

The image features a light beige background with faint horizontal lines, suggesting lined paper. A large, thin-lined circle is centered on the page. To its left, another circle of a similar size overlaps it, extending from the left edge. A small, solid black square is positioned on the left edge, between the two overlapping circles. The text 'Barragens de terra' is written in a clean, black, sans-serif font, centered within the large circle. The word 'Barragens' is on the top line and 'de terra' is on the bottom line.

Barragens de terra

4.1 – INTRODUÇÃO

Barragem de terra é um dique que se constrói perpendicularmente a um veio de água ou córrego, com o propósito de represar as águas, formando um tanque ou lago.

4.2 – FINALIDADES

Será feita com os seguintes propósitos:

- Simples embelezamento do local;
- Piscicultura;
- Depósito de água para irrigação de culturas;
- Manancial para obtenção de energia elétrica ou mecânica;
- Para posterior elevação de água por bombas e
- Elevação do lençol freático para melhorar irrigação de solos cultiváveis.

4.3 – VÁRIOS TIPOS DE BARRAGENS

Temos barragens de muitos tipos, sendo os principais: a de terra como levantamento do nível de um curso-d'água; a de terra formando áreas planas como açudes para irrigação; a de concreto armado, de grande porte para obtenção de energia elétrica por usinas e os diques para retenção da água do mar ou de rios para evitar a inundação de áreas nobres (caso típico da Holanda).

4.4 – A BARRAGEM DE TERRA

4.4.1 – O local

Geralmente, o local escolhido é um vale por onde corre a água de um córrego ou riacho que fornecerá o manancial para a barragem. Pode ser também o vale alimentado por mais de uma aguada, isto é, dois ou mais córregos ou riachos que se unem formando um manancial maior (caso de barragens de volume mais alto e maior capacidade).

Devemos considerar duas coisas importantes: a bacia hidrográfica e a bacia hidráulica.

A bacia hidrográfica é a aguada natural e as águas pluviais que alimentarão a represa.

A bacia hidráulica é a área que conterà a água represada.

4.4.2 – Levantamentos

Há a necessidade de se fazerem os levantamentos de ambas as bacias, hidrográfica e hidráulica, o que pode ser feito num só trabalho, com levantamento planialtimétrico.

4.4.3 – O manancial

O manancial, volume de água que formará a represa, é dado pelas águas correntes e pelas águas pluviais que caem na bacia hidrográfica. Veremos adiante seu cálculo.

4.4.4 – Estudo do terreno

O levantamento do terreno todo deve ser acompanhado de uma prospecção dos tipos de terreno de subsolo, sua permeabilidade e tudo o mais que influirá na construção da barragem para se evitarem possíveis imprevistos.

4.5 – O PROJETO

Para se construir uma barragem, é imprescindível elaborar um projeto, por menor que seja a obra, sem o que poderá resultar o trabalho num fracasso total.

4.5.1 – Dados

Esse projeto necessita de uma série de dados que se obtêm no local e que, na nossa primeira parte, já vimos como obter.

Esses dados são:

1. Do terreno:

- a) Levantamento planialtimétrico da área da bacia hidrográfica e
- b) Estudo do terreno (local e solos para empréstimo).

2. Da barragem:

- a) altura do aterro e
- b) tipo de materiais a serem utilizados.

Obtidos os dados acima, pode-se iniciar a elaboração do projeto da barragem, sendo certo que poderá haver alterações a fazer conforme os resultados prévios conseguidos, isto é, por inconveniências do projeto, necessidades de mudança do local do aterro etc.

Um bom projeto, completo e seguro, deve dar:

- a) A área da bacia hidráulica e, possivelmente, o volume da água armazenada;
- b) As dimensões exatas do alicerce (cut-off);
- c) As dimensões e localização do extravasor (ladrão);
- d) As dimensões do aterro;
- e) O volume de terra, e de cada tipo, do aterro;
- f) Os diâmetros e localização da tubulação de descarga (escoamento e esvaziamento da represa);
- g) As dimensões e situação dos drenos;
- h) Os detalhes da crista do aterro;
- i) Os perfis dos taludes de montante e jusante;
- j) As dimensões da borda livre e
- k) Os detalhes dos quebra-ondas.

Os desenhos devem ser todos em escala e cotas necessárias à perfeita compreensão para uma boa execução do projeto, isto é, da construção da barragem.

4.5.2 – Levantamento da área

Pesquisada e estudada a viabilidade de construção de uma barragem, o primeiro

passo a ser dado é o levantamento planialtimétrico da área da bacia hidrográfica, isto é, de toda a área que vai fornecer água para represamento.

Esse levantamento dará o volume do manancial de água de que se disporá.

Será feito um levantamento planimétrico normal e um altimétrico com curvas de nível de metro em metro até um pouco acima do nível do aterro (uns 2 ou 3 metros acima).

Esse levantamento altimétrico, com certo cuidado, poderá ser feito com a luneta autoniveladora, de que já falamos anteriormente.

Não basta o levantamento da área. É preciso conhecer-se a vazão dos mananciais (rios ou córregos) que alimentarão a barragem.

Nesse particular é bom que se diga da necessidade da água ser corrente, sempre, para haver uma perfeita ação oxigenante e a vida ser possível. Água estagnada é prejudicial a qualquer ambiente.

Então, é preciso determinar a vazão do rio ou córrego, isto é, o volume de água em litros por segundo.

Seja: 100 litros em 25 segundos.

$$V = \frac{100}{25} = 4 \text{ litros por segundo ou } 4 \text{ l/s}$$

Para se determinar a vazão de um rio pouco maior, deve-se calcular a secção do mesmo num ponto (ponto que pode ser numa extensão de uns 5 metros), fazendo-se as medidas de profundidade a cada metro da largura para se obter o perfil do leito. Em seguida, calcula-se a área desse perfil (Ver cap. 1 – levantamento de linhas sinuosas ou irregulares, um córrego etc.).

Obtida a área, devemos agora conhecer o deslocamento da água nessa secção, isto é, quantos metros ou centímetros por segundo a água corre no leito. Para isto, mede-se o percurso de um corpo flutuante, por exemplo, em 2 ou 5 metros em vários pontos do rio, isto é, no centro e próximo de ambas as margens, para se obter uma média (somam-se os tempos e divide-se pelo número de medidas).

Tira-se a média para se ter, afinal, o percurso em 1 segundo.

Digamos que a secção do rio é de 2 metros quadrados e o percurso feito pela água é de 75 cm por segundo.

Então:

$$V = 2 \times 0,75 = 1,5 \text{ metros por segundo ou}$$

$$\text{Vazão} = 1.500 \text{ litros/segundo}$$

Mas, vamos ver também a água de precipitação pluviométrica, (água das chuvas) que cai na bacia toda, desde os divisores de águas, espigões. Esta área pode ser conhecida em hectares ou alqueires, conhecendo-se a região. Deve ser somada à do manancial natural para se obter o dimensionamento do extravasor natural. Assim se evitará o ter de proceder a uma abertura de emergência na descarga (registro de esvaziamento da barragem, no caso de chuvas fortes na região).

4.5.3 – Estudo do solo

Para construir uma barragem, precisaremos de vários tipos de solos para o aterro, de preferência de boa compactação e argilosos. Então, é importante averiguar de onde iremos retirar este material (áreas de empréstimo, para usar uma expressão de terraplenagem).

Um estudo bem feito neste particular dirá, também, da viabilidade da barragem. Onde só se pode contar com terreno muito arenoso, será difícil ou muito dispendioso fazer uma barragem. Precisaremos de muita argila para a impermeabilização do aterro.

4.5.4 — Altura do aterro

Predeterminado o local do aterro — já conhecida a cota do terreno, — precisamos agora dimensionar o aterro e seu volume total. Devemos determinar a altura, em primeiro lugar e, em seguida, os taludes de montante e de jusante.

No centro, haverá o alicerce (cut-off) que deve ser encravado no terreno do fundo, apoiado em solo bem firme para sua perfeita estabilidade, e atingir os barrancos laterais.

Sobre este alicerce será levantado o núcleo da barragem com terra boa e bem compactada. Conhecidas todas as dimensões, teremos possibilidade de calcular o volume de terra necessária e saber onde obtê-la de maneira econômica.

As inclinações dos taludes serão, a grosso modo, assim:

1. O de montante, do lado da água, na razão de 3:1 ou 4:1, isto é, a cada metro de altura, afastar 3 ou 4 metros;
2. O de jusante, do lado de baixo, na razão de 2:1 ou 3:1, isto é, a cada metro de altura, afastar 2 ou 3 metros.

É evidente que, quanto menos inclinados os taludes, mais segurança terá o aterro, porém, mais dispendioso por ser necessária mais terra para executá-los.

A altura do aterro deve ser da base (do curso-d'água) até a crista, sendo que esta deve ficar aproximadamente 1 metro acima do espelho de água (lençol de

água) ou linha-d'água normal da barragem. É a borda livre. Para barragens maiores, esta altura (borda livre) deve ser maior para maior segurança do aterro.

4.5.5 – Crista do aterro

Chama-se crista da barragem o ponto mais alto que, nas pequenas barragens, pode dar passagem a pessoas e pequenos veículos, e nas grandes barragens, até a duas vias carroçáveis (6 ou mais metros de largura).

Terá largura que varia de 3 a 6 ou 7 metros. Isto, naturalmente, influirá no custo da barragem, uma vez que se acrescenta aos taludes aumentando o volume do aterro.

Seu perfil deve ser de forma a não empoçar a água das chuvas e sim, de preferência, dirigi-las ou ao extravasor ou à represa.

A largura da base é dada pelos taludes mais a largura da crista.

4.5.6 – Cálculo do extravasor

Já sabemos a área da bacia hidrográfica.

Uma fórmula simples, dada pelos compêndios, é:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$$

onde: Q = vazão em metros por segundo

C = coeficiente da água que escorre, (relação entre a água de chuva que cai e a que escorre, isto é, sobra entre o índice pluviométrico e a água infiltrada) que se costuma usar como 0,8 ou 80%.

I = índice pluviométrico máximo em 30 anos que poderemos usar como 100 milímetros.

A = área da bacia hidrográfica.

Exemplo: Para uma bacia hidrográfica de 50 hectares:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360} = \frac{0,8 \times 100 \times 50}{360} = \frac{4.000}{360} = 11,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

Então, o extravasor deverá dar vazão a esta água (11,1 metros cúbicos por segundo) para não prejudicar a barragem, e dar-lhe segurança.

Isto quer dizer que, além da água que naturalmente correrá pelo extravasor, ele deverá ter uma secção que permita a passagem de mais 11,1 m³/s.

Se a água, naturalmente, corre a 2 metros por segundo (conforme o desnível do canal), então sua secção deve ser de pouco mais de 6 m², isto é, 12 metros por segundo, uma vez que a correnteza é de 2 metros por segundo. A folga de 0,9 m³ será para a água normal do manancial. Se esta for muito maior, superdimensionar o extravasor.

4.6.7 – Dimensionamento da descarga

Este dimensionamento dependerá do volume da bacia hidráulica (água armazenada na represa) e do tempo em que se deseja esvaziá-la. Constará de tubulação (geralmente de 6 a 10" com registro especial).

Deve ser colocada em terreno firme, fora do aterro.

4.6.8 – Drenos

Os drenos ficarão na base do aterro, a jusante, de modo a captar a água que se infiltra logo na base do aterro (ver desenho esquemático).

4.5.9 – Linha de saturação

Em todas as barragens de terra há uma linha de saturação, isto é, nível em que a água de infiltração na barragem forma uma umidade acentuada. No final desta linha devem-se colocar os drenos para captar as águas de morejamento.

Esta linha de saturação depende do perfil do aterro e do tipo de material usado no núcleo.

4.5.10 – Núcleo

Este deve constituir uma “parede” impermeável no centro do aterro e sobre o alicerce (cut-off). Deve ser feito de terra (só terra) livre de pedras, tocos ou raízes e muito bem compactada, a cada 15 cm de altura, de preferência, com pé de carneiro, devendo ser umedecida sempre para uma perfeita homogeneidade.

O volume, dimensões etc. do núcleo dependem das dimensões da barragem. Deve ele assegurar a perfeita impermeabilização da barragem.

Para se obter uma perfeita impermeabilização e dureza do núcleo, a técnica usada é a de coagular os colóides do solo com uma solução de soda cáustica (NaOH). Para tal, toma-se uma amostra da terra que se está usando na elevação da barragem e, com diferentes concentrações de soda cáustica (1:1.000, 1:1.500, 1:2.000), molha-se a terra para testar qual a melhor concentração para coagular os colóides. A terra com a soda deve ficar, depois de seca, como um verdadeiro tijolo, dura. Depois, a cada 15 ou 20 centímetros de elevação da barragem, irriga-se com a solução ideal. Obter-se-á assim um núcleo duro e impermeável.

4.5.11 – Borda livre

Numa barragem média, a altura da borda livre (altura da linha-d'água até a crista do aterro) que dará a segurança à barragem, deve ser de, no mínimo, um metro.

Em barragens maiores, a borda livre pode ir até 2 metros para maior segurança.

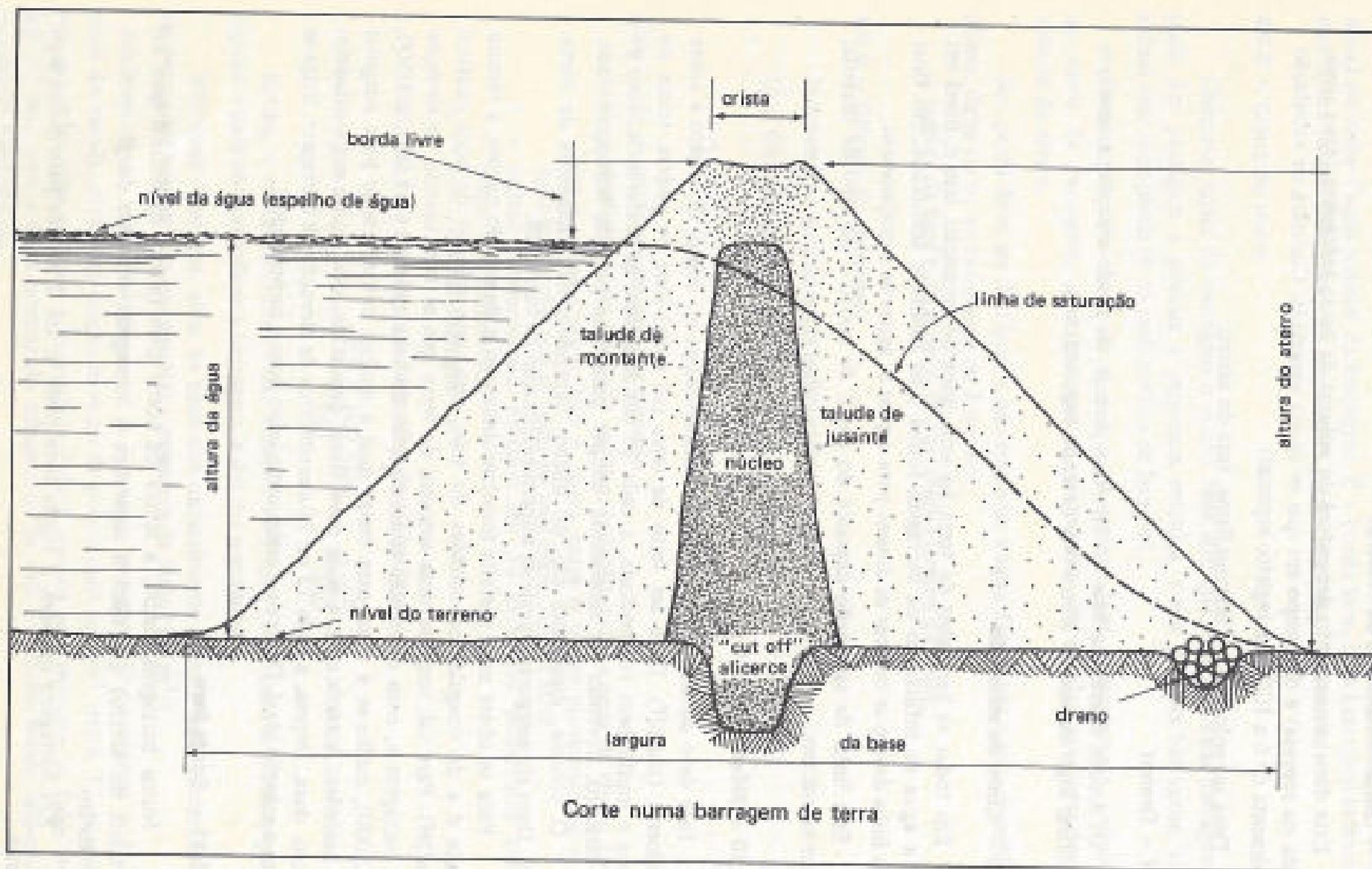


Fig. 4.1

É medida que deve aparecer no projeto.

4.5.12 – Quebra-ondas

Aparecerão no projeto com seus detalhes de posição e materiais empregados.

Um bom projeto deve dar todas as dimensões em escalas e cotas bem como os volumes e detalhes construtivos dos quebra-ondas.

4.6 – EXECUÇÃO DO PROJETO

Executar o projeto é levá-lo à concretização, isto é, colocá-lo no terreno.

4.6.1 – Preparo do terreno

Deve-se proceder ao preparo do terreno, isentando-o de vegetação, tocos, pedras, raízes e outros materiais que possam apodrecer e provocar vazamentos na barragem.

Um exame detalhado deve ser feito quanto a formigueiros, panelas etc. Os formigueiros são formados de canais que podem provocar os mais desastrosos vazamentos e, até mesmo, rompimentos das barragens.

Para se pesquisarem formigueiros, podem-se fazer sondagens práticas no terreno (se não for muito duro) com um ferro de construção, de 1/2" de diâmetro e com uma ponta aguda que se enfiará no chão. Com alguma prática, sabe-se se há panelas ou falhas no terreno que devem ser eliminadas. Isto será feito apenas nas proximidades do aterro e, principalmente, sob ele.

Toda a bacia hidráulica, ou seja, onde ficará o reservatório de água, deve também ser limpa de tocos, árvores mortas, paus etc. para não prejudicar, futuramente, a recreação com botes, natação, e também para evitar acúmulo de lodo.

4.6.2 – Marcação da barragem

Bem conhecido o local e pesquisado o subsolo, inicia-se a marcação do eixo da barragem que vem a ser a linha central do aterro, onde se localizará o alicerce, ponto de partida dos serviços. Bem limpo o local, de barranco a barranco, esta limpeza será feita pelos barrancos até a altura máxima do aterro, na crista.

A marcação nada mais é do que o desenho no terreno. Isto é feito transpondo-se da escala do desenho (digamos 1:200) para o tamanho natural que será o da barragem.

4.6.3 – O alicerce

Procede-se, então, à abertura do alicerce (cut-off) até encontrar terra firme.

Recomenda-se uma largura mínima de 3,00 metros na base do alicerce que, como já foi dito, irá de barranco a barranco, formando uma barreira perfeita.

4.6.4 – Empréstimo para o alicerce

O próximo passo é preparar o local de onde se retirará o material (terra) para o alicerce. No projeto, será indicado o material apropriado, de acordo com o existente nas proximidades e que foi escolhido no início, na prospecção do terreno.

Evitar material de superfície, em geral heterogêneo e com materiais estranhos e de fácil decomposição.

Escolher material mais argiloso para perfeita compactação.

A execução do alicerce deve obedecer à técnica de aterro; compactar a cada 15 cm de altura da camada. Se o material estiver seco, deve-se molhá-lo convenientemente (o máximo em que se possa trabalhar).

Todo o cuidado para não entrar material como tocos, pedras, raízes etc. As raízes apodrecem e formam túneis que provocam vazamentos na barragem. Este é o maior perigo.

4.6.5 – Tubulação de descarga

Já sabemos que a tubulação de descarga destina-se ao esvaziamento da água da barragem e é até mais um elemento de segurança e controle da barragem. Às vezes, serve também para dirigir a água para culturas a jusante nos casos da represa servir para irrigação.

Localiza-se essa tubulação de acordo com o projeto, sabendo-se que esta ficará soterrada e, então, este é o momento de executá-la.

Se for feita com tubos de ferro, devem estes ser bem protegidos contra ferrugem, com material asfáltico especial, nas partes que ficarem em contato com a terra e a água.

4.6.6 – Base do aterro

4.6.6.1 – *Demarcação*

O mesmo processo de desenhar no solo, em tamanho natural, aquilo que está no projeto, em escala. Será o local onde se depositará a terra especialmente escolhida para formar a barragem.

4.6.6.2 – *Execução da base do aterro*

Bem limpo o terreno – com cuidados especiais, pois trata-se de fazer uma perfeita união entre o aterro e o solo – inicia-se a deposição de terra com a mais perfeita compactação do material. Essa liga inicial é muito importante.

4.6.7 – Levantamento do aterro

A execução do aterro será feita com o cuidado de se obterem camadas sucessivas, bem compactadas. Se necessário, molhar sempre o material para se ter uma liga perfeita.

Sempre, o melhor material, mais impermeável e de fácil compactação, deve ser colocado no talude de montante.

Eleva-se o aterro até a crista com as rampas dos taludes, exatamente como indicado no projeto e, se possível ou necessário, aumentando-se a razão dos taludes, isto é, fazendo-se menos inclinados.

4.6.8 – O extravasor

Obedecendo sempre ao projeto, faz-se a marcação do local que deve ser em terra firme e nunca sobre o aterro, porque não haverá segurança, ali.

De preferência, será construído de concreto armado tanto o fundo como as paredes laterais.

Naturalmente, o projeto indicará o extravasor dirigindo a água até o leito natural do rio, a jusante e bem além da saia do aterro.

Ainda pelo projeto, o "grade" (caimento) do leito do extravasor deve ser de 4 a 7% para se obter uma vazão ótima.

4.6.9 – Acabamento dos taludes

O acabamento dos taludes de jusante, para garanti-los contra erosão e deslizamento, é a grama, sendo a mais indicada a grama batatais.

4.6.10 – Outros acabamentos

Os demais acabamentos são na crista do aterro, escoamento das águas de chuva etc.

A crista do aterro deve ser abaulada fazendo com que as águas das chuvas se dirijam para a represa convenientemente, e nunca empoçando sobre a própria crista, o que provocará erosão prejudicial.

4.6.11 – Quebra-ondas

- Deve-se executar os quebra-ondas para evitar o desbarrancamento das margens e, principalmente, dos taludes de montante. As águas das chuvas serão canalizadas através dos quebra-ondas.

4.6.12 — Outros cuidados

Alguns cuidados devem ser observados, além dos naturais em cada caso, e são:

- a) O terraceamento da bacia hidrográfica para evitar o assoreamento da represa. Gramar as áreas próximas para evitar desbarrancamento e erosão das margens da represa;
- b) Evitar a entrada de paus, pedras, areia etc. para dentro das águas da represa;
- c) Não plantar nada no aterro que possa, com suas raízes, provocar infiltração da água. Raízes procuram a água e, apodrecendo, resultam em buracos por onde haverá infiltrações e, até, rompimento da barragem e
- d) A plantação de grama nos locais recomendados deve ser feita imediatamente após a conclusão da barragem para proteção natural da obra.

Uma represa bem cuidada dará não só um bom aspecto à propriedade, como também resultará numa útil benfeitoria para as práticas agrícolas e de saneamento da área toda. Não havendo deposição de águas servidas "in natura" (esgotos) nas águas da represa, a própria formação de microrganismos e os peixes se incumbirão de sanear a água, tomando-a potável e útil.

