

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CARATINGA**

**DAIANE LURDES LOURES GONÇALVES**

**DOUGLAS LUCIANO DE OLIVEIRA COSTA**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DO ALTEAMENTO DE BARRAGENS NA  
PREVENÇÃO DE ENCHENTES NA CIDADE DE CARATINGA-MG**

**BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**DOCTUM - MINAS GERAIS**

**2013**

**DAIANE LURDES LOURES GONÇALVES**

**DOUGLAS LUCIANO DE OLIVEIRA COSTA**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DO ALTEAMENTO DE BARRAGENS NA  
PREVENÇÃO DE ENCHENTES NA CIDADE DE CARATINGA-MG**

Monografia apresentada á banca examinadora das Faculdades de Engenharia Civil, das Faculdades Integrada de Caratinga, como exigência parcial de obtenção de grau de bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do prof. Ms. Fausto Rogério Esteves.

**DOCTUM – CARATINGA**

**2013**

DAIANE LURDES LOURES GONÇALVES  
DOUGLAS LUCIANO DE OLIVEIRA COSTA

**ESTUDO DA VIABILIDADE DO ALTEAMENTO DE BARRAGENS NA  
PREVENÇÃO DE ENCHENTES NA CIDADE DE CARATINGA-MG**

Monografia submetida á comissão examinadora  
designada pelo Curso de Graduação em Engenharia Civil  
como requisito para obtenção do grau de bacharel.

---

Prof. João Moreira de Oliveira Junior (Coordenador do curso de Engenharia Civil)

Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

---

Prof. Fausto Rogério Esteves (Orientador)

Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

---

Prof. Sergio Alves dos Reis

Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

Caratinga, 04/12/2013

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabalho a Deus, pela força e pelos ensinamentos. A todos os nossos familiares que nos incentivaram nessa conquista. Ao nosso orientador Fausto Rogério Esteves pela paciência demonstrada no decorrer do trabalho. Aos nossos amigos queridos, que ficaram ao nosso lado, nos dando força e que proporcionaram momentos de alegria, distração, diversão e amor. E aqueles que mesmo distantes familiares e amigos, nos incentivaram e ajudaram a realizar este sonho. Nosso muito obrigado!

## AGRADECIMENTOS

“Agradeço a Deus por ter me concedido sabedoria e força para lutar e realizar este sonho, por ter guiado meus passos rumo a essa vitória. Meus agradecimentos as peças chave de todo o meu sucesso, meus pais, Brás e Marta, pela confiança e motivação, especialmente a minha mãe que muitas vezes deixou seus sonhos de lado para realizar os meus. Á minha irmã Daniela pelo amor, compreensão e apoio em todos os momentos. Ao meu sobrinho João Pedro que mesmo tão pequeno enche meus dias de alegria. Ao meu noivo Mailson pelo incentivo, compreensão e amor em todos os instantes. Sei que a luta não acabou, mas sei com quem posso contar, meu muito obrigada”. Daiane.

“Primeiramente agradeço a Deus por mais esta conquista. Sem ele nada disto teria acontecido. Minha família e minha noiva foram fundamentais nessa vitória alcançada. Quantas vezes eu quis desistir e eles sempre me incentivaram a continuar na caminhada. Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que eu finalizasse mais essa etapa, de muitas que virão em minha vida.” Douglas.

## EPÍGRAFE

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que eu era antes”.

Marthin Luther King

## RESUMO

Em tempos de chuva, nos últimos anos a cidade de Caratinga tem sofrido com alagamentos e enchentes provocadas pelo Rio Caratinga. A construção de barragens no seu leito pode contribuir para a prevenção dessas possíveis catástrofes e o alteamento dessas barragens pode contribuir para que a água de chuvas não transborde o rio adentrando na cidade. Além dos transtornos que uma enchente traz, há ainda, o risco de a população ser contaminada e exposta a inúmeras doenças e ao aumento na incidência de acidentes como afogamentos e choques elétricos. Mas a maioria dessas doenças ocorre devido à ingestão de água contaminada ou pelo simples contato a mesma. A solução proposta para tais problemas é o alteamento de barragens às margens do rio reforçando, principalmente, as localidades onde tem grande probabilidade das águas fluviais invadirem a cidade primeiro.

Palavras - chave: Enchentes, prevenção, alteamento.

## **ABSTRACT**

In times of rain, in recent years the city of Caratinga has suffered floods and floods caused by river Caratinga. The construction of dams on your bed may contribute to the prevention of such disasters and possible heightening of these dams can contribute to water from rain does not overflow the river entering the city. In addition to the disorder that brings a flood, there is still the risk of the population being infected and exposed to numerous diseases and increased incidence of accidents such as drowning and electric shocks. But most of these diseases occurs due to ingestion of contaminated water or by casual contact it. The proposed solution to such problems is the heightening of dams on the river bank strengthening, especially the localities where it has a high probability of river waters invaded the city first.

Key – words: Floods, prevention, heightening.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Esquema de uma Bacia Hidrográfica.....	18
Figura 02: Localização da Bacia do Rio Doce.....	20
Figura 03: Trechos do rio Caratinga, esgoto sendo lançado diretamente no rio.....	21
Figura 04: Trechos do rio Caratinga, esgoto sendo lançado diretamente no rio.....	21
Figura 05: Caratinga como um dos rios mais poluídos.....	21
Figura 06: Praça Cesário Alvim em 1973.....	22
Figura 07: Imagens após as enchentes.....	23
Figura 08: Imagens após as enchentes.....	23
Figura 09: Leito do rio Caratinga e ruas da cidade após as chuvas.....	24
Figura 10: Leito do rio Caratinga e ruas da cidade após as chuvas.....	24
Figura 11: Leito do rio Caratinga e ruas da cidade após as chuvas.....	24
Figura 12: Leito do rio Caratinga e ruas da cidade após as chuvas.....	24
Figura 13: Cidade de Inhapim após a enchente.....	25
Figura 14: Obras feitas na cidade após a enchente.....	26
Figura 15: Imagens da cidade de Caratinga.....	28
Figura 16: Imagens da cidade de Caratinga.....	28
Figura 17: Vazões máximas em vários tipos de cobertura.....	30
Figura 18: Imagens feitas da cidade de Caratinga dias após a tragédia.....	32
Figura 19: Imagens feitas da cidade de Caratinga dias após a tragédia.....	32
Figura 20: imagens de uma carvoaria imagens em atividade.....	32

Figura 21: Água atingiu o vertedouro na barragem da Corsan em Passo Fundo.....	35
Figura 22: Barragem do rio Verde.....	42
Figura 23: Barragem de Três Marias.....	44
Figura 24: Imagem de solo reforçado.....	46
Figura 25: Barragem alteada com muro gabião.....	47
Figura 26: Barragem de solo rolado.....	48
Figura 27: Alteamento com elemento inflável de borracha.....	49
Figura 28: Alteamento com muros de parapeito convencional.....	50
Figura 29: Alteamento com muros de parapeito convencional.....	50
Figura 30: Imagens do período de construção das pequenas barragens.....	53
Figura 31: Imagens do período de construção das pequenas barragens.....	53
Figura 32: Imagens do período de construção das pequenas barragens.....	53
Figura 33: Imagens atuais das barragens.....	54
Figura 34: Imagens atuais das barragens.....	54

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2. JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>12</b>
<b>3. OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>13</b>
3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
<b>4. A BACIA HODROGRAFICA DO RIO CARATINGA.....</b>	<b>14</b>
4.1 - Descrições da bacia.....	14
4.2 – As enchentes na cidade de Caratinga.....	22
4.3 – Principais causas das enchentes em Caratinga.....	27
<b>5. BARRAGENS E ALTEAMENTO DE BARRAGENS.....</b>	<b>34</b>
5.1 – Conceituação de barragens.....	34
5.2 – Tipos de barragens.....	39
5.3 – Métodos de alteamento de barragens.....	45
<b>6. ALTEAMENTO DAS BARRAGENS EM CARATINGA.....</b>	<b>51</b>
6.1- Levantamento e análise de dados.....	51
6.2- Discussão dos resultados.....	53
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>56</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>57</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O presente estudo irá fazer uma análise da viabilidade do alteamento de barragens para a prevenção de enchentes na cidade de Caratinga MG; relatará as enchentes ocorridas nessa cidade nos anos de 2003 e 2004; fará uma descrição da bacia do rio Caratinga e as possíveis causas das mesmas; conceituará barragens e alteamento fazendo um estudo sobre os métodos de alteamento, e qual seria o mais adequado para a região.

Será feito um breve estudo sobre possíveis soluções para tentar sanar ou minimizar esse problema, pois a população ainda teme outra catástrofe como ocorrida há anos. Já se passaram dez anos e pouco foi feito para afirmar que as enchentes não voltassem a acontecer.

De acordo com estudos realizados nos anos de 2003 e 2004 é possível saber que o problema não está em Caratinga, mas em cidades vizinhas nas cabeceiras do Rio Caratinga. Nas duas enchentes, ocorridas na cidade, os índices pluviométricos eram baixos e não seriam capazes de causar danos tão significativos. Por isso o assunto é de grande importância para a população da cidade, que merece ações concretas já são quase 86 mil habitantes que direta ou indiretamente são prejudicadas quando ocorre fato como este.

Para tratar do assunto, será feito, além de um estudo sobre as enchentes ocorridas na cidade, uma pesquisa em relação à viabilidade de se fazer um alteamento nas barragens construídas ao longo do curso do rio e a possibilidade de alteá-las sem que as mesmas possam perder sua resistência. Será realizado um trabalho de campo ao longo do leito do rio a fim de analisar as barragens construídas; se as mesmas necessitam de reparos e manutenção para manter suas características e resistência adequadas ao tempo de construção. Tal estudo irá nos possibilitar saber se será possível e viável fazer o alteamento dessas barragens.

Devido aos fatos ocorridos e pela necessidade de tentar resolver o problema, o objetivo deste trabalho será, através de coletas de dados e pesquisas, encontrar uma solução para o problema das enchentes na cidade de Caratinga de forma que se não for possível pelo menos amenizar a situação.

## **2. JUSTIFICATIVA**

Devido a decorrentes enchentes em Caratinga, ha necessidade de procurar resolver esse problema na cidade, pois toda a população fica apreensiva na época de chuvas correndo o risco da água invadir suas residências. Através desse trabalho iremos ter um ganho pessoal muito grande, pois pesquisaremos um assunto de suma importância para toda uma população e para nós mesmos. Esse trabalho servirá de base para outros trabalhos acadêmicos relacionados a esse tema.

### **3. OBJETIVO GERAL**

O objetivo desse trabalho será, através de coleta de dados e pesquisa, tentar solucionar o problema de enchentes na cidade de Caratinga que perdura há muitos anos e incentivar novos alunos a pesquisarem mais sobre o tema. Pois mais cidades precisarão de projetos de pesquisa como esse para que catástrofes como as que ocorreram em Caratinga não voltem a ocorrer.

#### **3.1 OBJETIVOESPECÍFICO**

- Revisão bibliográfica sobre a cidade de Caratinga, com ênfase nas enchentes que ocorreram em 2003 e 2004.
- Fazer uma análise das pequenas barragens que foram feitas, verificando sua atual situação.
- Verificar se há necessidade de se fazer o alteamento dessas barragens e seus benefícios a população.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 A BACIA HIDROGRAFICA DO RIO CARATINGA**

#### **4.1.1 Caracterizações da cidade de Caratinga**

Localização: Vale do Rio Doce

Área: 1.254,5 km<sup>2</sup>

População: 85.322

Principais rios: Rio Caratinga e Ribeirão do Laje.

Bacia: Do Rio Doce

Estado: Minas Gerais

População urbana: 70.548 pessoas

População rural: 14.774 pessoas

Segundo o historiador Nelson Sena Filho - Secretário Municipal de Cultura, Esporte, Lazer e Juventude de Caratinga a historia da cidade se passou da seguinte forma: Caratinga possui uma geografia típica dos Mares de Morros mineiros, isto é, uma área acidentada dos planaltos dissecados e cobertas por florestas estacionais semi-decíduais. Este ambiente geográfico é cortado pelo Rio Caratinga, que foi como afirma Lázaro Denizart do Val, por aonde, em 1841, chegou aqui Domingos Fernandes Lana, a procura de Poaia, uma planta de grande valor medicinal: Com a influência resultante do bom preço da poaia e em procura da mesma, partindo das proximidades da atual cidade de Abre Campo, com alguns índios, deliberou penetrar nas regiões dos rios Matipó e Sacramento Grande, alcançaram às nascentes do rio Caratinga. Prosseguiu por onde é hoje a atual cidade desse nome, dobrou pelas aguadas do rio Manuassu, chegando até o local denominado Cuietê.

Este relato é um dos mais antigos sobre o início de nossa história. Foi feita por Antônio Caetano do Nascimento, filho daquele que é considerado o fundador de Caratinga. Teria sido Domingos Fernandes Lana que, impressionado com a enorme quantidade de “um tubérculo alimentício chamado caratinga (cará branco), deram aos montes que a esta domina o nome de serra da Caratinga”. Surgia, assim, o nome de nossa cidade, provavelmente já chamada dessa forma pelos nativos que aqui residiam. De fato, antes da chegada destes desbravadores, aqui residiam dois grandes grupos de nativos. Um nômade, que seguia as águas do rio Caratinga até o rio Doce, e voltavam sempre que os alimentos ou o tempo os obrigasse - eram os bravos Botocudos, que foram aquartelados e praticamente dizimados. O outro grupo era de nativos, os chamados Purís, ou Bugres, que habitavam esta região, se alimentando do próprio cará branco, da caça e da pesca. Foram de grande importância na localização de nossa cidade.

A data de 24 de junho de 1848, a que a tradição se refere Dia da Cidade, tem como base o mesmo relato de Antônio Caetano do Nascimento: Em 1848, entrou João Caetano do Nascimento, em Caratinga, com seus filhos maiores, muito patriotas e de relação com Domingos Fernandes de Lana... (de quem requereu) Bugres, e com seus companheiros, João da Cunha, João José e João Antonio de Oliveira, fez picada até Sapucaia... Chegando à localidade que é a atual cidade deste nome em 23 de junho de 1848. Festejaram o dia de São João com uma grande fogueira e, nesse mesmo dia ofereceram uma posse para patrimônio desse santo, que é a atual cidade.

Como se vê, na verdade, quem primeiro desbravou nossa terra foi Domingos Fernandes Lana, e não João Caetano do Nascimento, como geralmente se afirma. Nossa cidade, desde os anos de sua fundação até quando foi elevada a cidade, teve um crescimento incipiente e irregular. A construção da Capela de São Batista e a vinda do primeiro religioso, o Padre Maximiano João da Cruz, forma destaques neste período. Lazadro do Val, afirma que “era a pequena capela, inacabada e tosca, o único sinal de civilização da terra, que permanecia segregada e inóspita”.

Esta situação somente viria a mudar após a nossa emancipação política de Manhuaçu, a quem pertencíamos em 1890. Com a Proclamação da República, sobressaiam em nossa cidade o trabalho de vários “republicanos históricos”, dentre os quais é preciso destacar José



Cristino da Silveira, Tobias Manassés Viana e Symphrônio Fernandes. Segundo Lázaro do Val, esta tríade e mais alguns outros republicanos organizaram um comício no alto do Itaúna e, no dia 30 de setembro de 1889, “saudaram com enorme foguetório” a futura República do Brasil. Quando ele esteve em nossa cidade, em campanha pelo regime republicano, João Pinheiro havia prometido que se a mesma fosse implantada conseguiríamos nossa emancipação. E de fato, três meses após a implantação da República, isto ocorreu. Aliás, este foi um dos primeiros atos de Cesário Alvim, a saber, a criação do município de Caratinga em 06 de fevereiro de 1890. Esta é a data que nossa cidade deveria comemorar seu aniversário. Este novo município já nascia com números estatísticos consideráveis, pois, segundo dados da época, Caratinga possuía 10.572 Km e uma população de cerca de 25.000 habitantes.

Nosso primeiro poder constituído, a Câmara Municipal, pois na época não havia ainda a figura do prefeito, foi empossada em 7 de março de 1892, permanecendo até 1894, e tendo como presidente Symphrônio Fernandes.

Até 1930, nossa história foi marcada pelo domínio do que se convencionou chamar, na história do Brasil, de coronelismo. De fato, aglutinados em duas denominações partidárias chamadas de “caranguejo” e “bacurau”, eles se alternaram no poder até o fim da República Velha na década de 1930. Alguns grandes nomes e grandes acontecimentos marcaram este período, tais como os “Silva Araujo”, notadamente Antônio e Raphael, líderes dos caranguejos, e Joaquim Monteiro de Abreu (nosso primeiro deputado) e José Antônio Ferreira Santos (Santos Mestre).

A principal realização foi, sem dúvida, a restauração da Comarca, em dois de dezembro de 1917, com a maior festa popular desde a fundação de nosso município. A comarca havia sido suprimida em 1912, voltando a pertencer a Manhuaçu.

Outro grande nome da política da época foi Agenor Ludgero Alves. Líder maior de nossa política de 1919 até 1930. Foi responsável por inúmeras conquistas, dentre elas: Inauguração dos serviços de produção de energia elétrica da cidade, de propriedade da Empresa Industrial de Caratinga. Em 1927 Ludgero conseguiu a assinatura do contrato entre o município, a Estrada de Ferro Leopoldina e o estado de Minas Gerais, com a inclusão de

Caratinga entre as cidades beneficiadas. Em 14 de julho de 1928 tiveram fim os estudos para a instalação da Estrada de Ferro, o que ocorreu em 1930, em meio a enormes festividades.

O início da década de 1930 ficou marcado em nossa história como uma época de “demência coletiva”, tantos foram os assassinatos e barbaridades cometidos em nome da “Revolução de 1930”. O caso da “Chacina do Imbé” foi apenas um deles, com a morte do líder local, Joaquim Candido. Mas também foi a época que, em nossa cidade, se deu a divisão dos poderes Legislativos e Executivos, surgindo assim à figura do prefeito municipal.

O primeiro prefeito de nossa cidade foi Jorge Coura Filho, que ficou até 1932. Dessa época até hoje nossa cidade ficou sendo dirigida pelo prefeito municipal. Neste período, vários deles se destacaram tais como Omar Coutinho, que realizou grandes obras de construção de estradas e saneou as contas públicas, e José Augusto Ferreira Filho (1943 a 1946), que foi também deputado estadual, federal e senador da República, iniciando um domínio político em nossa cidade que se estenderia por décadas. Foi ele o responsável por iniciar o domínio do PSD (Partido Social Democrático).

Outro prefeito de grande importância política para a cidade foi Moacyr de Mattos, da UDN (União democrática Nacional), que conseguiu, em 1973, romper com o domínio do PSD. Foi ele o responsável por aumentar nossa zona urbana em direção ao Limoeiro. Hoje esta avenida leva seu nome.

Também devem ser citados os nomes de Anselmo Bonifácio (Dr. Fabinho) 1983/1988, que levou ao poder o PMDB, além de criar os líderes distritais, que ainda hoje estão na política; e Dário da Anunciação Grossi (1993/1996), que também aumentou nossa zona urbana, desta vez em direção a Unidade II do Centro Universitário de Caratinga. Atualmente a cidade é dirigida pelo prefeito Marco Antônio Junqueira.

Caratinga é conhecida nacionalmente por suas intervenções culturais, através de grandes nomes em diversas áreas. A reserva ecológica chamada Reserva Particular do Patrimônio Natural Feliciano Miguel Abdala (RPPN-FMA), abriga o Muriqui, o maior mamífero endêmico da América Latina. Esta reserva recebe pesquisadores de todo o mundo, dentre eles a cientista Karen Strier, que pesquisa estes mamíferos há exatos trinta anos e cujas pesquisas mudaram o rumo da primatologia mundial.

Conhecida como “Cidade das Palmeiras”, possui em sua praça um coreto de Oscar Niemayer, que junto com vários outros monumentos históricos, tais como o Palácio do Bispo, a Catedral de São João Batista, da década de 1930, e o Colégio Princesa Isabel, fazem dela um conjunto arquitetônico e paisagístico (pois tem ao fundo a Pedra Itaúna), de grande valor histórico e cultural.

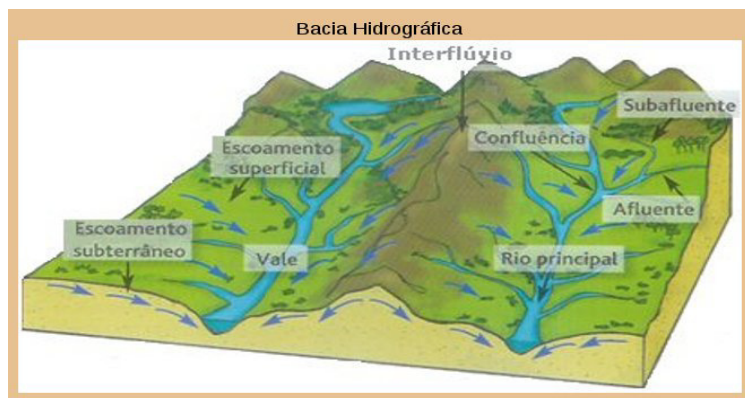
#### 4.1.2- Descrições da bacia

De acordo com Duarte (1998), a bacia hidrográfica é tida como a unidade de planejamento dos recursos hídricos. O seu estudo deve focar de forma integrada os recursos hídricos de superfície e subterrâneos, objetivando uma avaliação global da potencialidade e disponibilidade de água.

E segundo Guerra (1978, p. 48), a bacia hidrográfica foi definida como um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. Inúmeros esquemas ou representações gráficas deixam também de apresentar, por exemplo, os limites internos do sistema de uma bacia hidrográfica, por onde circula e atua grande parte da água envolvida. Para não ocorrer em tais equívocos, é possível definir bacia hidrográfica como:

[...] um sistema que compreende um volume de materiais, predominantemente sólidos e líquidos, próximos à superfície terrestre, delimitado interno e externamente por todos os processos que, a partir do fornecimento de água pela atmosfera, interferem no fluxo de matéria e de energia de um rio ou de uma rede de canais fluviais. Inclui, portanto, todos os espaços de circulação, armazenamento, e de saídas de água e do material por ela transportado, que mantém relações com esses canais. (Rodrigues & Adami, in: Venturi, 2005, p.147-148).

Figura 01: Esquema de uma Bacia Hidrográfica.



Fonte: <http://www.prof2000.pt/users/eisabethm/geo8/rio.htm>

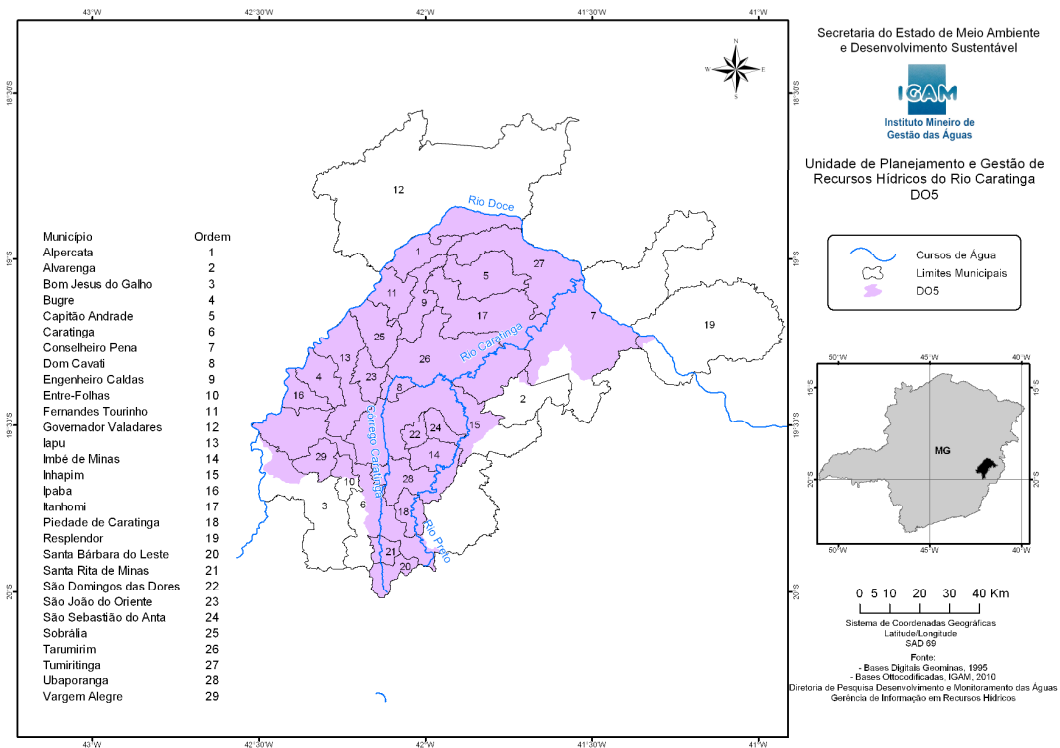
Ao se definir uma Bacia Hidrográfica devemos considerar que o relevo e os animais também fazem parte dela, pois ao se pensar em bacia levamos em consideração apenas os rios e seus afluentes. O bom uso da água parte da consciência de cada um, sabendo que ele passa por um longo caminho desde a nascente até chegar as nossas casas e locais de trabalho. Como cuidar da água é um dever de todos, devemos trabalhar juntos, governo, empresa e população, pois todos unidos a um único objetivo o resultado irá vir rapidamente, garantindo assim não só a qualidade, mas a quantidade das águas.

A Bacia Hidrográfica do Rio Caratinga é uma sub-bacia do Rio Doce, situado no leste mineiro, ocupa uma área de 6.557 km<sup>2</sup>, abrange 26 municípios e possui uma população estimada de 300.520 habitantes. A Bacia do Rio Caratinga representa cerca de 1% do território do Estado de Minas Gerais. Que desde sua nascente recebe poluentes provindos da agricultura local e já na sua porção urbana, recebe despejos industriais e esgoto doméstico sem tratamento.

Sua importância econômica é grande, devido sua utilização para tratamento e fornecimento de água potável pela COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais) em diversos municípios. Ele nasce no município de Santa Bárbara do Leste, sendo sua foz no município de Conselheiro Pena. A bacia conta ainda com 33 importantes afluentes, entre córregos, ribeirões e rios. O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Caratinga - CBH foi criado em 1999, pelo Decreto nº 40.591 -13/09/1999 e possui 72 representantes ( 36 titulares e 36 suplentes) de órgãos estaduais, de prefeituras, de usuário de águas e de entidades da sociedade civil.

A principal atividade econômica na bacia do rio Caratinga é a cultura do café e, em menor escala, a produção de hortifrutigranjeiro e a pecuária. Quanto aos problemas ambientais, destacam-se, na área rural, degradação das terras, escassez e poluição das águas, realização de queimadas, desmatamentos de morros e destruição das nascentes para aumento da área de plantio. E a população acaba por não se preocupar com as agressões causadas ao meio ambiente. Na área urbana é grande a necessidade de melhoria no sistema de saneamento básico, destinação do lixo, esgoto, bem como o mais sistêmico do uso e ocupação do solo.

Figura 02: Localização da Bacia do Rio Doce



Fonte: <http://comites.igam.mg.gov.br/unidades-de-planejamento/1281>

Com a criação do comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Caratinga problemas hídricos e ambientais foram levantados:

- Falta de tratamento de esgoto;
- Poluição;
- Erosões;
- Assoreamento;
- Enchentes;
- Falta de proteção das matas ciliares;
- Diminuição do volume de água dos rios.

Foi criado o comitê e exposto os problemas da Bacia do Rio Caratinga, porém desde sua criação em 1999 nada foi feito na tentativa de resolver estes problemas.

Figuras 03 e 04: Trechos do rio Caratinga, esgoto sendo lançado diretamente no rio.



Fonte: <http://asemanaagora.com.br/>

Imagens como as acima deixaram Caratinga na lista dos três rios mais poluídos de Minas Gerais.

Figura 05: Caratinga como um dos rios mais poluídos.



Fonte: <http://asemanaagora.com.br/>

A pesquisa realizada pela organização não governamental (ONG) SOS Mata Atlântica, no ano de 2010 analisou a água de 13 estados, sendo que em Minas os três dos rios mais poluídos estão em Minas: o Rio Paraibuna, em Juiz de Fora, o Ribeirão Arrudas, em Belo Horizonte e o Rio Caratinga que corta o nosso município. Os níveis de poluição estão tão elevados que o Rio Caratinga foi comparado ao rio Tiete em São Paulo. A principal causa da poluição do Rio Caratinga é o lançamento direto dos esgotos sanitários em seu curso, além dos resíduos domésticos que a população lança no rio.

Segundo o CONAMA (2005) Considerando que o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água.

#### 4.2- As enchentes na cidade de Caratinga

Segundo o jornal o Diário de Caratinga a cidade de Caratinga tem um trágico histórico sobre os períodos de chuva. Para uma definição: Enchente (ou cheia): temporária elevação do nível d'água normal da drenagem, devido a acréscimo de descarga. E inundação como: tipo particular de enchente, na qual a elevação do nível d'água normal atinge tal magnitude que as águas não se limitam à calha principal do rio, extravasando para áreas marginais, habitualmente não ocupadas pelas águas.

Na cidade de Caratinga não foi diferente estima-se que catástrofes vêm ocorrendo na cidade com períodos de retorno de aproximadamente trinta anos. Em 1973, uma terrível enchente devastou a cidade pela imagem a seguir imagina-se que o rio subiu mais ou menos seis metros acima de seu leito normal, quantidade suficiente para trazer enormes prejuízos à população.

Figura 06: Praça Cesário Alvim em 1973



Fonte: Imagem cedida pelo jornal: Diário de Caratinga

Ao se passar quase trinta anos a tragédia volta a se repetir. Dezesseis de janeiro de 2003, uma data que ficou na história. Chovia forte mas não o bastante para tamanho estrago. Por volta das 22:00 horas o rio começou a subir deixando a população que morava no leito do rio bastante assustada, logo após por volta das 00:00 a população ouviu um forte barulho, sabiam que era a queda de alguma casa só não tinha a dimensão da tragédia. O rio Caratinga atingiu mais de oito metros acima de seu leito normal. Desespero, susto, choro, enfim a cidade estava embaixo d'água, no centro da cidade lojas e casas estavam inundadas e nas partes mais altas a população sofria por não saber a real situação e não havia como ter notícia alguma. Dois prédios caíram no centro da cidade e com eles arrastaram mais duas casas vizinhas. Quase oito mil pessoas ficaram desabrigadas, quatro pessoas morreram após a enchente devido a queda de muros entre outros motivos. Além dessas quatro pessoas faleceu também uma menina de apenas dois anos e meio, na noite da tragédia a menina dormia quando o prédio em morava caiu foi o primeiro o mesmo não desabou ele tombou dentro do rio ficando totalmente inteiro, durante a queda a pequena garota foi carregada pela correnteza e os demais moradores do prédio ficaram presos e conseguiram passar para o último andar até que fossem socorridos e tiveram apenas ferimentos leves, a menina foi encontrada dias após a tragédia alguns metros abaixo do local onde morava.

Figuras 07 e 08: Imagens após as enchentes



Fonte: <http://defesacivilcaratingamg.blogspot.com.br/2009/06/fotos-enchente-2003.html>

Quando o dia amanheceu Caratinga era notícia nacional, foi decretado estado de calamidade pública na cidade. Nada funcionava órgãos públicos, comerciais, industriais e de serviços inclusive telefonia e internet, como nada funcionava foi decretado feriado até o final do mês de janeiro. Os prejuízos foram contabilizados em aproximadamente 70 milhões.



As imagens a seguir foram feitas no dia seguinte ao da enchente, a cidade estava um caos, muita sujeira e o escoamento da água era lento devido a grande quantidade que se acumulou.

Figuras 09, 10, 11 e 12: Leito do rio Caratinga e ruas da cidade após as chuvas.



Fonte: <http://defesacivilcaratingamg.blogspot.com.br/2009/06/fotos-enchente-2003.html>

Após a população conseguir entender o que havia acontecido era a hora de reagir, e os caratinguenses começaram a ajudar uns aos outros. Nos ginásios e escolas estavam as pessoas que não tinham para onde ir, os que haviam perdido tudo ou os que suas casas não tinham condição de morar. Foram feitos mutirões com a doação de roupas e alimentos. Relatórios e pedidos feitos pelos órgãos públicos foram encaminhados rapidamente aos governos estadual e federal. O governador daquele ano Aécio Neves veio a Caratinga e assinou que garantia financiamento facilitado aos comerciantes sendo que foram os mais prejudicados financeiramente por se encontrarem na parte mais baixa da cidade. Foi um total de 446 estabelecimentos atingidos pelas águas.

Além do prejuízo com o comércio houve quase duzentos imóveis destruídos ou em situação de risco, vários deslizamentos de terra, vias públicas interditadas ou parcialmente destruídas, pontes e estradas da região destruídas, enfim um transtorno imenso foi causado não só a Caratinga como a toda região.

Após as enchentes de 2003 foi implantado em dezembro de 2004 um sistema de alerta contra as cheias do rio Caratinga. Este alerta tem como objetivo prever e alertar a população de Caratinga e região em tempo hábil quando o rio subir rapidamente e atingir níveis que a defesa civil considerar perigosa. Ou seja, um nível que ela considere risco de enchente, ao longo do leito do rio Caratinga foi colocado vários marcadores no qual a própria população pode ver quantos metros o rio subiu. Esse alerta é como uma sirene assim que a água do rio atinge certo nível, ela dispara em um volume suficiente para alertar a todos, dando tempo suficiente para as pessoas saírem dos locais de risco, principalmente os que moram em torno do rio.

#### 4.2.1- Cidades atingidas pelas enchentes

Algumas cidades vizinhas também foram atingidas pelas cheias do rio Caratinga, uma das mais prejudicadas foi Inhapim a destruição só não foi maior porque a policia militar sabendo do que havia ocorrido em Caratinga emitiu rapidamente um alerta a toda a população. Foi à pior enchente corrida nos seus 75 anos de história.

Figura 13: Cidade de Inhapim após a enchente



Fonte: Imagem cedida pelo jornal: Diário de Caratinga

#### 4.2.2-Obras feitas após as enchentes

Após as enchentes de janeiro de 2003 as obras de recuperação e prevenção passaram a ser prioridade para os órgãos públicos.

- Foram construídos 11 muros em pontos estratégicos da cidade.
- Ruas de distritos forma recuperadas.
- Encostas foram protegidas garantindo maior segurança aos moradores.
- Estradas passaram por manutenção.
- A operação tapa buraco ocorreu imediatamente após a enchente.
- Mais de mil metros de rede pluvial foram construídos.

Figura 14: Obras feitas na cidade após a enchente



Fonte: Imagem cedida pelo jornal: Diário de Caratinga

A prefeitura fez os investimentos nas obras que havia maior urgência, além das obras acima, uma que ganhou grande destaque ao se falar em enchentes na cidade de Caratinga, são as barragens construídas ao longo do leito do rio Caratinga. São pequenas barragens feitas em pontos estratégicos do rio desde sua cabeceira com o intuito de prevenir enchente. Já se passaram dez anos desde a tragédia, não é possível dizer que as obras foram suficientes para

resolver o problema, mas podemos dizer que tais obras pelo menos amenizaram os problemas já que não voltaram a ocorrer enchentes como a do ano de 2003.

Na maioria das vezes ouvimos a população reclamar dos órgãos públicos, dando somente a eles a culpa por problemas desse tipo, o que a população se esquece é que muitas vezes nós ao invés de contribuirmos acabamos por atrapalhar. Um exemplo simples é a sujeira que é lançada todos os dias dentro do rio, os órgãos fazem a limpeza, mas a população ao invés de ajudar a manter a limpeza do rio acaba jogando lixo no mesmo.

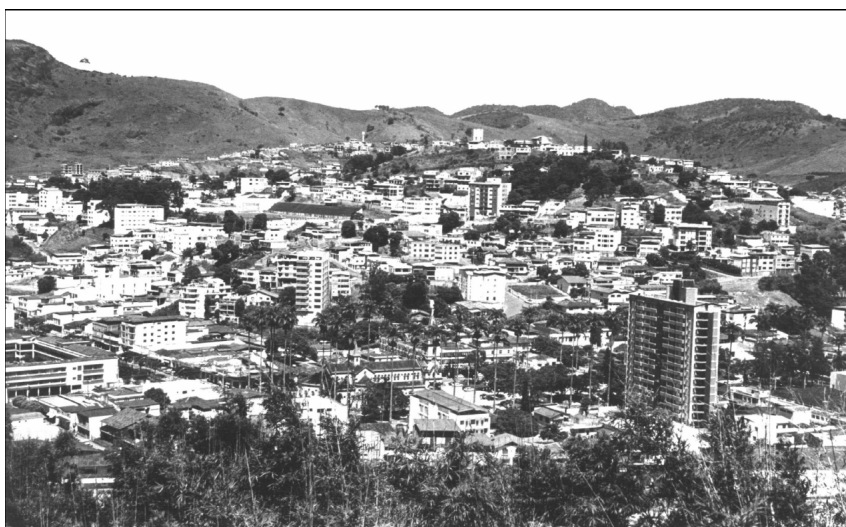
Os bueiros da cidade têm mais lixo do que as próprias lixeiras, outro grave problema são as construções feitas muito próximas ou até mesmo dentro do rio. A população não respeita o limite para se construir as margens do rio e com o passar do tempo o rio vai modificando seu leito e problemas como este voltam a ocorrer. E a população sem pensar coloca a culpa nos gestores e se esquecem que os grandes responsáveis por tais fatos é ela mesma.

### **4.3- Principais causas das enchentes**

#### **4.3.1- Ocupação desordenada**

Uma das principais causas da enchente é sem dúvida o crescimento desordenado, principalmente as margens do rio, encostas e margens de rodovia, pois a população não dá muita importância à distância que se devem manter destes locais para se construir. Ou seja, é uma ocupação sem planejamento, onde cada um constrói seu próprio imóvel, geralmente sem projetos de estrutura ou acompanhamento de profissionais qualificados, e a prefeitura não dá conta de fiscalizar essas construções. Quando fazem estas construções todos pensam apenas em benefício próprio, porém com o passar do tempo o que era para ser bom acaba por prejudicar não apenas ao dono do imóvel, mas sim a toda uma população que não tiveram responsabilidade nenhuma sobre tais construções.

Figuras 15 e 16: Imagens da cidade de Caratinga são os mesmo espaços geográficos, cinquenta anos depois.



Fonte: <http://asemanaagora.com.br/>

Pelas imagens é possível observar que se o crescimento é desordenado, junto com esse crescimento vêm também os problemas.

### 4.3.2- Destino do lixo

Um fator que agrava as inundações nos centros urbanos é o entupimento dos bueiros ocasionado pelo lixo jogado nas ruas pela população. E a população que mora nas proximidades do rio ao invés de juntar o lixo para que a prefeitura possa fazer o recolhimento, eles preferem jogar dentro do rio causando assim um grande acúmulo nos rios já que não há como fazer a limpeza do mesmo com maior frequência. Esses lixos jogados na rua e no rio em períodos de chuva impossibilitam o escoamento da água pelos bueiros, e a água se acumula de forma rápida nas ruas da cidade causando grandes transtornos à população sendo que ela mesma foi uma das responsáveis pelo ocorrido.

### 4.3.3- Impermeabilização

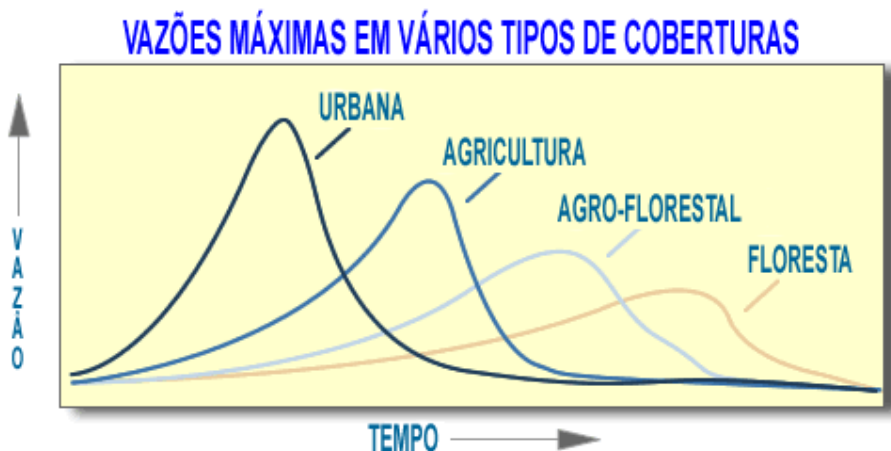
As impermeabilizações não podem ser desconsideradas ao se relatar as possíveis causas de uma enchente, por ter influência direta no tema a ser tratado. De acordo com Cruz (2003, p.15)

A impermeabilização é considerada uma barreira física, cuja finalidade é a de evitar a água que penetra por capilaridade, a água da chuva que infiltra sob a pressão dos ventos, a percolação d'água indesejável, ou de dirigi-la para os pontos de escoamento fora da área que se deseja proteger. A impermeabilização, entretanto, tem também outra finalidade importante que é de dar proteção aos materiais construtivos da edificação contra sua possível degradação, resultante da presença de agentes agressivos como a água, umidade e vapores.

Sem dúvida este é um dos maiores causadores das enchentes, o trajeto da água da chuva depois que atinge o solo, tem três direções a seguir: para cima através da evaporação, para o lado pelo escoamento superficial ou para baixo através da infiltração. Já que para cima, só através da elevação mecânica ou bombeamento, e haverá infiltração somente se o piso for permeável ou semipermeável, o que não acontece com o concreto, o asfalto e os paralelepípedos. Portanto ao invés da água infiltrar e ir para os lençóis subterrâneos, ela vai engrossar as águas do escoamento superficial, agravando os efeitos das enchentes. O crescimento dos centros urbanos, também impede a impermeabilização dos solos, o que afeta diretamente nas enchentes, pois não há infiltração da água da chuva nesses meios urbanizados e impermeáveis. Em condições naturais, parte da chuva fica retida nos troncos e folhas, o escoamento superficial é retido por obstáculos naturais gerando maior infiltração. Quando a

cobertura vegetal é retirada, não há resistência ao escoamento e a água atinge os rios com maior facilidade e rapidez, contribuindo também com o assoreamento dos rios, pois, sem a cobertura vegetal, os sedimentos são carregados pela água e acabam depositados no fundo dos leitos dos rios. Gerando assim futuramente transtornos como as enchentes. Já que não é possível evitar esse crescimento urbano.

Figura 17: Abaixo podemos perceber que o tipo de cobertura influencia a vazão e como é menor nas cidades.



Fonte: <http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/mma10.htm>

Observando a Figura 17 acima a primeira curva à esquerda da figura, verifica-se que é justamente nas cidades onde ocorrem as maiores cheias e estas acontecem logo após o início das chuvas, justamente por não haver a oportunidade de infiltração nos terrenos impermeabilizados, devido à influência na degradação ambiental. Já nas áreas de agricultura, agro-florestal, e florestas a vegetação além de funcionar como benefício considerável para o ecossistema, age como filtro para os sedimentos trazidos pelas chuvas. Ou seja, ao contrario da urbanização as áreas com vegetação e solos permeáveis atingem a uma cobertura ideal de uma bacia. De acordo com CHERNICHARO; COSTA (1995, p.161)

O processo de urbanização impermeabiliza o solo, dificultando a infiltração das águas pluviais e acelerando o seu escoamento superficial mais volumoso. Nessas situações faz-se necessário o controle do escoamento das águas de chuvas, para se evitar os seus efeitos adversos que podem representar sérios prejuízos à saúde, segurança e bem estar da sociedade. (CHERNICHARO; COSTA, 1995, p.161).

Por isso os estudos hidrológicos exigem a coleta diária e sistemática de dados: do tempo, de níveis d água e das vazões ou descargas, em pontos estratégicos da bacia.

#### 4.3.4-Agressões ao meio ambiente

Diante das catástrofes que vem ocorrendo em todo o mundo com o decorrer dos anos é de grande importância ampliar nossos conhecimentos sobre o meio ambiente. Segundo Castro (1976), “estudar o meio ambiente, portanto, não é contemplar a realidade, significa, isto sim, trazer a realidade para dentro de si e assumi-la”. Aceitando os fatos físicos, sociais, políticos e culturais, tendo como objetivo tentar modificar ao invés de aceitar.

De acordo com Oliveira (1993), só defende o seu ambiente aquele que conhece, pois sabe da sua importância para o seu bem estar. O homem só valoriza aquilo que conhece e esse conhecimento se dá principalmente através da educação. Segundo Everett (1975), “a educação é uma força social vital, pois um homem educado compreende o mundo suficientemente bem para enfrentá-lo racionalmente. E, se tais homens existissem em um número satisfatório, forçosamente equacionaria os absurdos do mundo moderno”.

O aumento da população obriga a lavar mais o solo, tanto para fazer novas habitações como para se obter mais alimento. Isto é facilitado pelas técnicas usadas na agricultura. Esta ampliação de zonas lavradas acarreta um problema de erosão e esgotamento de solo.

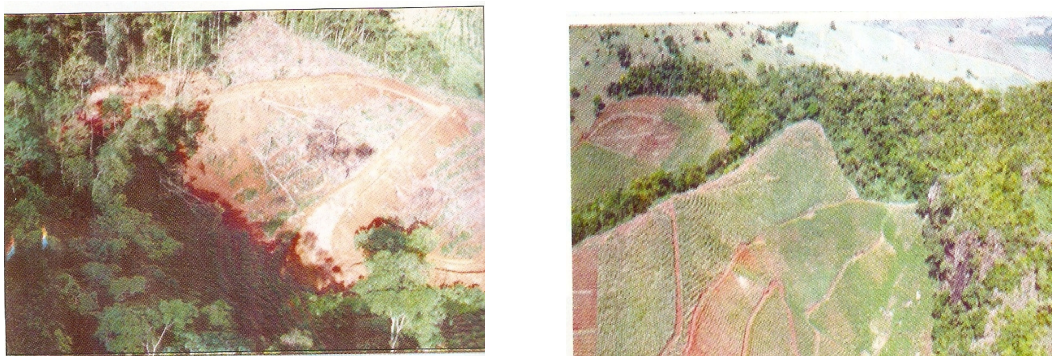
As agressões ao meio ambiente causam danos muitas vezes irreparáveis, como os que aconteceram em Caratinga em 2003. Infelizmente na maioria das vezes a população da zona rural em períodos de plantação não se preocupa em desmatar ou até mesmo quando tem uma área coberta pela vegetação esse espaço se torna a primeira opção para plantio. O desmatamento é um processo que ocorre no mundo todo, resultado do crescimento das atividades produtivas e econômicas e, principalmente, pelo aumento da densidade demográfica em escala mundial, pois isso coloca em risco as regiões compostas por florestas.

Conforme Assis (2001), as agressões praticadas contra a natureza violam direitos do cidadão, afinal, o homem faz parte do meio ambiente. A incorporação desta visão socioambiental, destacando o papel dos cidadãos, aparece manifesta no capítulo VI, artigo 225 da Constituição Federal de 1988:

“Todos têm o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial á sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder Público o dever de defendê-lo e á coletividade de preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.



Figura 18 e 19: são imagens feitas da cidade de Caratinga dias após a tragédia



Fonte: Imagem cedida pelo jornal: Diário de Caratinga

E os resultados podem ser violentos, como os que ocorreram na enchente de 2003, cinco pessoas morreram, centenas ficaram desabrigadas e a cidade ficou parcialmente arrasada pela cheia do rio Caratinga.

Figura 20: imagens de uma carvoaria imagens em atividade.



Fonte: Imagem cedida pelo jornal: Diário de Caratinga

A figura acima são imagens de uma carvoaria em atividade na região de Santa Bárbara do Leste sendo que a cidade está nas proximidades do rio Caratinga. Esse é apenas um exemplo de agressão, mas como essa são feitas outras agressões como desmatamento e queimadas para cultivo na agricultura entre outros. O IEF (Instituto Estadual de Florestas) é o órgão responsável por fiscalizar as agressões ao meio ambiente.

O IEF autoriza determinados tipos de desmatamentos e queimadas, além de autorizar licença, determinar áreas que são protegidas, fiscaliza denúncias de desmatamento e queimadas entre outras funções, por isso o proprietário teve procurar o órgão determinar a área e o motivo pelo qual se pretende desmatar ou queimar, logo após se fazer o pedido um fiscal vai até o local e determina se a área pode ou não ser desmatada e faz as devidas orientações ao proprietário para que não haja nenhum transtorno durante o desmatamento. O que muitas pessoas não sabem é que existe um investimento destinado aos proprietários que tem alguma área a ser preservada, e ao contrário do que pensam, não estão perdendo uma área ao se preservar mas sim ganhando, pois além de contribuir para o não desmatamento do meio ambiente ainda podem receber dinheiro por essa área a ser preservada.

## 5. BARRAGENS E ALTEAMENTO DE BARRAGENS

### 5.1- Conceituação de barragens

Barragens é uma barreira feita durante o curso d'água com a finalidade de não deixar que essa água transborde, ou seja, que ela fique represada em um local delimitado. Segundo Menescal et al (2004, p. 935), barragem é:

[...] qualquer obstrução em um curso permanente ou temporário de água, talvegue, para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou misturas de líquidos e sólidos, compreendendo a estrutura do barramento, suas estruturas associadas e o reservatório formado pela acumulação.

Segundo Douglas Azevedo (2011), as barragens são elementos essenciais e indispensáveis em uma sociedade. Civilizações antigas já dominavam algumas técnicas de armazenagem de água. Desde que o homem deixou de ser nômade para se estabelecer em sociedade, ter fontes de água que atendessem às necessidades foi se tornando cada vez mais importante. Em locais onde não haviam rios perenes, os homens tiveram que encontrar meios para assegurar o abastecimento aos longos períodos de estio e seca

As barragens são feitas para armazenar a maior quantidade de água possível, seja pluvial ou até mesmo fluvial. Quando alteada, se torna mais segura para desempenhar melhor sua função. As finalidades de uma barragem são para abastecimento de água em residências, indústrias, geração de energia elétrica (nas usinas hidroelétricas). Hoje em dia as barragens são muito utilizadas em regiões ribeirinhas, com alto índice pluviométrico, na tentativa de armazenar as águas fluviais, de maneira que não transborde adentrando as residências. As barragens (Fig. 21) são estruturas construídas em vales e destinadas a fechá-los transversalmente, proporcionando, assim um represamento de água. Não se devem confundir barragens com diques. Diques são obras construídas ao longo dos cursos d'água para evitar seu transbordamento para os terrenos marginais baixos.

Figura 21: Água atingiu o vertedouro na barragem da Corsan em Passo Fundo



Fonte: Reprodução/RBS TV)

Com poucas localidades da água escorrer, faz-se necessário encontrar maneiras e técnicas eficientes que possam auxiliar no combate às enchentes. Em localidades onde já existem barragens e as mesmas já não desempenham perfeitamente mais sua função, surgem algumas alternativas que podem ser viáveis como o alteamento dessas barragens.

### 5.1.2 Dados históricos de barragens

ANO	REGISTRO OU OCORRÊNCIA	LOCAL
4800 a.C	Barragens de Sadd-El-katara, altura: 12 m, destruída por transbordamento	Egito
500 a.C	Barragem de terra, altura: 12 a 27 m,	Sri Lanca(antigo Ceilão)

	13.000000 m <sup>3</sup> de materiais	
100 a.C	Barragens romanas em arcos	Norte da Itália e Sul da França
1200 d.C	Barragem Madduk-Masur, altura: 90 m, destruída por transbordamento	Índia
1789	Barragem de Estrechos de Rientes, altura 46m, destruída logo após seu primeiro enchimento	Espanha
Fim do século XIX	Barragem de Fort Peck, altura:76 m, Volume do material 100.000.000 m <sup>3</sup>	EUA
Hoje	Rolos compactados vibratórios. Barragem com membranas, Barragem em terra armada	Brasil, EUA e outros

Segundo Vargas (1977), as primeiras barragens de terra brasileiras foram construídas no Nordeste, no início do século XX, dentro do plano de obras de combate à seca.

A barragem de Curema, erguida na Paraíba em 1938, contava com os novos conhecimentos da Mecânica dos Solos. Somente em 1947, com a barragem do Vigário, atual barragem Terzaghi, no Rio de Janeiro, é que se inaugurou o uso da moderna técnica de projeto e construção de barragens de terra no Brasil. Foi um marco, pois, pela primeira vez,

Terzaghi empregou o filtro vertical ou chaminé como elemento de drenagem interna de barragens de terra. Hoje existem centenas de barragens de terra em operação no país. Hoje, existem centenas de barragens de terra e terra-enrocamento em operação no país. Inclusive de enrocamento com face de concreto, como a barragem de Foz do Areia (PR), com 156 m de altura, a maioria delas projetadas e construídas por brasileiros.

De acordo com Melo (1975), uma barragem deve ser vista como uma unidade ou um todo orgânico no espaço, compreendendo:

- A bacia de represa.
- Os terrenos de fundação, que são como um prolongamento da barragem em superfície.
- As estruturas anexas ou auxiliares (vertedouros, descarregadores de fundo, tomadas d'água, galerias, túneis, casas de força).
- Os instrumentos de auscultação (piezômetros, medidores de recalques), importantes para observação do comportamento da obra.
- As instalações de comunicação e manutenção.

Existem também atividades que devem ser encaradas como indispensáveis ou no mínimo interdependentes:

- O projeto.
- A construção.
- O primeiro enchimento que é o primeiro teste severo a que se submete uma barragem.
- E as vistorias periódicas da barragem em operação, para garantir a sua segurança a longo prazo.

Quando uma barragem é alteada temos que fazer todas as verificações anteriores para garantir sua duração e funcionalidade.

### 5.1.3 Estudos preliminares de uma barragem

O estudo de uma barragem, principalmente de sua fundação, requer as seguintes investigações:

- **Topográficas:** Fazer um levantamento topográfico da região onde deverá ser construída a barragem, delineando-se a sua bacia de acumulação. Nesta fase são úteis as fotografias aéreas, que de maneira inteligente interpretadas fornecem valiosas informações. Por exemplo, o tipo de vegetação constitui uma indicação da natureza do terreno. Vales estreitos revelam a existência de rochas de boa qualidade, uma vista que suas margens são pouco erodíveis. Ao contrário, vales largos e planos denunciam rochas de qualidade inferior, que serão erodíveis. A existência de canais de erosão é característica de solos impermeáveis, enquanto sua ausência é índice de alta permeabilidade.
- **Hidrológicas:** Essas investigações são de suma importância, tanto na construção de barragens como no alteamento das mesmas, pois será conhecido o regime de águas da região.
- **Geológicas:** o conhecimento das condições geológica da região é de suma importância. Segundo Homero Costa (2003) 40% dos acidentes de barragens nos Estados Unidos, são, diretamente ou indiretamente, de ordem geológica. Portanto, o trabalho do engenheiro deverá ser secundado pelo experimento geológico de barragens. As análises geológicas referem-se em particular ao estudo das rochas, com especial atenção quanto aos seus possíveis fendilamentos. Em se tratando da rocha de fundação da barragens cumpre a determinação do seu módulo de elasticidade e a verificação da sua estanqueidade.
- **Geotécnicas:** são investigações mais incisivas do que as geológicas quando se trata de material granular. Para a construção dessas barragens, impõe-se o maior conhecimento possível das propriedades dos materiais da fundação e dos materiais de empréstimo que serão utilizados na sua constituição.

## 5.2 Tipos de barragens

Segundo Faiçal Massad (2010) entende-se por barragem de grande porte qualquer barragem com altura superior a 15 metros, ou com alturas entre 10 e 15 metros e que satisfaça uma das seguintes condições:

- Comprimento de crista igual ou superior a 500 metros.
- Reservatório com volume total superior a 1.000.000 m<sup>3</sup>.
- Vertedouro com capacidade superior a 2.000 m<sup>3</sup>/s.
- Barragens com condições difíceis de fundações.
- Barragem com projeto não convencional.

De acordo com o material empregado em sua construção, as barragens são classificadas em barragens de concreto e barragens de terra que pode também ser chamada de enrocamento.

As barragens de concreto são aquelas construídas com materiais granulares artificiais onde é adicionado em sua fabricação cimento e aditivos químicos. Essas barragens de material aglomerado são construídas de concreto simples ou armado.

As barragens de terras são aquelas construídas com materiais naturais como argilas, siltes e areias ou produzidos artificialmente como britas e enrocamentos de pedras.

As barragens de concreto mais comum são as barragens de concreto por gravidade, em arco-gravidade, abóbodas ou contraforte.

As barragens de gravidade são constituídas por uma parede de concreto que resiste pelo próprio peso à impulsão da água e transmite as solicitações à fundação. Sua estabilidade é assegurada pelo peso próprio. Elas são bem estáveis, pois o peso e largura da base são adequados à resistência da fundação. Em geral, requer fundações em rocha, por capacidade de suporte do terreno. Os principais esforços que atuam numa barragem por gravidade são o peso do concreto, pressão e peso da água no paramento de jusante e montante e sub-pressão. Tais



esforços poderão causar rupturas de tombamento ou de deslizamento, sendo o deslizamento o mais comum. Por resistir todas as forças através de seu peso ela deverá ser maciça com o material construtivo apresentando densidade elevada para suportar tanto peso. De acordo com Faiçal Massad (2010), além do empuxo hidrostático da água, intervém a resultante das subpressões, que atua na barragem, tendendo a instabilizá-la, pois reduz o efeito do peso próprio, que é a força estabilizadora.

As barragens em arco são as que exige grande escavação para atingir a rocha sã e para garantir geometria adequada. Seu formato curvo fará com que as pressões sejam transferidas para as ombreiras. São construídas em vales estreitos ou gargantas. As fundações e ombreiras serão de rocha sólida e bem compacta, pois parte do impulso é transmitido para as ombreiras devido à ação do arco da secção. Em barragens de arco o consumo de concreto é menor do que nas gravidades de mesma altura. Com isso o custo em sua construção será menor. Porém exige pessoal altamente qualificada, em razão de rigor no projeto e no controle da obra. Isso fará com que a vantagem adquirida no volume de concreto, seja desprezada. No local de utilizar soleira para descarregador devido a sua pouca espessura, se utilizado a tulipa, de construção cara, funcionamento hidráulico deficiente e limitada para vazões pequenas. Poderão ser utilizados, como descarregadores, orifícios comandados por comportas.

Segundo (Costa & Lança, 2011) em uma barragem em arco as forças atuantes serão:

- Impulso Horizontal;
- Altura das ondas;
- Forças sísmicas;
- Pressão ascensional.

As barragens de contrafortes são barragens de concreto e possui a altura parecida com as barragens de concreto. A diferença é que ela utilizará contrafortes para atenuar a estrutura. A vantagem na utilização desse tipo de barragem será a economia de concreto. E como desvantagem terá o controle geológico maior.

Temos barragem de concreto estrutural que são constituídas de lajes ou abóbodas múltiplas inclinadas, apoiadas com contrafortes. Em comparação com a barragem de concreto gravidade, requer menor volume de concreto, porém exige mais forma e armação.

A estabilidade da barragem de concreto estrutural, quanto ao deslizamento é favorecida pela inclinação da resultante do empuxo hidrostático, ou seja, existe um efeito benéfico do peso da água que se adiciona ao peso próprio da barragem, garantindo a estabilidade. Esse tipo de obra requer cuidados com as fundações, pois a sua base, em contato com o maciço rochoso, é relativamente pequena, havendo vantagens quanto a subpressões.

A barragem de terra destinada ao armazenamento permanente de água tem que possuir um elevado grau de estanqueidade, ou seja, usando elementos de vedação próprios para esse tipo de barragem.

Estas barragens são construídas, basicamente, com materiais vindo de áreas de empréstimo, selecionadas, que são transportados, lançados e compactados, com equipamentos especiais, com um controle rigoroso no processo de execução. Costa (2011) diz:

(...)a grande vantagem das barragens de terra sobre as outras é que podem ser construídas sobre quase todo tipo de fundação. São relativamente baratas e não exigem pessoal muito especializado.

As barragens de terra são constituídas de solo e possui peso específico menor que o do concreto. Essas barragens funcionam pelo peso do próprio aterro devido ao seu grande volume. Os taludes devem ser compatíveis com a resistência ao cisalhamento do material depois de ser compactado. Possui base larga com a finalidade de distribuir melhor o peso e aumentar a seção de percolação. Podem ter seção homogênea ou zonada, de acordo com a disponibilidade de materiais de construção nas proximidade ao barramento. Nas barragens zonadas há um núcleo de material impermeável e duas zonas externas, em geral construídas com materiais mais permeáveis e mais resistentes aos deslizamentos.

As barragens de material granular são as mais antigas e adaptáveis estruturas de retenção de água. Quando bem projetadas e construídas, pode substituir os outros tipos, em terrenos de fundação menos resistentes. Quanto ao seu custo é influenciada pela existência ou não, a curta distância do local da barragem, de jazidas de materiais disponíveis. Até a escolha

do tipo da seção (homogênea ou zonada) depende da existência de jazidas. As barragens de terras, de material granular podem ser classificadas:

- Segundo método de construção: barragem de terra compactada e barragem construída pelo método hidráulico.
- Com relação ao tipo de seção: barragens homogêneas (em terra ou enrocamento), barragens mistas ou zonadas (podendo ser em terra e enrocamento) e sazoadas

As barragens de terra possuem sistemas de extravasamento bem dimensionados fazendo que ocorram, dessa forma, elevados coeficientes de segurança contra a possibilidade de galgamento. Essas barragens possuem uma desvantagem que é a paralisação de todos os trabalhos em períodos de chuvas. A barragem de terra homogênea é o tipo mais devido ao uso de um único tipo de solo, pelas condições topográficas, com vales muito abertos e da disponibilidade de material terroso no Brasil. Os taludes, a montante e a jusante devem ter inclinações adequadas conforme o tipo de solo. Em sua construção deverá haver um dreno vertical ou inclinado de areia com granulometria adequada ao tipo de solo utilizado, ou por brita confinada em geotextil. Toleram fundações mais deformáveis, podendo construir barragens de terra apoiadas sobre solos moles, como no caso da barragem do rio Verde (Fig. 22), próximo a Curitiba, com 15 metros de altura máxima.

Figura 22: Barragem do rio Verde



Fonte: Petrobrás (2013)

As barragens zonadas são formadas essencialmente por um núcleo de terra impermeável, limitado por zonas permeáveis, que asseguram a estabilidade do conjunto. O número e disposição das zonas variam seguindo perfis os mais diversos.

Ao contrário da barragem de terra homogênea, a sazoadada é composta por solos com diferentes características, utilizando-se o solo disponível com o coeficiente de permeabilidade menor no núcleo central com função vedante, sendo o solo mais permeável ou enrocamento utilizado nos taludes.

Existem ainda barragens zonadas que são constituídas por um talude a montante de material impermeável e um talude a jusante de material permeável com funções estruturais. Para evitar fenômenos de erosão interna ocasionadas por forças de percolação que tendem a arrastar os filtros, utiliza-se um filtro fazendo a fronteira entre o material impermeável e o talude de jusante.

Quanto ao método construtivo, as barragens que utilizam o transporte hidráulico são mais econômicas que as de granulometria, umidade e peso específico.

A figura (23) nos mostra a barragem de Três Marias. Localiza-se no rio São Francisco, Minas Gerais. É uma barragem de seção homogênea, com 70 metros de altura e 2700 metros de comprimento. O volume total de terra é da ordem de 14 milhões de m<sup>3</sup>. A sua fundação consiste de camada de argila vermelha siltosa ou arenosa cobrindo uma formação de arenito de granulação fina. Na margem direita, onde a rocha é altamente decomposta, uma trincheira de vedação foi escavada até a rocha e preenchida com material compactado.

Figura 23: Barragem de Três Marias



Fonte: Cemig.com.br

Quando se quer altear determinada barragem, as ações a serem tomadas são as mesmas de uma construção de uma nova barragem. Como a barragem já existe, não será preciso fazer desvios durante o curso do rio. Porém, como já existe uma estrutura construída, é necessário tomar alguns cuidados, como o de a fundação da barragem suportar o peso da nova barragem. As propensões irão variar de acordo com que a barragem e o nível d'água sejam aumentados. Com isso há um aumento de tensões em sua fundação.

Antes de elevar uma barragem é preciso garantir que os taludes fiquem estáveis e que não haja recalque na fundação. Tudo isso é feito através de análises, antes do projeto, em campo, observando a estrutura como está, analisando o projeto estrutural da barragem, de maneira que o alteamento possa ser executado como planejado.

Em sua dissertação de mestrado, Roberth Apolinar (dezembro, 2005) citou alguns casos de alteamento de barragens, sendo o mais antigo construído em Tansa, na Índia. Foi uma barragem de enrocamento, construída com 36 metros em 1892 e alteada com 3 metros em 1914. Outros casos de alteamento de barragens são:

- Barragem de terra de Iwiny, na Polônia, com 16 metros de altura, alteada com 4 metros e novamente alteada com 3,2 metros, quando houve o colapso da estrutura em 13 de dezembro de 1969.
- Barragem de Raul Leoni em Guri, na Venezuela. Sua altura passou de 58 para 202 metros.
- Barragem de Pactola, Estados Unidos da América, com altura de 67 metros sendo alteada com 6,4 metros.
- Barragens de King Tal, na Jordânia, com altura de 100 metros. No projeto original de alteamento seria com uma altura de 7 metros, porém elevou-se esse valor a 15 metros graças a construção de uma barragem
  - auxiliar.
- Barragem de Al-Wehday, na Jordânia, com 60 metros de altura com alteamento previsto de 40 metros.
- Barragem de Davis Creek, Estados Unidos da América, com 33 metros de altura, alteada com em 7,5 metros.

### **5.3- Métodos de alteamento de barragens**

Dentre os métodos de alteamento de barragens, Apolinar (dezembro, 2005) destacou alguns:

- Alteamento com solo reforçado.
- Alteamento com muros gabiões.
- Alteamento com concreto rolado compactado.

- Alçamento com elemento inflável de borracha.
- Alçamento com muros de parapeito.

### 5.3.1 Alçamento com solo reforçado

O solo reforçado (Fig.24) tem a função de aumentar a resistência do solo por inteiro. Elementos resistentes são introduzidos no solo. Sua execução é feita por camadas, compactando uma parte do solo e colocando elementos resistentes no mesmo, e assim por diante, até atingir a altura esperada. Ao final, o talude recebe um revestimento em sua face com o intuito de evitar problemas futuros, como erosão.

Com esse método de alçamento, as barragens podem ser alteadas de 3 metros a 4,5 metros. Segundo Apolinar (dezembro, 2005), alturas maiores podem ser atingidas com o método de alçamento com solo reforçado. Isso ocorre, para a mesma largura de crista, com a colocação de painéis laterais de revestimentos em concreto ou blocos modulares.

Figura 24: Imagem de solo reforçado



### 5.3.2 Alçamento com muros gabiões

Com a utilização de muro gabião, podemos ter um alçamento superior ao alçamento com solo reforçado. Gabiões são caixas feitas com arame galvanizado preenchidos com blocos de rocha granulometria específica, sendo costurados simultaneamente com arame formando muros flexíveis. Principais características:

- Rápida execução.
- Baixo impacto ambiental, pois os materiais a serem utilizados não são poluentes e podem ser reciclados.
- Não precisa de mão-de-obra especializada.
- Econômico.
- Fácil manutenção.

Como essa estrutura é permeável, coloca-se, entre o solo e o gabião, um geotêxtil, que é um material têxtil usado em contato com o solo, servindo de filtro para prevenir o carreamento das partículas de solo pelo fluxo de água.

Apolinar (dezembro, 2005) destaca como principal desvantagem no uso de gabiões, a possibilidade de corrosão de malhas de aço galvanizado em ambientes ácidos, com PH menor que 6 e o controle de qualidade em sua execução que não é tão rigoroso como em outras estruturas como muros de concreto. A figura abaixo mostra uma barragem sendo alçada com muro gabião.

Figura 25: barragem alçada com muro gabião.



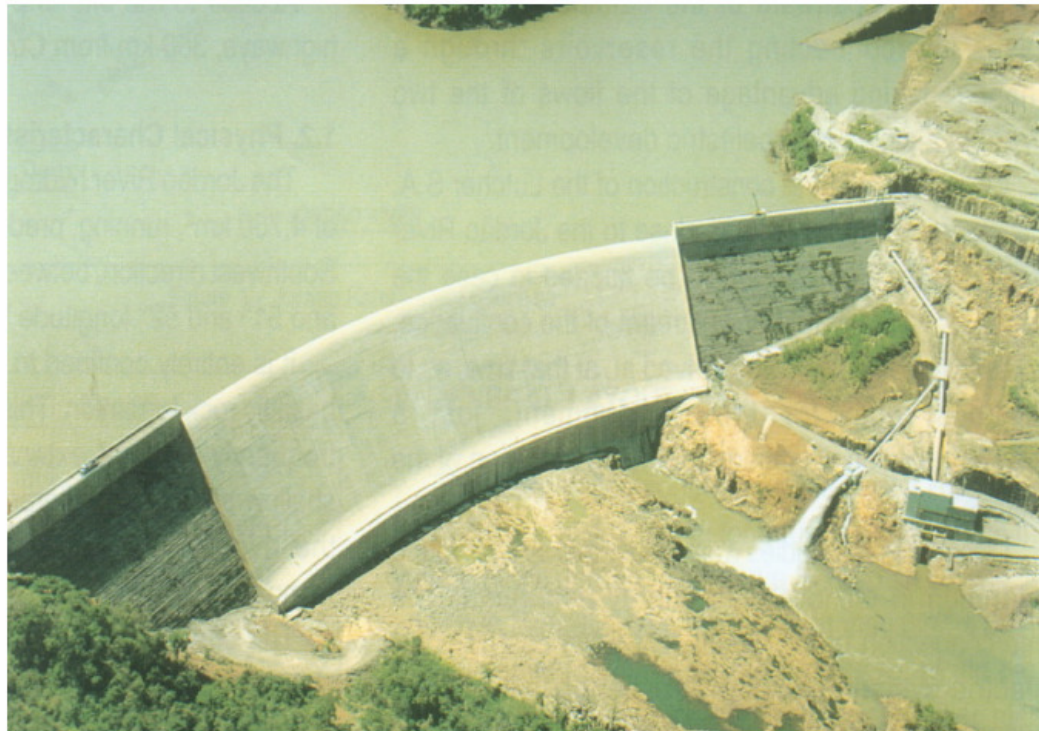
Fonte: [www.gabion.biz](http://www.gabion.biz)



### 5.3.3 Alçamento com concreto rolado e compactado

Com essa opção de alçamento obteremos alturas semelhantes às utilizadas no alçamento com solo reforçado. Em caso dos taludes muito inclinados, o material empregado em sua execução (solo-cimento) proporcionará uma segurança a mais na proteção ao talude. A imagem a seguir(Fig.26) ilustra uma barragem de solo rolado.

Figura 26: Barragem de solo rolado



Fonte: 5º congresso brasileiro de concreto (setembro de 2008)

### 5.3.4 Alçamento com elemento inflável de borracha

Essa tecnologia de alçamento tem sido utilizada a décadas em muitos países, tais como Estados Unidos, Austrália, Japão e França. Porém não é muito conhecido na América do Sul. Tais elementos servirão para escoar a água em excesso que chega ao reservatório durante o período de chuvas, para o controle de vazão. Esse elemento poderá ser inflado com água ou ar. O uso do ar é maior, pois não transmitirá carga para a fundação e sua velocidade

de execução será mais vantajoso do que com o uso de água. Eles apresentam algumas vantagens, tais como:

- Boa permeabilidade.
- Possibilidade no controle de vazão.
- Peso próprio reduzido.
- Poderá entrar em contato com água e esgoto, pois seu material é resistente ao ataque de diversos elementos químicos.
- Baixo custo de manutenção.

Como esses elementos requerem, para seu funcionamento, a utilização de bombas de ar ou água para ser inflado, estará sujeito a maior vulnerabilidade.

A figura abaixo (Fig.27) mostra uma barragem com esse elemento utilizado em seu alteamento.

Figura 27: Alteamento com elemento inflável de borracha



Fonte: Bureau os reclamation 1992

### **5.3.5 Alteamento com muros de parapeito**

Esse método de alteamento é ideal para alteamento de 2 metros a 3,5 metros, construindo sobre ele um muro de parapeito com altura de 1 metro. Também poderá ser construídos muros com altura superior a 1 metro. É importante observar que o muro de

parapeito não deverá interferir no visual da paisagem. As figuras abaixo ilustram esse tipo de alteamento.

Figuras 28 e 29, respectivamente: Alteamento com muros de parapeito convencional.



Fonte: U. S. Army Corps of Engineers, 2004.

## **6. ALTEAMENTO DAS BARRAGENS EM CARATINGA**

### **6.1- Levantamento e análise de dados**

Após as enchentes no ano de 2003 e 2004 foram pensadas várias maneiras no intuito de prevenir as mesmas. Um dos projetos elaborados para tentar solucionar o problema, foi a construção de algumas barragens e o outro seria como uma bacia de contenção, quando chovesse além do previsto a água iria para essa bacia e com o passar do tempo ela iria escoando devagar de formar que o rio não iria transbordar, porém esse projeto da bacia não saiu do papel sendo um dos principais fatores seu custo. Mas o projeto para a construção de pequenas barragens foi elaborado, executado e trouxe grandes benefícios à população. O projeto foi elaborado e executado por Leopoldo Loreto Charmelo, o mesmo nos explicou sobre o processo de contenção de chuva, e como as obras estruturais e não estruturais podem influenciar para se prevenir enchentes.

As obras não estruturais são baseadas, exclusivamente, na orientação e educação ambiental da população, ou seja, a população contribuindo para que o rio possa fluir da forma mais livre possível. Entre elas está, por exemplo, a construção de moradias praticamente dentro do leito do rio, fazendo com que a área do curso diminua e, conseqüentemente, sua vazão. Outro fator é a conscientização da população sobre o lixo jogado no rio que não está sendo feita de maneira adequada.

As obras estruturais são aquelas em que há um engenheiro civil projetando e executando. Como exemplo tem a canalização dos córregos São João, Santa Cruz e Salim, na cidade de Caratinga. O comitê da bacia elaborou um projeto, ha alguns anos, cujo objetivo era canalizar o rio Caratinga e construir uma barragem de contenção de cheias. Porém os gestores não conseguiram a liberação da verba para a obra.

A única obra estrutural que existe na cidade de Caratinga, com o intuito de prevenir as enchentes, são as pequenas barragens construídas as margens do rio. Essas barragens são como “cacimbas”, ou seja, aberturas feitas no solo onde se formam enxurradas evitando assim a erosão do solo. A água decorrente de chuvas, que escoa na superfície é retida nessas pequenas barragens, simulando uma vegetação nativa. Dessa forma a água infiltra e esco

numa menor velocidade, havendo baixo preenchimento dos córregos, menor turbidez da água. Além de que a água que infiltra, ao invés de chegar aos córregos em épocas de cheias, irão chegar em períodos de seca.

Essas pequenas barragens têm função ambiental, social e econômica, sendo de grande importância para o meio ambiente, pois evita a erosão do solo pelo fato de elas terem sido feitas em pontos estratégicos, e como função econômica a água permanece por maior tempo na propriedade dando assim um maior período de utilização dessa água ao produtor e fazendo a sub-irrigação de sua propriedade, além de contribuir para que os produtores permaneçam no campo, possibilitando aos mesmos uma maior fonte de renda. São conjuntos de ações que possibilitaram uma maior aceitação da população ao projeto.

De acordo com Leopoldo ele já recebeu várias solicitações de produtores das cidades de Ubaporanga e Inhapim querendo a construção dessas pequenas barragens em suas propriedades visto que as vantagens da obra são de grande importância e o proprietário só tem benefícios, pois o mesmo não tem gasto nenhum.

Segundo Leopoldo, o projeto foi em parceria com a Fundação Banco do Brasil. O interesse da população nessas barragens foi algo grandioso, havendo a necessidade de fazer uma seleção dos produtores. Há uma estimativa de que essas barragens contribuem com, aproximadamente, 30% para redução das enchentes. Leopoldo nos lembra também que apesar das pequenas barragens terem grande valor e que contribuem significativamente para a prevenção de enchentes elas sozinhas não irão resolver o problema das enchentes, pois tem que haver um conjunto de ações dos gestores e da população para tentar resolver o problema. Por isso não basta a prefeitura fiscalizar construções a margem dos rios se a população continuar jogando lixo nos rios e bueiros, então tem que haver também um trabalho de conscientização de forma que a população perceba que os maiores prejudicados somos nós mesmos.

Foram construídas cerca de 1200 barragens nas proximidades de Caratinga, Santa Rita e Santa Bárbara. As barragens tiveram um custo aproximado de 360 reais cada. São barragens de solo e atende bem sua função, havendo a necessidade apenas de manutenção. Como 500 dessas barragens foram construídas no ano de 2005 e o restante no ano de 2010, não havendo nenhum tipo de manutenção, elas já perderam cerca de 50 a 60% de sua funcionalidade.

## 6.2- Discussão dos resultados

As figuras a seguir foram tiradas durante a construção das pequenas barragens.

Figuras 30, 31 e 32, respectivamente: imagens do período de construção



Fonte: Imagens cedidas por Leopoldo Loreto.

Como visto nas imagens anteriores, a distância aproximada entre as barragens são de 30 metros.

A seguir mostraremos imagens de como as barragens estão no ano de 2013.

Figuras 33 e 34: Imagens atuais das barragens.



Fonte: Imagens tiradas durante a pesquisa.

De acordo com as imagens 31 e 32, percebemos que as barragens necessitam de apenas manutenções e atende bem sua função principal que é reter a água antes que ela se dirija ao rio. Percebemos, ainda, o ganho que os moradores das localidades receberam que é essa retenção da água que fará com que a mesma percole com velocidade reduzida no solo, permanecendo durante muito tempo, então, represada nas propriedades.



## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Como visto as barragens atendem muito bem sua função que é reter a água. Portanto, não será viável o alteamento das mesmas. Como são cerca de 1200 barragens construídas durante o curso do rio, de Santa Bárbara a Caratinga, vemos que se forem construídas mais barragens, uma vez que está sendo previsto a construção de mais 1000, as chances de ocorrer enchentes diminuirá significativamente.

O alteamento seria viável se não houvesse espaço suficiente para a construção de barragens como as existentes. Como essas barragens foram de terra, a economia foi grandiosa, seu alteamento seria antieconômico, pois precisaria de matérias, tais como pedra, entre outros, serem deslocados para a região, acrescentando muito o custo de uma nova obra.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁBACO. In: DICIONÁRIO Michaelis. Disponível em: <www.uol.com.br/michaelis>. Acesso em: 13 agos. 2013.

ASSIS, José Chacon. **Preservação da água: Questão de sobrevivência**. Rio de Janeiro: CREA/RJ. 3 ed., 2001.

BECKER, Maurício Ehrlich leonardo. **Muros e taludes de solo reforçado: projeto e execução**. Oficina de Textos, 2002.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e suas Aplicações**. 6. Ed. Rio de Janeiro: 2003.

CASTRO, Amélia Domingos; CARVALHO, Ana Maria Pessoa de; COLOTTO, Clara Alterman; CRUZ, Edna Chagas; LIMA, Gilda Cesar Nogueira de; CINTRA, Maria Aparecida; PARRA, Nélio; BALZAN, Newton Cesar e outros. Didática para a escola de 1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> grau. 4 ed. São Paulo: Pioneira, 1976.

CHERNICHARO, C. A. de L.; COSTA, A. M. L. M. da . Drenagem Pluvial. In: Manual de Saneamento e Proteção Ambiental Para os Municípios. Vol. 2 – Saneamento. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. p.: 161 – 179.

CHUQUIMUNI, Roberth Apolinar Aguilar. **Análise Numérica do Alçamento de Barragens de Terra**, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, PUC-Rio, 2005

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, 23p.

CRUZ, J.H.P. **Manifestações patológicas de impermeabilizações com o uso de sistema não aderido de mantas asfálticas: avaliação e análise com o auxílio de sistema multimídia**. 2003. 166 f. Dissertação ( Mestrado em Engenharia ) – Programa de Pós - Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

DUARTE, W. C. Avaliação de Reservas, Potencialidade e Disponibilidade de Aquíferos. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco. In: **X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. São Paulo: ABAS, 1998.

EVERETT, Reimer. **A escola está morta: Alternativas em educação**. Tradução de Tony Thompson. Rio de Janeiro. Francisco Alves, 1975.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda, Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa. 3. ed. Curitiba: Positivo, 2004.

GARCEZ, Lucas Nogueira; ALVAREZ, Guillermo Acosta. **Hidrologia**. 2. Ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2011.

GUERRA, A. T. Dicionário geológico-geomorfológico. Rio de Janeiro: IBGE, 1978.

<http://www.prof2000.pt/users/elisabethm/geo8/rio1.htm>. Acesso em 01 out. 2013.

<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/riscos/risco15.html>. Acesso em 01 out. 2013.

<http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/mma10.htm>. Acesso em 01 out. 2013.

<http://www.caratinga.mg.gov.br>. Acesso em 06 de nov.2013.

<http://comites.igam.mg.gov.br/unidades-de-planejamento/1281>. Acesso em 06 de nov.2013.

<http://www.ietec.com.br/curta-duracao/avaliacao-da-seguranca-de-barragens-de-rejeitos-2/>. Acesso em 5 de nov. 2013.

<http://defesacivilcaratingamg.blogspot.com.br/2009/06/fotos-enchente-2003.html>. Acesso em 06 de nov.2013.

<http://asemanaagora.com.br/>. Acesso em 06 de nov.2013.

<http://www.sosma.org.br/>. Acesso em 18 de nov.2013.

Leny Tiemi Onodera, trabalho de conclusão de curso apresentado a Universidade Anhembí no âmbito do curso de Engenharia Civil com ênfase na Ambiental (São Paulo 2005).

MASSAD, Faíçal. **Obras de Terra**. 2. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

MENESCAL, R. A.; MIRANDA, A. N.; PITOMBEIRA, E. S.; PERINI, D.S. As Barragens e as Enchentes. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1., 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004.

OGURA, A.T. **Análise de riscos geológicos em planos preventivos de defesa civil.** In: BITAR, O.Y.( Coord.). **Curso de geologia ao meio ambiente.** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1995. Cap.4.5, p.203-215

OLIVEIRA, Artur Santos Dias. **Reciclando lixo e atitudes. Pra não dizer... Que só falei de lixo.** Rio Grande: Fundação Universidade Rio Grande, 1993.

PINTO, N.S.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F.L.S. Hidrologia Básica. 11. Ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2011.

RODRIGUES, C; ADAMI, S. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. In: VENTURI, L. A. B. (org). **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005, p. 147 a 166.

TORAN, J. Heightening of existing dams including of constructing new dams in successive stages. In: VI CONGRESS ON LARGE DAMS, 6. 1958, Nova York. Anais... Nova York: ICOLD, 1958.

XIMENES, Sergio. **Minidicionário Ediouro da Língua portuguesa.** 2 ed. São Paulo: Ediouro, 2000.

Pessoa entrevistada: Leopoldo Loreto Charmelo: Coordenador Engenharia Ambiental e Sanitária. Imagens cedidas do ano de 2010.