CADERNOS DO

SEMIÁRIDO

RIQUEZAS & OPORTUNIDADES

WALDIR DUARTE COSTA E
WALDIR DUARTE COSTA FILHO

BARRAGENS SUBTERRÂNEAS & BARRAGENS DE ASSOREAMENTO

CONCEITOS E CONSTRUÇÃO

2ª Edição

CREA-PE Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco
RENOVAÇÃO & INCLUSÃO DO LITORAL AO SERTÃO, UMA SÓ GESTÃO!
Universidade Federal de Pernambuco

3

BARRAGENS SUBTERRÂNEAS & BARRAGENS DE ASSOREAMENTO

CONCEITOS E CONSTRUÇÃO

2ª Edição

WALDIR DUARTE COSTA E
WALDIR DUARTE COSTA FILHO

Copyright © Conselho Regional de Engenharia e Agronomia - PE

Diretoria Crea-PE/Gestão 2015/2017

Evandro de Alencar Carvalho - Presidente
Waldir Duarte Costa Filho - 1º Vice-Presidente
Luiz Gonzaga G. da Silva - 2º Vice-Presidente
Plínio Rogério Bezerra e Sá - 1º Diretor-Administrativo
Edilberto Oliveira de C. Barros - 2º Diretor-Administrativo
Norman Barbosa Costa - 1º Diretor-Financeiro
Silvio Porfírio de Sá - 2º Diretor-Financeiro

Joadson de Souza Santos - Chefe de Gabinete
Luiz Antonio Libonati - Superintendente

Coordenação da publicação - **Mário de Oliveira Antonino**
Texto - **Waldir Duarte Costa e Waldir Duarte Costa Filho**
Projeto gráfico e arte final **- Danillo Chagas**

Catalogação na fonte Bibliotecária Joselly de Barros Gonçalves, CRB4-1748

C122 Cadernos do Semiárido : riquezas & oportunidades / Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco. – Vol.3, n.1 (set.2015)- . – Recife : Editora UFPE, 2015-v.

Este volume: Barragens Subterrâneas & Barragens de Assoreamento Conceitos e Construção / texto de Waldir Duarte Costa e Waldir Duarte Costa Filho.

Bimestral. (broch.)
ISSN 2526-2556

1. Engenharia – Periódicos. 2. Agronomia – Periódicos. 3. Regiões árida – Pernambuco. 4. Secas – Brasil, Nordeste. 5. Recursos hídricos. I. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco. II. Costa, Waldir Duarte.

620.05 CDD (23.ed.) UFPE

(BC2014-184)

Cadernos do semiárido, esclarecimentos

Mário de Oliveira Antonino

Para a identificação de temas e de especialistas para a elaboração dos Cadernos da Série "Convivência com o Semiárido" temos percorrido um rico itinerário de proveitosas visitas que muito nos têm ensinado.

É que, quase diariamente, temos investido muito tempo em encontros com 3 a 4 pessoas, com pesquisadores, professores, líderes empresariais, pessoas de profundos conhecimentos e vivência prática capazes de fazer avaliações e sugestões de assuntos de grande importância para o semiárido nordestino e, para que não dizermos, brasileiro.

Todos os visitados, indistintamente, têm nos recebido com cordialidade, com vivas demonstrações de interesse e crença neste projeto. Cada visita tem tido desdobramentos em novos encontros.

A escolha de roteiros de temas, tanto por questões pedagógicas como didáticas não necessita obedecer a determinada sequência. Em geral, eles são independentes. O importante é quanto à qualidade do assunto, o interesse que ele possa gerar, demonstrar, transmitir conhecimentos e motivar.

É provável que os Cadernos seguintes abordem temas como: "Segurança Alimentar no Semiárido – alimentação e nutrição"; "Palma forrageira"; "Melhoramento genético em ovinos e caprinos"; "Caprinocultura leiteira"; "Ovinos – Fertilização in vitro"; "Hidroponia" e tantos outros a serem relacionados dentro de oportuna e criteriosa seleção.

Logo mais devemos ultrapassar as fronteiras de Pernambuco e buscar exemplos de dezenas ou centenas de atividades de grande sucesso noutros Estados. Em muitas das viagens que se fizerem necessárias devemos contar com engenheiros do CREA/PE, a começar pelo nosso atual presidente Evandro Alencar. A depender da natureza de cada missão outros estudiosos, líderes e colaboradores poderão se juntar a nós.

Temos consciência dessa enorme quantidade de atividades exitosas que têm dado a garantia de que o semiárido nordestino é um espaço de inúmeros empreendimentos de grande sucesso: visite o Vale do São Francisco e testemunhe os resultados da fruticultura irrigada; conheça o que se faz através do avanço tecnológico proposto pela EMBRAPA — Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Não são apenas pesquisas científicas de alto nível, são estudos que convertidos em atividades práticas têm rendido recursos financeiros provenientes da irrigação, nunca vistos anteriormente. Somente dos perímetros irrigados de Petrolina e Juazeiro resultam mais de 2 bilhões de reais por ano.

Pretendemos informar sobre o que se colhe das águas subterrâneas do Rio Grande do Norte, especialmente das existentes na região de Mossoró. Do Estado do Piauí pretendemos explorar duas riquíssimas áreas: os mais de 2.000 km de rios perenes — o Parnaíba e o Poty —, bem como o Vale do Gurguéia com recursos de água e solo raramente vistos. Do Ceará virão belos exemplos de aproveitamento dos recursos de água e solo, uma vez que começam a ser explorados os projetos do Eixão das Águas. Muitos outros exemplos espalhados pelos demais Estados do semiárido brasileiro também enriquecerão estes nossos Cadernos.

No final destes esclarecimentos queremos chamar a atenção para dois aspectos que consideramos importantíssimos: primeiro, a nossa convicção de que o sucesso deste empolgante trabalho depende do êxito de uma política de patriótica colaboração e parceria. Aliás, estamos propondo muito mais do que simples alianças, precisamos trabalhar juntos numa causa de interesse nacional e também secular; segundo, uma conclamação para que lancemos nossas preocupações e interesses sobre duas questões muito urgentes, água e energia, não apenas examinadas sob a ótica regional, mas nacional.

Esses são estudos dos quais os engenheiros, os agrônomos e os mais diversos atores sociais não devem ficar distantes; somos, talvez, os profissionais que têm de estar na linha de frente examinando o passado, o hoje e construindo o futuro.

Futuro não é obra do acaso; futuro também se cria!

PALAVRA DO REITOR DA UFPE
Anísio Brasileiro

Barragens Subterrâneas e Barragens de Assoreamento de autoria dos geólogos Waldir Duarte Costa e Waldir Duarte Costa Filho constitui o terceiro número da Série Cadernos do Semiárido, Riquezas e Oportunidades, idealizados pelo professor Mario de Oliveira Antonino. Esta Série representa um resgate dos diversos temas que afetam esta castigada região do Nordeste Brasileiro. O primeiro Caderno abordou a questão da escassez da água e das diversas formas de convivência com a mesma (Obras Hídricas para a Conviência com a Seca, por Waldir Duarte Costa), o segundo Caderno, abordou a Segurança Alimentar e Nutricional do Semiárido, contendo treze variados artigos, com temas relacionados a problemática da (In)Segurança Alimentar no Semiárido.

Após a abordagem variada do segundo Caderno, a Série volta a um tema específico sobre a questão hídrica na região do semiárido nordestino. Barragens Subterrâneas e Barragens de Assoreamento aborda de maneira bastante didática um tema técnico pouco conhecido do grande público. As barragens subterrâneas e de assoreamento são uma forma eficaz de acumulação de água em áreas semiáridas onde as taxas de evaporação e de evapotranspiração são muito maiores que a taxa de precipitação pluviométrica. Os autores discorrem de modo técnico, porém de fácil compreensão para o grande público, todos os aspectos técnicos relacionados a construção das barragens subterrânea e de assoreamento, desde dos aspectos conceituais até os aspectos de acumulação e custos. Percebe-se, a partir da leitura do terceiro caderno, que as soluções para o semiárido são diversas e que a fixação do homem no campo muitas vezes depende de soluções relativamente simples e de baixo custo. Mais uma vez parabenizo o Professor Mario Antonino, coordenador da excelente iniciativa, e os demais parceiros da UFPE nesta empreitada: CREA-PE, UFRPE, FIEPE, Rotary, Academia Brasileira de Ciências Agronômicas, Academia Pernambucana de Ciências Agronômicas e Associação Comercial de Pernambuco - ACP.

PALAVRA DO PRESIDENTE DO CREA-PE
Evandro Alencar

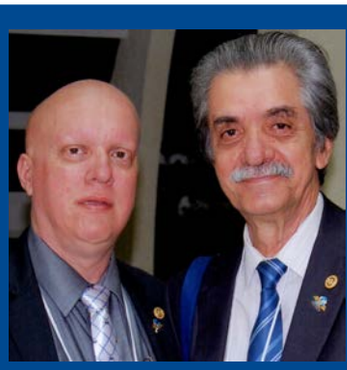
O terceiro exemplar da edição Cadernos do Semiárido: Riquezas e Oportunidades, que aborda o tema Barragens Subterrâneas e Barragens de Assoreamento está pronto. Com as inestimáveis contribuições dos geólogos Waldir Duarte Costa e Waldir Duarte Costa Filho, o trabalho, que representa uma importante contribuição de dois grandes profissionais da Geologia, tem como principal objetivo minimizar os problemas causados pelo processo cíclico e natural da seca que assola o Nordeste brasileiro. Apesar de buscar alternativas para um evento natural que, por não ser encarado como prioridade, tem sido responsável pela grande dependência da população nas políticas assistencialistas dos governos, não nos detivemos nas problemáticas, mas, nas oportunidades e possibilidades que podem advir de uma situação climática que, sendo característica da nossa região nos cabe aprender a melhor forma de conviver com ela.

Como gestor do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco (Crea-PE), órgão que representa os profissionais das áreas tecnológicas que, por meio dos seus conhecimentos, são capazes de contribuir com sugestões e alternativas para cuidar de uma terra e de uma gente com tão valiosas especificidades como é o Nordeste e povo que nele vive, nos sentimos honrados em fazer parte desse grupo, contribuindo na difusão de conceitos e técnicas que serão indispensáveis na construção das alternativas existentes para cada um dos temas que forem abordados na série de Cadernos que estão sendo publicados, e daqueles que já estão sendo concluídos pelos especialistas de cada área abordada.

Queremos com esta contribuição reafirmar o nosso compromisso de garantir à sociedade, a segurança necessária para uma vida digna e mais confortável, principalmente, propiciando a ela a execução de trabalhos de qualidade que sejam não só elaborados, como também executados, por profissionais habilitados.

É com o espírito de colaboração e de nordestino do Sertão do Araripe pernambucano, conhecedor das dificuldades enfrentadas pelo povo, que queremos ratificar o nosso compromisso de colocar o Crea-PE e os profissionais que nele atuam, a serviço da sociedade e de todas as iniciativas que tenham como finalidade garantir a execução das atividades das áreas tecnológicas, no intuito de fortalecer as profissões e o bem-estar social.

Queremos contribuir para que esses cadernos, que se configuram como verdadeiras cartilhas sejam divulgados o mais amplamente possível, para que cheguem às mãos daqueles que deles necessitem, para o seu aprimoramento.



APRESENTAÇÃO

Waldir Duarte Costa
Waldir Duarte Costa Filho

Duas intervenções nos vales fluviais na região nordeste vêm sendo desenvolvidas a partir da década 80 tendo por finalidade aumentar a oferta hídrica nos leitos secos dos rios e suprir as demandas, sobretudo da população rural que vivencia o angustiante e contínuo problema da falta d'água: são as barragens subterrâneas e a barragens de assoreamento.

Essas obras singelas, de baixo custo e de rápida execução visam aproveitar os depósitos aluviais nos leitos secos dos rios ou mesmo, criar depósitos quando da sua inexistência.

Além de proporcionar condições para o armazenamento sustentável da água que escoa e se infiltra nos períodos chuvosos, essas obras permitem também o desenvolvimento de uma cultura agrícola para o sustento familiar.

Embora sejam intervenções muito simples, elas não podem ser aplicadas em qualquer situação, pois existem condições morfológicas que podem inviabilizar a obra ou ainda torná-la ineficaz.

Por outro lado, esses dois tipos de intervenções não podem ser considerados como conflitantes entre si, de vez que no local onde já exista um depósito aluvial não caberá a construção de uma barragem de assoreamento assim como num local desprovido de aluviões não poderá ser construída uma barragem subterrânea.

Essas obras possuem uma relevância social para a região semiárida nordestina, pois ajudam a fixar o homem no campo na medida em que lhes proporciona condições para sobrevivência, para plantação de uma lavoura de subsistência e para dessedentação de animais.

Nos milhares de pequenas propriedades rurais, o agricultor fica a mercê de um curto período de chuvas, para plantar a sua cultura de subsistência, como milho e feijão, todavia, com os contínuos e cíclicos períodos de estiagem ou secas, até mesmo as parcas taxas de precipitação têm falhado, provocando o êxodo dessa população rural ***p***ara as áreas urbanas.

O problema maior a ser enfrentado é o de fixar o homem na sua terra, evitando o aumento de desempregados e da marginalidade nas grandes cidades. Como é impossível levar todos os pequenos agricultores para áreas em torno dos grandes açudes ou margem de rios perenes - São Francisco e Parnaíba - nem tão pouco há disponibilidade de água para levar a todos os agricultores, a solução é proporcionar meios de acumulação de água no próprio terreno do agricultor.

A barragem subterrânea representa esse tipo de intervenção de baixo custo, simplicidade construtiva e operacional e que pode ser implantada em larga escala, desde que haja condições naturais para tal.

Esse tipo de intervenção se constitui, assim, numa “pequena grande obra”, pequena por se tratar de uma obra de baixo custo e de fácil e rápida construção e grande por representar uma ação de elevado cunho social, que tende a minimizar o flagelo da seca e a proporcionar meios de manutenção do homem no campo, na medida em que disponha de água para plantar, manter sua família e dessedentar os animais de criação.

A sua implantação no nordeste se deveu a uma pesquisa desenvolvida no início da década 80 por uma equipe de pesquisadores da UFPE sob a coordenação de Waldir D.Costa, que desenvolveu a metodologia construtiva assim como os critérios básicos para escolha do local a ser construída essa intervenção no aquífero aluvial.

O presente trabalho descreve as condições exigidas para locação de uma barragem subterrânea e o processo construtivo, fornecendo ainda, elementos sobre a capacidade de acumulação e os custos de construção.

Edições anteriores versaram apenas sobre as barragens subterrâneas e sempre foi enfatizado, desde a primeira edição, o emprego dessa tecnologia pelo governo, através de programas que visem levar esse benefício a uma ampla área rural, objetivando, sobretudo a fixação do homem no campo, entretanto essa intervenção pode ser executada também com caráter de investimento financeiro, com amplo retorno econômico, a exemplo das barragens subterrâneas construídas pelo Sr. Clovis Nóbrega Lima na Fazenda Pernambuca, na Paraíba, em 1986 que proporcionaram condições ao seu proprietário, de irrigar 40 ha de mangueiras e a exportação de frutas para a Europa.

Quanto a barragem de assoreamento artificial foi concebida e projetada igualmente por Waldir D. Costa que a construiu pela primeira vez na propriedade do Sr. Jonas Alvarenga no município de Gravatá/PE em 2012. A demanda por esse tipo de intervenção hídrica partiu daquele proprietário que desejava construir uma barragem subterrânea, porém o pequeno curso d'água que escoava em sua propriedade não possuía nem um metro de espessura do depósito aluvial.

CONTEXTO

PREFÁCIO.....15

1. **O QUE É UMA BARRAGEM SUBTERRÂNEA**.....17

2. **O QUE É UMA BARRAGEM DE ASSOREAMENTO**.....19

3. **CRITÉRIOS BÁSICOS PARA LOCAÇÃO DE UMA BARRAGEM SUBTERRÂNEA**.....21

4. **CONSTRUÇÃO DE UMA BARRAGEM SUBTERRÂNEA**.....25

5. **PRODUTOS DE UMA BARRAGEM SUBTERRÂNEA**.....35

6. **CONSTRUÇÃO DA BARRAGEM DE ASSOREAMENTO**.....37

   6.1. Barragem de assoreamento semi-natural.....37

   6.2. Barragem de assoreamento artificial.....39

7. **VOLUMES ACUMULADOS E CUSTOS**.....41

   7.1. Em barragens subterrâneas.....41

   7.2. Em barragens de assoreamento.....43

8. **VANTAGENS DA BARRAGEM SUBTERRÂNEA**.....45

9. **BIBLIOGRAFIA DE REFERÊNCIA**.....46

PREFÁCIO
Mário de Oliveira Antonino

O prestativo geólogo e professor Waldir Duarte Costa, autor do conteúdo do Caderno 1 que tem como tema "Obras Hídricas para convivência com a Seca", volta a contribuir com esta série, desta feita em parceria com o também geólogo Waldir Duarte Costa Filho, com graduação há 23 anos e Mestrado em 1997 pela mesma Universidade Federal de Pernambuco. Está prestes a concluir o seu doutorado.

Com brilhante carreira profissional, Waldir Filho já trabalhou na FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia, onde adquiriu experiência em "Chuvas Artificiais" e foi Presidente da ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas no período 2013-14. É, também, o Presidente da Câmara Técnica de Águas Subterrâneas do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH/PE) desde 2009.

Neste Caderno 2 os autores deixaram de lado os aspectos gerais dos recursos hídricos, tipos de obras e sistemas de utilização detalhados no Caderno anterior para se deterem no tema: "Barragens Subterrâneas" e "Barragens de Assoreamento", também conhecidas no norte da África como "Barragens formadoras de solo".

Entre 1982 e 1986, Waldir (o pai) consolidou as suas convicções sobre a importância dessas barragens quando coordenou um grupo de pesquisadores integrado pelos professores Pedro Gomes, Ricardo Pessoa e Walter Costa. De lá para cá nunca se afastou do assunto, ao contrário, tem se aperfeiçoado cada vez mais e se tornado mais vigoroso principalmente pela parceria com Waldirzinho.

A orientação que os autores passam aos mais jovens é fruto de uma experiência adquirida na realização de mais de 500 obras, a maioria delas implantadas em Pernambuco e conceitualmente adaptáveis aos demais Estados que integram o semiárido brasileiro.

Tornando as informações ainda mais preciosas, Waldir e Waldirzinho fornecem, neste Caderno 2, os seguintes dados: extensa bibliografia de referência; gráficos ilustrativos; quadros de volumes e custos que servem de parâmetros para quem quer construir, além de 21 fotografias muito elucidativas.

Acessível à compreensão, o tema é de fácil adaptação a diferentes meios físicos e geográficos.

Busque algum apoio da sua Prefeitura. Reter água e umidade é benefício para todos. Boa sorte!

1. O QUE É UMA BARRAGEM SUBTERRÂNEA

Uma barragem subterrânea como o próprio nome sugere, trata-se de um barramento de um curso de água subterrânea, ou seja, a aplicação de um dispositivo que venha a estancar o fluxo da água que ocorre nos sedimentos arenosos de um rio superficialmente seco, proporcionando condições para que a água fique armazenada e posteriormente captada para usos múltiplos.

Nas regiões semiáridas representadas na maioria por terrenos cristalinos (rochas desprovidas de poros), os rios são intermitentes, isto é, escoam apenas durante o período de chuvas. Ao cessar o escoamento superficial a água que se infiltrou nos sedimentos areno-argilosos denominado de aluvião, permanece escoando lentamente abaixo da superfície do terreno, podendo vir a secar totalmente no final do período de estiagem.

Assim, as captações que são construídas no leito aluvial do rio seco, como poços amazonas e cacimbas, tendem a secar até mesmo antes do término do período de estiagem.

O vale fluvial mais antigo, conhecido como paleo-vale em geral acha-se atualmente assoreado, desenvolvendo-se uma nova drenagem sobre o "pacote" de sedimentos e escavando o antigo depósito. Isso resulta na formação de um vale mais estreito onde o rio corre no início e na fase final das "enchentes" anuais, denominado de calha viva e de superfícies aplainadas lateralmente, em níveis topográficos um pouco mais elevados (em geral com 1 a 2m mais elevados), que são denominados de terraços fluviais ou terraços aluviais (figura 1) os quais são inundados durante as enchentes mais severas.

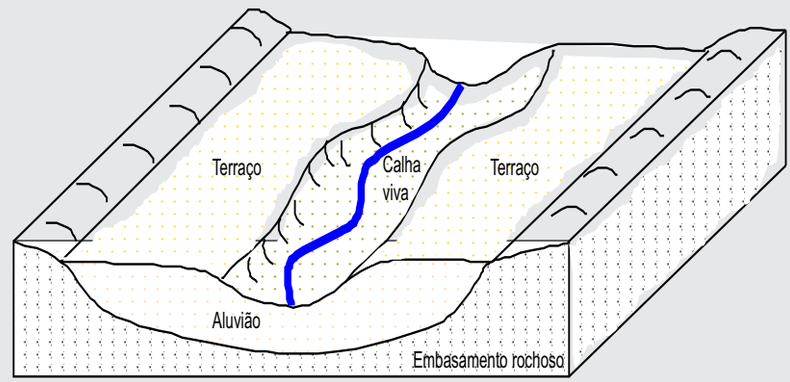
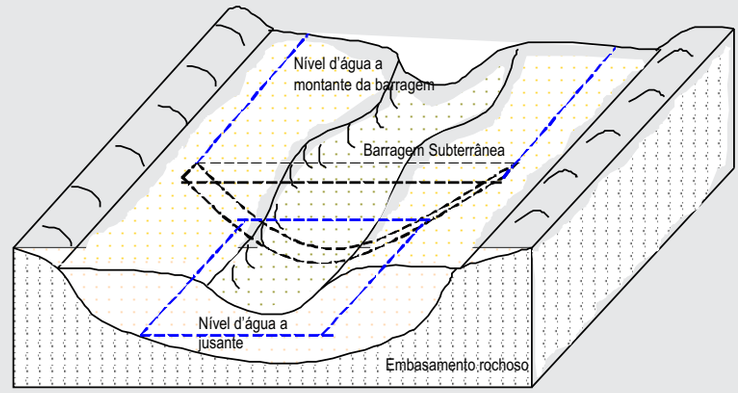
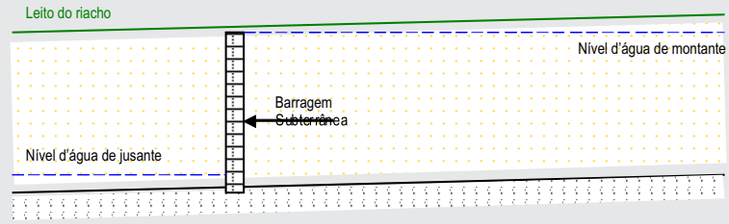


Figura 1 - Vale fluvial mostrando a calha viva e os terraços

A construção de um septo impermeável transversalmente ao rio e dentro do depósito aluvial irá reter a água que normalmente iria escoar, formando uma barragem subterrânea com condições de aproveitamento contínuo durante todo o ano seco. A partir do local do barramento para montante, isto é, no sentido do alto curso do riacho, a água irá ficar acumulada, enquanto para jusante, ou seja, no sentido do baixo curso do riacho o nível irá continuar baixando com o tempo (figura 2).



[a] Vista em bloco tridimensional



[b] Vista em seção vertical longitudinal

Figura 2 - Esquema de funcionamento de uma barragem subterrânea

2. O QUE É UMA BARRAGEM DE ASSOREAMENTO

O termo assoreamento significa "amontoação de areias ou de terras em rio, causada por enchentes ou por construções". Uma barragem de assoreamento representa essa amontoação ou enchimento de areias através de um dispositivo que impeça a sua evolução para jusante do rio.

As barragens de assoreamento podem ser classificadas, de acordo com a sua construção e finalidade de uso nos seguintes tipos:

a) **Barragem de assoreamento natural** – quando o assoreamento se verifica em função de um acidente natural (ondulação do embasamento rochoso, erosão diferencial no embasamento rochoso, etc.).

Esse tipo de barramento é muito comum de ocorrer nos depósitos aluviais dos rios secos proporcionando condições de captação do aquífero aluvial freático durante todo o ano, através de poços construídos no leito ou nos terraços fluviais.

A figura 3 ilustra a formação natural de uma barragem de assoreamento.

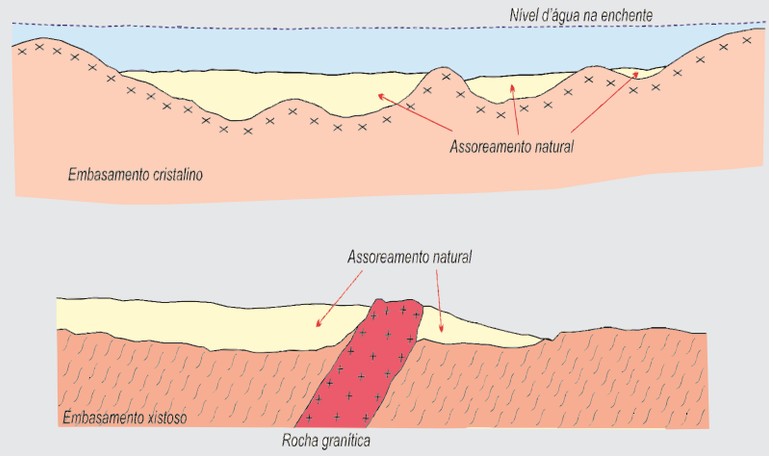


Figura 3 – Duas situações diferentes na formação de uma barragem de assoreamento natural. Em cima o barramento é produzido por uma ondulação do embasamento cristalino e em baixo, por uma intrusão de uma rocha de maior resistência à erosão.

b) **Barragem de assoreamento semi-natural** - quando o assoreamento se verifica naturalmente por ação dos cursos hídricos superficiais, porém o barramento é construído pelo homem. Esse tipo de barragem compreende dois subtipos, a saber:

- ***Barragem de assoreamento com parede impermeável*** – o assoreamento se verifica com sedimentos em presença de água gravitativa, constituindo uma zona de saturação (Figura 4).

Nesse caso o material assoreado irá constituir um aquífero que poderá ser explotado através de poços tubulares rasos ou poços amazonas. Construída a parede o enchimento da barragem se processa naturalmente, por precipitação da carga sólida transportada pelo rio.

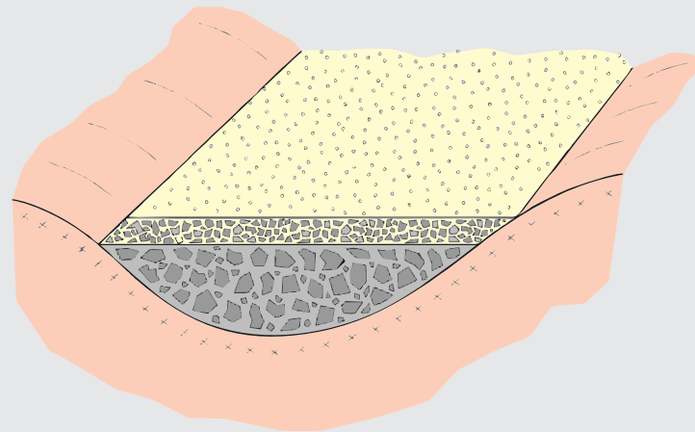
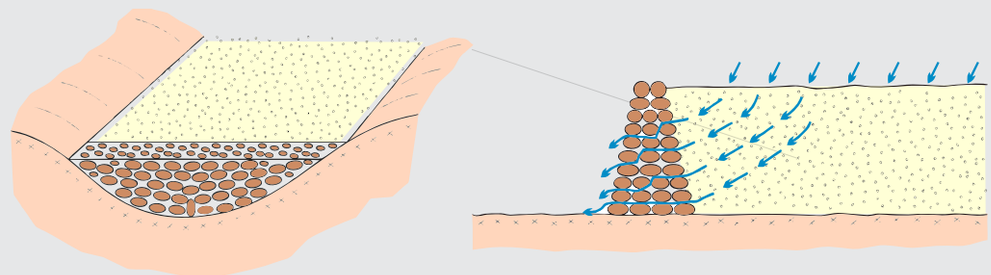


Figura 4 – Esquema de uma barragem de assoreamento semi-natural impermeável.

- ***Barragem de assoreamento com parede permeável*** – o assoreamento se verifica com sedimentos sem água gravitativa, apenas água higroscópica e água pelicular (Figura 5). Nesse caso o material assoreado não irá se constituir num aquífero, pois não haverá uma zona saturada. A água higroscópica e pelicular somente irá proporcionar uma maior umidade ao solo permitindo a implantação de uma cultura que não necessite de grandes volumes de água para sobrevivência.



(em bloco tridimensional) **(em corte)**

Figura 5 – Esquema de uma barragem de assoreamento semi-natural permeável. As setas em azul mostram o caminho percorrido pelas águas que se infiltram.

c) **Barragem de assoreamento artificial** – quando a parede impermeável e o assoreamento da barragem são feitos artificialmente, pelo homem. O material sedimentar é trazido de outras áreas e depositado na bacia hidráulica da barragem. Nesse caso a barragem possui uma zona de saturação de água (a figura 4 também é válida para ilustrar esse tipo de barramento).

3. CRITÉRIOS BÁSICOS PARA A LOCAÇÃO DE UMA BARRAGEM SUBTERRÂNEA

Conforme já mencionado, esse tipo de intervenção hídrica requer a existência de condições naturais para que a obra obtenha o sucesso desejado. Evidentemente que o principal requisito é que haja demanda, ou seja, que exista uma população nas cercanias da área escolhida que possa se beneficiar daquela obra.

Os critérios que deverão ser observados serão a seguir descritos.

a) **Qualidade da água**

A água não deve possuir salinidade elevada, pois o barramento 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 condutivímetro portátil. Na inexistência de um condutivímetro, pode-se experimentar (sem ingerir) um pouco de água para verificar o seu sabor ao paladar (doce, salgada, salobra, amarga, etc.).

Se não existir água no leito, em escavação ou em cacimba, devem-se consultar os moradores da região sobre a condição de uso da água quando o riacho está "correndo"; se o homem aceita bem aquela água, ou em caso negativo, se os animais bebem da mesma.

Outro elemento a observar é a existência de crostas de sal no depósito aluvial ou ainda a presença de determinadas gramíneas (para quem as conhece) que são típicas de água salgada.

b) **Espessura do depósito aluvial**

Considerando que a evaporação alcança até 0,5m de profundidade, o depósito aluvial deve possuir na "calha viva" do curso (rio ou riacho) pelo menos 2m de espessura para justificar a implantação de uma barragem subterrânea (figura 6).

Para se detectar a espessura do depósito, devem-se efetuar três sondagens ou tradagens, sendo uma na "calha viva" e as outras duas dispostas uma para cada lado, à distância aproximadamente equidistante entre a "calha viva" e as margens do depósito aluvial. Eventualmente, poderá vir a ser necessária a perfuração de mais um ou dois furos.

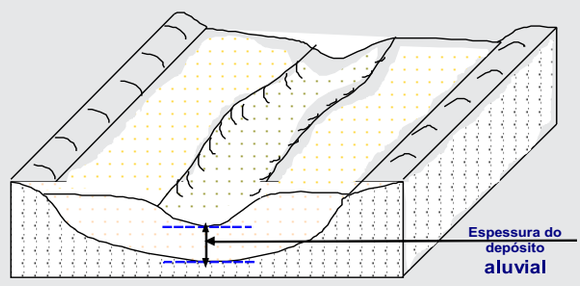


Figura 6 – Espessura do depósito aluvial medido a partir da calha viva.

c) **Constituição granulométrica do depósito aluvial**

A aluvião deverá ser de constituição predominantemente arenosa, podendo conter alguma mistura com material fino (silte ou argila); porém deve haver nas amostras retiradas das sondagens ou tradagens, uma predominância de areias sobre as frações mais finas.

d) **Presença de água**

Se a pesquisa de áreas for efetuada durante ou logo após o período chuvoso, é comum encontrar-se o nível da água no depósito aluvial muito próximo da superfície ou mesmo aflorante. Essa não é, portanto, uma boa época para pesquisar o local a construir uma barragem subterrânea e sim o período correspondente ao final de uma estiagem, ou seja, próximo ao início de um novo período chuvoso.

Ao final do período de estiagem o depósito aluvial deve encontrar-se seco ou com uma reduzida espessura saturada de água. Se isso não ocorrer, a localidade não é propícia para o barramento, pois deve estar acontecendo uma das seguintes situações:

- Existência de “soleiras” que são ondulações do leito rochoso ou presença de intrusões rochosas de maior resistência à erosão; nesse caso, a soleira já constitui um barramento natural que provoca a existência perene de um nível d'água elevado à montante, como se observa na figura 7.

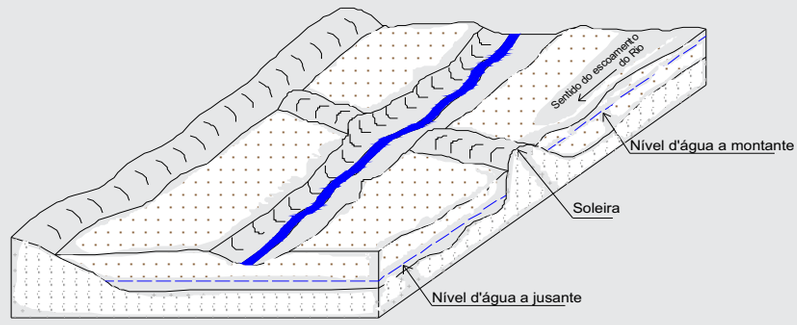


Figura 7 - Formação de uma barragem natural por “soleira”

- Existência de um barramento superficial (barragem, açude, etc.), ou uma lagoa natural, que proporciona, mesmo além do limite de acumulação da água na superfície, uma extensa área de aluviões saturados à montante, que é conhecida popularmente como “revessa” do açude, como é mostrado na figura 8.

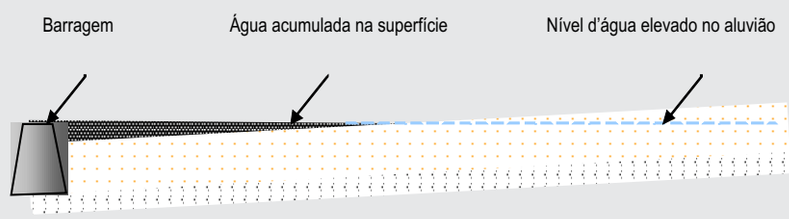
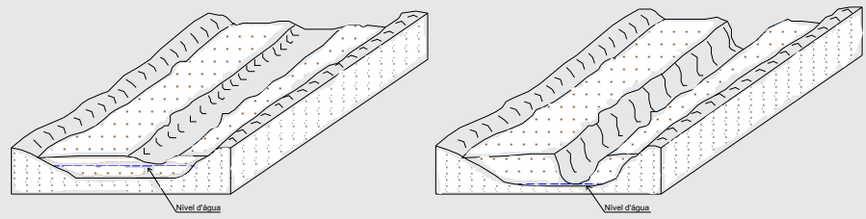


Figura 8 - Saturação das aluviões a montante de um açude

e) **Relação entre a “calha viva” e os “terraços”**

A situação ideal para o barramento subterrâneo é quando a “calha viva” não é muito profunda em relação aos “terraços” (figura 9.a); em caso contrário fica com reduzida espessura na porção mais baixa do vale, sendo a acumulação de água muito reduzida, como mostra a figura 9.b.



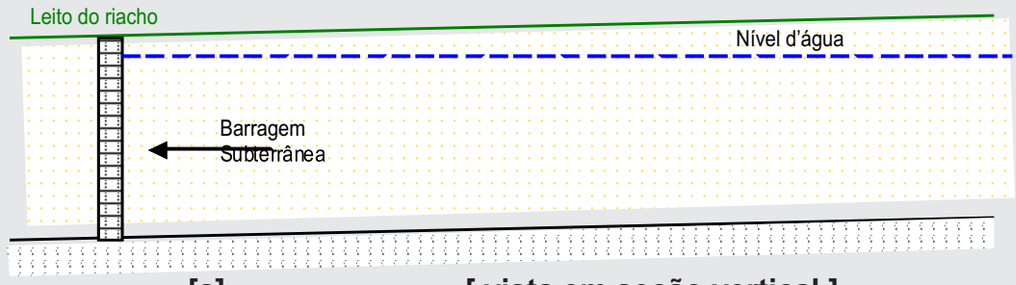
[a] [b]

Figura 9 - Situação da “calha viva” do riacho em relação aos seus “terraços” : em (a) é favorável ao barramento e em (b) é desfavorável.

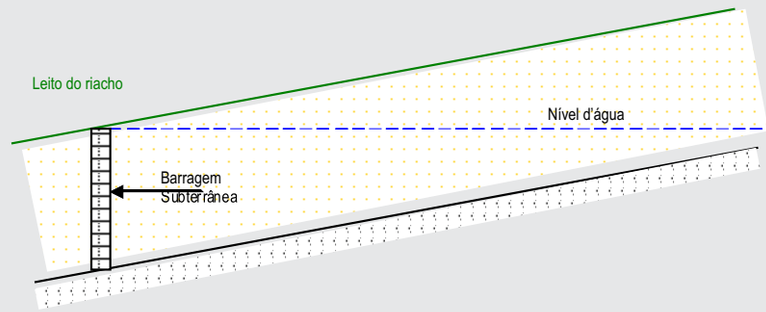
f) **Inclinação (declividade) do terreno**

O curso d'água onde poderá ser implantada uma barragem subterrânea deve possuir longitudinalmente (ao longo do curso) uma inclinação (ou declividade) a mais suave possível (figura 10.a) a fim de permitir que a água armazenada se estenda a uma maior distância.

Se o relevo é fortemente inclinado (figura 10.b), situação predominante nas “cabeceiras” dos riachos, a água irá se acumular numa área muito reduzida.



[a] **[vista em seção vertical]**



[b] **[vista em seção vertical]**

Figura 10 - Inclinação do leito aluvial: em [a] é favorável e em [b] desfavorável

g) **Área de recarga**

O barramento deve ser feito num trecho do rio ou riacho que disponha de pelo menos l km de extensão a montante, com aluviões, para proporcionar uma recarga natural, na medida em que a água acumulada pelo barramento venha a ser explorada.

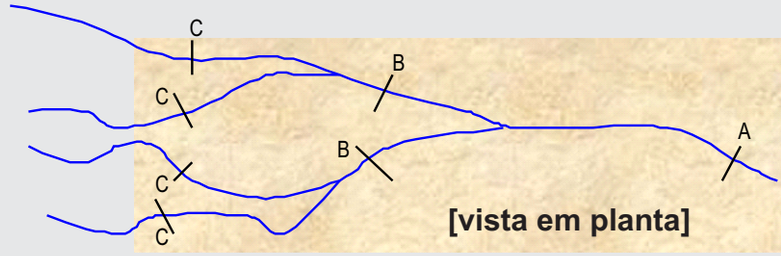


Figura 11 - Locais adequados e inadequados para uma barragem subterrânea

No exemplo as figura 11 acima, o local mais favorável seria em A e, em segunda opção, os locais em B; enquanto isso, os locais marcados por C são totalmente desfavoráveis.

h) **Estreitamento do vale fluvial**

A área a acumular deve ser a mais larga possível, porém o local a ser barrado deve ser estreito para diminuir os custos com a escavação e com a lona ou outro material impermeabilizante que venha a ser colocado (argila compactada, por exemplo).

Além do mais, um barramento efetuado dentro da área de maior largura do depósito aluvial, irá desperdiçar a área que ficar a jusante, e que poderia ser aproveitada como reservatório.

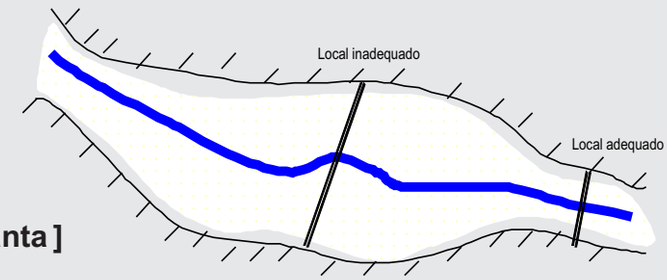


Figura 12 - Localização do eixo barrável no depósito aluvial

Na figura 12, observa-se que o local onde o barramento seria mais extenso iria perder cerca de 50% da área de maior acumulação de aluviões, que ficariam a jusante do barramento.

4. CONSTRUÇÃO DA BARRAGEM SUBTERRÂNEA

Uma vez escolhido o local a ser construída a barragem subterrânea, passa-se às etapas de construção descritas a seguir.

I) Escavação da vala (ou trincheira)

Escolhida a melhor seção para barramento do depósito aluvial, levando-se em conta os critérios abordados no capítulo 3, procede-se a abertura da trincheira tomando-se por base os seguintes princípios:

1º - a trincheira deve ter a direção perpendicular ao curso do rio ou riacho;
2º - a trincheira deve ser reta ou ligeiramente curva, a fim de economizar na escavação e na lona a introduzir posteriormente;
3º - a escavação deve prosseguir até atingir o embasamento rochoso, incluindo o seu manto de alteração que também deve ser removido a fim de impedir a percolação através desse material;
4º - o material retirado da escavação deve ser acumulado sempre do lado de montante da trincheira ou nas suas laterais, nunca no lado de jusante para não atrapalhar o movimento de colocação da lona e do poço amazonas na etapa seguinte (figura 13).

Foto 1

Foto 2

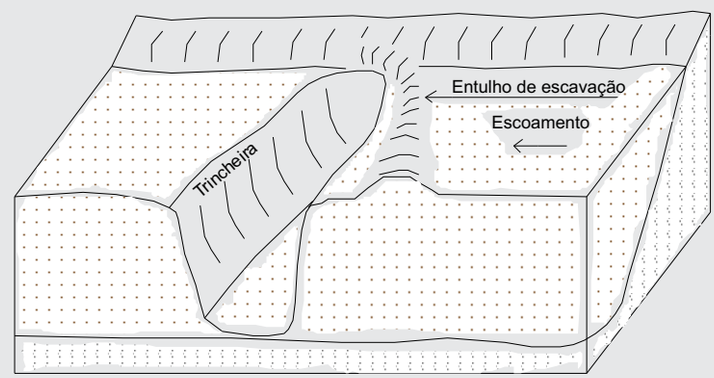


Figura 13 – Abertura da trincheira

A escavação da trincheira ou vala pode ser efetuada de duas maneiras: mecanizada (**foto 1**) ou manual (**foto 2**). Se mecanizada, pode ser aberta com um trator de esteira ou com uma retro-escavadeira, sendo essa última mais indicada quando o nível da água estiver elevado.

Se existir uma espessura saturada de água de até um metro pode-se efetuar a escavação utilizando-se simultaneamente de uma bomba para esgotamento do nível da água; para espessuras saturadas superiores, não deve ser efetuada a escavação podendo-se esperar para um período de final de estiagem prolongada; caso já se esteja nesse período e a água ainda se encontre ocupando grande espessura de aluviões é porque se trata de uma situação caracterizada na figura 8 do capítulo 3.

A escavação manual deve ser feita por uma equipe de pelo menos seis homens em duplas; em cada dupla um homem efetua a escavação com picareta, enxada e pá enquanto o outro enche o carrinho de mão e transporta a carga para fora da trincheira. Estima-se que cada dupla processe a escavação e remoção, em média, de 2 m3 de terra por dia.

II) Colocação do septo impermeável

O septo impermeável pode ser de vários tipos, tais como:

- Lona plástica
- Argila compactada
- Alvenaria em pedra ou em tijolo
- Estacas justapostas

A lona plástica constitui o método mais rápido e mais barato de construção, pois em pouco mais de uma hora se terá concluído a operação; o custo de um metro linear de lona plástica de 200 micras (a mais resistente), com 6m de largura, custa em torno de R$ 8,00 (oito reais); como em geral a espessura média do pacote aluvial não ultrapassa de 2,0 m, uma barragem com 50 m de extensão de eixo requer apenas 25 m de lona, ou seja, um custo total de somente R$ 200,00 (duzentos reais).

A posição que a lona irá ocupar na trincheira será invariavelmente no lado oposto ao sentido do fluxo das águas superficiais, como mostra a figura 14 e a **foto 5**. Essa exigência se deve a dois fatores:

Foto 5

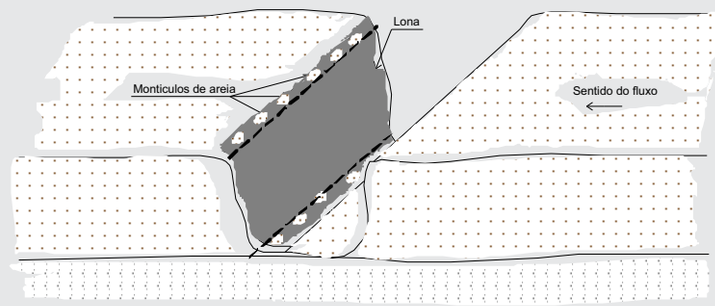


Figura 14 - Colocação da lona revestindo a parede da trincheira.

1º - ao lado da lona será construído o poço amazonas (cacimbão) e, se a lona ficasse no lado oposto, o fluxo da água na aluvião seria barrado antes de chegar ao poço amazonas, que permaneceria seco durante quase todo o ano;

2º - a trincheira se constituirá num dreno para captação da água superficial por possuir uma maior permeabilidade em face de remoção do terreno; se a lona ficasse no lado oposto, se perderia esse fator favorável à infiltração da água na barragem subterrânea.

A colocação da lona não exige que seja feito de uma peça inteiriça ao longo de todo o eixo barrável; podem ser cortados pedaços de lona com maior largura para colocação na parte mais profunda da trincheira e, lateralmente, na medida em que vão ficando mais rasa a trincheira, os pedaços justapostos terão menor largura. A justaposição dos “pedaços” de lona pode ser feita apenas com a superposição de cerca de 0,30 m de uma sobre a outra nas suas extremidades, pois uma rigorosa estanqueidade se torna desnecessária nesse tipo de barramento, face o lento movimento que comanda o fluxo das águas subterrâneas.

Antes de colocar a lona, devem ser cortadas com um facão, as pontas de raízes que aparecem ao longo da parede da trincheira, para evitar que as mesmas venham a provocar grandes furos na lona logo na sua colocação. No futuro, é possível que algumas dessas raízes venham a perfurar a lona, porém, como já mencionado, esses pequenos furos não irão comprometer a retenção da água em larga escala.

A extremidade superior da lona deve ser presa com pedras ou montículos de areia, na borda superior da trincheira, assim como a extremidade inferior da lona, na base da parede da trincheira.

O septo de argila compactada é construído a partir da colocação de camadas de argila justapostas, com altura de 0,20 m cada uma, tendo-se o cuidado de efetuar uma compactação após a colocação de cada camada (ver figura 15) ou ainda com um trator (**foto 3**).

A compactação pode ser feita mecanicamente com um rolo compressor ou do tipo "pé de carneiro" (**foto 4**) ou através de animais - jumentos, cavalos ou bois - que transitem continuamente por sobre a camada, sob a condução de pessoas, ou ainda com batedores utilizados pelo homem.

Foto 3

Foto 4

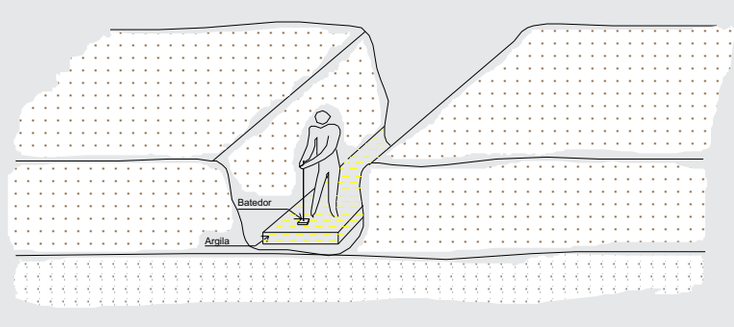


Figura 15 - Compactação de cada camada de argila.

A largura do septo de argila não precisa ser superior a 1,0 m, devendo o espaço aberto entre o septo e a parede da trincheira ser preenchido, na medida em que o septo vai subindo em altura, com o material retirado na escavação da trincheira (ver figura 16).

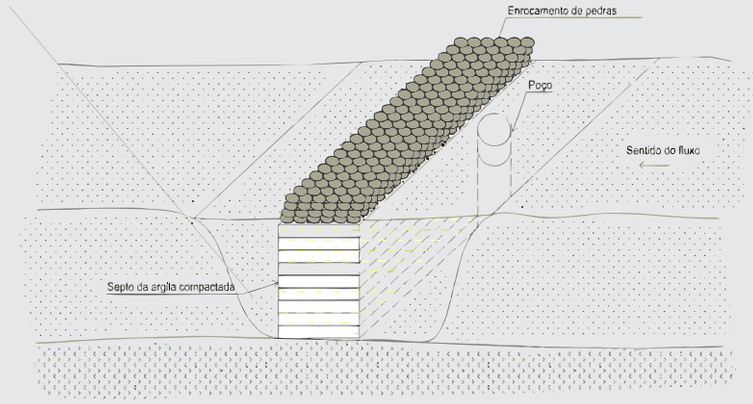


Figura 16 - Construção do septo impermeável com argila compactada

A construção do septo em alvenaria de pedra ou de tijolo em nada difere da construção da base de um muro, uma vez procedida a escavação, pelo mesmo processo já descrito atrás.

Quanto à implantação de estacas justapostas para constituir um septo impermeável, é uma técnica mais trabalhosa, pois requer em primeiro lugar a existência de madeiras especiais, que resistam à água sem apodrecerem; em segundo lugar, necessita de um "bate estacas" para fincar essas estacas uma ao lado da outra; por último requer ainda uma serra para cortar os excessos da prancha, quando as mesmas já tiverem atingido o embasamento rochoso. Apesar disso, essa técnica é talvez a melhor que se poderia empregar para a construção de barramentos em lugares com nível d'água elevado.

Em face de inexistência de barramentos executados com essa metodologia, desconhecem-se com certa precisão os custos da sua implantação, podendo-se adiantar, entretanto, que é bem mais caro do que os demais métodos.

III) Construção do poço amazonas

Antes de fechar a trincheira já impermeabilizada pelo septo, deve-se aproveitar a sua abertura para construir um poço amazonas, mais conhecido como cacimbão.

A construção do poço amazonas junto e a montante do septo impermeável, e na porção mais profunda da trincheira, é uma condição imprescindível pelas seguintes razões:

a) Por ser localizado na parte mais profunda da barragem subterrânea, permitirá um melhor aproveitamento da camada saturada de água para captação por bombeamento ou mesmo manualmente;

b) Permite um contínuo monitoramento da evolução do nível da água dentro da barragem subterrânea ao longo do período de estiagem, bem como da qualidade da água;

c) Oferece condições fáceis de fornecimento da água aos moradores da circunvizinhança, que deve se constituir uma das condições para implantação desse tipo de barramento pelo poder público em terreno particular;

d) Proporciona condições de esgotamento da água da barragem ao chegar o período das primeiras chuvas anuais, a fim de renovar a água e impedir que sejam desenvolvidos processos de salinização pela evaporação progressiva.

Além desse poço "obrigatório", outros poços poderão ser construídos ao longo da superfície de acumulação proporcionada pelo barramento subterrâneo, a depender da extensão da área e volumes acumulados; novos poços facilitarão uma melhor distribuição dos pontos d'água para aproveitamentos diversos.

A sua construção pode ser de várias maneiras, mas, duas delas se destacam por serem mais comumente empregadas: a de alvenaria em tijolos e a de tubulões ou anéis semi-porosos pré-moldados.

A construção do poço amazonas, independente do tipo, deve ser na porção mais profunda da trincheira a fim de que possa ser captada uma maior espessura saturada de água, bem como, para poder proporcionar um total esvaziamento do poço quando se fizer necessário (figura 17).

A construção do poço amazonas de alvenaria e tijolo é uma obra mais demorada, podendo ser executada quando a barragem é feita manualmente, pois, nesse caso, a demora na abertura da vala pode corresponder à da construção do poço, desde que se faça inicialmente a escavação do local presumivelmente mais profundo (após sondagens a trado terem sido executadas).

Assim, enquanto se constrói o poço amazonas na zona central da barragem, a equipe de escavadores continua a escavar o restante da trincheira, nos dois sentidos das margens do riacho.

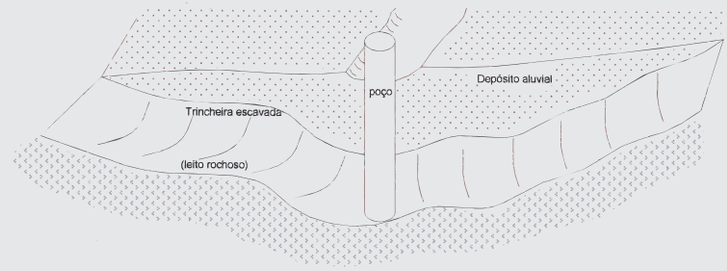


Figura 17 - Posição do poço amazonas dentro da trincheira

Duas maneiras podem ser empregadas na construção do poço amazonas de alvenaria de tijolo:

1ª) Prepara-se na superfície do terreno, no local onde irá ser construído o poço, numa superfície aplainada, uma sapata de concreto com seção triangular como mostrado na figura 19, com diâmetro em torno de 2,0 m; sobre essa sapata, inicia-se a construção da parede de tijolos, de preferência dos perfurados, ficando os furos direcionados para o interior do poço; após a construção das três primeiras fiadas de tijolos, com uma altura total de cerca de 0,5 m, reveste-se externamente os tijolos com uma tela de nylon fina para evitar a entrada de sedimentos pelos orifícios dos tijolos, para o interior do poço.

Inicia-se então a escavação dentro do poço, jogando-se para fora o material retirado e, na medida em que a escavação vai prosseguindo, o poço vai afundando devido ao seu próprio peso. Nas fiadas acima das três primeiras, não será necessário colocar tijolos com furos para o interior do poço, podendo ser usado ou tijolo.

A figura 18 e a **foto 6** mostram o esquema de um poço amazonas construído com tijolos, vendo-se no detalhe um corte na sapata mostrando a disposição dos ferros.

Foto 6

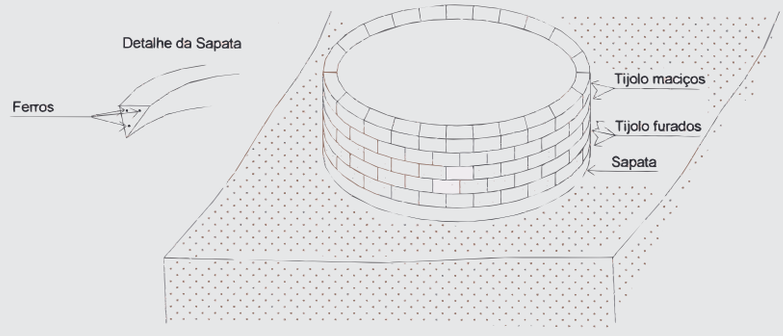


Figura 18 - Construção de poço amazonas com tijolos

2ª) efetua-se primeiro a escavação em diâmetro maior do que o do poço a construir e, ao chegar ao fundo, prepara-se uma base aplainada sobre a qual se constrói a parede do poço. A parede do poço pode ser construída sobre uma sapata, que não precisará ser de base triangular por não exercer a finalidade cortante que a anterior possuía. A disposição dos tijolos quanto aos furos pode ser a mesma do caso anterior.

O segundo tipo de poço é mais fácil de construir pela rapidez com que é executado. Consiste em superpor anéis, de preferência nas dimensões de 1,0 m a 1,2 m de diâmetro e altura de 0,5 m, para facilitar o carregamento e colocação dos mesmos uns sobre os outros.

O ideal é que se obtenha anéis de concreto semi-porosos, todavia a sua construção não é muito difundida na região e, em geral, esses anéis são totalmente impermeáveis. Nesse caso, os anéis deverão ser previamente perfurados, com furos de diâmetro de 1 a 3 cm, com a maior quantidade de furos possível a fim de aumentar a área de entrada d'água no poço. No caso em que os anéis forem perfurados, na medida em que sejam colocados, deverão ser revestidos com uma tela de nylon a fim de evitar a penetração de areia para dentro do poço.

É recomendável que, antes de pôr o primeiro anel, seja colocada uma camada de aproximadamente 0,25 m de altura e área de 2 m x 4 m, de cascalho ou brita no fundo da trincheira, sobre a qual ficará montado o poço. As finalidades dessa camada de material grosseiro são duas: proporcionar maior permeabilidade para entrada de água pelo fundo do poço e impedir a entrada de material fino de baixo para cima provocando assoreamento do poço.

Uma vez colocada a camada de cascalho ou brita, será posto o primeiro anel tendo-se o cuidado de efetuar um bom nivelamento com nível de bolha sobre régua a fim de que o mesmo fique com total verticalidade (**foto 7**).
Atestada a verticalidade do primeiro anel, os demais serão facilmente colocados um sobre o outro, devendo-se recolocar em volta do anel, uma parte do material retirado na escavação da trincheira para facilitar o acesso, na medida em que o poço vai subindo.

O último anel deverá ficar com cerca de 0,40 m acima da superfície do terreno, podendo chegar até o máximo de 0,80 m no caso de o anel não seja encontrado na dimensão de 0,5 m de altura (é mais comum encontrar-se anéis com 1,0 m de altura) (figura 19).

Foto 7

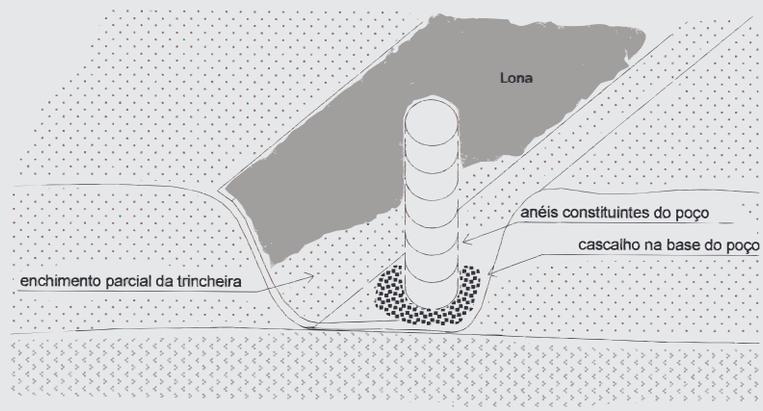


Figura 19 - Colocação dos anéis do poço amazonas

Após a conclusão de toda a obra do barramento, deve-se providenciar uma tampa para o poço amazonas, preferencialmente de concreto devidamente cimentada na “boca do poço” deixando apenas uma pequena abertura de seção quadrada, também com tampa móvel, com cerca de 0,5 m de lado, ou ainda um furo no centro para introdução de canos para bombeamento; uma outra opção é a tampa de madeira, toda ela removível. Essa tampa é imprescindível, pois impede a entrada de animais, principalmente sapos e rãs, além da queda de outras substâncias da superfície para o interior do poço. Também serve para impedir o assoreamento que poderia acarretar uma grande enchente do rio que viesse a cobrir o poço.

IV) Colocação de tubos-drenos

Com a finalidade de facilitar o fluxo de água para o interior do poço amazonas deve ser colocado dois tubos, dispostos ao longo da vala, a partir do poço para as laterais do vale. A extensão desses tubos irá variar em função do comprimento da vala, podendo ter desde 12 m até 36 m, para cada lado.

Esses tubos deverão ser de plástico PVC, com diâmetro de 150 mm, e ranhurados ou furados, na semi-periferia superior (no lado do cano que fica para cima). A extremidade do tubo que fica oposta ao poço deverá ser fechada enquanto a outra deverá ser encaixada no próprio poço.

A tubulação deverá ficar assentada no fundo da vala, sobre o embasamento rochoso ou ligeiramente "calçada" com material areno-argiloso (figura 20)(**Fotos 8**).

Foto 8

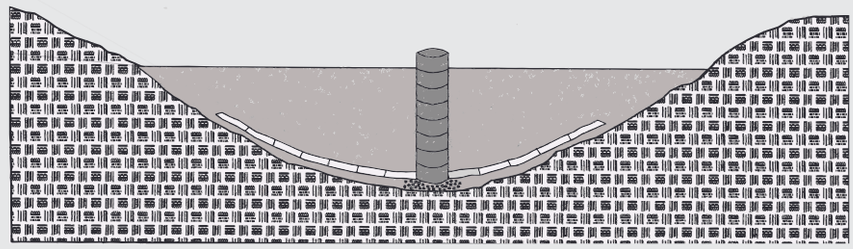


Figura 20 – Colocação dos tubos drenos ao longo da vala

V) Poço de recarga

Um dispositivo que contribui muito para incrementar a infiltração da água no corpo da barragem, é o poço de recarga (figura 21), a ser construído ao lado do poço amazonas.

Foto 9

Foto 10

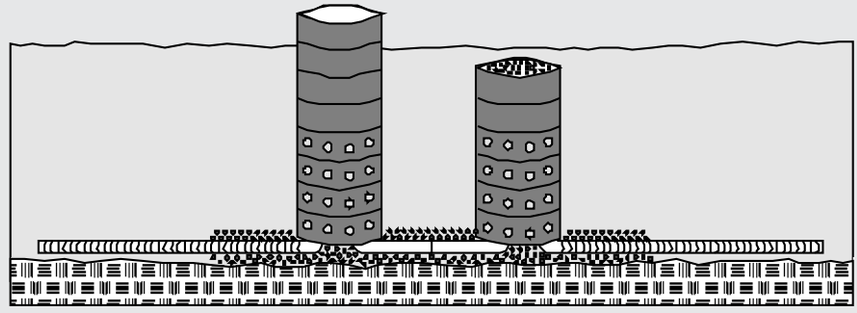


Figura 21 – Poço de recarga ao lado do poço de captação (que aflora na superfície), sobre base de cascalho, vendo-se lateralmente os tubos drenos estendendo-se ao longo da vala.

Esse poço deve ser construído a uma distância de um a dois metros do poço amazonas (**foto 9 e 10)** para aproveitar a base de brita sobre a qual é edificado o poço produtor.

Apesar de aproveitar a base de brita, será conveniente a colocação de um tubo de plástico de 150 mm ligando o poço de recarga ao poço produtor, devendo esse tubo ser encaixado na brita e possuir as duas terminações com curva de 90º dirigidas para o interior dos poços produtor e de recarga, tendo-se o cuidado de prender uma tela de nylon nessas extremidades para impedir a entrada de areia com assoreamento do tubo.

Os anéis semi-porosos ou possuidores de furos na sua parede, são colocados um sobre o outro, ao mesmo tempo em que são levantados também no poço produtor. Ao chegar próximo da superfície do terreno (cerca de 0,40 m abaixo da superfície), encerra-se a construção do poço de recarga e se coloca uma tampa de concreto semi-poroso ou contendo inúmeros furos (**foto 11**). No segundo caso, a tampa deverá ser revestida com tela de nylon para evitar a entrada de detritos no interior do poço.

Sobre a tampa do poço de recarga é colocada uma camada de brita fina (**foto 12**), com uma espessura em torno de 0,20 m, completando-se até o nível da superfície, com o material aluvial.

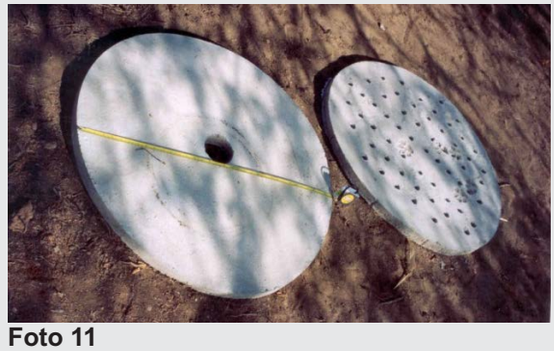


Foto 11

Foto 12

Por fim, deverá ser construído um pequeno muro de enrocamento de pedras, com altura em torno de 0,30 m para reter a água de escoamento superficial, direcionando-a para o poço de recarga (**foto 13**).

Foto 13

VI) Enchimento da trincheira

Uma vez concluídos o septo impermeável, o poço amazonas e os drenos, pode-se encher totalmente a trincheira com o material dela retirado. O seu enchimento pode ser mecanizado (**foto 14**) ou manual, dependendo de que processo se utilizou para a sua escavação.

Foto 14

É importante acrescentar que no enchimento da trincheira o material deverá ser jogado naturalmente, sem qualquer compactação, a fim de preservar uma maior porosidade, que facilitará a infiltração e o armazenamento da água.

VII) Enrocamento

Estando a superfície do terreno já completamente aplainada após o enchimento da trincheira, coloca-se um enrocamento de pedras arrumadas, sem rejuntamento de qualquer natureza. A sua finalidade é de reter água do escoamento superficial durante algum tempo, facilitando a infiltração no sedimento aluvial.

As pedras são de tamanho variável entre 0,3 e 0,5 m, podendo ser arredondadas, semi-arredondadas ou mesmo angulosas, dependendo de sua origem ser de leitos fluviais (em geral semi-arredondadas) ou quebradas em pedreiras ou afloramentos rochosos da localidade.

O enrocamento deve possuir uma altura de no máximo 0,5 m, pois a sua finalidade não é de barrar inteiramente o curso d'água e sim, proporcionar uma retenção parcial de suas águas a fim de facilitar a infiltração para o subsolo a montante do barramento (**figura 22 e foto 15**). Além disso, irá acumular uma lâmina d'água durante alguns dias o que permitirá a plantação de culturas de alagadiços, como arroz, por exemplo.

Foto 15

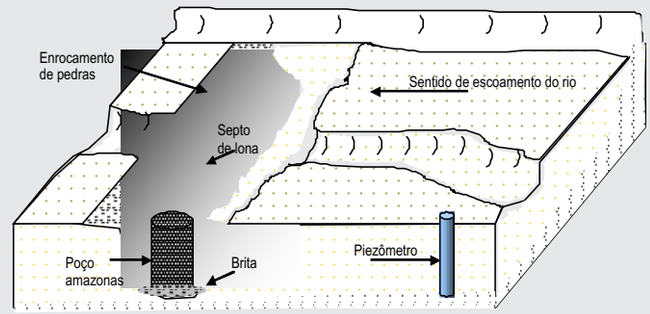


Figura 22 – Colocação do enrocamento de pedras a jusante da barragem.

Considerando a finalidade de proporcionar uma maior infiltração de água, esse enrocamento não pode ficar situado a montante da barragem subterrânea e sim a jusante da mesma.

Na ausência de pedras na localidade, o enrocamento poderá ser construído com sacos cheios de areia (**foto 16**) ou ainda com pneus usados, de maneira atrelada e fincada ao solo por ganchos metálicos para impedir a sua "fuga" do local pelas águas do rio.

Foto 16

5. PRODUTOS DE UMA BARRAGEM SUBTERRÂNEA

Após a construção da barragem subterrânea a água acumulada no depósito aluvial à montante da barragem permite uma sub-irrigação, isto é a alimentação hídrica das culturas plantadas na superfície por infiltração das raízes até alcançar o freático.

A primeira barragem subterrânea implantada na região nordeste foi a do Sr. Clovis de Lima, localiza-se no município de São Mamede, na Paraíba, distando 6 km da sede municipal e 300 km da capital estadual. Sua área total é de 144 ha, dos quais 46 % (66,4 ha) correspondem a aluviões e terraços aluviais e o restante a rochas do embasamento cristalino.

Em 1986, o seu proprietário, tendo visto em suas viagens pelo exterior, barragens subterrâneas construídas em aluviões de rios sendo usadas para irrigação, resolveu construir uma em sua propriedade, tendo para tanto contratado os serviços de uma equipe de geólogos da UFPE (sob a coordenação do autor do presente trabalho).

Foi efetuado um estudo hidrogeológico através de sondagens e testes de bombeamento em cacimbões existentes, e ao final dimensionada a barragem subterrânea e respectivas obras complementares que ensejariam ao seu proprietário a implantação de um programa intensivo de irrigação.

O estudo do depósito aluvial (incluindo os terraços) revelou que na área da propriedade o depósito aluvial seria acumulado, com a barragem subterrânea, um volume de 280.000 m3 e, a montante do limite da propriedade até as cabeceiras do riacho Papagaio (drenagem que corta a fazenda), mais 1,5x106 m3.

A barragem subterrânea foi construída com uma extensão de 200m, tendo sido a trincheira aberta com trator de esteira e preenchida uma parte com argila compactada e outra parte revestida com lona plástica e preenchida pelas areias aluviais.

Foi recomendada a construção de seis poços amazonas, com 2 m de raio, devidamente projetados para bombearem 20 m3/h cada um. Adotando-se o regime de bombeamento de 8 horas/dia, durante 10 meses por ano (dois meses são chuvosos), com um consumo médio de 1 L/s (para culturas de maior demanda e irrigação por gravidade), a área irrigável seria de 32,4 ha.

Após a implantação de todas as obras recomendadas, adotou-se ainda um método de irrigação de maior eficiência, a micro-aspersão, semelhante ao "gotejamento", que permitiu a irrigação de 46 ha de fruticultura, além de milho, feijão e capim na calha viva, por sub-irrigação.

O proprietário da Fazenda Pernambuca uma vez instalada a cultura de mangas (**fotos 17 e 18**), passou a exportar o produto para a Europa.

Foto 17

Foto 18

A Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – SECTMA, do Estado de Pernambuco, criou, no ano de 1997, um programa de construção de barragens subterrâneas, sob a coordenação do autor deste trabalho.

No final da gestão do governo em 1998, haviam sido construídas cerca de 460 barragens subterrâneas, dentre as quais devem ser destacadas as barragens sucessivas no Rio Mutuca, município de Belo Jardim, em que foram construídas 13 barragens, distanciadas uma da outra de aproximadamente 1 km, com profundidades que variaram desde 6 até 10m.

Nas **fotos 19, 20, 21, 22** são mostradas áreas cultivadas com algodão, bananeiras e horticulturas.

Foto 19

Foto 20

Foto 21

Foto 22

6. CONSTRUÇÃO DA BARRAGEM DE ASSOREAMENTO

Considerando que o barramento natural não é uma obra do homem e sim da própria natureza, não será necessário descrever a sua construção, passando a seguir a ser descrita a construção antrópica dessa intervenção no leito fluvial, ou seja, os casos descritos como b e c no capítulo 2.

6.1. Barragem de assoreamento semi-natural

Nesse tipo de barramento foram distinguidos três aspectos bem diferenciados em que a metodologia construtiva é diferente uma da outra.

I) Barragem de assoreamento impermeável destinada à acumulação e aproveitamento da água armazenada

Quando o leito de um curso d'água (rio ou riacho) é represado a “força viva” que transporta a carga sólida (seixos, areias, siltes e argilas) vai diminuindo a partir de certa distância da barragem sendo totalmente anulada no contato com esta estrutura implantada. Dessa forma, o material mais grosseiro é depositado distante da barragem e nas suas proximidades predominam os sedimentos finos (areias finas, siltes e argilas), o que torna o pacote de sedimentos com baixa permeabilidade para que a água nele acumulada venha a ser captada.

Para evitar uma perda acentuada da competência do rio (diminuição da sua força viva), a parede a ser construída deverá conter sulcos verticais (figura 23) que permitirão livre escoamento das águas, ficando depositado entre um sulco e outro o material mais grosseiro.

Embora esse tipo de barragem seja muito comum na África, não se tem conhecimento de nenhuma dessa obra no Brasil.

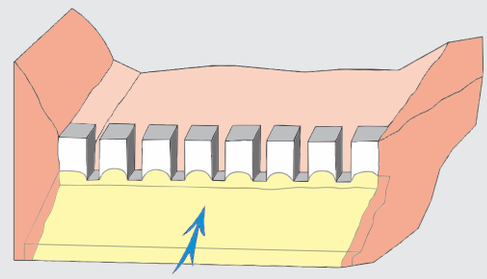


Figura 23 – Etapa inicial da barragem de assoreamento impermeável. Vista de montante, onde a seta indica o sentido de fluxo e a cor amarela corresponde aos sedimentos acumulados de granulometria média a grosseria.

Na medida em que esses depósitos vão se acumulando, procede-se o fechamento de uma parte dos sulcos; o processo vai evoluindo a cada ano de escoamento mais abundante do rio, ou seja, nos períodos chuvosos, até que os sulcos ficarão totalmente preenchidos (figura 24).

O resultado final será uma barragem totalmente impermeável, porém com depósitos grosseiros acumulados a montante, o que possibilita a captação da água por poços tubulares ou por poços amazonas ali construídos.

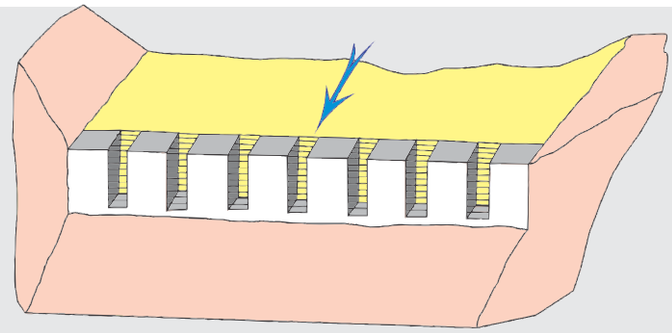


Figura 24 – Barragem de assoreamento impermeável ao final do processo de acumulação dos sedimentos a montante. Vista de jusante, a parede se acha com os sulcos já totalmente cimentados (mostrados em hachuras) o que permitiu a acumulação de sedimentos à montante (de cor amarela).

II) Barragem de assoreamento impermeável destinada à plantação de culturas agrícolas na superfície

Como não há interesse precípuo de aproveitamento da água, mas tão somente proporcionar condições de aumentar a área cultivável em solos aluviais, o barramento é efetuado da seguinte maneira:

Efetua-se inicialmente uma escavação na rocha com pouco mais de 20 cm de profundidade para encaixar a base da barragem e evitar que ela venha a "escorregar" sobre a superfície rochosa;

➤ A escavação que deverá ter uma largura da ordem de 2,0m (no mínimo), deverá se estender de margem a margem do curso d'água (rio ou riacho), num curso retilíneo ou encurvado com a parte convexa dirigida para montante;

➤ A partir da base da escavação constrói-se uma parede de pedra com argamassa de cimento/areia até uma altura de aproximadamente 1.5 m; essa parede deverá diminuir gradativamente a sua largura a medida que vai crescendo, ou seja, terá, transversalmente, uma seção trapezoidal como mostrado na figura 25;

➤ Depois de um, dois ou três períodos chuvosos o depósito aluvial transportado pelo rio irá preencher totalmente o espaço a montante da parede de pedra;

➤ Constroem-se mais um estágio da parede de pedra/argamassa com mais 1,0m de altura, obedecendo ao mesmo padrão da inferior, isto é, com diminuição da largura de baixo para cima, formando seção trapezoidal;

➤ Espera-se mais outro período de "enxurrada" para enchimento da "bacia" e assim, sucessivamente se alcança uma altura considerada suficiente (em geral inferior a 8.0m devido à instabilidade do maciço cheio de água), resultando o que é mostrado na figura 25 e **foto 23**.

Foto 23

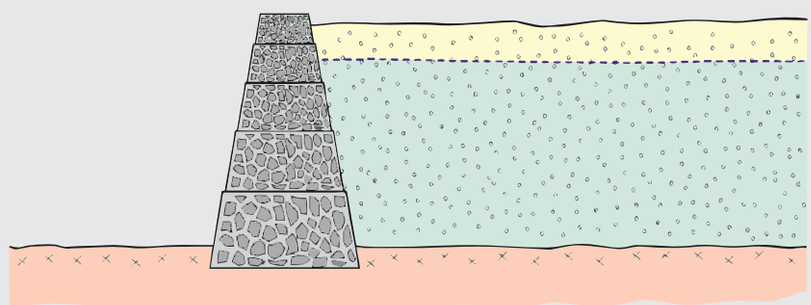


Figura 25 – Barragem de assoreamento impermeável (seção longitudinal ao rio). A água se acumula à montante, porém em função do excesso de argilas torna-se de reduzida disponibilidade para captação.

III) Barragem de assoreamento permeável destinada à retenção de solos

Esse tipo de barramento constitui a mais singela das metodologias de barramento para assoreamento, de vez que consta apenas de um ajuntamento de pedras de qualquer tipo e angulosidade, sem qualquer rejunte, com uma disposição aproximadamente em arco, sendo a parte convexa voltada para montante do curso d'água, como mostrado na figura 26 e **foto 24**.

Foto 24

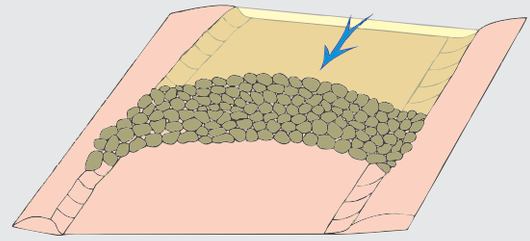


Figura 26 – Barragem de assoreamento em arco, mostrando a seta o sentido de escoamento do curso d'água.

O depósito de areia formado nas enxurradas do rio (ou riacho) irá se acumular a montante do barramento. Como não há nenhum rejunte entre os blocos de pedra, a água do depósito aluvial formado se infiltra e sai a jusante da parede, não constituindo assim, um reservatório hídrico que possa ser captado.

6.2. Barragem de assoreamento artificial

Esse tipo de barramento para assoreamento é totalmente artificial, pois, ao contrário dos casos anteriores em que o homem efetuava o barramento enquanto a natureza se encarregava de assorear a barragem, nesse caso tanto a barragem como o assoreamento são feitos pelo homem.

O único caso conhecido desse tipo de barragem é o efetuado na propriedade do Sr. Jonas Alvarenga no município de Gravatá/PE, pelo que a metodologia da sua construção irá seguir as etapas desenvolvidas na referida localidade.

➤ Foi construída uma parede de pedra com argamassa de cimento/areia e armação de ferro, com largura na base de 3m e no topo de 1m. A altura total da parede alcançou 5m. A **foto 25** mostra a parede em fase de construção.

Foto 25

Foto 26

➤ Foram construídos pilares de concreto com tubulões de cimento pré-fabricados para constituir o suporte de um cata vento que iria ser implantado para bombear a água de um poço amazonas construído. Além do poço amazonas que seria bombeado por cata vento outro poço foi construído ao lado onde seria instalada uma moto-bomba; como mostra a **foto 26**.

➤ Antes de ser preenchido o espaço a montante do barramento com areias, foi colocado um sistema de drenos com tubos de plásticos perfurados, revestidos com uma tela de nylon e cobertos por uma camada de cascalho (**foto 27**). Esses tubos foram colocados na superfície do terreno e estendidos até os dois poços amazonas a fim de aumentar o fluxo de água para esses poços.

Foto 27

Foto 28

➤ Os poços amazonas foram construídos com anéis de cimento de parede reforçada, tendo sido devidamente perfurados antes da sua colocação, para permitir a entrada lateral da água. Após a sua colocação foram revestidos com tela de nylon para evitar a entrada de areia no interior do poço. A **foto 28** mostra numa escavação feita ao lado da tubulação o aspecto de furos e a tela envolvente do tubulão.

➤ Antes de concluir o enchimento do reservatório com areia, foi efetuada uma impermeabilização da parede da barragem a fim de evitar fugas de água; alem da cimentação procedida foi aplicada também uma camada de impermeabilizante plástico (em cor preta na **foto 29**).

Foto 29

Foto 30

➤ Foram colocados 3.600 m3 de “areia lavada” transportada em caçambas e oriundos de aluviões de rios de outras áreas. Ao concluir a obra, observa-se na **foto 30** o conjunto representado pela barragem de assoreamento, o cata vento e os poços amazonas destinados a captar e aduzir a água armazenada para outro reservatório elevado de onde seria distribuído para toda a propriedade.

➤ Por último, resolveu-se deixar um metro abaixo do coroamento da barragem desprovido de areia para acumular também água de superfície que poderia ser também utilizada no período de chuvas, como mostra a **foto 31**.

Foto 31

7. VOLUMES ACUMULADOS E CUSTOS

7.1. Em Barragens Subterrâneas

O volume que pode ser acumulado e disponibilizado numa barragem subterrânea vai variar com as dimensões do depósito aluvial, sobretudo a largura do vale e a espessura dos sedimentos, assim como a extensão para montante, a declividade do leito e a relação entre a calha viva e os terraços aluviais, conforme foi analisado nos itens e, f e g do capítulo 3.

Para que se tenha uma idéia aproximada sobre a disponibilidade de água proporcionada por uma barragem subterrânea e do custo da água resultante dessa intervenção, será a seguir apresentado um cálculo hipotético de uma barragem em função das características do depósito aluvial de uma dada região.
Suponha-se que um vale fluvial apresente em determinada localidade as seguintes características:

a) Largura média do depósito aluvial no trecho alcançado pelo barramento:
L = 50 m

b) Extensão (comprimento) da área a montante do barramento, sob influência da barragem:
C = 1 km

c) Espessura saturada média do depósito aluvial:
E = 2 m

d) Coeficiente de porosidade eficaz médio do sedimento aluvial:
= 15%

O volume de água disponível - V - será dado por
V = L x C x E x , ou:
V = 50 x 1.000 x 2 x 0,15 = 15.000 m³

Considerando um consumo médio de água na base de 60 l/hab/dia na zona rural, esse volume daria para abastecer 100 famílias durante um ano, e ainda, irrigar 2 ha durante 8 meses (considerando 4 meses chuvosos).

De um modo geral, se forem consideradas as mesmas condições de baixa declividade, uma extensão de influência da barragem de 1 km e uma porosidade eficaz de 15%, pode-se estabelecer algumas situações para avaliação do volume de água armazenado, como será visto no quadro 1.

Na simulação de distintas situações foram consideradas cinco dimensões para a largura do vale: 20, 50, 80, 120 e 150 metros e, para cada uma dessas dimensões foram levadas em conta três situações de espessura média do depósito aluvial.

Dessa maneira, puderam ser avaliados os volumes de sedimentos acumulados em cada uma das 15 distintas situações propostas, resultando em valores desde o mínimo de 6.000 m3 até o máximo de 157.500 m³.

Quadro 1 – Volumes de água armazenados na barragem subterrânea em várias situações de largura e espessura do depósito aluvial.

Situação diversa	Largura do vale (m)	Espessura média do aluvião (m)	Volume total de ÁGUA armazenados (m^3)
1	20,00	2,00	6.000,00
2		3,00	9.000,00
3		5,00	15.000,00
4	50,00	2,00	15.000,00
5		3,00	22.500,00
6		5,00	37.500,00
7	80,00	2,00	24.000,00
8		3,00	36.000,00
9		5,00	60.000,00
10	120,00	3,00	54.000,00
11		5,00	90.000,00
12		7,00	126.000,00
13	150,00	3,00	67.500,00
14		5,00	112.500,00
15		7,00	157.500,00

As situações mais comuns de ocorrência são a 4 e a 8, com variação entre 15.000 m3 e 36.000 m³.

Deve-se levar em consideração ainda que, na medida em que a água vai sendo extraída de uma barragem subterrânea o aquífero aluvial vai sendo recarregado pela água que escoa além do limite previsto de 1 km.

Há ainda a considerar a possibilidade que oferecem alguns rios secos com grande extensão de cobertura de aluviões, de serem construídas "barragens sucessivas" desde que se preserve uma distância mínima de 1 km entre uma e outra. Quando do período chuvoso a água que escoa na superfície vai se infiltrar em todas as barragens sucessivas, deixando-as saturadas para uso durante o período de estiagem (figura 27).

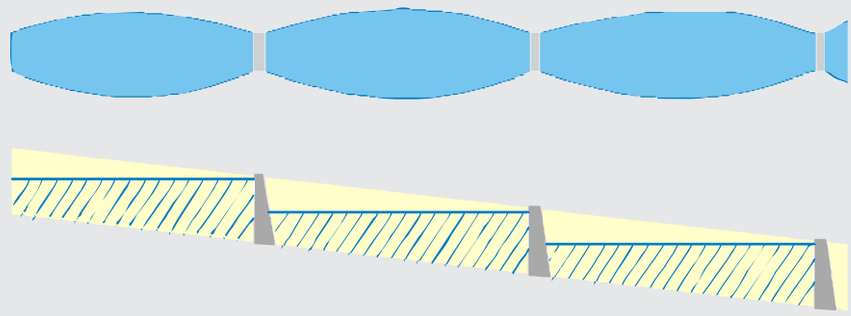


Figura 27 – Esquema mostrando três barragens sucessivas, aparecendo na parte superior uma visão em planta e na inferior, em corte longitudinal.

O custo para um barramento é variável em função da largura do vale no local barrável e da espessura do depósito, além do tipo de septo a empregar.

Considerando a elaboração de uma barragem nas condições seguintes: construção mecanizada, septo de lona, poço amazonas e de recarga em tubos de concreto, serão levantadas 9 (nove) situações distintas em função da extensão do vale no local barrável, a profundidade do embasamento (espessura do depósito aluvial) e largura da vala a ser escavada.

Quadro 2 – Dimensionamento dos serviços e materiais a empregar.

Situações distintas	Extensão média (m)	Profundidade média (m)	Largura média (m)	Volume total (m^3)	Horas de trator (escavação)	Horas de trator (reposição)	Lona plástica (m)	Poço amazonas (anéis)	Poço de recarga (anéis)
1	50	2	2	200	10	5	25	5	4
2		3	2	300	20	6	40	7	6
3		4	2	400	35	8	60	9	8
4	80	3	2	480	48	9	40	7	6
5		4	2,5	800	90	12	80	9	8
6		6	2,5	1.200	120	15	100	13	12
7	120	3	2,5	750	72	12	120	7	6
8		5	3	1.800	150	18	160	11	10
9		8	3	2.680	180	24	200	17	16

Quadro 3 – Custos para cada situação apresentada no quadro 1.

Situações distintas	Extensão média (m)	Profundidade média (m)	Largura média (m)	Volume total (m^3)	Custo de trator (x R$ 120,00p/h)	Valor da lona (xR$10,00 p/m)	Valor dos poços (x R$150,00 p/anel)	Valor de outros materiais (cascalho, pedras, canos, etc.)	Custo total da barragem (R$)
1	50	2	2	200	1.800,00	250,00	1.350,00	500,00	3.900,00
2		3	2	300	3.120,00	400,00	1.950,00	550,00	6.020,00
3		4	2	400	5.160,00	600,00	2.550,00	600,00	8.910,00
4	80	3	2	480	6.840,00	400,00	1.950,00	550,00	9.740,00
5		4	2,5	800	12.240,00	800,00	2.550,00	600,00	16.190,00
6		6	2,5	1.200	16.200,00	1.000,00	3.750,00	700,00	21.650,00
7	120	3	2,5	750	10.080,00	1.200,00	1.950,00	700,00	13.930,00
8		5	3	1.800	20.160,00	1.600,00	3.150,00	800,00	25.710,00
9		8	3	2.680	24.480,00	2.000,00	4.950,00	900,00	32.330,00

Verifica-se no quadro 3 que o custo de uma barragem subterrânea com valores atualizados para dezembro de 2014, irá variar entre o mínimo de R$ 3.900,00, ao máximo de R$ 32.330,00, considerando que uma profundidade média superior a 8 m dificilmente será encontrada nos aluviões da região semiárida nordestina. Na realidade as situações mais comuns encontradas nas 450 barragens subterrâneas construídas em Pernambuco foram aquelas de número 2 e 4, isto é com valores variando entre R$ 6.000,00 e R$ 10.000,000 aproximadamente. Considerando o valor do dólar nessa mesma data em torno de R$ 2,60, uma barragem subterrânea nas situações mais constantes, poderá ficar com valores entre US$ 2.300 e US$ 3.850.

7.2. Em barragens de assoreamento

Para as barragens semi-naturais, em que se efetua a construção da barragem e se espera alguns anos para o seu enchimento decorrente da decantação do material detrítico transportado pelo rio, apenas se pode calcular o custo do barramento, não se podendo avaliar os volumes de água, pois a carga sólida a ser depositada ainda é desconhecida.

Em termos de volume de água armazenado em barragem de assoreamento, que é o que interessa, apenas vale ser calculado o caso de uma barragem de assoreamento artificial, pois nesta situação se conhece todo o volume de areia depositado pelo homem na bacia hidráulica formada pelo barramento.

No caso da barragem de assoreamento impermeável destinada à plantação de culturas agrícolas na superfície, pode-se calcular distintas situações em função da largura do vale e da altura da parede, considerando-se em todos os casos uma parede construída de pedras com argamassa de cimento/areia.

O tipo de parede a ser construída também pode ser variável: a) pode ser utilizadas simplesmente pedras com argamassa de cimento/areia; b) pode ser também utilizada uma estrutura de ferro para garantir maior estabilidade da parede e ainda, c) pode ser a parede construída com gabiões.

Quadro 4 – Custo de uma barragem de assoreamento com distintos materiais construtivos

Situações distintas	Extensão da parede (m)	Altura da parede (m)	Largura da base (m)	Volume (m^3)	Custo final (R$)	Observação sobre o material de construção a utilizar
1	30	2	1	60	6.000,00	Pedras e argamassa cimento/areia
2		5	1,5	225	33.750,00	Pedras e argamassa c/reforço de ferro
3	50	2	1,5	150	22.500,00	Pedras e argamassa cimento/areia
4		5	2	500	75.000,00	Pedras e argamassa c/reforço de ferro
5	80	2	1,5	240	36.000,00	Pedras e argamassa cimento/areia
6		5	2	800	120.000,00	Pedras e argamassa c/reforço de ferro
7		8	2,5	1600	320.000,00	Pedras e argamassa c/reforço de ferro

Para o caso de barragem de assoreamento permeável destinada à retenção de solos, como não há retenção da água, não há sentido em se avaliar o volume reservado que não existirá, nem tão pouco, em conseqüência, o custo da sua construção.

Para avaliação do custo final foram considerados três valores em função da altura, de vez que na medida em que a altura vai aumentando, necessita-se incluir ferragens para aumentar a resistência da parede. Assim para a parede com até 2 m de altura o valor do m³ de pedra com argamassa de areia/cimento foi estipulado em R$ 100,00; para parede de 5m de altura, o valor do m³ passou a R$ 150,00 e finalmente, para parede da ordem de 8m de altura, o valor passou a R$ 200,00 o m³.

Esses preços também variam de região para região em função da existência de material nas proximidades da obra. Por outro lado esses valores estimativos valem para dezembro de 2014.

No caso da construção de uma barragem de assoreamento artificial, onde a parede é construída em pedra com argamassa de cimento/areia e a bacia hidráulica é preenchida com areia lavada trazida de outros depósitos aluviais pode ser efetuada uma avaliação de volumes e custo da operação, conforme é mostrado no quadro 5.

Para cálculo do custo do m³ de areia, foi estipulado o valor de R$ 50,00, embora esse preço varie muito em função da distância para transporte (frete) da areia, enquanto o preço da parede foi adotado o mesmo critério que foi usado no quadro 4 para barragens de assoreamento semi-natural.

Quadro 5 – Volumes e custos de barragens de assoreamento artificial

Extensão da parede (m)	Altura da parede (m)	Largura da base (m)	Volume (m^3)	Custo da parede (R$)	Espessura média do depósito (m)	Área média da bacia hidráulica (m^2)	Volume de areia colocado (m^3)	Custo da areia (R$)	Custo final (R$)
10	2,0	1,0	20,0	2.000,00	1,5	300,0	450,0	22.500,00	24.500,00
	5,0	1,5	75,0	11.250,00	3,0		900,0	45.000,00	56.250,00
	8,0	2,5	200,0	40.000,00	5,0		1.500,0	75.000,00	115.000,00
30	2,0	1,0	60,0	6.000,00	1,5	800,0	1.200,0	60.000,00	66.000,00
	5,0	1,5	225,0	33.750,00	3,0		2.400,0	120.000,00	153.750,00
	8,0	2,5	600,0	120.000,00	5,0		4.000,0	200.000,00	320.000,00
50	2,0	1,0	100,0	10.000,00	1,5	1200,0	1.800,0	90.000,00	100.000,00
	5,0	1,5	375,0	56.250,00	3,0		3.600,0	180.000,00	236.250,00
	8,0	2,5	1000,0	200.000,00	5,0		6.000,0	300.000,00	500.000,00

8. VANTAGENS DAS BARRAGEENS SUBTERRÂNEAS PARA AS BARRAGENS SUPERFICIAIS

Dentre as inúmeras vantagens para outros tipos de intervenções, especialmente para as barragens superficiais, quando a demanda exigida é compatível com o volume de água passível de ser acumulada nesse depósito, podem ser citadas as seguintes:

➤ Não há perdas de áreas superficiais por inundação, podendo ser utilizada a própria calha umidificada para plantio, o que implica numa sub-irrigação;

➤ Há maior proteção da água contra a poluição bacteriana superficial, pois a água fica armazenada na sub-superfície;

➤ Apresenta menor perda por evaporação, pois, não existindo “espelho d'água”, a insolação quase não atua (apenas na franja capilar);

➤ As perdas por infiltração em fraturas do embasamento são muito reduzidas, pois além das diferenças de carga hidráulica a montante da barragem ser muito menor do que nos grandes volumes de água armazenados na superfície, o fluxo através do meio poroso é muito lento, obedecendo à lei de Darcy;

➤ Representa maior facilidade de construção, pois, sendo o septo encaixado no depósito aluvial, não exige grande espessura de parede e nem ombreiras laterais no vale;

➤ Pelo mesmo motivo, apresenta grande estabilidade da parede (septo) contra a erosão e nenhum risco de desmoronamento;

➤ Apresenta grande economicidade na construção, pois constitui uma obra de pequeno porte, em geral de dimensões muito reduzidas comparadas com àquelas de barramentos superficiais;

➤ São de rápida construção, podendo ser executadas em um ou dois dias, quando a operação é mecanizada, ao contrário das superficiais que requerem vários dias, até anos para a sua construção;

➤ Podem ser construídas inteiramente com mão-de-obra localizada, gerando empregos para a população beneficiada;

➤ Dispensam onerosos esquemas de tratamento, manutenção, operação, consumo de energia elétrica e outros gastos comuns nos barramentos superficiais.

9. BIBLIOGRAFIA DE REFERÊNCIA

ABREU, G.H.G.de – 2001 – A função da barragem subterrânea como obra de convivência com a seca. Dissertação de mestrado defendida no Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica da UFPE

BENVENUTO,C. & POLLA,C.M. - 1982 - Aspectos geotécnicos do projeto de construção de barragens subterrâneas no nordeste. In Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, 7. Recife

BURGER,S.W. & BEHUMONT,R.D. / S.D. - Sand storage dams for water conservation. Depart.of Water Affairs, South West Africa

CIRILO, J.A., COSTA, W.D., ABREU, G.H.F.G.de; E COSTA, M.R. – 2000 - Barragem Subterrânea: Uma Alternativa A Considerar. Revista da ABRH No 2 – jul/2000

COSTA, C.T.; PUERARI, E.M.; E CASTRO,M.A.H.de – 2002 – Barragem Subterrânea: A experiência do Ceará. Anais do XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas – ABAS – Florianópolis.

COSTA, M.R.de – 2002 – Avaliação de reservatórios constituídos por barragens subterrâneas. Dissertação de mestrado defendida no Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica da UFPE

COSTA, W.D. - 1984 - Aquíferos aluviais como suporte agropecuário no nordeste. Anais do 3o Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, V.1, 431/440 - Fortaleza-CE

COSTA, W.D. - 1986 - O aquífero aluvial e sua aplicação no abastecimento d'água. Bol.do Depto de Geologia do CT/UFPE. Recife, PE

COSTA, W.D.- 1987 - Pesquisa hidrogeológica visando a implantação de barragens subterrâneas em aluviões. Anais do 1o Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste, ABAS, Recife-PE

COSTA, W.D. – 1987 – Água para Plantar. Cartilha para o agricultor. Editada em 1a. edição pela SECTMA, Recife-PE e reeditada (em cores) pelo SEBRAE em 2000, em Fortaleza-CE

COSTA, Waldir.D.; COSTA, Walter D. e LIMA,C.N. -1988 – Presas subterrâneas: opción para el semiárido. Revista Agricultura de las Américas; Nº6, Año 47, Keller International Publishing Corporation, New York, E.U.A.

COSTA,W.D.; CIRILO,J.A.;ABREU,G.H.F.G.de; E COSTA,M.R.- 2.000 - O Aparente Insucesso Das Barragens Subterrâneas Em Pernambuco - Anais em CD do 1o Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas – ABAS/ALSHUD/IAH – Fortaleza – 31jul/4ago-2000

COSTA, W.D. – 2001 - Barragem Subterrânea: Uma Obra De Redenção No Semi-Árido. Anais em CD do XII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços e IV Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste – Recife/PE –14/17-10-01

COSTA W.D. – 2014 – Barragens subterrâneas e barragens de assoreamento. Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas – Belo Horizonte-MG.

LEITE,C.A.G. & OLIVEIRA, A.M.S. - 1982 - Viabilidade de implantação de barragens subterrâneas no semi-árido. In: Simpósio Brasileiro do Trópico Semi-Árido, Recife-PE

MELO,P.G.de, COSTA,Waldir D., COSTA,Walter D. e PESSOA,R.J.R. - 1981 - Barragem subterrânea: obtenção de água a baixo custo. Revista Agropecuária Tropical, n.25, Recife-PE

OLIVEIRA,A.M.S. & LEITE,C.A.G. - 1984 - Tecnologia simples para aproveitamentos de pequeno porte dos recursos hídricos do semi-árido nordestino. IPT - São Paulo-SP

PONÇANO,W.L. - 1982 - Barragens subterrâneas no Ceará e Rio Grande do Norte: uma alternativa tecnológica para o abastecimento de água no semi-árido. In: Congr.Bras.de Geologia de Engenharia, 3 Itapema, ABGE, V.1, p.301/321

SAUERMANN,H.B. - 1966 - Water storage in sand-filled dams. Nat.Mech.Eng.Res.Inst. - South Africa

SILVA,A.S. & PORTO,E.R. - 1982 - Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do trópico semi-árido do Brasil, Petrolina, CPTASA.EMBRAPA Documento no 14.

SILVA,1.S.; LIMA,L.T.; MACIEL,J.L. e ARAUJO,V.de P.A. - 1984 - Alternativas de captação, conservação e uso da água para abastecimento do meio rural. EMBRAPA - Petrolina -PE

SUDENE/MINÉRIOS DE PERNAMBUCO S/A - 1987 - Projeto Barragem Subterrânea. Relatório de circulação restrita. Recife - PE

OLIVEIRA,A.M.S. & LEITE,C.A.G. - 1984 - Tecnologia simples para aproveitamentos de pequeno porte dos recursos hídricos do semi-árido nordestino. IPT - São Paulo-SP

PONÇANO,W.L. - 1982 - Barragens subterrâneas no Ceará e Rio Grande do Norte: uma alternativa tecnológica para o abastecimento de água no semi-árido. In: Congr.Bras.de Geologia de Engenharia, 3 Itapema, ABGE, V.1, p.301/321

SAUERMANN,H.B. - 1966 - Water storage in sand-filled dams. Nat.Mech.Eng.Res.Inst. - South Africa

SILVA,A.S. & PORTO,E.R. - 1982 - Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do trópico semi-árido do Brasil, Petrolina, CPTASA.EMBRAPA Documento no 14.

SILVA,1.S.; LIMA,L.T.; MACIEL,J.L. e ARAUJO,V.de P.A. - 1984 - Alternativas de captação, conservação e uso da água para abastecimento do meio rural. EMBRAPA - Petrolina -PE

SUDENE/MINÉRIOS DE PERNAMBUCO S/A - 1987 - Projeto Barragem Subterrânea. Relatório de circulação restrita. Recife - PE

Realização:

CREA-PE
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco

RENOVAÇÃO & INCLUSÃO
DO LITORAL AO SERTÃO, UMA SÓ GESTÃO!

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
VIRTUS IMPAVIDA

Apoio:

ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIA AGRONÔMICA

Clube de Engenharia de Pernambuco

MEMORIAL DA ENGENHARIA EM PERNAMBUCO

ACP
ASSOCIAÇÃO COMERCIAL DE PERNAMBUCO
DESDE 1839

Rotary
ROTARY INTERNATIONAL

FIEPE
CIEPE
SESI
SENAI
IEL

A Continuação de um Nobre Trabalho

O Rotary, nesses 110 anos de existência, tem se preocupado muito com os recursos hídricos do mundo.

Em nosso Distrito Rotário — Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco — não tem sido diferente: a parceria firmada com o CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia, vem para reafirmar a nossa preocupação com as questões da água, tema esse já há muito tempo batido e rebatido.

Sabemos que as soluções são políticas. A nossa convivência com a seca traz experiências vividas e por isso podemos afirmar que os problemas com a estiagem cíclica são realmente de ordem política.

A intimidade com a seca criou uma sólida experiência dentro do corpo técnico das nossas instituições nordestinas. Assim, esta é mais uma edição da série "Cadernos do Semiárido", que mostrará aspectos das "Barragens Subterrâneas e Barragens de Assoreamento" de autoria dos meus companheiros do Rotary Clube Recife–Casa Amarela, Waldir Duarte Costa e Waldir Duarte Costa Filho.

Como dizia Dom Helder: "Não podemos ficar sós!" Temos de unir nossas forças em parcerias com instituições sérias.

O Rotary ligando-se ao CREA, à Universidade Federal de Pernambuco, à Universidade Federal Rural de Pernambuco, às Academias Pernambucana e Brasileira de Ciências Agronômicas, à FIEPE, à Associação Comercial de Pernambuco e a outras entidades desse quilate, estará trabalhando por um mundo melhor e mais justo.

Queremos proporcionar água limpa e saneamento a toda uma população que diariamente se contagia com doenças diarreicas causadas por águas contaminadas. Defendamos as nossas populações, especialmente as nossas crianças. Que isso possa ter fim!

Tendo concluído a minha Governadoria esta é a minha última mensagem nesta capa dos Cadernos do Semiárido. Dois agradecimentos com os melhores votos de sucesso. Ao Companheiro Diretor do R.I. 1985/87 Mário de Oliveira Antonino, sempre ao meu lado e ao Governador 2015/16 Francisco Jadir Farias Pereira que, com toda certeza, dará continuidade a essa nobre e importante parceria.

Eduardo Carneiro Mota
Governador 2014/2015 do Rotary International