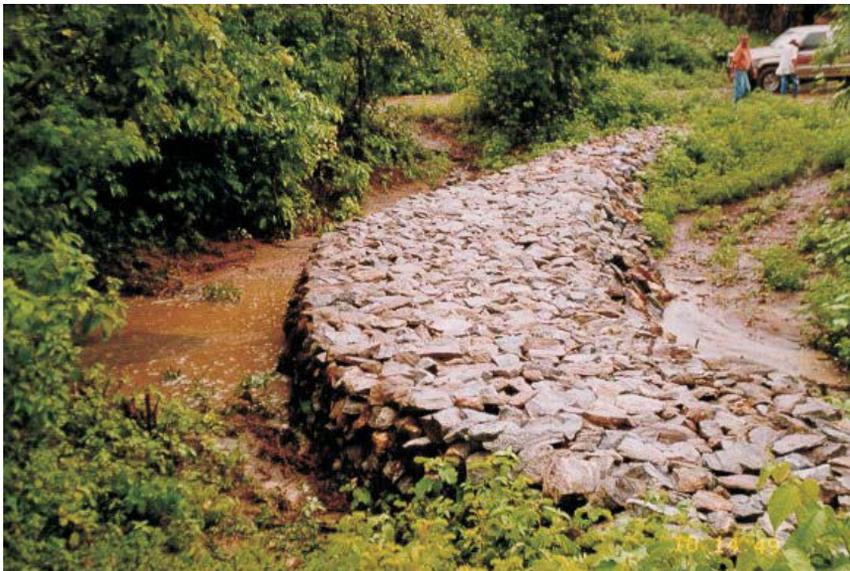




**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

BARRAGENS SUCESSIVAS DE CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS



Cartilhas Temáticas
Tecnologias e Práticas Hidroambientais
para Convivência com o Semiárido

Volume 1



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

BARRAGENS SUCESSIVAS DE CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS

Fortaleza, 2010

Governo do Estado do Ceará
Cid Ferreira Gomes
Governador

Secretário dos Recursos Hídricos (SRH)
César Augusto Pinheiro

Superintendente da SOHIDRA
Leão Humberto Montezuma Filho

Presidente da COGERH
Francisco José Coelho Teixeira

Coordenador Geral da UGPE (SRH)
Mônica Holanda Freitas

Coordenador do PRODHAM/SOHIDRA
Joaquim Favela Neto

Obra editada no âmbito do PRODHAM – Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental do Estado do Ceará, integrante do PROGERIRH-Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará, apoiado pelo Banco Mundial por meio do Acordo de Empréstimo 4531-BR/BIRD.

João Bosco de Oliveira
Mestre em Solos

Josualdo Justino Alves
Mestre em Irrigação

Francisco Mavignier Cavalcante França
Mestre em Economia Rural

BARRAGENS SUCESSIVAS DE CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS

Fortaleza
2010

Cartilhas Temáticas:

Tecnologia e Práticas Hidroambientais para Convivência com o Semiárido

- Volume 1 Barragens sucessivas de contenção de sedimentos
- Volume 2 Cisterna de placas: construção, uso e conservação
- Volume 3 Barragem subterrânea
- Volume 4 Práticas de manejo e conservação de solo e água no semiárido do Ceará
- Volume 5 Recomposição da mata ciliar e reflorestamento no semiárido do Ceará
- Volume 6 Recuperação de áreas degradadas no semiárido do Ceará
- Volume 7 Sistema de plantio direto no semiárido do Ceará
- Volume 8 Quebra-ventos na propriedade agrícola
- Volume 9 Controle de queimadas
- Volume 10 Sistema de produção agrossilvipastoril no semiárido do Ceará
- Volume 11 Educação ambiental para o semiárido do Ceará

Ficha Catalográfica

C387b Ceará. Secretaria dos Recursos Hídricos.

Barragens sucessivas de contenção de segmentos / João Bosco de Oliveira, Josualdo Justino Alves, Francisco Mavignier Cavalcante França. - Fortaleza: Secretaria dos Recursos Hídricos, 2010.

33 p. (Cartilhas temáticas tecnologias e práticas hidroambientais para convivência com o Semiárido; v. 1)

1. Barragens. I. Oliveira, João Bosco de. II. Alves, Josualdo Justino. III. França, Francisco Mavignier Cavalcante. Título.

CDD: 627.8

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

Centro Administrativo Governador Virgílio Távora

Av. General Afonso Albuquerque Lima, S/N, Ed. SEINFRA/SRH

Bairro Cambeba, CEP 60.822-325, Fortaleza/CE

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

APRESENTAÇÃO	7
INTRODUÇÃO	9
1 MICROBACIA HIDROGRÁFICA E O PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DO SOLO	11
1.1 A Microbacia hidrográfica	11
1.2 Degradação do solo e medidas de contenção	12
2 PRÁTICA HIDROAMBIENTAL COM BARRAGEM SUCESSIVA DE CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS	14
2.1 Conceituação.....	14
2.2 Finalidade.....	15
2.3 Seleção dos locais das barragens ao longo da calha dos riachos...15	
2.4 Amarração da estrutura	16
2.5 Formato da estrutura	17
2.6 Dimensões básicas das barragens de pedra	18
2.7 Marcação das barragens de pedras.....	21
2.8 Tempo de sedimentação	24
3 FORMAÇÃO DA EQUIPE DE CAMPO E RECOMENDAÇÕES DE CONSTRUÇÃO DA OBRA.....	28
3.1 Mobilização da equipe trabalhadora	28
3.2 Ferramentas necessárias à construção.....	28
4 A EXPERIÊNCIA DO PRODHAM COM AS BARRAGENS DE CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS	30
4.1 Efeitos socioeconômicos e ambiental	30
4.2 Principais dificuldades encontradas.....	31
4.3 Sugestões para replicação das barragens sucessivas em outras microbacias do semiárido	32
REFERÊNCIAS.....	33

Esta cartilha faz parte da coleção das tecnologias hidroambientais que foram testadas nas áreas-piloto do Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental (PRODHAM) e durante o período de estiagem de 1997. O texto deste documento é uma versão didática e adaptada, para servir de cartilha instrucional, do Manual Técnico Operativo do PRODHAM, elaborado pelo Engenheiro Agrônomo João Bosco de Oliveira para a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH) e do documento “Tecnologia Base Zero (TBZ’s)”, elaborado pelo engenheiro Arthur Padilha.

O PRODHAM testou tecnologias de mitigação dos efeitos da degradação ambiental em quatro microbacias hidrográficas do semiárido cearense localizadas nos municípios de Canindé, Paramoti, Pacoti/Palmácia e Aratuba.

O tema abordado aqui se refere à concepção, construção e benefícios das barragens sucessivas de pedras para contenção de sedimentos, decorrentes da erosão do solo, arrastados pelas chuvas, evitando o carreamento dos sedimentos para os rios e os açudes.

Por meio de linguagem simples e de ilustrações didáticas a cartilha objetiva motivar e ensinar os produtores rurais e os técnicos de campo do Estado do Ceará no trabalho de preservação de terras agrícolas e do meio ambiente visando à sustentabilidade hidroambiental e econômica do semiárido.

De forma geral, pode-se afirmar que a erosão hídrica e o desmatamento indiscriminado da cobertura vegetal representam os dois principais problemas relacionados à qualidade dos recursos hidroambientais no Estado do Ceará. Como se trata de um Estado em que a economia rural é muito dependente do setor agrícola, a perpetuação de tais problemas significa a aceitação do empobrecimento gradativo do solo, tendo como resultado final do processo o assoreamento dos rios e açudes.

Ao efetuar análise da Figura 1, pode-se compreender a forma em que os problemas hidroambientais interagem, confundindo-se entre causa e efeito e efeito e causa, daí a complexidade no tratamento deste tema.

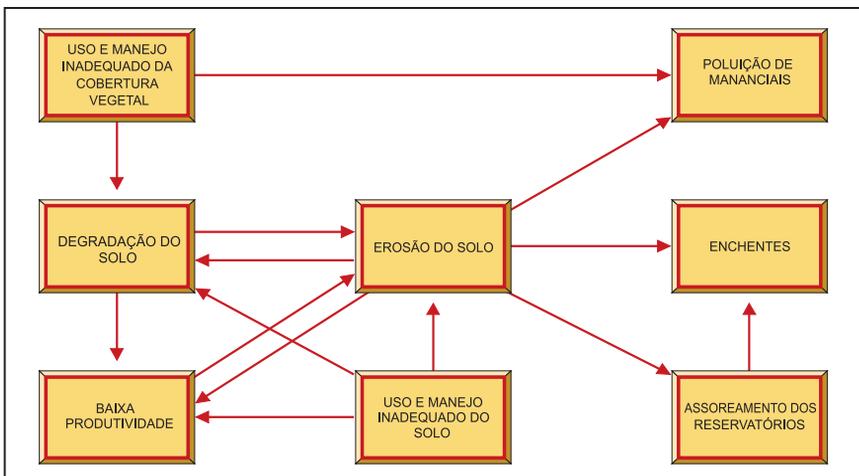


Figura 1 – Problemática Ambiental do Semiárido Nordestino

Fonte: Oliveira (1999).

A propósito da temática em tela, o Engenheiro Agrônomo Guimarães Duque, no seu livro “Solo e Água no Polígono das Secas” destaca que:

o sistema conduziu à erosão desenfreada, ao desnudamento da terra, rompendo o equilíbrio criado pela natureza

entre o solo, a flora, a água, a fauna e a vida econômica do homem. A devastação da vegetação nativa pelo homem traz milhares de conseqüências prejudiciais quando não são usados métodos racionais de manter o jogo harmonioso das forças do clima, da terra, das plantas, das águas e dos animais. (DUQUE, 1973).

Além da vegetação, tipo de solo e topografia, a erosão é muito reforçada pela velocidade do vento, pela intensidade da chuva e a temperatura ambiente ressecando o solo. Esses três agentes climáticos são muito desfavoráveis à manutenção do solo fértil no semiárido.

Além dos elementos climáticos, desfavoráveis à conservação do solo, há ainda o problema dos solos serem rasos, da vegetação perder folhagem no verão, possibilitando a erosão eólica.

Efetivamente, os solos do semiárido estão submetidos ao desgaste durante os 12 meses do ano. As quatro estações do ano não são visivelmente diferenciadas como em outras regiões do país. Os fenômenos adversos induzem ao raciocínio de que as estações climáticas no semiárido se resumem à dois períodos: Verão e Chuvoso.

No período do verão a erosão eólica é mais acentuada, sendo favorecida pelo fato do solo se encontrar desprotegido ou nu, em decorrência do maior índice de evaporação, pelos ventos constantes e mais intensos.

No período chuvoso, as enxurradas, logo a partir das primeiras chuvas, tendem a agravar mais ainda o processo erosivo, aumentando os riscos de degradação do solo.

1. MICROBACIA HIDROGRÁFICA E O PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DO SOLO

1.1. A Microbacia Hidrográfica

Antes de se estabelecer qualquer “conceituação” é necessário que se compreenda como é formado seu conceito e em que base hierárquica ou qual ordem da hierarquia fluvial, foi adotada para sua formalização.

Anteriormente, as medidas de controle dos processos erosivos eram realizadas tendo a propriedade rural como base de aplicação, no entanto, esse procedimento se tornou pouco adequado, visto que nem toda propriedade rural, ou mesmo a maioria delas, tem em seu espaço os limites definidores de um sistema fluvial, e os componentes integrantes de uma bacia hidrográfica naturalmente estabelecidos pelas forças da natureza, tais como o solo, a água, a vegetação e a fauna.

A partir dessa compreensão, definiu-se um outro tipo de unidade de trabalho, para controle dos processos erosivos, considerando as compartimentações reveladas pela natureza. Essa unidade natural é a bacia hidrográfica que se configura dentro de um espaço geográfico bem definido e característico no qual há vários elementos envolvidos – componentes da bacia, que se relacionam ou interagem permanentemente, respondendo às interferências naturais ou às promovidas pelo homem - antrópica. Portanto, a observância à interação desses componentes é muito importante quando se faz uso dos recursos naturais, em especial solo é água.

Esse sistema de compartimentação natural define uma bacia hidrográfica que se resume a uma área drenada por um determinado rio e seus afluentes.

A bacia hidrográfica é, portanto, uma área geográfica definida a partir de divisores de água, cujo sistema de drenagem é um grande rio ou lago.

Bacia hidrográfica é um termo abrangente que se designa a bacia de um grande rio, porém, a ela estão associadas bacias afluentes, sistemas de menores portes, conhecidas como sub-bacias hidrográficas e, a essas, outras unidades afluentes, também de menor porte, que se constituem as microbacias hidrográficas, unidades espaciais mínimas dentro do sistema.

A microbacia hidrográfica é uma unidade espacial de fácil reconhecimento, pois, assim como na bacia hidrográfica, todos os componentes se integram. Por isso, quando ocorre um problema, todos os outros componentes são afetados, implicando que toda e qualquer prática de manejo de solo e água dentro da microbacia, deve estar associada aos outros componentes.



Mapa 1 – Microbacia do Riacho Tipi – Bacia do Salgado (Aurora – CE)

Fonte: Empresa de Assistência Técnica e Extensão do Ceará (EMATERCE).

1.2. Degradação do Solo e Medidas de Contenção

Em uma microbacia hidrográfica, o sistema de entrada e saída de energia é dinâmico e são identificados ao se observar os processos naturais e seus seguimentos.

A entrada dos impulsos energéticos ocorrem pela ação das forças da natureza que atuam na área, a saída de energia ocorre por intermédio da água, sedimentos e sais solúveis ao deixarem o sistema.

A interdependência entre os componentes da microbacia precisa ser muito bem observada ao se fazer uso dos recursos naturais, pois toda e qualquer variação ou mudança de um componente repercute sobre os outros, bem como na dinâmica fluvial do sistema.

A ação do desmatamento, por exemplo, reduz a capacidade de infiltração do solo, aumenta o escoamento superficial, acelerando o processo erosivo, tendo como consequência o assoreamento dos leitos dos rios e açudes pelos sedimentos gerados à montante das áreas de produção, resultando em enchentes e inundações.

Essa situação reflete diretamente na dinâmica da microbacia e é gerada pela ação do homem. Portanto, ao se ocupar o espaço físico na área da microbacia, deve-se primeiramente pensar ou planejar a implementação de medidas ou práticas conservacionistas que se utilizará para evitar a degradação do meio ambiente. Tal prevenção deve ser fundamentada em um programa de capacitação continuada para técnicos, agricultores e colaboradores, contemplando as técnicas de manejo e conservação do solo e água, a implantação de viveiro de produção de mudas para recomposição da mata ciliar, recuperação de área com inoculo de serrapilheira e implementação de obras de caráter hidroambiental.

Como exemplo destas medidas, no escopo dessa cartilha esse problema é abordado por meio da implementação de barragens sucessivas de contenção de sedimentos, técnica atualmente bastante difundida e aplicada, sobretudo, no semiárido em projetos de revitalização de bacias hidrográficas.



Foto 1 – Área degradada em Nascente do Rio Poti (Quiterianópolis – CE)
Fonte: EMATERCE.

2. PRÁTICA HIDROAMBIENTAL COM BARRAGEM SUCESSIVA DE CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS

2.1. Conceituação

A barragem sucessiva de contenção de sedimentos é uma estrutura construída com pedras soltas, cuidadosamente arrumadas e em formato de arco romano deitado, realizada na rede de drenagem da microbacia hidrográfica, em pequenos tributários ou riachos afluentes de um rio de maior ordem hierárquica, cujo objetivo é a retenção dos sedimentos gerados pelo processo erosivo à montante das áreas cultivadas, em consequência do mau uso do solo.

Tal experiência se baseia na vivência com esse tipo de estrutura no Projeto Base Zero – TBZ's (Tecnologias de Base Zero) na Fazenda Coroá em Afogados da Ingazeira – PE. (PADILHA, 1997).

Para facilitar a execução dessas simples e pequenas obras, recomenda-se a observância de alguns parâmetros técnicos que, embora não exijam exatidão milimétrica, ajudarão a encontrar a melhor maneira de construir essas barragens.

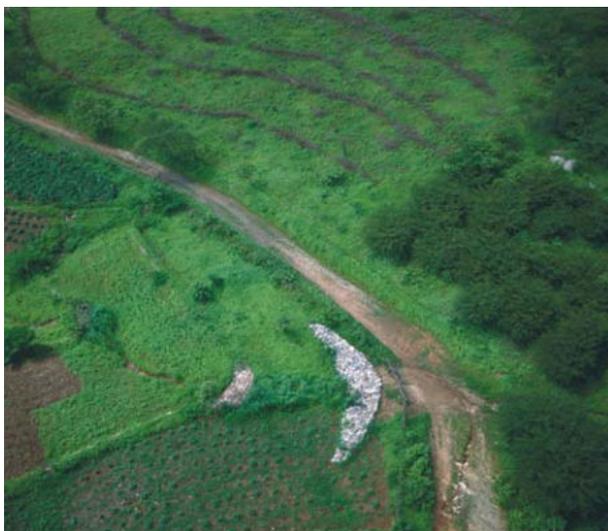


Foto 2 – Visão Aérea de Barragens Sucessivas de Contenção de Sedimentos- Canindé – CE

Fonte: PRODHAM.

2.2. Finalidade

No que concerne ao aspecto hidroambiental, a grande importância da barragem sucessiva de contenção de sedimentos está na redução dos danos, oriundos das formas inadequadas de seleção e uso do solo nas microbacias.

A implementação das barragens de contenção de sedimentos visa, entre outras finalidades:

- promover o assoreamento ou sedimentação gradativa dos leitos erodidos e rochosos dos pequenos cursos, dentro da microbacia hidrográfica;
- redução do assoreamento dos reservatórios e rios;
- promover a dessalinização ou a fertilização gradual do solo e a oferta de água em quantidade e qualidade nos tributários ou riachos da microbacia hidrográfica;
- promover o ressurgimento da biodiversidade da caatinga;
- disponibilizar água para múltiplos usos;
- favorecer a disponibilidade diversificada de alimentos no fundo do vale, reduzindo a pressão da vida animal sobre a vegetação, nas vertentes da microbacia hidrográfica.

2.3. Seleção dos Locais das Barragens ao Longo da Calha dos Riachos

Dentre as etapas de construção da barragem de pedra, a mais importante e vital, para que a obra atinja seus objetivos, é a correta condução do trinômio: localização, amarração e marcação, antes do início da construção da obra.

Portanto, eleito o tributário ou tributários, objetos da intervenção na microbacia hidrográfica, o procedimento inicial do executor é saber escolher o local adequado para implementação da obra, observando os aspectos relacionados à localização, amarração das estruturas e a marcação, exigências fundamentais na construção das barragens ao longo do curso d'água eleito.

Os pontos selecionados devem oferecer condições de amarração das estruturas à margem e ombreiras, do curso d'água. É também importante que o material (pedras) necessário para construção esteja próximo à obra, para atender as necessidades da construção e tornar os custos da obra mais baixos

A construção deve ser iniciada sempre de jusante para montante do fluxo d'água, conforme esquema abaixo:



Figura 2 – Sequenciamento de Barragens

Fonte: Oliveira (1999).

2.4. Amarração da Estrutura

A amarração da estrutura deve ser feita sobre as quatro maiores pedras, situadas à margem do riacho, as quais servirão de ponto de ancoragem da obra. Na impossibilidade ou não existência dessas pedras, que naturalmente afloram sobre as margens, a sustentação ou ancoragem da estrutura deve ser feita artificialmente, com a implantação ou arrumação de blocos de pedras maiores às margens.

Os pontos, que dão sustentação à obra, estão representados na figura a seguir pelos pontos: "a", "b", "c" e "d", com destaque para "a" e "b".

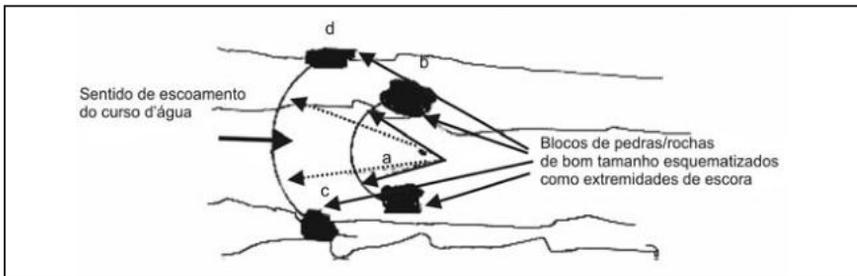


Figura 3 – Estrutura de Amarração das Pedras

Fonte: Padilha (1997).

2.5. Formato da Estrutura

a) Vista em planta baixa

A estrutura do barramento, mostrada em planta baixa, tem a forma de arco romano deitado, quando visto de cima. A marcação da obra deve configurar um ângulo de aproximadamente 120° no plano horizontal, tendo mais ou menos o tamanho da terça parte de uma circunferência, e, no sentido transversal, a de um trapézio, conforme representado abaixo:

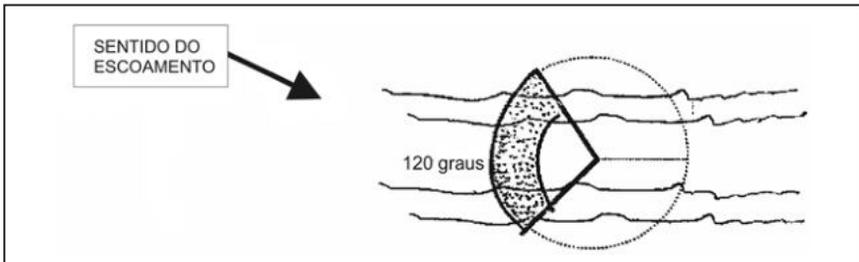


Figura 4 – Planta Baixa de uma Barragem

Fonte: Padilha (1997).

b) Vista da obra em seção transversal

A Figura 5 mostra a seção transversal da parte do corpo principal do barramento, situada no interior da calha do riacho a ser barrado. A seção transversal do corpo da obra é de configuração trapezoidal e tem proporção dimensional padronizadas. (h , b , b_1 e b_2).

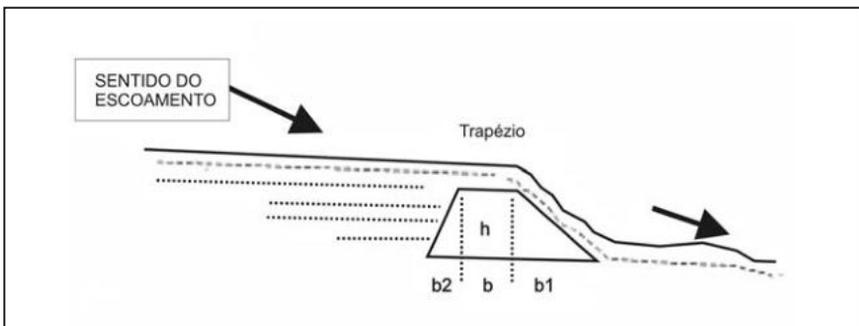


Figura 5 – Vista Transversal de uma Barragem

Fonte: Padilha (1997).

c) Vista da obra em seção longitudinal

A Figura 6 mostra a seção longitudinal da parte do corpo principal do barramento, situada no interior da calha do riacho até suas ombreiras. A seção longitudinal, dessa parte do corpo da obra, tem um formato aproximado de uma sela com centro horizontal e tem proporção dimensional padronizadas (h e hr).

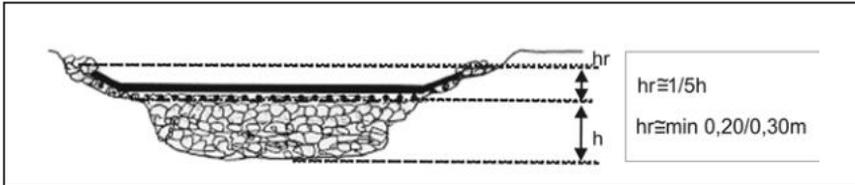


Figura 6 – Vista Longitudinal de uma Barragem

Fonte: Oliveira (1999).

2.6. Dimensões Básicas das Barragens de Pedra

a) Dimensões básicas da seção transversal do corpo da barragem

Os trapézios resultantes de seções transversais do corpo principal das obras, cujos lados são os taludes dos barramentos, devem obedecer as seguintes proporções:

- **Talude de Jusante (Tj)** – ($b_1 = 1,5$ para $h = 1$) relação aproximada 1,5/1 entre a base e a altura do triângulo da seção transversal do talude, tangenciando na vertical por jusante, o arco da crista do barramento. (Figura 7).

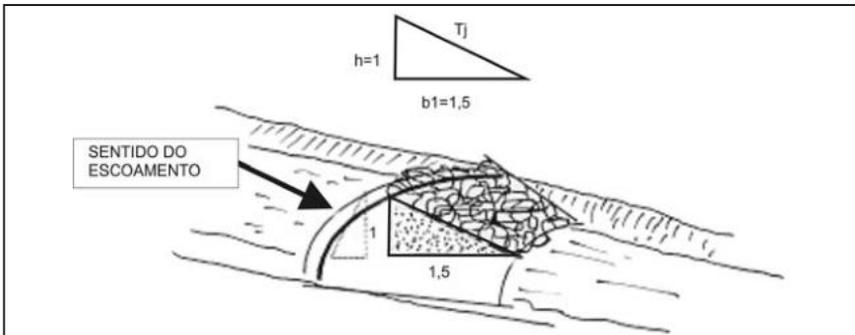


Figura 7 – Estrutura e Dimensões do Talude a Jusante de uma Barragem

Fonte: Padilha (1997).

- **Talude de Montante (TM)** - ($b_2 = 0,5$ para $h = 1$) relação aproximada de 0,5/1 entre a base e a altura do triângulo transversal do talude, tangenciando na vertical por montante, o arco da crista do barramento. (Figura 8).

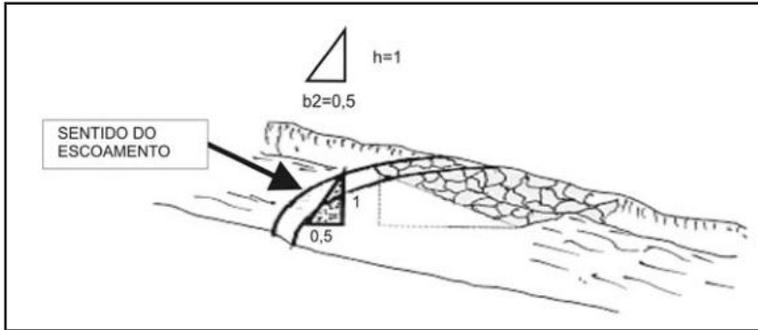


Figura 8 – Estrutura e Dimensões do Talude à Montante de uma Barragem

Fonte: Padilha (1997).

b) Extensão da obra

A extensão do barramento (letra e da Figura 9) deve assegurar que os escoamentos, provocados pelas chuvas, ocorram, principalmente, sobre a crista das barragens. A extensão é tomada pelo comprimento médio do arco projetado (e), munido num mesmo corpo geometricamente contínuo, a crista e as ombreiras. Assim, tal extensão equivale à soma dos comprimentos da crista nivelada e dos planos inclinados das ombreiras correspondentes.

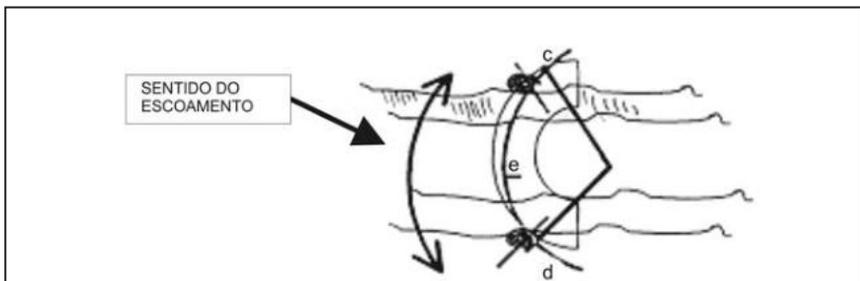


Figura 9 – Desenho Esquemático da Extensão do Arco do Barramento de uma Barragem

Fonte: Padilha (1997).

De modo explicativo, para estabelecer o comprimento (e) do arco do barramento (Figura 8) é necessário que as ombreiras se estendam até as respectivas extremidades de escoramento, ou seja, até aos blocos de pedras (c) e (d) visualizados na Figura 3. Tais escoras serão materializadas por duas, das quatro pedras/rochas localizadas, conforme foi exposto, e com a finalidade definida pelo nome das escoras. Elas serão o suporte estrutural do barramento, podendo ser integrante natural da calha do riacho ou ali colocadas para esta função.

c) Altura da crista e da ombreira da barragem de pedra

É sempre necessário o máximo de cuidado para que o enrocamento das ombreiras fique em níveis mais elevados do que a crista da obra, evitando-se, assim, a erosão nas margens do curso d'água e o risco de integridade do barramento no futuro. Desta forma, obedecendo-se a esta recomendação, a Figura 10 indica uma cota máxima da crista de cada barramento, de 20 a 30 cm por cerca de $1/5$ da altura (h), sendo menor que a cota da ombreira mais baixa.

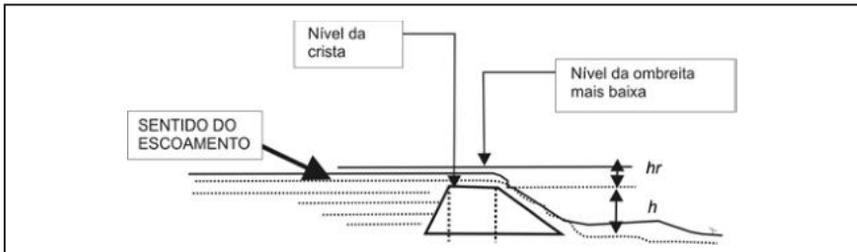


Figura 10 – Esquema Demonstrativo da Altura e das Ombreiras de uma Barragem
Fonte: Padilha (1997).

d) Largura do coroamento das barragens de pedra

Para determinar a largura do coroamento, toma-se como referência a base menor (b) de um trapézio, conforme Figura 11. Recomenda-se que a extensão (e) máxima, de ombreira a ombreira, seja em torno de 30 m e altura máxima, da crista até a base do barramento (h), até 2,5 m. A largura do coroamento deve variar entre 0,3 a 0,8 m. o coroamento (b) é aproximadamente três vezes menor que a altura (h), ou seja, $b \approx 1/3 h$.

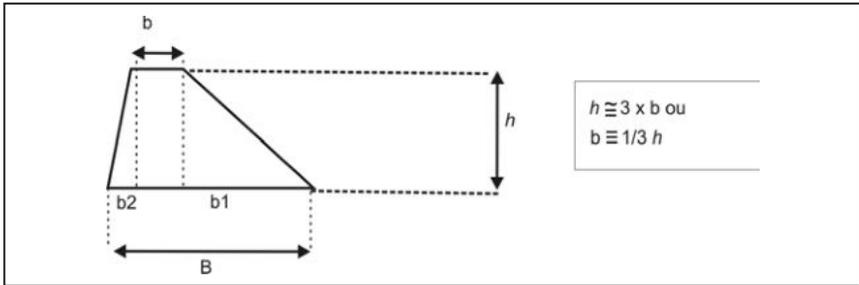


Figura 11 – Esquema Demonstrativo da Largura do Coroamento de uma Barragem

Fonte: Padilha (1997).

e) Largura da base (saia) da barragens de pedra

Para efetuar a determinação aproximada da base maior (B) do trapézio, saia da barragem, (Figura 9) formando a seção transversal do corpo principal do barramento, sugere-se a seguinte fórmula:

$$B = 2 \times h \times b, B = 2 h$$

onde : $b_1 = 1,5 h$

$b_2 = 0,5 h$ ou $(1,5 + 0,5) h$

2.7. Marcação das Barragens de Pedras

A marcação horizontal ou definição dos 4 (quatro) arcos, definidores da barragem de pedra, e mostrada em planta baixa (Figuras 12 e 13).

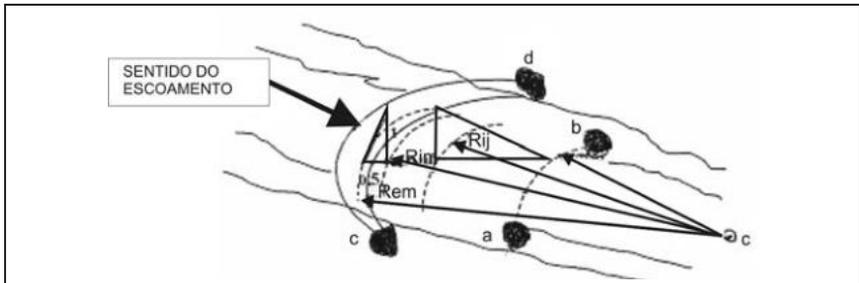


Figura 12 – Esquema Demonstrativo das Marcações de uma Barragem

Fonte: Padilha (1997).

Para a marcação dos quatro arcos concêntricos, que basearão horizontalmente a construção da barragem, é escolhido um centro (c) no eixo do

riacho a ser barrado. Desta forma, com base nos raios Rej, Rij, Rim e Rem, marcam-se os arcos com amplitude 120° conforme Figura (12).

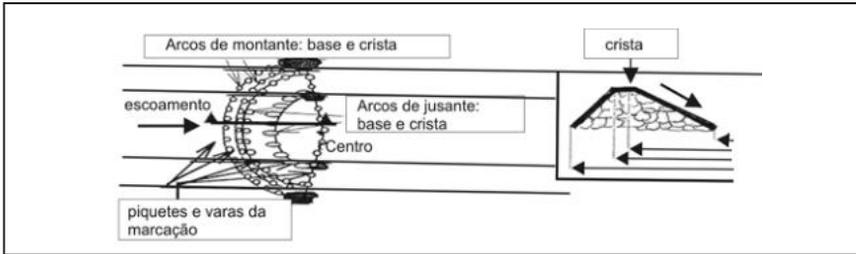


Figura 13 – Marcação de uma Barragem Visto por Outro Ângulo

Fonte: Padilha (1997).

Em seguida, será explicitada a posição dos arcos e como marcá-la, com base nos raios correspondentemente.

a) Raio do arco de extremidade de jusante (Rej)

O raio do arco de extremidade de jusante (Rej) deve ser marcado com centro em um ponto do eixo do riacho, de forma a gerar um arco que, indo de uma lateral a outra, do fundo do curso d'água, até as maiores pedras de ancoragem da futura obra (bloco a e b da Figura 14), são situadas natural ou artificialmente nas extremidades. Nas condições de campo a marcação é feita com o concurso de duas varas de madeira, sendo que uma deve funcionar como o centro de outra móvel, com o ponteiro riscador, unidas por um cordoalho ou fio de *nylon*, os quais, uma vez esticados, formarão o raio em questão.

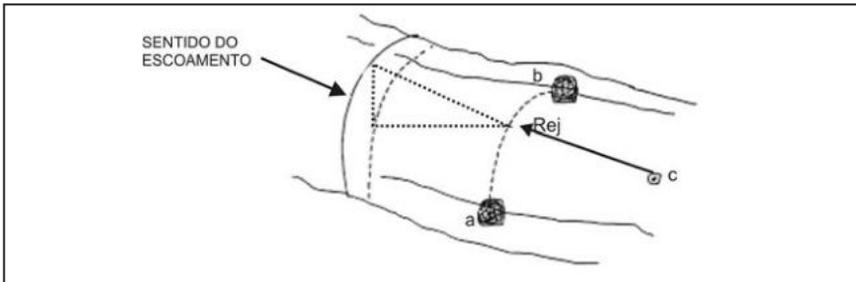


Figura 14 – Raio do Arco da Extremidade de Jusante

Fonte: Padilha (1997).

b) Raio do arco intermediário de jusante (R_{ij})

O arco intermediário de jusante é o que unirá, pela face de jusante, às outras duas maiores pedras (c) e (d) formando a obra. Seu raio é igual ao raio de extremidade de jusante R_{ej} mais 1,5 vezes a altura (h) da crista do barramento, ou seja (b_1).

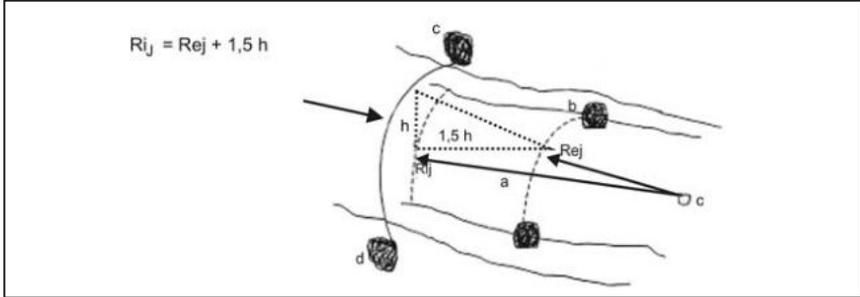


Figura 15 – Raio do Arco Intermediário de Jusante

Fonte: Padilha (1997).

c) Raio do arco intermediário de montante (R_{im})

O arco intermediário de montante é o que unirá, pela fase de montante, as outras duas maiores pedras da obra (c) e (d), e que serão desta forma ligadas pelos dois arcos intermediários, o de montante e o de jusante. Seu raio é igual ao raio intermediário de jusante R_{ij} mais a largura (b) da base menor do trapézio, que forma a seção da barragem. É importante lembrar que o valor é de $1/3 h$.

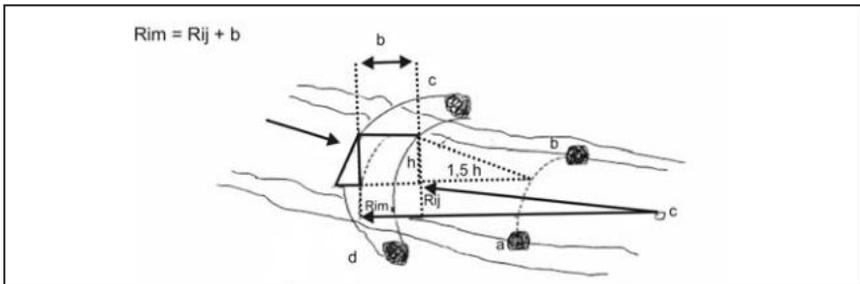


Figura 16 – Raio do Arco Intermediário Montante

Fonte: Padilha (1997).

d) Raio do arco de extremidade de montante (Rem)

O raio do arco de extremidade de montante é igual ao raio de extremidade de jusante Rej mais a largura (b) da base maior do trapézio que forma a seção do barramento. O arco correspondente gerado define o contorno da base da barragem por montante. (Figura 17).

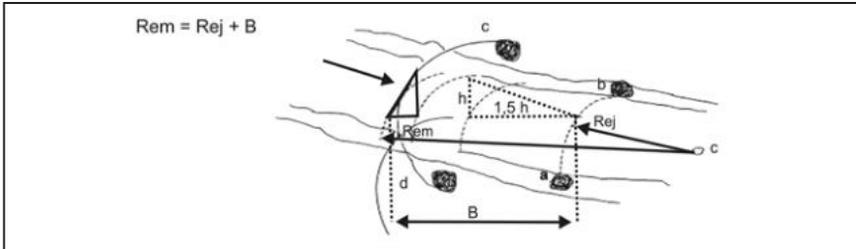


Figura 17 – Raio do Arco Extremidade Montante

Fonte: Padilha (1997).

e) Marcação vertical da crista e ombreiras da barragem de pedra

A determinação da altura da barragem de pedra deverá ser determinado com auxílio de nível de mangueira ou outros instrumentos topográficos, para definição das dimensões verticais. É importante lembrar que a altura da ombreira mais baixa definirá a altura da obra.

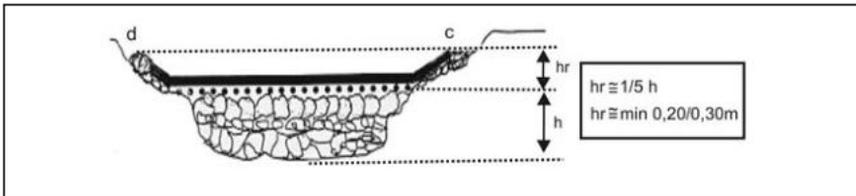


Figura 18 – Marcação da Crista e Ombreira de uma Barragem

Fonte: Oliveira (1999).

2.8. Tempo de Sedimentação

O tempo para ocorrência do processo de sedimentação dependerá das condições de precipitação ocorridas no local da obra, sobretudo, no que concerne ao volume e à frequência das chuvas. O ressurgimento da vege-

tação herbácea e arbórea dependerá da condição edafoclimática local, além da ação antrópica sobre a região.



Foto 3 – Barragem com Sedimentos Acumulados Vertendo Água por Cima – Bacia do Rio Pesqueiro – Aratuba-CE

Fonte: João Bosco de Oliveira.

Segundo Costa (2010, p.56),

o volume de sedimentos retidos pelos microbarramentos é expressivo. Tomando como referência o microbarramento BA03, no riacho Bananeiras da microbacia do rio Cangati, em Canindé-CE, foi acumulado um volume de 3,249 m³, no período de janeiro a junho de 2002 em uma área de aproximadamente 24 m² em 2007 e 2008, obtendo valores médios para oito microbarramentos de 8,37 m³. A FUNCEME, por sua vez, repetiu este experimento em 2007 e 2008, obtendo valores médios para oito microbarramentos de 8,37 m³ para uma área média de 45,6 m². A proximidade dos números e a consistência dos resultados fortalecem a importância e a necessidade de replicação dessa prática hidroambiental em toda região semiárida.

consistência dos resultados fortalecem a importância e a necessidade de replicação dessa prática hidroambiental em toda região semiárida.



Foto 4 – Barragem com Sedimentos Acumulados em mais de 1,10 m em 8 Anos – Rio Cangati em Canindé

Fonte: João Bosco de Oliveira.



Foto 5 – Efeito da Retenção de Sedimentos com Ressurgimento da Vegetação, Após as Chuvas

Fonte: João Bosco de Oliveira.



Foto 6 – Cultivos Agrícolas em Áreas de Domínio das Barragens Sucessivas

Fonte: PRODHAM.



Foto 7 – Sucessão de Barragens de Contenção na Microbacia dos Riachos Salgado/Oiticica, Aratuba-Ce

Fonte: PRODHAM.

3. FORMAÇÃO DA EQUIPE DE CAMPO E RECOMENDAÇÕES DE CONSTRUÇÃO DA OBRA

3.1. Mobilização da Equipe Trabalhadora

Na etapa de construção das barragens, após a sua locação, faz-se necessário o planejamento para a utilização da mão-de-obra, observando os seguintes pontos:

- antes de iniciada a obra, formar e organizar a equipe de construção;
- em todas as obras, dividir as equipes entre arrumadores dos blocos de pedras e as transportadoras;
- é necessário conhecer, antecipadamente, todos os meios que irão permitir a construção;
- estima-se a necessários de 12 a 24 pessoas para cada obra;
- o início da obra só deve ocorrer quando forem definidas as jazidas de pedra, supridoras da construção;
- é importante verificar, antes do início da construção, se as estradas vicinais paralelas e adjacentes ao curso d'água já estão disponíveis;
- explicar as diversas etapas do trabalho construtivo a todos os componentes da Equipe;
- Explicar os cuidados a serem tomados visando a integridade física dos trabalhadores, tais como o manejo dos materiais de construção e sua arrumação, o uso de ferramenta e utensílios, etc.

3.2. Ferramentas Necessárias à Construção

No início da obra, informar a cada equipe os instrumentos, materiais de marcação, ferramentas e utensílios que serão utilizados durante toda a execução dos trabalhos, conforme relação a seguir:

- Usar foices para corte de varas e estacas utilizadas na confecção de “padiolas” ou “banguês” ou, isoladamente, na marcação da obra;
- Utilizar alavancas de ferro com diâmetro de 3 cm com 1,80 m de comprimento, na relação de 1 (uma) alavanca para cada 5 operários;

- Usar um ou dois marrões de 5 kg para as situações em que as pedras necessitarão ser fracionadas, para facilitar o transporte e manuseio;
- Utilizar algumas chibancas, pás, picaretas e enxadas;
- Usar alguns componentes auxiliares, tais como: mangueira de nível de cor transparente, com 20 m e diâmetro de 8 mm, um carretel de fio de nylon do tipo usado pelos pedreiros, com 50 m de comprimento, trena métrica de 2 m e um martelo para utilidade diversas;
- Utilização de luvas de couro por todos os operários da obra. Dadas as circunstâncias de trabalho, elas são indispensáveis;
- Quando as condições permitirem, utilizar carroças ou carretas, como equipamento auxiliar, na operação de transporte de materiais.

4. A EXPERIÊNCIA DO PRODHAM COM AS BARRAGENS DE CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS

Nas microbacias hidrográficas do rio Cangati (Canindé), rio Pesqueiro (Aratuba), riachos Salgado/Oiticica (Pacoti/Palmácia) e rio Batoque (Paramoti) foram construídas 3.332 barragens sucessivas de contenção de sedimentos, durante o período de 2000 a 2008.

O PRODHAM capacitou 400 agricultores em construção de obras hidroambientais e práticas edáficas, habilitando-os a trabalharem em qualquer região semiárida do nordeste do Brasil. Como não poderia deixar de ocorrer, as populações diretamente beneficiadas com o Programa aumentaram a consciência preservacionista e já adotam e se aproveitam, de forma espontânea, das técnicas hidroambientais e dos novos métodos de produção agropecuária, induzidas pelo PRODHAM.

4.1. Efeito Socioeconômico e Ambiental

Na microbacia do Cangati, observa-se que ocorreu o aparecimento de olhos d'água e, em microbacia mais úmida (Microbacia do Rio Pesqueiro em Aratuba), reapareceram pequenos veios d'água que existiam no passado distante. Em decorrência da reparação proporcionada pelas barragens sucessivas de contenção de sedimentos, voltaram a verter água.

Em prazo relativamente curto e a custo baixo, as barragens de contenção geraram possibilidades de aproveitamento econômico de áreas que estavam sem uso, em função dos processos erosivos, ocorridos ao longo dos anos.

A sedimentação, dependendo da área onde está inserida a microbacia, gera terraços mais ou menos úmidos, que proporcionam o aproveitamento agroeconômico, inclusive com aumento do período de aproveitamento hidroagrícola. Trata-se, portanto, da melhoria das condições de vida do homem do campo que habita as regiões semiáridas.

Nos barramentos do rio Cangati, em Canindé, foram identificados diversos aproveitamentos agroeconômicos. Além do aproveitamento com culturas anuais, como milho e feijão, ainda foram plantadas culturas como mamão, melancia, mandioca, batata, e até arroz.

As limitações, para o melhor aproveitamento das barragens sucessivas de pedra na microbacia do rio Cangati, deveu-se a estrutura fundiária, pois grande parte das propriedades são muito pequenas, não possibilitando a construção de um número adequado de barragens para a otimização desta tecnologia hidroambiental.

O outro grupo de proprietários, detentores das maiores áreas, não se mostraram interessados em implantar em seus estabelecimentos as barragens de pedra. As justificativas mais prováveis para tal atitude são: não moram em Canindé, não exploram a propriedade e falta de interesse em inovar.

A ação do PRODHAM, com as barragens sucessivas, possibilitou a recuperação de parte dessa área, especificamente nas grotas anteriormente secas, que atualmente se recuperaram e se tornaram úmidas. Ocorreram, também, mudanças na estrutura do solo, com aumento gradativo da produtividade agrícola, diminuição do escoamento superficial e da perda de solo com redução da erosão, ressurgimento de fontes de água e de diversas espécies da flora e da fauna.

4.2. Principais Dificuldades Encontradas

As principais dificuldades encontradas na implantação dessas tecnologias, nas áreas de atuação do PRODHAM, foram as seguintes:

- a) Necessidade de capacitação de pessoal das comunidades locais para sua construção. Esse não é necessariamente um problema, mas um passo para se atingir a meta. Esse conhecimento pode ser adquirido em treinamentos curtos, mas exigirá um vínculo firme de compromisso social prolongado;
- b) As barragens sucessivas de pedra só foram implantadas, em larga escala, após estudos técnicos locais;
- c) Necessidade de se estar sempre fazendo intervenções construtivas complementares, após as enxurradas, até a plena consolidação do enrocamento;
- d) Incapacidade de se absorver rapidamente os benefícios da ação estrutural das barragens sucessivas;

- e) Estrutura fundiária caracterizada por propriedades muito pequenas, menos de 10 ha, que inviabiliza a adoção de obras hidroambientais de forma plena;
- f) Absenteísmo dos proprietários das terras de maior tamanho, gerando falta de interesse em construir essas barragens.

4.3. Sugestões para Replicação das Barragens Sucessivas em Outras Microbacias do Semiárido Cearense

Tendo em vista um quadro natural do semiárido altamente alterado, em virtude das atividades antrópicas inadequadas, proporcionando os efeitos negativos das enxurradas, com graves conseqüências na estrutura dos solos e diminuição das camadas superficiais agricultáveis, a opção de implantação de barragens sucessivas no semiárido é uma forma de recuperar uma parte desses solos perdidos e fomentar a multiplicação de diversas formas de vida.

Essa opção tecnológica deve ser associada à construção de cordões de pedra ou terraceamento nas áreas agricultáveis, como forma de reter parte dos sedimentos no próprio solo e, assim, evitar danos maiores. As barragens sucessivas, com os cordões de pedra e terraços, são altamente necessários, visto que sempre ocorrerá carreamento de sedimentos, embora em menor quantidade, em solos usados para a agricultura.

Os solos do semiárido são geralmente suaves e ondulados, facilitando enormemente o desprendimento de sedimentos pelas enxurradas, que se não forem impedidos vão se depositar nos açudes ou na calha dos rios e riachos, assoreando-os e criando problemas como as cheias, quando uma chuva intensa ocorrer.

REFERÊNCIAS

BOLETIM TÉCNICO. Conservação de solo em microbacias. São Paulo: Companhia Agrícola Imobiliária e Colonizadora, v. 1, n. 1, mar. 1987. 41 p.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Implantação Experimental do sistema de monitoramento socioeconômico nas áreas de atuação do Projeto PRODHAM**: relatório final. Fortaleza, 2001. 97p.

COSTA DUARTE, W. **Manual de barragens subterrâneas**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1998. 50 p.

COSTA, S. L. C. **Efeitos dos microbarramentos na agricultura de subsistência do semiárido**: o caso do riacho Bananeiras em Canindé-CE. Fortaleza: SRH-CE, 2010.

DUQUE, G. J. **Solo e água no polígono das secas**. 4. ed. Fortaleza: UFC, 1973. 221 p.

OLIVEIRA, J. B. **Informações sobre conservação do solo**. Fortaleza: Ematerce, 1977. 70 p.

_____. **Plano de ação para implementação do PRODHAM / PROGERIRH**. Fortaleza: SRH-CE, 1999. 182 p.

_____. **Manual técnico operativo do PRODHAM**. Fortaleza: SRH, 1999. 55 p.

PADILHA, A. J. **Tecnologia Base Zero**: TBZs. Recife: Sistemas Técnicos Racionais, 1997. Tomo III. 51 p.

PIMENTEL, G. A lavoura seca. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, p. 340, jul./set. 1951.



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos