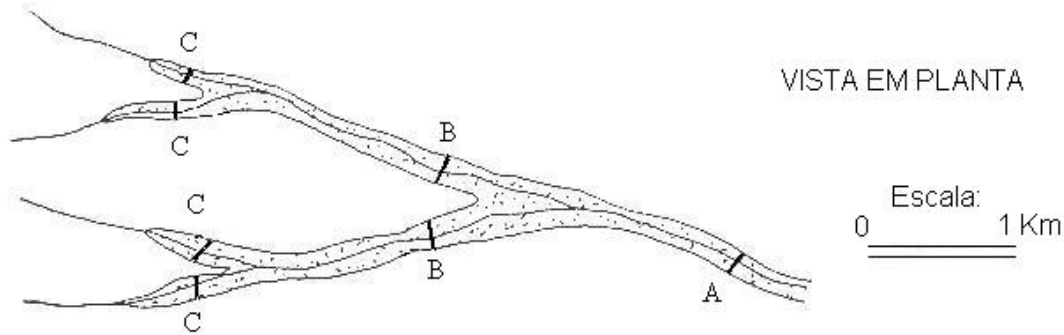


Figura 1 – Local do barramento para a construção de barragem subterrânea.
Fonte: Oliveira, Alves e França (2010).

A figura 2 mostra que o barramento deve ser sempre distante da nascente, na declividade menor do riacho para produzir maior acúmulo de umidade, a escavação deverá ser quando o lençol freático estiver muito baixo, ou seja, no final do verão e no local mais estreito do riacho para economizar material na construção (BARACUHY *et al.*, 2007).

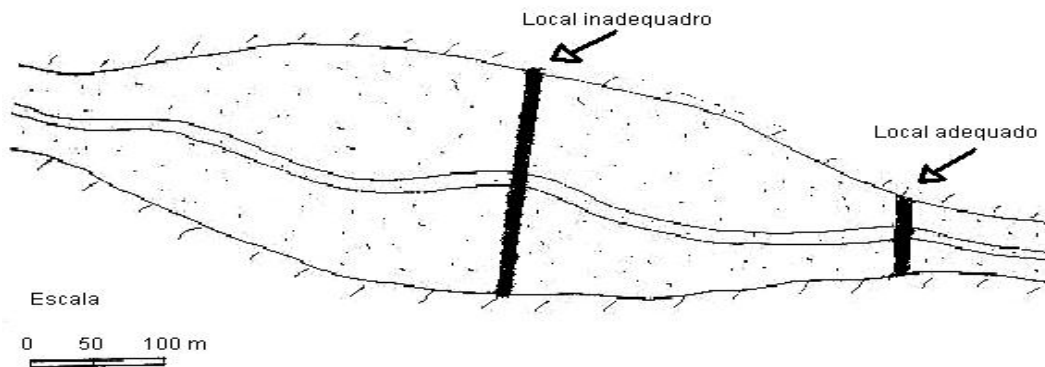


Figura 2 – Escolha do local da obra para a construção de barragem subterrânea.
Fonte: BARACUHY (2007).

Para Santos *et al.*(2008):

Escolher local onde a declividade seja a menor possível, no máximo em torno de 4%. Quanto maior a profundidade do solo até a camada de impedimento, menor a declividade do terreno à montante, maior a porosidade e maior a área de captação à montante, maior será a capacidade de armazenamento de água. É possível obter volumes entre 1.000 e 9.000 m³ por hectare, ou mais, em função das variantes descritas (Santos *et al.*, 2008, p. 6).

Segundo Silva *et al.*(2006), os custos de implantação de uma barragem subterrânea são variáveis em função de fatores como comprimento da parede, material utilizado, profundidade da camada impermeável e disponibilidade de mão de obra. Observa-se abaixo as instruções construtivas para a implantação de uma barragem subterrânea:

- A barragem subterrânea é instalada em locais onde escorre o maior volume de água no momento da chuva.
- Sua construção é feita escavando-se uma vala, com retroescavadeira ou manual, perpendicular ao sentido da descida das águas até a profundidade onde se encontra a camada mais endurecida do solo conhecida por camada impermeável ou rocha.
- Dentro da vala estende-se uma lona plástica de polietileno com espessura de 200 micra por toda sua extensão.
- Após o plástico estendido a vala volta a ser fechada com a terra com pá mecânica ou manual, formando a parede.
- Nesta parede deve ser feita um sangradouro com 50-70 centímetro de altura.
- O plástico dentro da vala se constitui na parede/ septo impermeável que barra o escoamento da água da chuva, provocando a sua infiltração no solo.
- A 2 metros da vala escava-se o poço e coloca os anéis com o auxílio da retroescavadeira.

A figura 3 exemplifica o funcionamento barragem subterrânea que consiste dos seguintes itens: parede da barragem ou septo impermeável, poço, sangradouro e área de captação e plantio.

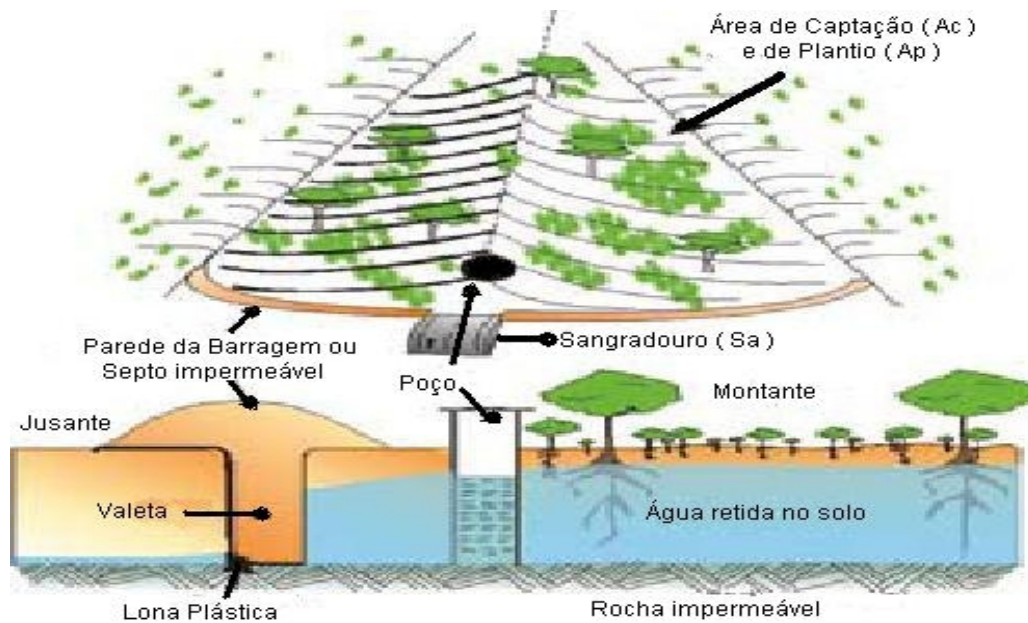


Figura 3 – Desenho esquemático do funcionamento da barragem subterrânea
 Fonte: BRITO et al (2007).

2.3 MANEJO DE SOLO, ÁGUA E OPÇÕES DE CULTIVO NAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS

O manejo do solo e da água na barragem subterrânea tem sido muito discutido por estudiosos da área, principalmente com relação ao perigo de salinização do solo. Uma alternativa é construir poços amazonas à montante da barragem, que permite a captação de água para objetivos diversos e para o esgotamento do aquífero, garante a renovação da água e facilita a lavagem do perfil do solo transportando os sais minerais dissolvidos na água da barragem funcionando como descarga de fundo, caso isso não ocorra há riscos em médio prazo de salinização do solo tornando-o impróprio para a agricultura (BRITO *et al.*, 1999).

O manejo do solo em sistema de exploração agrícola em barragem subterrânea pode ser como em qualquer outro sistema, ou seja, deve-se preparar a área após as primeiras chuvas, quando o solo estiver com umidade ideal, semelhante ao sistema de agricultura de vazante, onde as sementes ou mudas são plantadas na curva de nível formada pela água. Desta forma, o solo se mantém úmido por um maior período de tempo, atingindo, algumas vezes, o período mais próximo à seca, que em algumas regiões do semiárido pode ser entre setembro e dezembro (BRITO et al, 2007).

Estudos realizados pela Embrapa Semiárido, em algumas barragens subterrâneas, concluiu que, após as primeiras chuvas e em anos alternados deverão realizadas uma aração e uma gradagem, com posterior implantação de curvas de nível nas áreas de plantio. No ano seguinte deverá ser efetuada apenas uma aração, refeita as curvas de nível e os restos das culturas que foram deixadas na superfície do solo serão incorporadas. Anualmente são coletadas amostras de solo e água nos períodos chuvosos (janeiro – abril) e secos (setembro – novembro) para acompanhamento da fertilidade e condutividade elétrica (CE) (SILVA *et al.*, 2008).

Para um manejo adequado do solo é necessário a utilização dos restos de culturas, de esterco de animais (aves e ruminantes) e com a utilização de tração animal o agricultor diminuirá os impactos na região do plantio no período das secas.

Dentre as principais razões para o empobrecimento do solo pode-se destacar: a retirada de nutrientes, destruição da matéria orgânica do solo, principalmente pelas queimadas, a penetração das águas da chuva em solos com muita areia que levam os nutrientes para as camadas mais profundas aonde as raízes não chegam, o uso contínuo de implementos /maquinários (tratores, arados, grades) pode causar a compactação, impedindo que a água entre no solo favorecendo a enxurrada e prejudicando o desenvolvimento das raízes (SERRAT, *et al.* 2002).

Nas barragens subterrâneas atuais a água proveniente da chuva infiltra-se lentamente criando e/ou elevando o lençol freático, cuja água será utilizada posteriormente pelas plantas. Esse barramento faz com que a água fique armazenada no perfil do solo com perdas mínimas de umidade, pela evaporação ser muito lenta, diferentemente da evaporação que ocorre em barragens convencionais. A construção de poço amazonas à montante da barragem subterrânea permitirá a renovação da água através do bombeamento para irrigação, consumo humano e de pequenas criações (BRITO *et al.*, 2007).

De acordo com Oliveira *et al.* (2010):

A água não deve possuir salinidade elevada, pois tenderia a aumentar a concentração de sais e prejudicar o solo e as culturas nele implantadas. O ideal seria coletar uma amostra de água numa cacimba existente e medir a sua condutividade elétrica com um condutímetro portátil (Oliveira *et al.*, 2010, p. 16).

Para Cordeiro et al (1993, p.9), “a consequente salinização progressiva por efeito da irrigação com água salina pode levar a marginalizar áreas após alguns anos de produção caso não haja uma boa drenabilidade do solo”. Mas, os autores afirmam que a água altamente salina poderia ser utilizada para irrigação complementar do feijão só até a salinidade do solo atingir condutividade elétrica (CE) igual a 0,3 ou 0,4 mmhos/cm, acima destes níveis o efeito da irrigação é negativo, mas o sorgo, dada a sua tolerância ao sal, apresenta melhor resposta à irrigação suplementar com água salina (CE = 10,0 mmhos/cm), com produtividade 40% superior àqueles sem irrigação.

Uma recomendação importante é que não se deve plantar na área próxima ao sangradouro após as primeiras chuvas, pois pode correr o risco do solo ficar bastante encharcado por ocorrências de chuvas torrenciais, podendo causar a morte das plantas. Mas, alguns agricultores podem utilizar a área mais saturada para cultivos de agrião, arroz e outras culturas que suportam maiores umidades em seu ciclo produtivo (SANTOS *et al.*, 2008).

De acordo Brito et al (2007), nos estados da Bahia e de Pernambuco, as barragens subterrâneas são tradicionalmente cultivadas com feijão de corda, milho, batata-doce, sorgo, mandioca, guandu e forragem. Na região do Cariri, Brejo e Curimataú da Paraíba, são cultivados, além do milho e feijão, hortaliças e flores para serem comercializadas na Feirinha Agroecológica de Campina Grande.

Segundo o autor acima:

À medida que a estação chuvosa vai passando e a barragem subterrânea começa a perder umidade com maior intensidade. Podem-se cultivar culturas mais resistentes à estiagem, como por exemplo, o gergelim. Recomenda-se, também, cultivar fruteiras para consumo familiar, tais como limão, goiaba, pinha, acerola, caju, manga. Deve-se evitar fruteiras exigentes em água, como, por exemplo, a bananeira e o coqueiro (BRITO et al, 2007, p. 128).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE SOLÂNEA

O município de Solânea está localizado na Microrregião do Curimataú Oriental e na Mesorregião Agreste Paraibano. Sua área é de 266 km² representando 0.4712% do Estado, 0.0171% da Região e 0.0031% de todo o território brasileiro. A sede do município tem uma altitude aproximada de 626 metros e fica a 99,3 Km da capital (CPRM, 2005). O município foi criado em 1953, a População Total é de 26.599 habitantes segundo o censo do IBGE 2010. Solânea limita-se com os seguintes municípios, ao Norte: Cacimba de Dentro; ao Sul, Serraria e Arara; ao Leste: Dona Inês, Bananeiras e Borborema; a Oeste: Remígio e Casserengue.

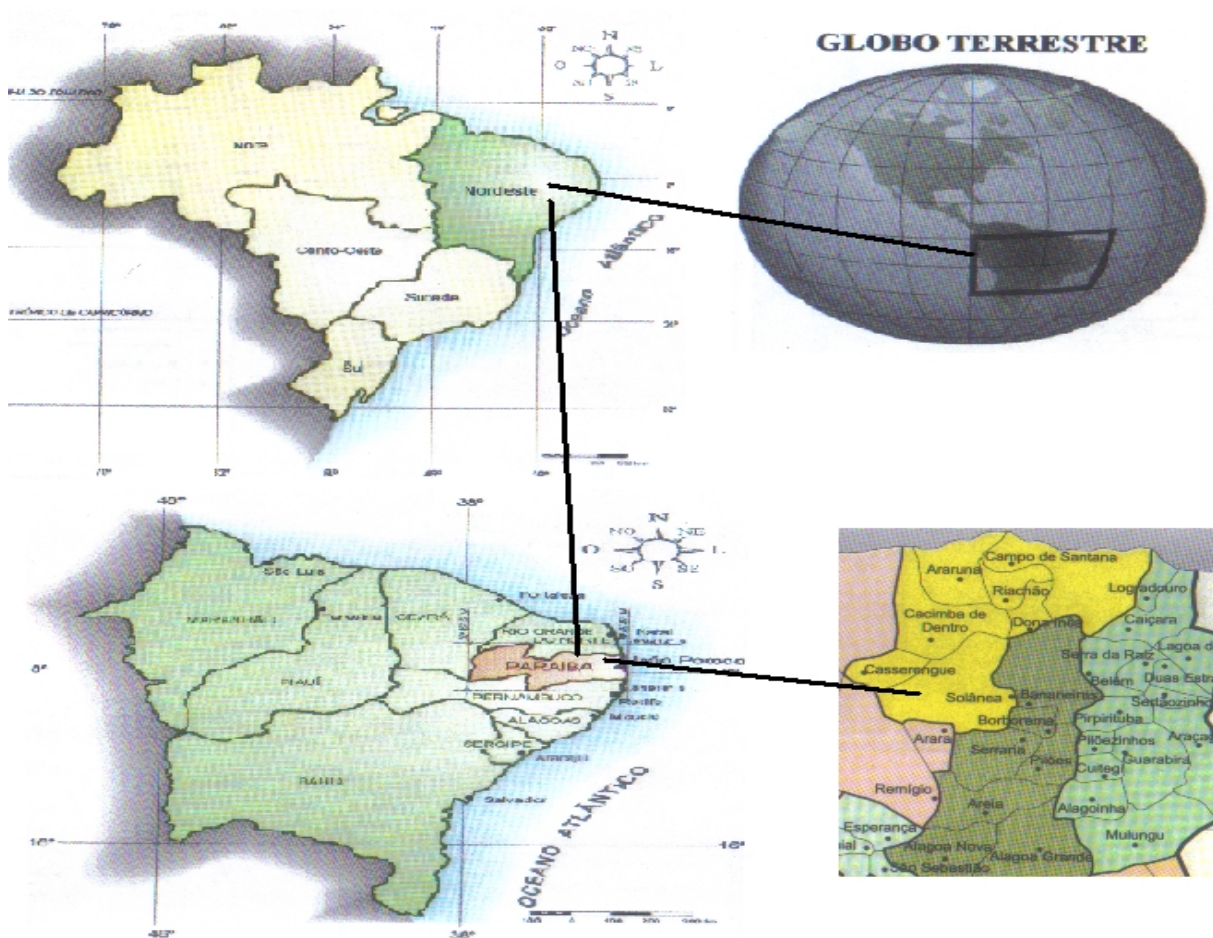


Figura 4: Localização geográfica do município de Solânea/PB
Fonte: Atlas da Paraíba, 2002.

A estrutura geológica do município de Solânea divide-se em sedimentar e cristalina, integra o domínio do Planalto da Borborema, formada por maciços e outeiros altos, com altitudes variando entre 350 a 630 metros (SUDEMA, 2006).

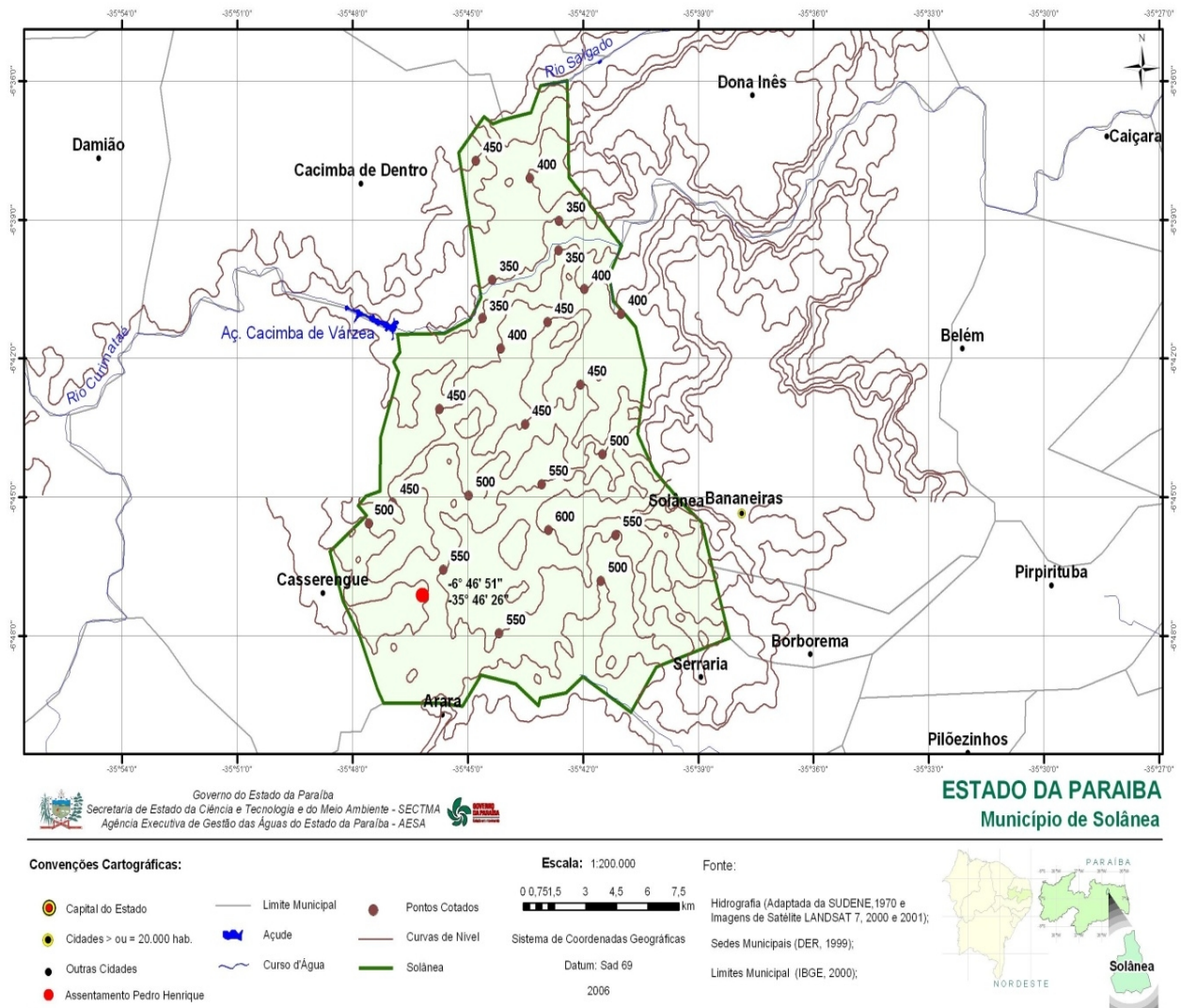


Figura 5. Mapa altimétrico do município de Solânea/PB.
Fonte: SUDEMA, 2006.

Solânea apresenta topografia acidentada, composta por relevos agrupados, próximos um dos outros, com altas declividades formando vales profundos e estreitos dissecados. O relevo mostra-se bastante diversificado, destacando-se áreas planas, onduladas e montanhosas, sendo comum a presença de cicatrizes de escorregamento, ravinas anfiteátricas e voçorocas (CPRM, 2005).

O clima predominante em todo o município é o Tropical chuvoso, com verões secos, caracterizado por temperaturas com média de 18°C ou superior em todos os meses do ano.

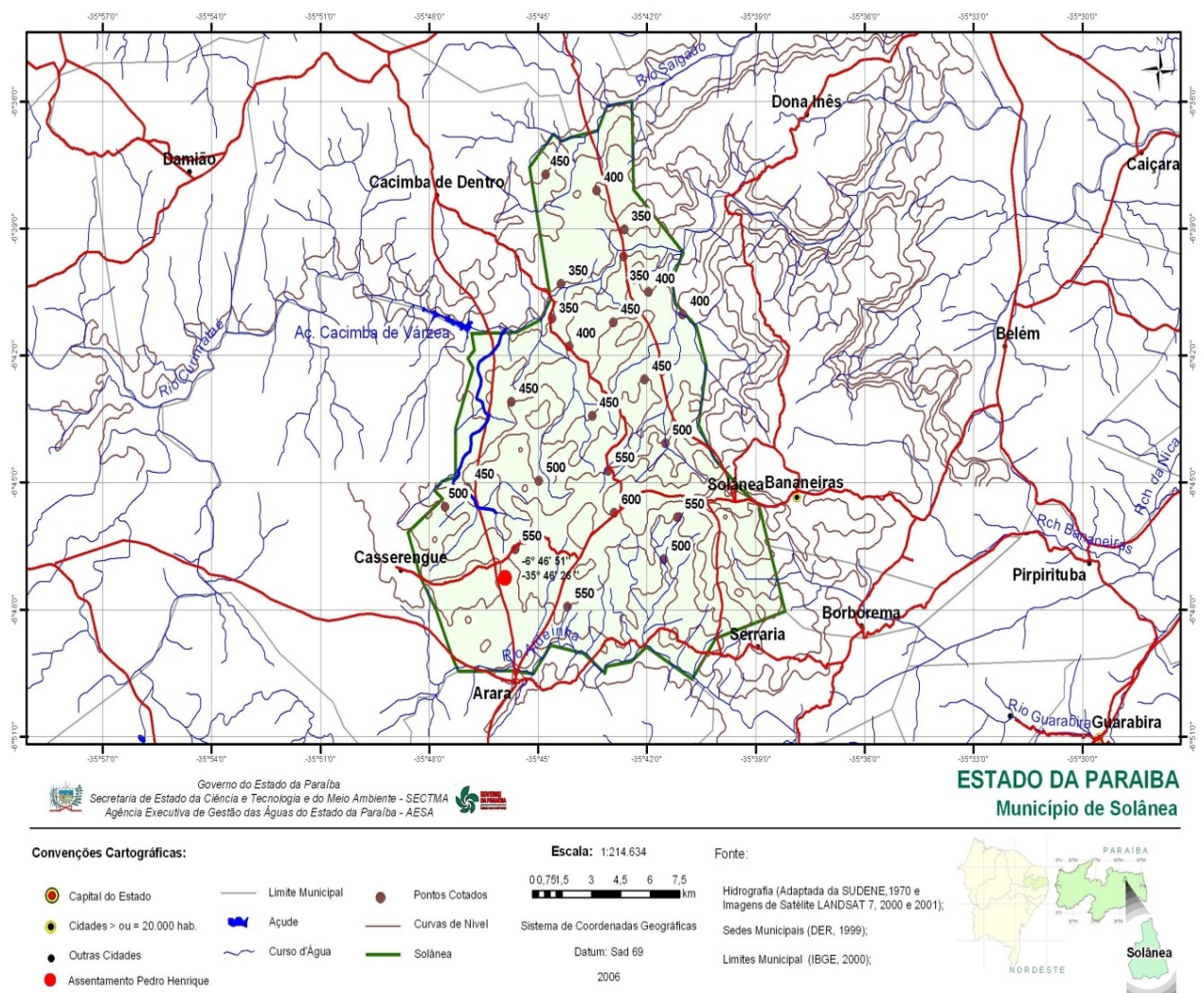


Figura 7. Hidrografia do município de Solânea/PB.
 Fonte: SUDEMA, 2006.

3.2 COLETA E ANÁLISE DAS AMOSTRAS DE SOLO E ÁGUA

A análise química do solo avalia a fertilidade, determina o seu pH (acidez) e disponibilidade de nutrientes para as plantas. Através desta análise pode-se verificar a necessidade do uso de corretivos para a acidez (calcário) e fertilidade (adubos) no solo. Esta análise é feita de 1 a 3 meses antes do plantio, geralmente com intervalo de 2 a 4 anos (dependendo do tipo de cultura e de solo).

De acordo com Ribeiro et al (1999), a amostra do solo é a primeira e principal etapa de um programa de avaliação da fertilidade do solo, pois é com base na análise química da amostra do solo que se realiza a interpretação e que são definidas as doses de corretivos e de adubos. É importante que as amostras simples

coletadas em uma gleba tenham o mesmo volume de solo, isto se consegue padronizando a área e a profundidade de coleta da amostra simples.

O autor acima citado chama a atenção para os seguintes aspectos na coleta das amostras: recomenda-se coletar as amostras simples nas camadas de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm, percorrer de modo aleatório a gleba cobrindo toda a sua extensão, para obter uma boa padronização utiliza-se o trado holandês ou trado calador, mas pode-se obter amostras com instrumentos mais simples, tais como pá ou enxadão e os equipamentos que serão utilizados na organização das amostras de solo são o balde de plástico limpo, saco de plástico limpo e etiqueta.

Também nesse sentido, Serrat et al (2002), destaca que para fazer a coleta do solo limpe cada local, removendo a vegetação, folhas ou pedras. Não tirar amostras de solo de locais com deposição de fezes de animais, de depósito de calcário, onde existe a presença de palhas, locais a menos de 2 metros de cercas, estradas, linhas de plantio. Para as culturas anuais como milho, trigo, feijão, arroz, soja, algodão e pastagens, recomenda-se coletar a amostra de solo na camada arável, ou seja, até 20 cm. Para as culturas permanentes, ou seja, perenes (florestas, frutíferas e pastagens) as amostras devem ser coletadas de 0-20 e de 20-40 cm de profundidade, antes da implantação da cultura.

As coletas das amostras de solo foram realizadas em dezembro de 2011 nas 4 barragens subterrâneas do Assentamento Pedro Henrique no município de Solânea/PB, com a participação dos proprietários. Foram retiradas amostras das camadas de 0-20, de 20-40 e 40-60 cm.

As análises químicas e físicas foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo no Centro de Ciências Agrárias da UFPB no Campus II – Areia, sendo determinados: pH, fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), acidez potencial (H+Al), acidez trocável (Al³⁺), cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (v%), saturação de alumínio (m%), matéria orgânica (M.O.) e granulometria (areia, silte, argila).

Os critérios a serem utilizados para a interpretação dos resultados de análises químicas de solos emitidos pelo laboratório da UFPB- Areia, foram da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (quadro 1).

QUADRO 1. Classe de interpretação de fertilidade do solo para a matéria orgânica e para o complexo de troca de catiônica.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes de Minas Gerais – 5ª aproximação / Antonio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Victor Hugo Alvarez V. (editores) – Viçosa, MG, 1999. 359p.

QUADRO 3. CLASSES DE INTERPRETAÇÃO DE FERTILIDADE DO SOLO PARA A MATÉRIA ORGÂNICA E PARA O COMPLEXO DE TROCA CATIONICA

Características	Unidade	Classificação				
		muito baixo	baixo	médio	bom	muito bom
Carbono Orgânico	Dag/kg	= 0,40	0,41 – 1,16	1,17 – 2,32	2,33 – 4,06	> 4,06
Matéria Orgânica	Dag/kg	= 0,70	0,71 – 2,00	2,01 – 4,00	4,01 – 7,00	> 7,00
Cálcio trocável	Cmol _c dm ⁻³	= 0,40	0,41 – 1,20	1,21 – 2,40	2,01 – 4,00	> 4,00
Magnésio trocável	Cmol _c dm ⁻³	= 0,15	0,16 – 0,45	0,46 – 0,90	0,91 – 1,50	> 1,50
Acidez trocável (Al ³⁺)	Cmol _c dm ⁻³	= 0,20	0,21 – 0,50	0,51 – 1,00	1,01 – 2,00	> 2,00
Soma de bases (SB)	Cmol _c dm ⁻³	= 0,60	0,61 – 1,80	1,81 – 3,60	3,61 – 6,00	> 6,00
Acidez potencial (Al = H)	Cmol _c dm ⁻³	= 1,00	1,01 – 2,50	2,51 – 5,00	5,01 – 9,00	> 9,00
CTC efetiva (t)	Cmol _c dm ⁻³	= 0,80	0,81 – 2,30	2,31 – 4,60	4,61 – 8,00	> 8,00
CTC pH 7,0 (T)	Cmol _c dm ⁻³	= 1,60	1,61 – 4,30	4,31 – 8,60	8,61 – 15,00	> 15,00
Saturação por Al (m%)	%	= 15,0	15,1 – 30,0	30,1 – 50,0	50,1 – 75,00	> 70,0
Saturação por bases (V%)	%	= 20,0	20,1 – 40,0	40,1 – 60,0	60,1 – 80,0	> 80,0
K trocável	Cmol _c dm ⁻³	=	= 0,10	0,4 – 0,30	> 0,30	=

pH

Alta	Acidez média	baixa	Neutro	Alcalinidade média	Alta
5,0	5,1 – 5,9	6,0 – 6,9	7,0	7,5 – 7,9	> 7,9
			baixa		
			7,1 – 7,0		

K trocável	Na	P (extrator Mehlich) mg.dm ⁻³	Ca mg.dm ⁻³	Mg mg.dm ⁻³	Ca + Mg mg.dm ⁻³
= 0,10		< 3	0 – 1,5	0 – 0,5	> 4
0,11 – 0,30	- baixo	3 – 30	1,6 – 4,0	0,6 – 1,0	< 3
> 0,30	- médio	> 30	> 4,0	> 1,0	> 2
Saturação K: 3 – 5%	- alto				calagem calagem não irrigada calagem

A análise física determina a porcentagem de areia, silte e argila contidas no solo (figura 8). É através desta análise que se obtêm o quanto de fósforo será necessário na adubação, o risco de erosão, a disponibilidade de água para as plantas, o uso econômico de adubos, a escolha do melhor maquinário a ser usado.

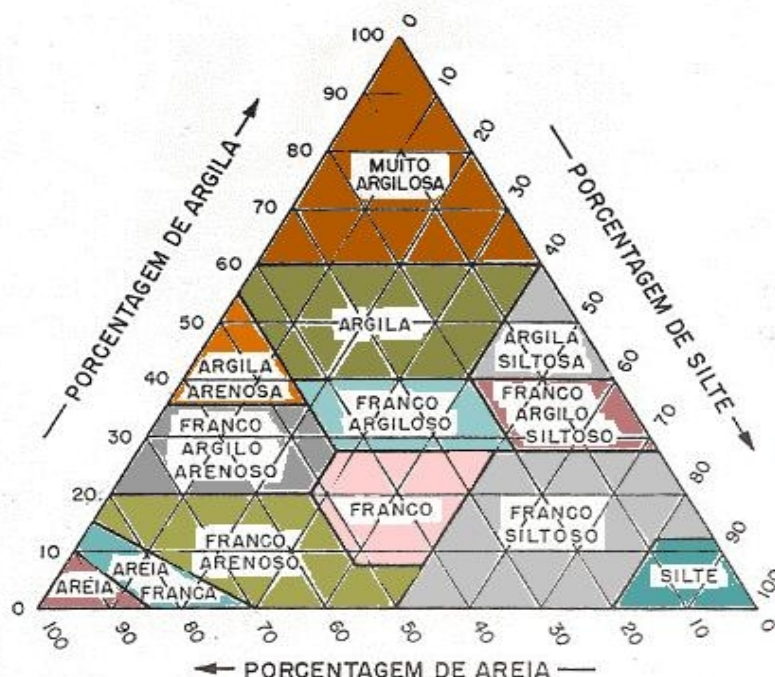


Figura 8. Diagrama triangular textural para classificação do solo.
 Fonte: Adaptado de PROCHNOW e ROSSI, 1999.

Em algumas regiões semiáridas tem se constatado problemas de salinidade nas áreas de plantio e em torno das barragens devido, principalmente, a problemas ligados a qualidade da água dos riachos. Faz-se necessário, portanto, o monitoramento da água para acompanhar a evolução dos sais dentro da área de captação/plantio das barragens subterrâneas.

Para a avaliação da qualidade da água usada na irrigação de cada uma das 4 barragens subterrâneas foram realizadas coletas de amostras de água de 2 poço amazonas a montante de 2 barragens subterrâneas, as outras coletas de amostras de água de 2 pontos diferente de um pequeno barreiro, localizado após jusante das outras 2 barragens subterrâneas. As amostras foram coletadas em dezembro de 2011 e encaminhadas para análises químicas.

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo no Centro de Ciências Agrárias da UFPB no Campus II – Areia, sendo determinados: pH, condutividade elétrica (C.E.), cálcio (Ca^{++}), magnésio (Mg^{++}),

sódio (Na^{++}), potássio (K^{+}), sulfato (SO_4^{\equiv}), carbonatos (CO_3^{\equiv}), bicarbonatos (HCO_3^-), cloreto (Cl^-), adsorção de sódio (RAS) e as classes de irrigação ($\text{C}_1\text{-S}_1$ até $\text{C}_5\text{-S}_4$). As Tabelas 1, 2 e 3 mostram as classes de uso de água para irrigação.

Tabela 1 - Classes de restrição de uso da água para irrigação de acordo com a qualidade.

Variáveis	Classe de restrição de Uso para Irrigação		
	Nenhuma	Moderada	Severa
pH (dS m^{-1})	-	6,5 a 8,4	> 8,4
CE (dS m^{-1})	< 0,7	0,7 a 3,0	> 3,0
Ca + Mg ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	< 5,0	5,0 a 15,0	> 15,0
Na ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	< 3,0	> 3,0	-
SO_4 ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	< 10	10 a 30	> 30
CO_3 ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	< 0,1	0,1 a 0,2	> 0,2
HCO_3 ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	< 1,5	1,5 a 8,5	> 8,5
Cl ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	< 3,0	> 3,0	> 10

Fonte: Ayers & Westcot (1999), adaptado por ANDRADE Jr. (2006).

Para identificar a qualidade química da água é necessário determinar as concentrações iônicas dos elementos que estão nela dissolvidos em forma iônica. Embora muitos dos elementos dissolvidos nas águas sejam necessários para a vida, algumas vezes eles estão presentes em concentrações elevadas, o que torna o uso da água restrita para irrigação (SANTIAGO et al , 2007).

Tabela 2 - Classes de restrição de uso de água para irrigação de acordo com a relação de adsorção de sódio (RAS)

RAS	Classes de Restrição de Uso para Irrigação		
	Nenhuma	Moderada	Severa
	Condutividade elétrica (dS m^{-1})		
0 a 3	> 0,7	0,7 a 0,2	< 0,2
3 a 6	> 1,2	1,2 a 0,3	< 0,3
6 a 12	> 1,9	1,9 a 0,5	< 0,5
12 a 20	> 2,9	2,9 a 1,3	< 1,3
20 a 40	> 5,0	5,0 a 2,9	< 2,9

Fonte: Ayers & Westcot (1999), adaptado por ANDRADE Jr. (2006).

A classificação baseada na concentração total de sais solúveis expressas pela condutividade elétrica (CE) e a razão de adsorção de sódio (RAS), segundo esta classificação é possível observar o perigo de salinização. Teores de sais elevados na água podem levar à sanilização do solo e prejudicar as culturas.

Tabela 3: Classificação de água para irrigação.

Classificação	Descrição
C₁	Baixo Risco de Salinização
C₂	Médio Risco de Salinização
C₃	Alto Risco de Salinização
C₄	Muito Alto Risco de Salinização
C₅	Extremo Risco de Salinização

Classificação	Descrição
S₁	Fracamente Sódicas
S₂	Razoavelmente Sódicas
S₃	Fortemente Sódicas
S₄	Muito Fortemente Sódicas

Fonte: Ayers & Westcot (1999), Projeto Portal (2006).

3.3 ENTREVISTAS COM OS PROPRIETÁRIOS DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS

As entrevistas foram feitas aos proprietários ou responsáveis pelo manejo das quatro barragens subterrâneas. As informações obtidas seguiram um roteiro elaborado para guiar a entrevista através de um diálogo aberto, desta forma foi possível coletar informações necessárias para a conclusão deste trabalho.

Os locais das entrevistas foram nas barragens subterrâneas e nas casas dos proprietários que participaram de todas as etapas do trabalho de campo e ajudaram na coleta de dados. As informações seguiram o seguinte roteiro: a convivência com o semiárido, a construção das barragens, o treinamento, o manejo de solo-água-planta, problemas estruturais e produtividade. Os proprietários são:

- Francisco de Assis Lira Santos de 50 anos. Sua família é composta por 5 pessoas e há 8 anos mora no assentamento. A entrevista e a visita à barragem foram com seu filho Luan de 21 anos, também responsável pelo manejo.
- Severino Cândido de Araújo de 63 anos. Mora sozinho e há 7 anos mora no assentamento.
- Francisco Belchior dos Santos de 48 anos. Sua família é composta por 6 pessoas e há 8 anos mora no assentamento.
- Maria de Lourdes Ferreira da Silva de 63 anos. Sua família é composta por 3 pessoas e há 61 anos mora no mesmo local.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo expõe e discute os resultados da pesquisa, revelam-se as contribuições de conhecimento do estudo aqui apresentado e tem o intuito de melhorar a explanação e o encadeamento lógico para apresentação dos resultados que foram relatados a partir dos objetivos específicos traçados nesse trabalho.

O estudo foi realizado no Assentamento Pedro Henrique no município de Solânea/PB de outubro de 2011 a maio de 2012. Ocupa uma área de 879 hectares, com altitude média de 490 m onde vivem 25 famílias. Suas coordenadas geográficas são: 6°46'51" Lat. S e 35°46'26" Long. O. O clima é quente, com chuvas de inverno, sendo o período chuvoso de fevereiro a agosto e a precipitação média anual da ordem de 750 mm (CPRM, 2005).

4.1 ANÁLISE ESTRUTURAL DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS

As primeiras barragens subterrâneas foram construídas no Nordeste brasileiro na década de 30, mas ainda é uma novidade em algumas regiões do semiárido e entre as tecnologias usadas depende do atendimento das exigências quanto aos parâmetros de locação e do conhecimento sobre seu funcionamento (Silva *et al.*, 2008).

As quatro barragens subterrâneas (BS) construídas no Assentamento Pedro Henrique fazem parte do Programa Uma Terra e Duas Águas - P1 + 2, executado através da AS-PTA (Agricultura Familiar e Agroecológica). A AS-PTA é uma associação de direito civil sem fins lucrativos que, desde 1983, atua para o fortalecimento da agricultura familiar e a promoção do desenvolvimento rural sustentável no Brasil, na Paraíba tem sede no município de Esperança.

A primeira barragem subterrânea (BS-1) construída no Assentamento Pedro Henrique foi no ano de 2008 na propriedade do Sr. Francisco de Assis Lira Santos, para demonstrar a tecnologia de captação de água da chuva e em 2010 foram construídas as 3 outras barragens subterrâneas (BS-2, BS-3 e BS-4, respectivamente) nas propriedades dos Srs. Severino Cândido de Araújo, Francisco Belchior dos Santos e da Sra. Maria de Lourdes Ferreira da Silva.

Atualmente, o modelo utilizado pela AS-PTA apresenta a seguinte estrutura: septo impermeável/parede, sangradouro, caixa elevada, poço, área de captação e de plantio. Um ponto importante a destacar nesta estrutura é a caixa elevada que não faz parte dos modelos de barragens subterrâneas citadas anteriormente pelos autores Brito et al (2007, p.124) e Silva et al (2007, p. 2). Segundo os proprietários também faz parte da estrutura um motobomba para retirar água do poço para a caixa elevada, o que possibilita um sistema de irrigação por gravidade como é demonstrado na figura 9.



Figura 9. Barragem subterrânea 4 construída pela AS-PTA.
Fonte: Acervo do autor, 11/2011.

O modelo anterior de barragem subterrânea construída pela AS-PTA na propriedade do Sr. Francisco de Assis Lira Santos (BS-1) é possível observar que a estrutura anterior apresentava um padrão de construção mais simples. Comparada com a estrutura atual falta construir o sangradouro - que é necessário para eliminar o excesso de água na área do plantio; o poço amazonas - responsável pela renovação da água no perfil do solo e do monitoramento da quantidade e qualidade da água e a caixa elevada - que permite acumular água retirada do poço amazonas e aproveitar para irrigação na área do plantio (figura 10).

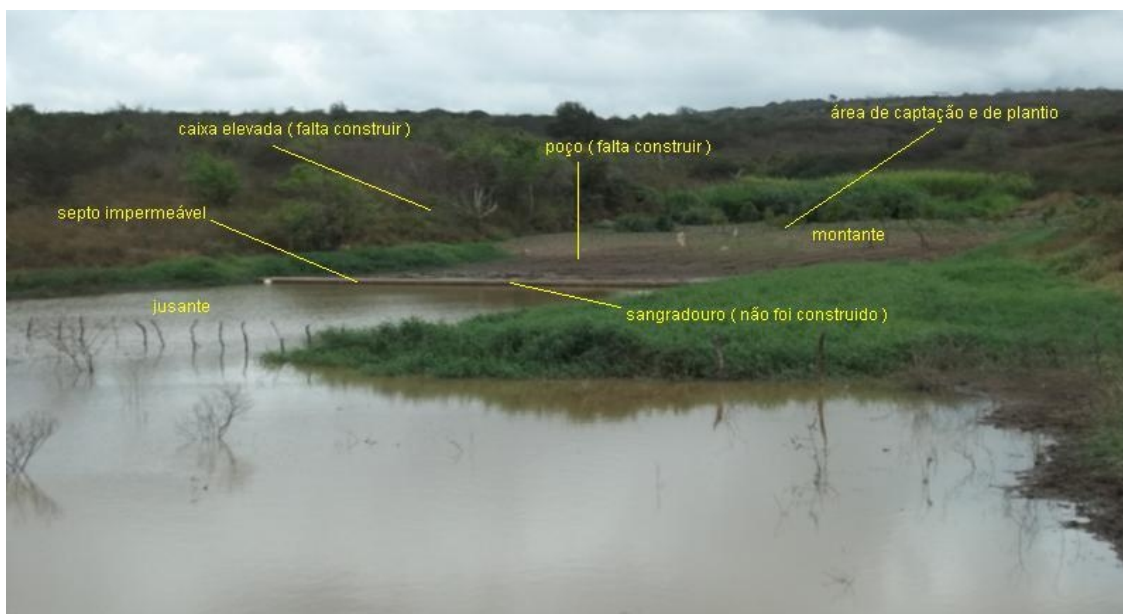


Figura 10. Barragem subterrânea 1 sem sangradouro, poço amazonas e caixa elevada.
Fonte: Acervo do autor, 11/2011.

Outra barragem subterrânea com problema estrutural é a do Sr. Francisco Belchior dos Santos (BS-3) que, no segundo ano após a construção, apresentou vazamento no septo impermeável e causou prejuízos na produção de alimentos. O proprietário comentou que depois de receber um grande volume de água no período chuvoso a BS- 3 não conseguiu reter água por um período maior que dois meses. O solo perdeu umidade rapidamente com isso dificultou o manejo e isto o torna árido e improdutivo.

Nas palavras de Silva *et al* (2010, p. 4), é importante observar que em rios ou riachos, onde os solos apresentem profundidades maiores do que 4 m e com grande vazão, é recomendada a construção de barragem subterrânea com septo impermeável/parede em alvenaria ou de pedra e cimento. Também nesse sentido, a autora destaca outro aspecto a considerar em riachos com forte vazão é o intervalo de tempo entre grandes eventos de chuva (a cada 10 – 20 anos), pois a forte vazão, em ocasiões de grandes chuvas, danifica ou mesmo rompe o septo impermeável construídos com lona plástica, comprometendo todo investimento (figura 11).



Figura 11. BS- 3 com vazamento no septo impermeável.
Fonte: Acervo do autor, 11/2011.

As BS- 2, BS- 3 e BS- 4 estão sendo prejudicadas em seu funcionamento devido a falta do motobomba, responsável por encher as caixas elevadas com a água do poço Amazonas. Os proprietários das BS- 2 e BS- 3 ainda não receberam o motobomba da AS-PTA, a proprietária da BS- 4 recebeu o motobomba com toda a fiação necessária para instalação, mas depende da Distribuidora de Energia para colocar rede elétrica próxima a barragem subterrânea. Os três proprietários concordam que a estrutura sem o motobomba não fica completa e que a produção poderia alcançar melhores resultados principalmente com legumes, verduras e frutas.

4.2 MANEJO DAS BARRAGENS SUBTERRÂNEAS

Os proprietários receberam treinamento sobre manejo em outra barragem subterrânea que tem mais de 10 anos de construída, localizada no sítio Bom Sucesso no mesmo município, o treinamento foi através de troca de experiências com outros agricultores que utilizam a tecnologia. Foram incentivados a não praticar queimadas próximo da área do plantio para que não haja perda de umidade do solo,

a não usar agrotóxicos na barragem subterrânea por ser uma estrutura hidráulica e impedir o uso da água em outras atividades e não permitir a circulação de animais (bovinos e equinos) na área do plantio para não compactar o solo.

A partir do mês de agosto, quando inicia o período de estiagem, os agricultores esperam baixar a lâmina de água das barragens subterrâneas e quando o solo estiver com umidade ideal fazem o manejo da terra que parte da montante em direção ao barramento, utilizando enxadas ou arado com tração animal. Os agricultores fazem o plantio direto e usam os restos das culturas anteriores que foram deixadas como adubo e as novas culturas são plantadas em curva de nível paralela ao barramento (figura 12).



Figura 12. O manejo da terra que parte da montante em direção ao barramento.
Fonte: Acervo do autor, 11/2011.

Das barragens subterrâneas estudadas apenas a BS- 1 teve produção expressiva neste ciclo produtivo de 2011, comparada às outras. O proprietário, com aproximadamente 4 anos de experiência de manejo na BS- 1, deixou para plantar quando o solo atingiu umidade ideal no mês de outubro seguindo as instruções corretas começou a plantar da montante ao barramento e mesmo não tendo caixa elevada e poço, utilizou a água do barreiro à jusante para irrigação e os resultados foram satisfatórios. A adubação foi feita com esterco de gado e resto das culturas.

Na BS- 2 o proprietário deixou para plantar feijão depois do mês de dezembro, um pouco tarde porque o solo encontrava-se seco na parte arável e o nível de água estava abaixo do que seria necessário para o desenvolvimento da cultura. O proprietário através do poço amazonas consegue acompanhar o nível do lençol freático, dando condições de planejar suas atividades no período seco. A BS- 2 foi a única a reter água até fim de maio, o que possibilitaria o uso para irrigação pela quantidade, mas não pela qualidade (segundo as características das amostras coletadas). A adubação foi feita esterco de gado e resto das culturas.

O proprietário da BS- 3 tem muita dificuldade no manejo do solo por causa do vazamento na parede, a barragem perde umidade rapidamente não retém água tempo suficiente para o desenvolvimento das plantas. A BS- 3, mesmo tendo poço e caixa elevada depende do barreiro à jusante para irrigação manual. A baixa produtividade leva o proprietário a pensar que não é mais viável plantar na BS- 3 enquanto não for feito o reparo.

A proprietária da BS- 4 começou o preparo da terra antes de outubro quando o nível de água baixou na área de captação e já era possível iniciar a plantação, mas o período não era favorável pela ocorrência de chuvas torrenciais que inundou e destruiu a plantação, após 3 tentativas conseguiu apenas uma pequena produtividade. A BS- 4 nunca foi abubada.

Estudos desenvolvidos pela Embrapa Solos visando avaliar os impactos socioeconômicos e ambientais nos agroecossistemas e na vida das famílias agricultoras do Semiárido têm detectado a improdutividade de um número expressivo de unidades de barragens subterrâneas. Essa improdutividade se deve, principalmente, a problemas na construção e a falta de conhecimento do agricultor sobre a funcionalidade da barragem subterrânea (SILVA *et al.*, 2010).

4.3 CARACTERÍSTICAS DAS AMOSTRAS COLETADAS

Para Serrat *et al.* (2002), a análise do solo é um meio que pode auxiliar o produtor rural no planejamento de suas atividades, sendo feita em laboratórios de instituições públicas e particulares. Este é o primeiro passo para saber a quantidade de nutrientes que o solo é capaz de reter e posteriormente fornecer para as plantas. A importância de se fazer uma análise de solo está relacionada a uma correta recomendação da calagem (correção da acidez do solo) e adubação.

A tabela 4 mostra o resultado da análise do solo coletado nas 4 barragens subterrâneas do Assentamento Pedro Henrique.

Tabela 4: Resultado da análise de solo (Química e Fertilidade)

Barragem Subterrânea – 1

Profundidade (cm)	pH	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	V	m	M.O.
		mg/dm			----- cmol _c /dm ³ -----							- % -	g/Kg
0 - 20	4,77	3,43	111	0,10	1,98	0,20	1,45	1,95	3,78	5,76	65,63	5,02	12,22
20 - 40	4,54	30,24	106	0,07	3,96	0,35	2,30	2,45	5,09	9,05	56,24	6,43	16,00
40 - 60	5,43	3,96	78	0,05	1,49	0,00	2,55	3,05	5,85	7,34	79,70	0,00	9,14

Barragem Subterrânea – 2

Profundidade (cm)	pH	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	V	m	M.O.
		mg/dm			----- cmol _c /dm ³ -----							- % -	g/Kg
0 - 20	6,82	131	459	1,44	0,41	0,00	6,80	7,35	16,76	17,17	97,61	0,00	25,26
20 - 40	7,55	57,95	204	1,13	0,00	0,00	3,20	2,85	7,70	7,70	100	0,00	11,08
40 - 60	7,78	8,63	112	1,33	0,00	0,00	2,05	2,00	5,67	5,67	100	0,00	5,95

Barragem Subterrânea – 3

Profundidade (cm)	pH	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	V	m	M.O.
		mg/dm			----- cmol _c /dm ³ -----							- % -	g/Kg
0 - 20	7,00	4,88	131	0,20	1,73	0,00	6,75	2,80	10,08	11,82	85,28	0,00	14,88
20 - 40	6,92	38,47	81	0,24	1,40	0,00	5,50	3,00	8,95	10,35	86,47	0,00	8,62
40 - 60	6,88	3,30	84	0,27	1,40	0,00	5,75	2,50	8,73	10,13	86,18	0,00	8,52

Barragem Subterrânea – 4

Profundidade (cm)	pH	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	V	m	M.O.
		mg/dm			----- cmol _c /dm ³ -----							- % -	g/Kg
0 - 20	6,11	14,53	99	0,07	1,57	0,00	1,45	1,10	2,87	4,44	64,64	0,00	6,06
20 - 40	6,06	6,92	75	0,06	1,16	0,00	1,20	1,35	2,80	3,96	70,71	0,00	5,65
40 - 60	5,93	36,43	55	0,06	1,40	0,10	1,10	1,20	2,50	3,90	64,10	3,85	5,95

Fonte: Laboratório de Química e Fertilidade do Solo – UFPB – Campus II.

O pH representa o quanto o solo está ácido, demonstrando a necessidade da aplicação de corretivos (calcário) para que a acidez do solo diminua e ocorra um adequado desenvolvimento da cultura, na BS- 1 o resultado mostrou acidez de média a alta.

O fósforo (P) - Participa na produção de energia para a planta; acelera a formação de raízes; aumenta a frutificação; apressa a maturação dos frutos; aumenta o teor de carboidratos, óleos, gorduras e proteínas, foi classificado de bom a muito bom, em todas as BS (SERRAT et al, 2002).

O valor de $H^+ + Al^{+3}$, também chamado de acidez potencial é constituído de duas partes distintas da acidez dos solos: acidez trocável (Al^{+3}) e acidez não trocável (H^+). Em todas as BS a acidez potencial ($H^+ + Al^{+3}$) e acidez trocável (Al^{+3}) foram classificadas de baixo a muito baixo. Em solos ácidos o alumínio pode atingir níveis tóxicos e também diminui a população de microorganismos que decompõem a matéria orgânica. Um dos critérios mais simples de recomendação de calagem é aquele baseado na neutralização do alumínio (LOPES et al, 1991).

Soma de bases (SB) - É a quantidade total das bases é composta de cálcio, magnésio, potássio, que são elementos chamados “bases”. Serve para indicar se o solo tem nutrientes disponíveis para a planta. Classificado como médio na BS- 4 e de bom a muito bom nas outras BS (ROVERE et al, 2009).

Capacidade de Troca de Cátions (CTC) - É a capacidade do solo em segurar alguns nutrientes, como cálcio, magnésio, potássio no seu nível de acidez atual. Não mostra toda a capacidade em reter nutrientes. Classificado como médio na BS- 4 e de bom a muito bom nas outras BS (ROVERE et al, 2009).

Magnésio (Mg) – colabora com o fósforo, faz parte da clorofila (pigmento verde da planta). Os sintomas por falta de magnésio é que as folhas baixas da planta apresentam coloração amarela (às vezes ficam avermelhadas) de fora para dentro e as nervuras ficam bem verdes. Classificado como muito bom nas 4 BS (SERRAT et al, 2002).

Cálcio (Ca) - o seu excesso altera o ritmo da divisão celular do vegetal. A sua falta aponta para uma redução do crescimento radicular, mudança da coloração das raízes, curvamento dos ápices, malformações nas folhas jovens e clorose marginal podendo evoluir para necrose. Classificado como baixo na BS- 4 e de médio a muito bom nas outras BS (SERRAT et al, 2002).

Saturação por bases (v%) - é a porcentagem de íons benéficos aderidos quimicamente a parte mineral do solo. Quanto maior esse valor, mais nutrientes a planta tem para absorver. Classificado como bom nas BS- 1 e BS- 4 e muito bom nas BS- 2 e BS- 3 (ROVERE et al, 2002).

Saturação de alumínio (m%) - é a porcentagem de íons de alumínio aderidos quimicamente a parte mineral do solo. Qualquer valor maior que zero é danoso para a planta e haverá redução de produção. Classificado como baixo em todas as BS (ROVERE et al, 2002).

A matéria orgânica pode indicar a quantidade de nutrientes existentes na camada superficial do solo, aumenta a capacidade de retenção de água, melhora a estrutura, favorece o controle biológico pela maior população microbiana e exerce efeitos promotores de crescimento, isto é, favorece um melhor crescimento e desenvolvimento das plantas. Classificada como bom na BS- 4 e nas outras BS como muito bom (SERRAT et al, 2002).

A análise das propriedades físicas do solo consiste em separar as frações constituídas de solo (areia, silte e argila) de acordo com seu diâmetro. Durante a classificação em um determinado local, a textura é, muitas vezes, a primeira e mais importante propriedade a ser determinada. Para se entender o comportamento e manejo do solo muitas conclusões importantes podem ser tomadas a partir da textura do solo. A tabela 5 contém as informações da análise do solo estudado.

Tabela 5: Resultado da análise física do solo.

Barragem Subterrânea – 1

Profundidade (cm)	Areia		Silte 0,05 - 0,002 ----- mm -----	Argila <0,002 ----- mm -----	Classe Textural
	Grossa 2 - 0,2 ----- mm -----	Fina 0,2 - 0,05			
----- g/Kg -----					
0 - 20	469	254	189	88	Franco Arenosa
20 - 40	275	197	342	186	Franca
40 - 60	93	314	438	155	Franca

Continua...

Barragem Subterrânea – 2

Profundidade (cm)	Areia		Silte 0,05 – 0,002 ----- mm -----	Argila <0,002 ----- mm -----	Classe Textural
	Grossa 2 - 0,2 ----- mm -----	Fina 0,2 - 0,05 ----- mm -----			
----- g/Kg -----					
0 - 20	88	227	542	143	Franco Siltosa
20 - 40	164	318	388	130	Franca
40 - 60	201	373	326	100	Franco Arenosa

Barragem Subterrânea – 3

Profundidade (cm)	Areia		Silte 0,05 – 0,002 ----- mm -----	Argila <0,002 ----- mm -----	Classe Textural
	Grossa 2 - 0,2 ----- mm -----	Fina 0,2 - 0,05 ----- mm -----			
----- g/Kg -----					
0 - 20	152	326	343	179	Franca
20 - 40	154	352	334	160	Franca
40 - 60	162	327	326	185	Franca

Barragem Subterrânea - 4

Profundidade (cm)	Areia		Silte 0,05 – 0,002 ----- mm -----	Argila <0,002 ----- mm -----	Classe Textural
	Grossa 2 - 0,2 ----- mm -----	Fina 0,2 - 0,05 ----- mm -----			
----- g/Kg -----					
0 - 20	258	454	182	106	Franco Arenosa
20 - 40	275	417	200	108	Franco Arenosa
40 - 60	147	411	309	133	Franco Arenosa

Fonte: Laboratório de Química e Fertilidade do Solo – UFPB – Campus II.

De acordo com a figura 13 a maior porcentagem é de areia uma partícula oriunda da ação de processos físicos na rocha que tem baixa capacidade de reter nutriente e água, sendo, portanto drenos naturais do solo. O silte em segundo lugar é constituído por partículas de tamanho intermediário entre as partículas de areia e argila, oriunda da ação de processos físicos na rocha (o esmigalhamento), com baixa capacidade de retenção de água. Os solos com muita argila apresentam maior capacidade de reter água e nutrientes, pois apresentam mais espaços pequenos onde estes podem ficar armazenados (ROVERE et al, 2009).

A figura 13 demonstra os resultados da análise física do solo:

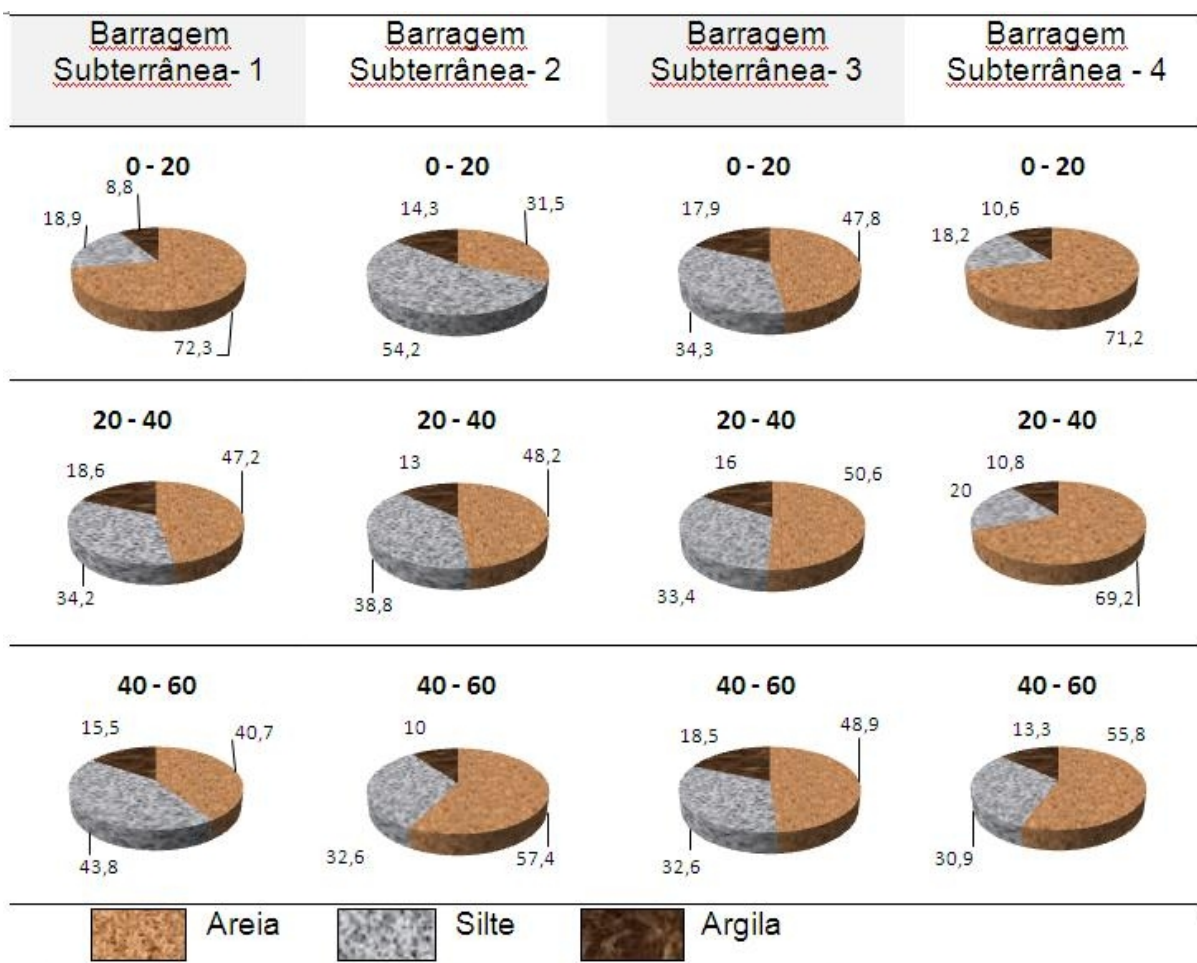


Figura 13: Porcentagem de areia, silte e argila das barragens subterrâneas.

Foram coletadas amostras de água de dois poços amazonas das BS- 2 e BS- 4 e dos dois pontos utilizadas para irrigação das BS- 1 e BS- 3. O resultado da análise da água para irrigação chama atenção para a BS- 2 em relação aos valores demonstrados na Tabela 6.

Tabela 6: Resultado da análise da água (Irrigação).

Amostra	pH	C.E.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ⁻²	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻⁻	Cl ⁻	RAS	Classif.
		C.E. dS m ⁻¹ a25oC	----- mmol _c L ⁻¹									
B.S. - 1	7,50	0,318	0,60	1,00	2,07	0,27	0,07	0,00	2,70	1,80	2,31	C ₁ S ₁
B.S. - 2	8,02	4,170	3,10	6,35	26,39	0,83	3,04	0,50	13,10	19,10	12,14	C ₄ S ₄
B.S. - 3	7,20	0,302	0,70	1,00	1,20	0,28	0,15	0,00	2,30	1,90	1,30	C ₁ S ₁
B.S. - 4	7,20	0,529	2,35	1,25	1,57	0,99	0,23	0,00	10,20	0,70	1,17	C ₁ S ₁

Fonte: Laboratório de Química e Fertilidade do Solo – UFPB – Campus II.

A condutividade elétrica (C.E.) representa a quantidade total de sais dissolvidos na água. A FAO determina restrição severa para CE superior a 3,0 dS m⁻¹ (deciSiemens por metro a 25°). Os efeitos dos sais na planta estão relacionados a elevação do potencial osmótico da solução do solo, o que redundará em um maior gasto de energia por parte da planta para o processo de absorção de água e nutrientes, em detrimento da sua produção (CRUZ et al, 2008).

Outras variáveis relevantes são os carbonatos (CO₃⁼) acima de 0,2 mmol L⁻¹ (millimoles por liter) e bicarbonatos (HCO₃⁻) superiores a 8,5 mmol L⁻¹ porque existe uma forte relação entre o pH da água e as concentrações do gás carbônico (CO₂), dos carbonatos (CO₃⁼) e dos bicarbonatos (HCO₃⁻); estes íons definem a alcalinidade das águas. Os valores dos Cloretos com restrição severa acima de 10 mmol/L, são prejudiciais às plantas, são corrosivas, atacam estruturas e recipientes metálicos (SANTIAGO et al , 2007).

A respeito à classe de irrigação a BS- 2 corresponde a C₄S₄. A condutividade elétrica (C₄), apenas as culturas de altíssima tolerância salina podem ser irrigadas, esta classe indica como muito alto o risco à salinização. A classificação S₄ indica a sodicidade expressa pelo RAS (Razão de absorção de sódio) como águas extremamente sódicas e geralmente imprestáveis para a irrigação (COSTA e CIRILO, 2010).

4.4 CULTIVOS UTILIZADOS EM CADA BARRAGEM SUBTERRÂNEA E SEU RENDIMENTO

Os dados sobre a produção das quatro barragens subterrâneas no Assentamento Pedro Henrique leva em consideração o ciclo produtivo de 2010 das BS- 2, BS- 3 e BS- 4 e 2011 da BS- 1 para ter informações sobre o rendimento e as opções de cultivos. O ciclo produtivo de 2011 não teve produção significativa devido a problemas estruturais e de manejo.

Abaixo estão descritos o rendimento de cada barragem subterrânea:

- BS- 1 - foram cultivadas fruteiras: graviola, caju e maracujá para consumo próprio. Entre legumes e verduras foram cultivados: coentro, pimentão, tomate e alface e foi vendido apenas o excedente. As culturas de subsistência foram: feijão macassar aproximadamente 1.000 kg e

jerimum aproximadamente 1.500 kg para consumo e venda do excedente. Para alimentação animal: capim (bovinos).

- BS- 2 - em relação a fruteiras plantou: manga, pinha e coqueiro, mas não obteve resultados. Em relação ao cultivo de verduras: coentro (1.000 molhos) e alface (300 pés). Culturas de subsistência: feijão macassar (20 kg) e milho (20 kg) e jerimum (100 unidades).
- BS- 3 - As fruteiras como manga, pinha e graviola não resistiram a falta de água. Foi possível plantar feijão macassar, batata doce e coentro para o consumo familiar, para o consumo animal (bovino e ovino) o capim e a cana-de-açúcar. O produtor também plantou erva doce e considerou o resultado satisfatório, no próximo ano aumentara a produção na expectativa de obter lucros com a venda.
- BS- 4 - em relação a fruteiras: acerola, as outras fruteiras foram levadas pela enxurrada. Culturas de subsistência: milho, feijão, jerimum e batata-doce para consumo próprio e para alimentação animal capim (bovino).

Segundo Silva *et al.*, (2008) após a construção das barragens subterrâneas na estação experimental da Embrapa Semi-Árido foram plantadas fruteiras (goiaba, acerola, limão, graviola e manga) e culturas de subsistência, milho e feijão, nas quatro barragens. As produtividades alcançadas com as culturas de subsistência milho e, mais frequentemente o feijão chegam à média da região. Os valores obtidos com as fruteiras foram considerados baixos quando comparados aos cultivos de subirrigação, entretanto, surgem como uma opção para diversificar a exploração agrícola na região semiárida.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No nordeste brasileiro a escassez de água continua sendo um grande desafio para os setores público, privado e de movimentos sociais em relação ao planejamento e gestão dos recursos hídricos. As atividades humanas contribuem, a cada dia, para a degradação do meio ambiente e, no semiárido nordestino, esses impactos são rapidamente sentidos pela população, que espera por soluções permanentes para a convivência em áreas da região nordeste onde o regime de chuvas é mal distribuído durante o ano.

Diante disso, percebe-se o surgimento de alternativas tecnológicas sociais para reduzir os efeitos negativos dos longos períodos de estiagem em regiões com dificuldade hídrica. Como já foi apresentado neste trabalho, a barragem subterrânea é construída para disponibilizar água para a exploração agrícola em pequenas propriedades, como é o caso do Assentamento Pedro Henrique, em Solânea.

Mas os proprietários estão tendo dificuldades com as barragens subterrâneas por vários aspectos, desde a questão estrutural até o manejo do solo, da água, do conhecimento das propriedades físicas e químicas do solo e da própria qualidade da água a ser barrada.

Com relação aos problemas estruturais, na Barragem Subterrânea BS – 1, a construção dos itens que faltam, como o poço amazonas e a caixa elevada, facilitariam a renovação da água do perfil do solo, evitando futuro transtorno na área do plantio como, por exemplo, a concentração de sais. No caso da BS - 3 a parede não retém água e se faz necessário, portanto, o reparo para a barragem voltar a produzir, independente do barreiro à jusante, que seca no período de estiagem o que não condiz com a proposta do projeto.

Sobre o manejo do solo foi observado que nas BS - 2, BS - 3 e BS - 4 a falta de conhecimento da tecnologia na hora do plantio, não pode ser cedo ou tarde demais. Com quase cinco anos de experiência o proprietário da BS- 1 plantou no momento certo no ciclo de 2011 e os resultados foram satisfatórios. Em relação ao manejo da água o modelo usado pela AS-PTA, proporciona um melhor aproveitamento, principalmente se for associado ao uso do motobomba. Mas as barragens estudadas não dispunham desse item, o que pode ser também considerado como um problema estrutural.

Foram feitas coleta de amostras do solo nas 4 barragens subterrâneas para que se tivesse uma ideia da quantidade de nutrientes contidos no solo. Os resultados indicaram que a BS - 1 apresenta acidez de média a alta, portanto havendo a necessidade da aplicação de corretivos (calcário). Outro resultado que chamou a atenção é o da água contida no poço amazonas da BS - 2 considerada imprópria para irrigação devido ao alto risco de salinização. As barragens subterrâneas precisam de acompanhamento de técnicos que ajudem os proprietários no manejo adequado para não agravar o processo de acidez do solo e salinização da água.

Diante de tudo isso se percebe que a construção das barragens subterrâneas sem monitoramento adequado não contribui para a convivência das famílias que vivem no semiárido. O sucesso do projeto não depende apenas dos agricultores, mas também dos órgãos responsáveis pela produção agrícola da região para dar suporte técnico nas soluções de problemas que impedem a viabilidade do projeto.

REFERÊNCIAS

ABNT – **Associação Brasileira de Normas Técnicas.**

ALMEIDA, J. R. et al. **Gestão ambiental para o desenvolvimento sustentável.** Rio de Janeiro: Thex, 2009. 566 p.

ANDRADE Jr., A. S. **Uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no Semi-árido piauiense.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 10, n. 4, p. 873 – 880, Jan. 2006.

AS-PTA – Assessoria e Serviço a Projetos em Agricultura Alternativa. Disponível em: <http://www.aspta.org.br>. Acessado em Dezembro de 2011.

BARACUHY, J. G. V.; et al. **Técnicas agrícola: para contenção de solo e água.** Campina Grande: Impresso Adilson, 2007. 44 p.

BRITO, L. T. L.; et al. **Barragem subterrânea: construção e manejo.** Petrolina: Embrapa – CPATSA, 1989.39p.

BRITO, L. T. L.; et al. **Alternativa tecnológica para aumentar a disponibilidade de água no Semi-Árido.** Revista bras. Eng. Agri. e Amb., Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 111-115, 1999.

BRITO, L. T. L.; MOURA, M. S. B.; GAMA, G. F. B. **Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro.** Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2007. 181 p.

CIRILO, J. A. et al. (Org.). **O uso sustentável dos recursos hídricos em regiões semiáridas.** Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2007. 508 p.

CORDEIRO, G. G.; VALDIVIESO S., C. R.; SOARES, J. M. **Irrigação suplementar com água salina:** efeito no solo e na produtividade de feijão e sogro. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1993. 25p.

COSTA, M. R.; CIRILO, J. A. **Barragens Subterrâneas: Avaliação Técnica e Antropológica.** São Luís: XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, 2010. 17p.

COTRIM, D.; RAMOS, L. **Diagnóstico Rural Participativo: Um guia prático.** Brasília: Emater – RS, 2006. 62p.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil - **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea.** Diagnóstico do município de Solânea, estado da Paraíba/ Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Júnior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil - **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea.** Diagnóstico do município de Casserengue, estado da Paraíba/ Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Júnior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

CRUZ, M. A. S.; et al. **Regionalização de parâmetros de qualidade das águas subterrâneas para irrigação no estado de Sergipe**. Aracaju: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, 2008. 58 p.

EMBRAPA SOLOS. **Política de comunicação**. Brasília, Embrapa, 2007. Disponível em: <http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=pb>. Acesso em Janeiro/2012.

GOMES, M. A. F.; PESSOA, M. C. P. Y. (Ed.). **Planejamento ambiental do espaço rural com ênfase para microbacias hidrográficas: manejo de recursos hídricos, ferramentas computacionais e educação ambiental**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 407 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: http://www.censo2010.ibge.gov.br/dados_divulgados/index.php?uf=25. Acessado em Fevereiro/2012.

LOPES, A. S.; et al. **Acidez do solo e calagem**. 3ª Ed. São Paulo: ANDA, 1990. 22 p.

OLIVEIRA, J. B.; ALVES, J. J.; FRANÇA, F. M. C. **Barragem subterrânea**. Fortaleza: Secretaria dos Recursos Hídricos, 2010. 31p.

PALMIER, L. R.; CARVALHO, F. R. **Barragens subterrâneas: a experiência do estado de Minas Gerais**. In: IV Simpósio Nacional de Captação de Água de Chuva, 2003. Juazeiro: Anais do Simpósio, 2003.

PHILIPPI Jr., et al. **Curso de gestão ambiental**. Barueri: Manole, 2004. 1045 p.

RIBEIRO, A. C.; et al. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes de Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa, MG: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS-CFSEMG, 1999. 359p.

ROVERE, E. L. L.; et al. **Nutrientes e Solo: apostila técnica**. Rio de Janeiro, RJ: Rede de Desenvolvimento Humano- REDEH, 2009. 16 p.

SANTIAGO, M. M. F.; et al. **Hidrogeoquímica de Lavras da Mangabeira**. Fortaleza, 2007. 34p.

SANTOS, M. O.; et al. **Barragem subterrânea: água para uso na agricultura**. Niterói: Programa Rio Rural, 2008. 13p.

SERRAT, B. M.; et al. **Conhecendo o solo**. Curitiba: UFPR / Setor de Ciências Agrárias / Departamento de Solos e Engenharia, 2002. 27p.

SILVA, M. S. L.; et al. **Barragem subterrânea: instruções técnicas, 75. Petrolina: Embrapa Semi-Árido**, 2006. Não paginado.

SILVA, M. S. L.; et al. **Barragem subterrânea: uma opção de sustentabilidade para a agricultura familiar do semi-árido do Brasil**. Recife: Embrapa Solos, 2007. 10p.

SILVA, M. S. L.; et al. **Caracterização de atributos do solo em áreas de barragem subterrânea no semi-árido brasileiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 26p.

SILVA, M. S. L.; et al. **Potencialidades de classes de solos e critérios para locação de barragens subterrâneas no Semiárido do Nordeste brasileiro:** circular técnica, 45. Recife: Embrapa solos, 2010. 7p.

SUDEMA, **Informações sobre o município de Solânea**, Disponível em: <http://www.sudema.pb.gov.br/artigo.php?id=11092008044155>. Acesso em Janeiro / 2012.