

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA**

MONOGRÁFIA

**IDENTIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS CORRENTES NAS CONSTRUÇÕES
LOCALIZADA EM ÁREAS DE RISCO DA CIDADE DE BRUMADINHO**

**Autor: Walison Luiz da Silva
Orientadora: Abdias Magalhães Gomes
Belo Horizonte**

IDENTIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS CORRENTES NAS CONSTRUÇÕES LOCALIZADA EM ÁREAS DE RISCO DA CIDADE DE BRUMADINHO

Monografia apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), como requisito para obtenção de titulação de Especialista em Construção Civil, sob Orientação do Professor: Abdias Magalhães Gomes

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

*“Do rio que tudo arrasta se diz que é violento. Mas ninguém diz:
violentas as margens que o comprimem...”*

Bertolt Brecht

Sumario

| | |
|---|----|
| 1.0 INTRODUÇÃO | 1 |
| 2.0 OBJETIVOS | 2 |
| 2.1 Objetivo Geral | 2 |
| 2.2 Objetivos Específicos | 2 |
| 3.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 3 |
| 3.1 Processo de Urbanização | 3 |
| 3.2 Impactos do Desenvolvimento Urbano no Ciclo Hidrológico | 3 |
| 3.3 Causas das Inundações Urbanas | 4 |
| 3.4 Tipos de Inundações Urbanas | 5 |
| 3.4.1. Inundações Ribeirinhas | 5 |
| 3.4.2 Inundações Devido à Urbanização ou Drenagem Urbana | 6 |
| 3.4.3 Inundações Lentas ou fluviais | 7 |
| 3.4.4 Inundações rápidas ou inundações por cheias torrenciais | 7 |
| 3.4.5 Inundações por escoamento urbano | 7 |
| 3.4.6 Inundações por remanso da rede de drenagem pluvial | 8 |
| 3.5 Problemas Causados Pelas Inundações Urbanas | 8 |
| 3.6 Aspectos Legais de Drenagem Urbana No Brasil | 8 |
| 3.7 Medidas de Controle de Inundação | 9 |
| 3.7.1 Medidas Não Estruturais..... | 10 |
| 3.7.1.1 Zoneamento das áreas de inundações..... | 10 |
| 3.8 Obras De Terra | 12 |
| 3.8.1 Rocha | 13 |
| 3.8.2 Solos | 13 |
| 3.8.3 Taludes | 14 |
| 3.8.3.1 Tipos de movimentos de taludes | 14 |
| 3.8.4 Problemas Encontrados em Obras de Terra | 14 |
| 3.9 Patologias Comuns em Construções | 16 |
| 3.9.1 Movimentação térmica | 16 |
| 3.9.1.1 Fissuras Horizontais por movimentação térmica da Laje | 17 |
| 3.9.1.2 Fissuras Verticais por movimentação térmica da alvenaria..... | 18 |
| 3.9.2 Movimentação Higroscópica..... | 18 |
| 3.9.3 Trincas devido a retração hidráulica | 18 |
| 3.9.4 Hidratação Retardada de Cales | 19 |
| 3.9.5 Ataque por Sulfato | 19 |
| 3.9.6 Devido a Umidades | 19 |

| | |
|--|----|
| 3.9.7 Devido ao Traço | 19 |
| 3.9.8 Devido a espessura e aplicação | 20 |
| 3.9.9 Devido a Flexão | 20 |
| 4.1 Área de Estudo..... | 20 |
| 4.1.1 Município de Brumadinho..... | 20 |
| 4.1.2 Surgimento da cidade de Brumadinho..... | 21 |
| 4.2 Bacia do Rio Paraopeba | 23 |
| 4.2.1 Contaminação da bacia do Rio Paraopeba | 24 |
| 4.3 Áreas inundáveis em Brumadinho | 26 |
| 4.3.1 Inundações na área central de Brumadinho | 26 |
| 4.3.2 Bairro Santo Antônio..... | 27 |
| 4.3.3 Bairro COHAB..... | 29 |
| 4.3.4 Tipo de construção:..... | 29 |
| 4.3.5 Manifestação Patológica Nas Edificações..... | 31 |
| 4.3.5.1 Defeitos de execução:..... | 31 |
| 4.3.5.2 Defeito devido a umidade:..... | 32 |
| 5.0 Conclusão..... | 38 |
| 6.0 Bibliografía..... | 39 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 3.7.1 Divisão das áreas de possíveis inundações..... | 12 |
| Figura 3.9.1 Fissura Horizontal na Interface entre laje e a parede por movimentação..... | 17 |
| Figura 3.9.2 Fissuras Horizontal com componentes Inclinados..... | 17 |
| Figura 4.1 Localização da Cidade de Brumadinho | 21 |
| Figura 4.2 Igreja do Povoado de Sapé Quilombola | 22 |
| Figura 4.3 Igreja do Distrito de Piedade do Paraopeba..... | 22 |
| Figura 4.4 Bacia do Rio Paraopeba | 23 |
| Figura 4.5 Lançamento de esgoto “in – loco” nas águas do Paraopeba | 24 |
| Figura 4.6 degradação do rio Paraopeba através da exploração clandestina de areia | 25 |
| Figura 4.7 Sedimentos de Minério de Ferro depositados no rio Paraopeba | 25 |
| Figura 4.8 Inundação da área Central de Brumadinho | 26 |
| Figura 4.9 Inundação da área Central de Brumadinho..... | 27 |
| Figura 4.10 Inundação da área Central de Brumadinho..... | 27 |
| Figura 4.11 Inundação No Bairro Santo Antônio | 28 |
| Figura 4.12 Inundação do Bairro Santo Antônio..... | 28 |
| Figura 4.13 Inundação do Bairro COHAB | 29 |
| Figura 4.14 Inundação no Bairro COHAB | 30 |
| Figura 4.15 Inundação de áreas Invasivas no Bairro COHAB | 30 |
| Figura 4.16 Defeitos de Execução paredes sem Prumo, reboco, esquadro | 31 |
| Figura 4.17 Defeitos de Execução paredes | 31 |
| Figura 4.18 Defeito de Execução parede | 32 |
| Figura 4.19 Problemas com umidade | 33 |
| Figura 4.20 Problemas com umidade..... | 33 |
| Figura 4.21 Problemas com umidade | 34 |
| Figura 4.22 Problemas de recalque das fundações | 35 |
| Figura 4.23 Trincas devido a movimentação do solo | 35 |
| Figura 4.24 Trincas devido a Movimentação dos solos | 36 |
| Figura 4.25 Problemas com desmoronamento de taludes..... | 36 |
| Figura 4.26 Problemas com desmoronamento de talude..... | 37 |
| Figura 4.27 Problemas desmoronamento de Taludes | 37 |

1.0 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização desordenado que as cidades brasileiras sofreram nas últimas décadas, geraram inúmeros problemas de infraestrutura urbana dentre os quais destacam a impermeabilização do solo, o desmatamento, as ocupações junto às margens dos rios, em áreas de fundos de vales, encostas, em planícies aluviais, com isto, ocorreu uma grande alteração no ciclo hidrológico afetando drasticamente as bacias hidrográficas.

Essas alterações na bacia hidrográfica favorecem o escoamento superficial, caso as cidades não possuam um sistema de drenagem adequado, pode ocorrer às perigosas enchentes urbanas, que causam danos não só ao ambiente físico, mas principalmente à população.

Nas inundações urbanas, muitas pessoas ficam desabrigadas, privadas de uma alimentação adequada, água potável, roupas ou até medicamentos essenciais para a sua sobrevivência, são expostas às condições e situações precárias, propícias à propagação de enfermidades, esta situação piora quando existem grandes concentrações populacionais e más condições sanitárias.

Ao observarmos os noticiários nacionais, reportando os acontecimentos da estação chuvosa de 2011 e início de 2012, podemos perceber a fragilidade que se encontra o Poder Público brasileiro em relação aos fenômenos meteorológicos, sendo que na maioria das vezes, este poder transfere para o cidadão comum à responsabilidade de resolução deste problema.

O mau planejamento urbano provoca problemas hidráulicos e hidrológicos locais, mas também, em todas as regiões a jusante, resultando em problemas que se referem não somente às inundações, como também à poluição, ao clima e aos recursos hídricos de uma maneira geral.

Os problemas climáticos embora se constituam em impactos de pequena escala que se processam de forma lenta, podem, em longo prazo, alterar significativamente o balanço hídrico que, por sua vez, pode reduzir as vazões mínimas e, conseqüentemente, alterar a qualidade das águas pluviais.

Entretanto, os problemas decorrentes do processo de urbanização em uma bacia não são apenas de origem hidrológica. Os impactos não hidrológicos mais importantes que ocorrem à drenagem urbana no Brasil são provenientes da ocupação do solo, do comportamento político-administrativo, do comportamento social e cultural da sociedade.

O crescimento urbano exige que a capacidade dos condutos seja ampliada, o que aumenta os custos e acirra a disputa por recursos financeiros entre os diversos setores da administração pública, fazendo com que prevaleça, quase sempre, a tendência viciosa de se atuar corretivamente em pontos isolados da bacia, sendo que, a escolha desses locais é freqüentemente desprovida de quaisquer critérios técnicos. A drenagem secundária é, então, sobrecarregada pelo aumento da vazão, fazendo com que ocorram impactos maiores na macrodrenagem. A isso, soma-se o fato de que,

invariavelmente, as políticas corretivas de médio e longo prazo são deixadas para o segundo plano, devido ao populismo imediatista frente aos propósitos eleitorais periódicos, a cada quatro anos.

De acordo com essas constatações, torna-se cada vez mais evidente, a necessidade de um planejamento que incorpore tanto técnicas de controle de enchentes, quanto à eficiência de medidas de convivência, analisando além dos aspectos técnicos, relacionados ao desempenho hidráulico de medidas para o controle de inundações, mas também, as interfaces dos problemas relativos aos aspectos sociais, ambientais, financeiros e de saúde pública, juntamente com os aspectos hidrológicos e hidráulicos.

Neste contexto, a cidade de Brumadinho não foge a regra, com a proximidade com a cidade de Belo Horizonte, a população urbana de Brumadinho vem crescendo consideravelmente, além disto, Brumadinho recebe nos finais de semana uma quantidade expressiva de turistas. A área urbana de Brumadinho foi construída no leito maior do rio Paraopeba e seus afluentes, com isto quase todos os anos a população de Brumadinho sofre com problemas de inundações, sendo as mesmas agravadas pela ineficiência do plano diretor da cidade e do processo de urbanização desordenado.

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem como objetivo identificar e analisar os problemas patológicos das construções em áreas de riscos de inundação e desmoronamento na cidade de Brumadinho.

2.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral foram definidos como objetivos específicos a serem alcançados no final da monografia.

- Fazer uma revisão bibliográfica, sobre Patologia das edificações, Encostas e Taludes, Técnicas de Drenagem e inundações.
- Caracterização da cidade de Brumadinho.
- Localização e discussão dos principais problemas Patológicos na área urbana de Brumadinho.

3.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão Bibliográfica apresentada a seguir, busca fornecer um maior embasamento teórico na área de inundações e drenagem de águas pluviais e fluviais, desmoronamento de encostas para que sejam levantadas as considerações e os estudos sobre o problema de inundações na cidade de Brumadinho.

3.1 Processo de Urbanização

Segundo Tucci (2005) O homem sempre procurou se localizar perto dos rios para usá-lo como transporte, obter água para seu consumo e até mesmo dispor seus dejetos.

A maioria das cidades desenvolveram-se as margens dos rios ou no litoral, com o passar do tempo, os moradores observaram que era mais seguro construir as suas casas nas zonas mais altas, aonde o rio dificilmente chegaria.

Com o crescimento desordenado e acelerado das cidades, principalmente na segunda metade do século passado, as áreas de risco considerável, como as várzeas inundáveis, passaram a ser ocupada.

Segundo Spirn (1995 apud Santos 2007), os ambientes naturais de uma cidade e sua forma urbana, tomados em conjunto, compreendem um registro da interação entre os processos naturais e os propósitos humanos através dos tempos.

De acordo com Tucci (2005), o modelo de desenvolvimento adotado pelas cidades brasileiras, tem produzido um aumento caótico na frequência das inundações, na produção de sedimentos que levam ao assoreamento dos condutos e canais e na deterioração da qualidade da água. Estas alterações provocam maior volume de água pluvial escoada, gerando um dos maiores problemas hidrológico, social e econômico, a ocorrência das enchentes.

3.2 Impactos do Desenvolvimento Urbano no Ciclo Hidrológico

Segundo Tucci (2005) desenvolvimento urbano provoca as seguintes alterações no ciclo hidrológico: aumenta o escoamento superficial devido à impermeabilização do solo, diminuição do tempo de escoamento devido à construção de condutos pluviais, causando assim a diminuição do nível do lençol freático e redução da evapotranspiração.

A impermeabilização da superfície, além de aumentar o volume do escoamento superficial também faz com que a recarga subterrânea, já reduzida pelo aumento no consumo de água pela população diminua ainda mais, restringindo as vazões básicas a níveis que podem chegar a comprometer a qualidade da água pluvial.

Como foi visto o desenvolvimento urbano, quando proveniente de atos desorganizados, sem um estudo prévio, pode produzir grandes problemas que agravam as inundações.

Dessa maneira, compreendendo a dinâmica das inundações e enchentes, relativo ao processo de ocupação do solo urbano, é necessário à elaboração de metas para prevenção e soluções desse problema que afeta grande parte da população urbana, resultando em uma perda da qualidade de vida e gerando grandes impactos socioambientais.

Nota-se, que grande parte destes problemas é de características não hidrológicas, e origina-se em sua totalidade, nos problemas sociais brasileiros, conseqüência dos interesses políticos locais e em última instância, da estrutura organizacional macroeconômica do país.

No entanto, cabe ao engenheiro, propor soluções técnicas a esses problemas de origem alheia à engenharia, mesmo em condições adversas, de difícil solução, a curto e médio prazo.

3.3 Causas das Inundações Urbanas

Segundo Tucci (2005), “as inundações só ocorrem quando a água dos rios, riachos e galerias pluviais sai do leito de escoamento devido à falta de capacidade de transporte de um deste sistema e ocupam áreas onde a população utiliza para moradia, transporte, recreação, comércio, indústria entre outros”. Segundo o mesmo autor, uma enchente só causa inundação quando o volume de água é maior e transborda do canal existindo duas causas para a inundação:

Quantidade excessiva de chuva, de forma que o canal do rio não suporta a vazão da enchente.

Existência de qualquer obstrução que impeça a passagem da vazão da enchente, a jusante da área inundada.

Segundo Villela; Matos, (1975 apud Santos 2007), uma das causas das enchentes e possivelmente de inundações, é a própria construção de obras, que tem por finalidade combater estes efeitos em certa área.

Sendo assim, podemos dizer que uma galeria de águas pluviais, um bueiro ou o melhoramento em um trecho de um canal, pode apenas transportar para a jusante, provavelmente em áreas menos valorizadas, o volume de água devido a enchentes.

Segundo Campana (1995), as inundações podem ocorrer principalmente pelos projetos de drenagem urbana inadequados, que procuram escoar a água precipitada o mais rápido possível, transportando para a jusante o problema de inundação.

Tucci (2005), afirma que enchentes em áreas urbanas são causadas por dois processos, que ocorrem isoladamente ou integrados.

- Enchentes pela urbanização: Ocorre devido à ocupação do solo com superfícies impermeáveis e redes de condutores de escoamento. O desenvolvimento urbano ainda pode produzir obstruções ao escoamento, como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento;
- Enchentes naturais em áreas ribeirinhas: essa enchente ocorre principalmente pelo processo natural no qual o rio ocupa o seu leito maior, em média, com o tempo de retorno de dois anos;

As conseqüências dessas atividades são a ocorrência, cada vez mais freqüentes de transbordamentos dos cursos de água, e assoreamento dos rios distribuídos ao longo de toda a bacia.

Os resultados das inundações urbanas vão desde a ocorrência de pequenas perdas materiais, interrupção no tráfego, até a perda de vidas humanas.

3.4 Tipos de Inundações Urbanas

O problema gerado pela inundação de áreas urbanas é tão antigo quanto às primeiras cidades. Após a implantação de uma cidade, o percurso do escoamento superficial passa a ser determinado pelo traçado das ruas, modificando o comportamento quantitativo e qualitativo do escoamento das águas.

Além disto, com a urbanização ocorre uma diminuição considerável da infiltração das águas no solo e uma modificação na topografia do terreno, potencializando assim a quantidade de água escoada superficialmente.

Segundo Tucci (2005), as enchentes em áreas urbanas são conseqüências de dois processos, que ocorrem isoladamente ou de forma integrada.

3.4.1. Inundações Ribeirinhas

Os rios geralmente possuem dois leitos pelo qual são escoadas as suas águas:

- O leito menor que corresponde à seção de escoamento em regime de estiagem, ou de níveis médios.
- O leito maior onde as águas ocupam em períodos de intensa precipitação atmosférica, ocasionando as enchentes.

A ocupação da área que corresponde ao leito maior do rio, por ocasião das cheias, gera grandes danos aos ocupantes dessas áreas, as causas principais deste tipo de inundações são:

- O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental, da maioria das cidades brasileiras, não possui nenhuma restrição quanto ao loteamento de áreas com risco de inundação.
- A seqüência de anos sem inundações é razão suficiente para que empresários façam loteamentos em áreas com risco de inundação.
- Invasões ou doações de áreas que pertencem ao poder público, para a população.
- Ocupação de áreas de médio risco, que são atingidas com freqüência menor, mas que quando o são, provocam prejuízos significativos.

Os problemas originados através da inundação ribeirinha dependem do grau de ocupação do leito maior do rio pela população e da freqüência com a qual ocorrem as inundações.

No Brasil a população de maior poder aquisitivo tende a habitar os locais mais seguros, deixando os lugares mais baixos, mais propícios a inundações, para a população com menor poder aquisitivo.

As áreas desocupadas devido ao risco de inundações, normalmente, sofrem considerável pressão para serem ocupadas. A ocupação das áreas urbanas impróprias pode ser evitada, através do planejamento e definição do uso dos solos das planícies.

3.4.2 Inundações Devido à Urbanização ou Drenagem Urbana

Segundo Tucci (2005), na medida em que a urbanização impermeabiliza o solo e acelera o escoamento através de condutos e canais, a quantidade de água que chega ao mesmo tempo no sistema de drenagem aumenta, produzindo inundações mais freqüentes do que as que existiam, quando a superfície era permeável e o escoamento se dava naturalmente.

O processo de urbanização faz alterações substanciais no escoamento superficial de uma bacia e, isto, produz maiores picos e vazões do que quando a bacia era natural.

No início da implantação de uma cidade, o desmatamento pode causar um aumento dos picos e volumes e, conseqüentemente, da erosão do solo, após este impacto inicial, se o desenvolvimento urbano ocorrer de forma desordenada, acontecerá um agravamento da situação, porque as principais atividades desenvolvidas, em uma área urbana potencializam as causas de enchentes:

- A coleta de esgoto deficiente além de degradar a qualidade da água e possibilitar a veiculação de moléstias, contribui também para aumentar a possibilidade de ocorrência de inundações.

- Uma coleta de lixo ineficiente, somada a um comportamento social inadequado dos cidadãos, acaba por entupir bueiros e galerias e deteriorar ainda mais a qualidade da água.
- A estes problemas soma-se também, a ocupação indisciplinada das várzeas, aumentando os custos gerais de utilidade pública e causando maiores prejuízos.

Outra classificação das inundações esta definida em (Garry et al. e Dégardin e Gaide 1999 apud Milograma 2009) como se segue abaixo:

3.4.3 Inundações Lentas ou fluviais

Ocorrem quando há a elevação lenta das águas das cheias devido a longos períodos de chuvas em locais de relevo plano. Aparecem, varias horas após a chuva e se propagam lentamente em direção à jusante de grandes bacias hidrográficas.

Essas inundações acontecem em regiões planas e podem ser prevista facilmente devido ao grande intervalo de tempo entre a precipitação e a cheia, principalmente se houver instalado um sistema de alerta na bacia, possibilitando assim, a eventual desocupação da área.

3.4.4 Inundações rápidas ou inundações por cheias torrenciais

Esse tipo de inundação corresponde às cheias nas quais o tempo de concentração das águas é, normalmente, inferior a 12 horas.

Elas se formam em bacias hidrográficas acidentadas, mas também em planaltos. A rapidez com que ocorrem essas cheias impede, de maneira geral, a eficiência de sistemas de alerta para evacuação da população ameaçada.

A altura de submersão, a velocidade do escoamento, a razão de subida das águas da ordem de centímetros por hora e o transporte de materiais que tornam as ondas das cheias mais destrutivas, representam fatores agravantes desse tipo de inundação, elevando os riscos e perigos à vida das pessoas juntamente com seus bens.

3.4.5 Inundações por escoamento urbano

Esse tipo de inundação ocorre quando a rede de drenagem não é suficiente para evacuar as águas pluviais.

As inundações por escoamento urbano são conseqüências da grande concentração de obras e da impermeabilização do solo em meio urbano, que causam o aumento do volume e da velocidade do escoamento na superfície, a introdução de redes de condutos enterrados e cobertos para a

condução das águas pluviais geradas na superfície, e a capacidade limitada dessas redes em conduzir os volumes gerados pelo escoamento.

Essas inundações ocorrem, geralmente, em bacias hidrográficas de pequena área (menos de 10 km²) e cujos eixos drenantes, são muito curtos (menos de 5 km²).

Os tempos de propagação das cheias são reduzidos e os transbordamentos ocorrem muito rapidamente.

A possibilidade de ultrapassar a capacidade de escoamento da rede e obstruções à entrada da água nos dispositivos de coleta são fatores agravantes desse tipo de inundação. O curto intervalo de tempo em que ocorrem esses eventos impossibilita a adoção de um sistema eficaz de advertência da população.

3.4.6 Inundações por remanso da rede de drenagem pluvial

Os alagamentos intensos de uma zona urbana podem ser absorvidos pela rede de drenagem local, mas, a jusante, o volume escoado pode ultrapassar a capacidade de escoamento desses condutos, de modo que os mesmos expulsam o volume excedente pelos orifícios existentes no subsolo e na superfície, ou ainda por vasos sanitários e demais componentes da rede de esgotamento sanitário.

3.5 Problemas Causados Pelas Inundações Urbanas

De acordo com FERRAZ (1996) as inundações são grandes causadoras de danos econômicos e sociais de grande proporção. Podendo gerar perdas de imóveis, automóveis, diminuição na produção devido à paralisação das atividades industriais e comerciais.

3.6 Aspectos Legais de Drenagem Urbana No Brasil

De acordo com Tucci (2002 apud Silva 2007) “o aparato legal que envolve a drenagem urbana e as inundações ribeirinhas, está relacionado com as legislações de recursos hídricos, uso do solo e licenciamento ambiental”.

No Brasil, é obrigatório que todos os municípios com mais de vinte mil habitantes implante o seu Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, no qual está incluída a parte de Drenagem urbana, sendo que vários municípios brasileiros já possuem um PDDU eficiente.

Segundo Tucci 2005 “o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU), deve prever a minimização do impacto ambiental devido ao escoamento pluvial, a sua regulamentação deve

contemplar o planejamento das áreas a serem desenvolvidas e a demarcação das áreas atualmente loteadas”.

É altamente recomendável que um plano diretor de drenagem urbana, evite medidas locais de caráter restritivo (que freqüentemente deslocam o problema para outros locais, chegando mesmo a agravar as inundações a jusante), através de um estudo da bacia hidrográfica como um todo no que diz respeito às normas e aos critérios de projeto adotados, deve-se considerar a bacia homogênea, através do estabelecimento de período de retorno uniforme.

O plano diretor deve possibilitar a identificação das áreas a serem preservadas e a seleção das que possam ser adquiridas pelo poder público antes que sejam ocupadas, loteadas ou que seus preços se elevem e tornem a aquisição proibitiva.

É também fundamental a elaboração do zoneamento da várzea de inundação e o estabelecimento de um escalonamento cronológico e espacial da implantação das medidas necessárias, de forma tecnicamente correta e de acordo com os recursos disponíveis.

O plano de drenagem deve ser articulado com as outras atividades urbanas (abastecimento de água e de esgoto, transporte público, planos viários, instalações elétricas, etc.) de forma a possibilitar o desenvolvimento da forma mais harmônica possível.

Outro fator importante que deve constar no plano é às campanhas educativas que visem a informar a população sobre a natureza e a origem dos problemas das enchentes, sua magnitude e conseqüências.

É essencial, o esclarecimento da comunidade sobre as formas de solução existentes e os motivos da escolha das soluções propostas. A solicitação de recursos deve ser respaldada técnica e politicamente, dando sempre preferência à adoção de medidas preventivas de maior alcance social e menor custo.

3.7 Medidas de Controle de Inundação

Segundo Tucci (2005), As medidas para o controle da inundação podem ser do tipo estrutural e não estrutural.

As medidas estruturais são aquelas que modificam o sistema fluvial através de obras na bacia (medidas extensivas) ou no rio (medidas intensivas) para evitar o extravasamento do escoamento para o leito maior decorrentes das enchentes.

As medidas não estruturais são aquelas em que os prejuízos são reduzidos pela melhor convivência da população com as enchentes, através de medidas preventivas como o alerta de inundação, zoneamento das áreas de risco, seguro contra inundações, e medidas de proteção individual.

Infelizmente não é possível controlar totalmente as inundações, as medidas têm como objetivo minimizar as suas conseqüências.

Quanto maior for à integração das medidas estruturais e não estruturais dentro de uma bacia hidrográfica, maior a eficiência do controle de inundação.

Outro fator importante no controle de enchentes é a utilização de técnicas de engenharia junto com medidas de cunho social, econômico e cultural, com o objetivo de informar e capacitar o cidadão da sua importância diante do problema de inundações urbanas.

3.7.1 Medidas Não Estruturais

Segundo Tucci (2005) “As medidas não estruturais não são projetadas para dar uma proteção completa, pois para isto seria necessário um projeto levando em conta a maior cheia possível, na maioria dos casos isto é economicamente e fisicamente impossível”. Mas estas medidas conseguem reduzir bastantes os problemas de inundações urbanas. Dentre as medidas não estruturais, podemos citar:

3.7.1.1 Zoneamento das áreas de inundações

O zoneamento é a delimitação de áreas associadas a enchentes com diferentes períodos de retorno. A determinação dos limites destas áreas, no entanto, é função do grau de risco que se assume, como aceitável em cada uma delas.

Segundo Tucci (2005), o zoneamento pode ser feito em três faixas decrescentes de riscos, sendo elas: zona de passagem da enchente, zona com restrições e zona de baixo risco.

A zona de passagem das enchentes: funciona hidraulicamente permitindo o escoamento das águas, qualquer construção nesta área reduzirá o escoamento, elevando os níveis à montante da mesma, e por isto, tem alto risco de inundação. Portanto, deveria ser proibido qualquer tipo de construção nestas áreas.

No entanto, em muitos casos, essas áreas já se encontram ocupadas, principalmente, por populações de baixa renda, através de invasões. O que se pode fazer é um remanejamento destas populações para áreas mais seguras, devendo-se também garantir uma forma de não ocupação das áreas ribeirinhas.

A área ribeirinha poderia ter seu uso destinado para a agricultura ou qualquer tipo de obra que não produza obstrução ao escoamento como: estacionamento, campo de esportes, parques, áreas de preservação ambiental, vias de transportes que possam ser fechadas temporariamente, construções com estruturas abertas para suportar as inundações.

Na zona com restrições que ficam inundáveis, porém, devido às pequenas profundidades e baixas velocidades não contribuem muito para a drenagem das enchentes. Nestas áreas, seriam permitidas construções que levem em consideração a possível ocorrência de enchentes, como:

- a) Parques e atividades recreativas ou esportivas cuja manutenção, após cada cheia, seja simples e de baixo custo, atividades que uma simples limpeza é suficiente para colocá-las em condições de utilização, em curto espaço de tempo.
- b) Habitação com mais de um piso, onde o piso superior ficará situado, no mínimo, no nível do limite da enchente e estruturalmente protegida contra enchentes.
- c) Industrial, comercial, como áreas de carregamento, estacionamento, áreas de armazenamento de equipamentos ou maquinaria facilmente removível ou que não estejam sujeitos a danos da cheia.
- d) Uso agrícola.
- e) Serviços básicos: linhas de transmissão, estradas e pontes, desde que corretamente projetados.
- f) Áreas de armazenamento de equipamentos ou maquinaria facilmente removível ou que não estejam sujeitos a danos de cheia. Neste caso, não deve ser permitido armazenamento de artigos perecíveis e principalmente tóxicos.

Zona de baixo risco: Esta zona possui pequena probabilidade de ocorrência de inundações, sendo atingida em anos excepcionais por pequenas lâminas de água e baixas velocidades.

A definição dessa área é útil para informar a população sobre a grandeza do risco a que está sujeita, mas não é necessário regulamentação e sim orientar a população como proceder no caso de uma enchente.

Como toda ação de caráter restritivo, o zoneamento de áreas inundáveis só se torna efetivamente útil quando acompanhado de uma fiscalização.

Na figura 3.8.1 está esquematizado as áreas associadas a enchentes e o alcance que as águas podem atingir nas mesmas.

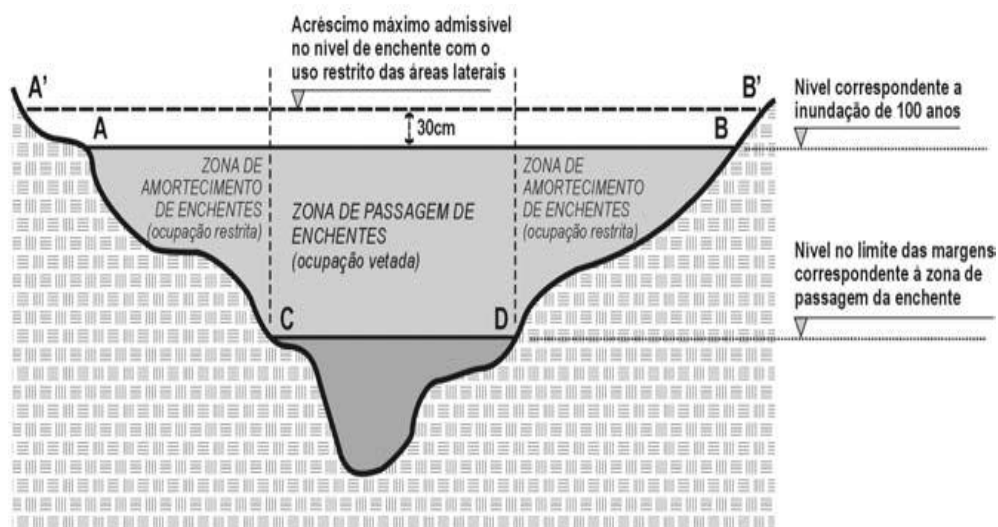


Figura 3.7.1 Divisão das áreas de possíveis inundações retirada de Fonte (Manual de Gestão de inundações urbanas).

Segundo Tucci (2005) “o zoneamento determina quais áreas pode ser ocupadas, enquanto que o planejamento do uso e ocupação determina como essas áreas devem ser ocupadas”.

Uma das principais preocupações é com a impermeabilização do solo, um percentual mínimo de área permeável deve ser mantido para proporcionar a infiltração e dificultar o escoamento superficial.

Para implantar um planejamento do uso e ocupação do solo são necessárias algumas medidas como:

- Fiscalização intensa;
- Educação Ambiental;
- Sistema de coleta de lixo adequado;
- Sistema eficiente de manutenção de obras de drenagem;
- Participação da sociedade;
- Sistema de Alerta (previsão de eventos hidrológicos críticos);
- Plano de Ações Civas para minimizar os impactos das inundações (defesa civil, polícia, trânsito, serviço social, abrigos, hospitais, engenharia, etc.).
- Medidas que desviam o escoamento, as obras como canais de desvios.

3.8 Obras De Terra

Como todo material de construção, o solo está sujeito a carregamentos, deformação elástica e plástica, dessa forma, o estudo do solo constitui-se no fator mais importante para a compreensão do comportamento das construções erguidas sobre ele.

3.8.1 Rocha

Segundo CAPUTO, 1988 Rochas são materiais naturais consolidados, duros e compactos, da crosta terrestre ou litosfera.

Para os fragmentos isolados reservam-se as denominações bloco de rocha quando com diâmetro médio superior a 1m, matacão quando entre 1m e 25cm e pedra entre 25cm e 76mm.

Quanto à sua formação as rochas podem ser classificadas em:

- a. *Rochas Magmáticas* – Se originam do resfriamento e consolidação de material fundido ou “magma”. Podem se intrusivas quando se formam a grandes profundidades, ou extrusivas quando se formam na superfície através do resfriamento de “lava”.
- b. *Rochas Sedimentares* – São aquelas que se formam pela deposição de detritos oriundos da desagregação de rochas preexistentes.
- c. *Rochas Metamórficas* – São aquelas que se forma através da transformação ou metamorfismo das rochas magmáticas ou sedimentares.

3.8.2 Solos

Segundo CAPUTO, 1988 Os solos são materiais resultantes da decomposição das rochas que compõem a crosta terrestre, através da atuação de agentes físicos e químicos.

Devido à decomposição das rochas os solos possuem uma diversidade no tamanho das suas partículas, sendo que alguns solos possuem grãos perceptíveis a olho nu, como os grãos de pedregulho ou a areia do mar, e outros possuem os grãos tão finos, que quando molhados se transforma em uma pasta, não podendo se visualizar as partículas individualmente (PINTO 2002)

Abaixo a principal classificação dos solos brasileiros:

- a) **Solos residuais** são aqueles que se originam da decomposição das rochas que se encontram no próprio local em que se formaram;
- b) **Solos transportados** são aqueles que foram levados ao seu atual local por algum agente de transporte;
- c) Solos orgânicos são aqueles que contem uma quantidade considerável de matéria orgânica, decorrente de decomposição de origem vegetal ou animal.
- d) **Solos lateríticos** possuem sua fração de argila constituída predominantemente de minerais cauliníticos e apresentam elevada concentração de ferro e alumínio na forma de oxido e hidróxido, donde sua peculiar coloração avermelhada. Estes tipos de solos apresentam

geralmente na natureza não saturados com índice de vazios elevado, por isto possui pequena capacidade de suporte. Quando compactados, entretanto sua capacidade de suporte é elevada, sendo por isto muito empregado em obras de pavimentação e aterro. (PINTO,2002,p.62).

3.8.3 Taludes

Talude compreende-se quaisquer superfícies inclinadas que limitam um maciço de terra, de rocha ou de terra e rocha. Podem ser naturais, casos das encostas, ou artificiais, como os taludes de cortes e aterros. (CAPUTO, 1988).

3.8.3.1 Tipos de movimentos de taludes

- a) **Desprendimento de terra ou rocha** – é uma porção de um maciço terroso ou de fragmentos de rocha que se destaca do resto do maciço, caindo livre e rapidamente, acumulando-se onde estaciona.
- b) **Escorregamento** – deslocamento rápido de uma massa de solo ou de rocha que, rompendo-se do maciço, desliza para baixo e para o lado, ao longo de uma superfície de deslizamento.
- c) **Rastejo** – deslocamento lento e contínuo de camadas superficiais sobre camadas mais profundas, com ou sem limite definido entre a massa de terreno que se desloca e a que permanece estacionária. A velocidade de rastejo é de cerca de 30 cm por decênio, enquanto que a velocidade média de avanço de um escorregamento é da ordem de 30 cm por hora.

3.8.4 Problemas Encontrados em Obras de Terra

Segundo MARCELLI 2010, a maioria das obras de pequeno e médio porte é executada sem nenhum detalhamento dos procedimentos de cortes e aterros, e os principais problemas decorrentes disto são:

- a) **Aterro Sobre Solo Mole:** Os aterros sobre uma camada de solo mole, apresentam elevadas deformações quando submetidas a um acréscimo significativo de peso, para evitar este problema podemos fazer a troca do material mole quando a sua espessura for pequena. Se a espessura for elevada temos que pensar em outra forma de executar o aterro, pois com o tempo caso este material não seja removido, ele irá adensar de forma irregular, comprometendo assim tudo que estiver sobre o aterro.

- b) **Aterro sobre solo inclinado:** é necessário remover toda a camada de solo vegetal existente, inclusive as raízes mais profundas, e se executem degraus de tal forma que seja possível à execução do aterro em camadas horizontais devidamente compactadas;
- c) **Aterro com solo impróprio:** Um solo para ser utilizado como aterro precisa reunir determinadas condições granulométricas e de umidade, e nesse sentido são necessários alguns ensaios específicos de laboratórios, nas obras de pequeno e médio porte esse procedimento é economicamente inviável e desnecessário, desde que se conte com a participação de um engenheiro especializado em mecânica dos solos, que poderá fazer uma análise das condições locais e definir os procedimentos mínimos adequados para se executar a obra de corte e aterro.

Na maioria das vezes o solo utilizado no aterro é o solo extraído da zona de corte, seja ele qual for, correndo o risco de se empregar argilas moles que não aceitam compactação e se comportam como um “colchão de água”, formando os famosos “aterros borrachudos”, Ou solos arenosos que devem ser compactados com equipamentos vibratórios.

- d) **Aterros executados em camadas com espessura elevada:** Acredita-se que é possível conseguir uma compactação adequada apenas compactando a última camada, o que se consegue é adensar apenas os 20 ou 30 cm superficiais, ficando as camadas inferiores fofas e prontas para recalcarem ao longo do tempo.
- e) **Aterro Mal Compactado:** quando desejamos executar um aterro com controle de qualidade, é necessário que o engenheiro da obra tenha pleno conhecimento do tipo de solo existente na jazida, sendo essencial conhecer a granulometria, a umidade ótima e a densidade aparente máxima. Caso não sejam observadas todas as recomendações técnicas necessárias, corremos o risco de não ter um aterro compactado adequadamente.
- f) **Inclinação Inadequada dos Taludes:** É necessário conhecer a característica dos solos para que possa definir o ângulo mais adequado de inclinação do talude. Essa inclinação varia também em função de ser um talude de corte ou aterro
- g) **Aterro com presença de dutos hidráulicos:** As tubulações de água e esgoto sempre estão sujeitos a vazamento e quando isto ocorre, podemos ter um deslizamento de terra se o problema não for corrigido a tempo.
- h) **Aterro sem tratamento das águas pluviais:** A livre percolação das águas pluviais ou superficiais, sem um sistema eficiente de captação e lançamento das mesmas, é o principal motivo de ruptura dos taludes.

O processo, mas comum e econômico para proteger a superfície de um talude é o uso de grama, no entanto, dependendo do tipo de solo e da inclinação do talude essa solução pode não ser adequada, sendo necessária a utilização de outros processos.

Podemos utilizar também o chapisco com argamassa de areia e cimento, ou pintar com tintas betuminosas, essas duas soluções tem vida útil muito curta, exigindo constante manutenção para manter a eficiência.

Uma solução mais eficiente é a execução de argamassa de areia e cimento com espessura adequada e ancorada no talude através de barras metálicas, esta solução quando bem executada e trabalhando junto a um sistema de drenagem adequado possui um tempo de duração bem mais longo do que as demais soluções.

Outra solução seria os muros de contenções, principalmente muros de arrimos e gabiões, mas os custos destas obras são muito elevados.

3.9 Patologias Comuns em Construções

Segundo SABBATINI et al. (1988a), os principais fatores que interferem na fissuração dos revestimentos são: teor e natureza dos aglomerantes, teor e natureza dos agregados, capacidade de absorção de água da base e a técnica de execução.

Ainda em função do teor de aglomerantes, de acordo com SABBATINI et al. (1988a), as fissuras na argamassa de revestimento podem se manifestar de duas formas diferentes. Nas argamassas ditas fortes, ou seja, com maior teor de cimento e maior limite de resistência, as tensões vão se acumulando e a ruptura quando ocorre é na forma de microfissuras. Em contrapartida, há as argamassas ditas fracas, cujas ligações internas são menos resistentes e as tensões podem ser dissipadas na forma de microfissuras não prejudiciais.

3.9.1 Movimentação térmica

Segundo Marcelli 2010 todo o material possui seu próprio coeficiente de dilatação térmica e quando provocamos uma interação de materiais ou elementos diferentes, estamos criando uma situação de tensão na junção dos mesmos, provocada pela variação de temperatura uma vez que eles deformam com amplitude diferente.

As fissuras de origem térmica têm origem nas movimentações diferenciais de componentes de um elemento, entre elementos de um sistema e entre regiões distintas de um mesmo material.

3.9.1.1 Fissuras Horizontais por movimentação térmica da Laje

Nas lajes a variação de temperatura provoca um gradiente térmico, entre a face interna e a externa, a configuração destas trincas é tipicamente horizontal, na interface entre a parede de alvenaria e a laje, podemos ver as configurações destas alvenarias nas figuras abaixo.

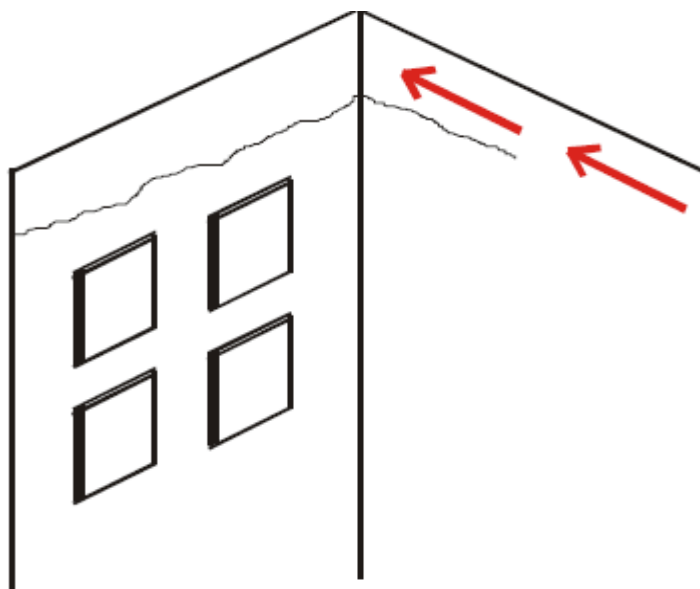


FIGURA 3.9.1 : Fissura Horizontal na Interface entre laje e a parede por movimentação térmica da laje
Fonte Duarte (1998)

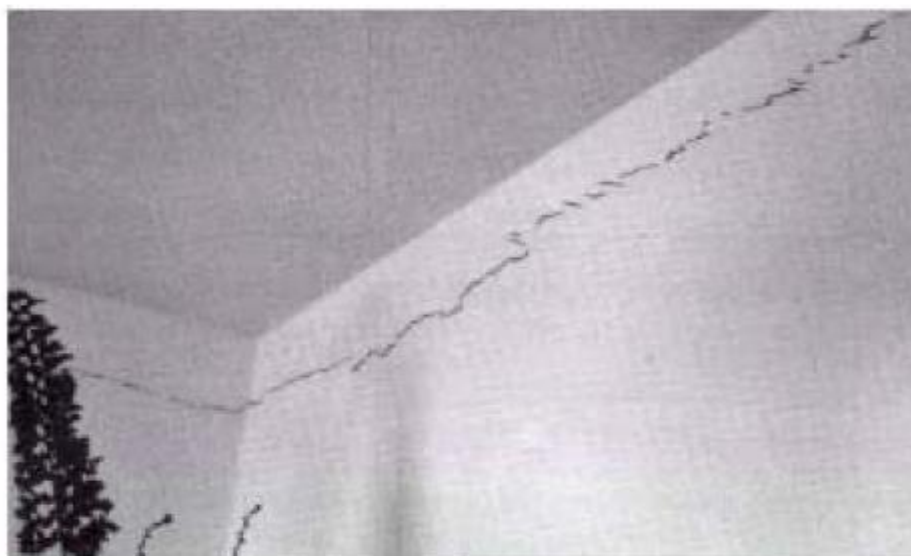


Figura 3.9.2 Fissuras Horizontal com componentes Inclinados escamas por movimentação da laje de cobertura Fonte Duarte (1998)

3.9.1.2 Fissuras Verticais por movimentação térmica da alvenaria

Segundo Thomas 1989, as fissuras verticais provocadas por movimentação térmica na alvenaria ocorrem devido à dilatação e contração térmicas das paredes, estas trincas possuem configurações verticais regularmente espaçadas.

Este tipo de trincas ocorre geralmente em paredes longas, muros, platibandas, os quais não possuem juntos de dilatação.

3.9.2 Movimentação higroscópica

Segundo Marcelli 2010 quando a peça fica submetida à mudança de umidade gerando uma variação dimensional por absorção ou perda higroscópica, essa alteração de volume pode causar fissuras se houver vínculos que impeçam o elemento de se movimentar, as fissuras podem aparecer ao longo da peça ou junto aos vínculos.

As fissuras causadas por movimentações higroscópicas apresentam-se bastante semelhantes às fissuras devido às movimentações térmicas.

Ambas são conseqüência de deformações provocadas por variações volumétricas “o aumento do teor de umidade produz uma expansão do material enquanto que a diminuição provoca uma contração”.

Na secagem de materiais porosos, a capilaridade provoca o aparecimento de forças de sucção, responsáveis pela condução da água até a superfície do componente, onde ela será posteriormente evaporada.

Analisando a manifestação de fissuras nas alvenarias de fachada, verifica-se que elas são preponderantemente causadas pelas variações termo higroscópicas, isso se deve, principalmente, à exposição à água de chuva e à radiação solar, o que não ocorre com as alvenarias de vedação internas.

3.9.3 Trincas devido à retração hidráulica

São provenientes da cura malfeita, em que a perda de água de amassamento durante o processo gera tensões internas na peça, provocando uma retração que gera esforços de tração no concreto, o qual não resiste e surgem as fissuras em forma de mapeamento geográfico sem direção definida.

3.9.4 Hidratação Retardada de Cales

Quando as argamassas de alvenaria são feitas com cales mal hidratados, podem apresentar elevados teores de oxido livre de cal e magnésio, que em presença de umidade irão se hidratar e conseqüentemente aumentar o volume, podendo chegar ao dobro do tamanho anterior.

A tendência é que estas trincas fiquem na parte mais superior das alvenarias, onde sofrem menos o peso das argamassas de assentamento.

3.9.5 Ataque Por Sulfatos

Para ocorrer o ataque de sulfatos, é necessária a presença de umidade, cimento e sulfato em solução.

O cimento é um elemento constante nas argamassas mistas e a umidade é outro fator constante a atormentar todas as edificações, fica faltando então à presença do sulfato em solução, que por sua vez pode vir de diversas fontes, tais como: água contaminada, componentes feitos de argila, umidade proveniente da lavagem de pisos e produtos usados no asseio corporal.

Uma vez reunido este três elementos ocorrerá uma reação química entre o aluminato tricalcico, mediante uma grande expansão, este aumento de volume provocara uma serie de trincas nas juntas de assentamento de forma análoga a hidratação retardada de cales.

3.9.6 Devido a Umidades

A umidade pode atingir a alvenaria de varias formas, sendo as mais comuns as provenientes do solo, por falha no sistema de impermeabilização do respaldo inferior e nas proximidades do piso, por onde se inicia uma infiltração de água e por capilaridade se alastra por boa parte da parede.

As trincas provocadas pela variação de umidade nas alvenarias são devidas a uma dilatação ou retração do painel em função do ganho ou perda de água no mesmo.

3.9.7 Devido ao Traço

O traço de argamassa com emprego de cimento deve ser bem feito, dosando-se corretamente os materiais, pois é fundamental para um comportamento eficiente do revestimento como um todo, principalmente quando a durabilidade e formação de trincas.

O profissional menos preparado acredita que deve fazer uma mistura rica em cimento, uma vez que a responsabilidade pela resistência se deve a ele, nessas condições o revestimento estará sujeito a deslocamento e a fissuração acentuada, devido ao fenômeno da retração hidráulica. Para os

revestimentos com argamassa à base de cal o endurecimento se deve à carbonatação da cal, dependendo para isso do anidrido carbônico do ar.

3.9.8 Devido a Espessura e Aplicação

A espessura do revestimento não deve ser superior a 2 cm , a aplicação de revestimento com argamassa com espessura de 4 a 5 cm são muito comuns em obras para corrigir desaprumos, mas quando são aplicados em uma única camadas, correm o risco de apresentar trincas e deslocamentos, por serem normalmente mais ricas em cimento, sofrendo os problemas de retração hidráulica e da rigidez maior, que não permite a movimentação da estrutura.

3.9.9 Devido a Flexão

Este tipo de trinca ocorre quando os painéis de alvenarias sofrem uma ação de um momento fletor no sentido da menor inércia, isso pode ocorre devido à pressão do vento sobre o pano de alvenaria ou sobre as coberturas.

4.0 ESTUDOS DE CASO

4.1 Área de Estudo

4.1.1 Município de Brumadinho

Brumadinho está localizado a uma distância de 49 km de Belo Horizonte. Sua população total em 2010 era de 35.460 habitantes, segundo o IBGE.

Brumadinho faz limite com os seguintes municípios: Belo Horizonte, Ibirité, Sarzedo, Mário Campos, Itatiaiuçu, Rio Manso, Bonfim, Belo Vale, Moeda, Itabirito, Nova Lima, Igarapé e São Joaquim de Bicas, localizados na figura 4.1



Figura 4.1 Localização da cidade de Brumadinho
Fonte: (Prefeitura municipal de Brumadinho)

O município apresenta uma altitude máxima de 1571 metros, na Serra da Calçada, e a mínima de 700 metros na Cachoeira de Fecho do Funil, no Rio Paraopeba, a sede municipal, esta situada na cota 739,3 metros de altitude dados IBGE.

Brumadinho possui um clima tropical com um período de seca nos meses de inverno e um chuvoso nos meses de verão, precipitação anual de 1488 milímetros de chuva.

4.1.2 Surgimento da cidade de Brumadinho

A origem de Brumadinho deve-se à construção do Ramal do Paraopeba da estrada de ferro Central do Brasil, mas a região começou a ser povoada bem antes disto na época das grandes expedições que procuravam pedras preciosas no interior do Brasil.

Vários monumentos e sítios culturais históricos constituem hoje legado patrimonial dessas épocas, como igrejas no estilo Barroco mostradas nas figuras 4.2 e 4.3.



Figura 4.2 -Igreja do Povoado de Sapé Quilombola
Fonte: (Prefeitura Municipal de Brumadinho)



Figura 4.3 Igreja Nossa Senhora da Piedade , fundada em 1713
Fonte: (Prefeitura Municipal de Brumadinho)

A população urbana de Brumadinho em 1970 representava 40% da população total do município, teve sua participação elevada para 48% em 1980, para 60% em 1991, e para 73% no ano 2000.

Por sua vez, a população rural que representava 60% da população total, em 1970, hoje, representa apenas 27% da população total do município, observa-se, desde a década de 1970, um crescente grau de urbanização no município.

Brumadinho está localizado nas margens da bacia do rio Paraopeba e seus afluentes: Mansos, Águas Claras e Córrego do Bananal.

4.2 Bacia do Rio Paraopeba

O rio Paraopeba, principal corpo de água da bacia, nasce ao sul do município de Cristiano Ottoni e percorre aproximadamente 510 km, seguindo a direção N-NW, até a sua foz no lago da represa de Três Maria, no município de Felixlândia.

A região possui uma área que corresponde a 2,5% da área total do Estado de Minas Gerais, cerca de 1,4 milhões de pessoas vivem na bacia, em 48 municípios, de paisagens, culturas, economias e realidades sócio-econômicas e ambientais muito diversas, na figura 4.4 podemos perceber a localização da bacia do rio Paraopeba dentro do Estado de Minas Gerais.

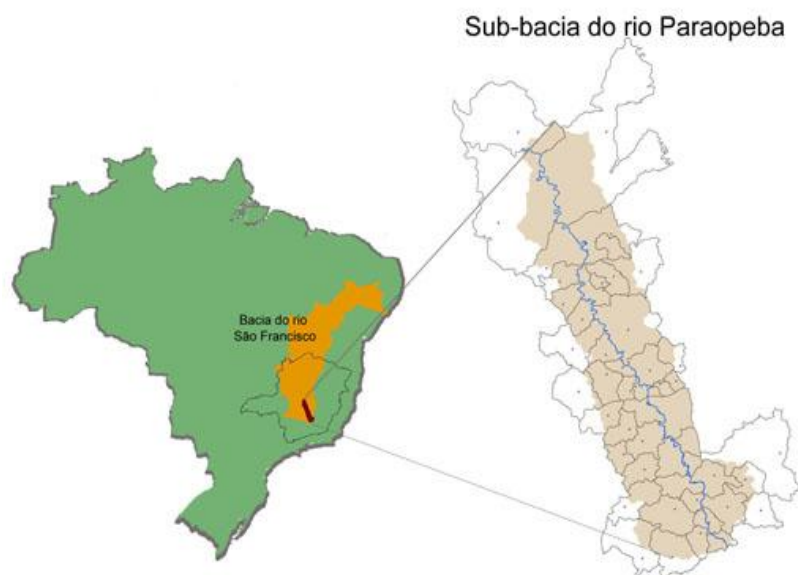


Figura 4.4 Bacia do Rio Paraopeba

Fonte : www.aguasdoparaopeba.org.br/ acesso novembro de 2011

A bacia hidrográfica do rio Paraopeba é caracterizada principalmente pela presença dos seguintes tipos de uso dos recursos hídricos: abastecimento doméstico e industrial, irrigação, mineração, dessedentação de animais, pesca e piscicultura.

A atividade mineraria é desenvolvida em toda a bacia, especialmente a extração de areia, a exploração de minério de ferro e manganês.

4.2.1 Contaminação da bacia do Rio Paraopeba

As principais fontes de contaminação das águas superficiais da bacia do rio Paraopeba estão associadas aos lançamentos de esgotos domésticos "in natura" diretamente nos cursos d'água e aos efluentes provenientes das atividades industriais e de mineração.

Na cidade de Brumadinho, o esgoto é lançado diretamente no rio Paraopeba e seus afluentes.

Para tentar amenizar este problema, está sendo implantada uma estação de tratamento de esgoto, mas a mesma só ficara pronta no ano de 2013, além disto, o rio é degradado pela exploração de minério de ferro e areia. Podemos ver o foco destas poluições nas figuras (4.5 , 4.6, 4.7) .



Figura 4.5 Lançamento de esgoto “in – loco” nas águas do Paraopeba
Fonte (Prefeitura Municipal de Brumadinho)



Figura 4.6 degradação do rio Paraopeba através da exploração clandestina de areia
Fonte : (Prefeitura Municipal de Brumadinho)



Figura 4.7 Sedimentos de Minério de Ferro depositados no rio Paraopeba
Fonte (Prefeitura Municipal de Brumadinho)

4.3 Áreas inundáveis em Brumadinho

Podemos identificar em Brumadinhos três tipos de inundações que atuam juntas, as inundações ribeirinhas, as inundações devido ao processo de urbanização, as inundações devido a refluxo no sistema de esgoto sanitário.

4.3.1 Inundações na área central de Brumadinho

A área central de Brumadinho está localizada em um dos pontos mais críticos do município em relação a inundações da cidade, as margens do rio Paraopeba, o qual costuma subir em média seis metros nos períodos de chuvas intensas, com isto, toda a área central fica inundada, parando totalmente as atividades econômicas e sociais da cidade. O transporte é outro setor que fica prejudicado, pois a área central é o único ponto de entrada e saída da cidade, podemos ver isto nas figuras (4.8,4.9, 4.10)



Figura 4.8 Inundação da área Central de Brumadinho
Fonte (Arquivo Pessoal)



Figura 4.9 Inundação da área Central de Brumadinho
Fonte (Arquivo Pessoal)



Figura 4.10 Inundação da área Central de Brumadinho
Fonte (Arquivo Pessoal)

4.3.2 Bairro Santo Antônio

O bairro Santo Antônio localiza-se na entrada da cidade de Brumadinho, possui uma boa infraestrutura, onde se localiza uma das principais escolas da cidade, constitui-se de uma área residencial, sua população é formada pela classe média.

Este bairro foi construído na planície de inundação do rio Paraopeba, e todos os anos no período chuvoso o rio Paraopeba sai do seu leito menor e ocupa a sua planície de inundação trazendo assim prejuízos, destruições e doenças para os moradores do bairro, nas figuras (4.11 , 4.12) podemos ver as águas do rio Paraopeba invadindo as casas do bairro Santo Antônio.



Figura 4.11 Inundações no Bairro Santo Antônio

Fonte (Arquivo Pessoal)



Figura 4.12 Inundação do Bairro Santo Antônio

Fonte (Arquivo Pessoal)

4.3.3 Bairro COHAB

Por volta de 1985 a COHAB/MG construiu cerca de 400 residências na cidade de Brumadinho, por falta de um plano diretor na época, cerca de 100 destas residências foram construídas no leito maior do Rio Manso, afluente do Rio Paraopeba, quase todos os anos a população sofre com a invasão de suas casas pelas águas das enchentes.

4.3.4 Tipo de construção:

A construção original executada pela COHAB , possuía 48 m², dividido em uma sala um quarto e uma cozinha, fundação rasa, em media 20 cm construída com concreto ciclope, paredes de alvenaria de tijolos cerâmicos, e cintada na altura do telhado, não possui vergas , contra vergas.

Hoje todas as residências sofreram alterações, através de obras clandestina, sem projetos, sem engenheiro responsável, sem licenciamento da prefeitura, a maioria das ampliações não foram concluída, falta acabamento podemos ver isto nas figuras 4.14,4.15,4.16 .



Figura 4.13 Inundação do Bairro COHAB
Fonte (Arquivo Pessoal)



Figura 4.14 Inundação de áreas invadidas no Bairro COHAB
Fonte (Arquivo Pessoal)



Figura 4.15 Inundação de áreas Invadidas no Bairro COHAB
Fonte (Prefeitura Municipal de Brumadinho)

4. 3. 5 Manifestação Patológica Nas Edificações

4.3.5.1 Defeitos de execução:

Todas as residências visitadas apresentaram problemas construtivos, os principais deles foram: Paredes fora do prumo, fiadas fora do nível, falta de esquadro e amarração nas alvenarias, falta de verga e contra vergas, telhados com inclinação incorreta para o tipo de telha usado, fiação elétrica expostas, falta de reboco nas figuras 4.16 ,4.17 ,4.18 .



Figura 4.16 Defeitos de Execução paredes sem Prumo, reboco, esquadro
Fonte (Prefeitura Municipal de Brumadinho)



Figura 4.17 Defeitos de Execução paredes sem Prumo, reboco, esquadro
Fonte (Prefeitura Municipal de Brumadinho)



Figura 4.18 Defeito de Execução parede com trinca devido falta de vergas ou cinta de amarração
Fonte (Prefeitura Municipal de Brumadinho)

Segundo Verçoza 1991, defeitos deste tipo geralmente não podem ser corrigidos sem demolição, ao menos da área atingida.

4.3.5.2 Defeito devido a umidade:

Todas as residências apresentaram problemas com umidade, desenvolvimento de fungos e mofos, trincas higroscópicas.



Figura 4.19 Problemas com umidade
Fonte (Prefeitura Municipal de Brumadinho)



Figura 4.20 Problemas com umidade
Fonte (Prefeitura Municipal de Brumadinho)



Figura 4.21 Problemas com umidade
Fonte (Prefeitura Municipal de Brumadinho)

Na região ocorreu grande movimentação de encostas, foi identificado nos taludes que os mesmos foram feitos através de cortes e aterros, com inclinação inadequada e solo argiloso, não existe drenagem de águas pluviais, com a movimentação do solo, as construções ficarão com risco eminente de desmoronamento, sendo necessário que as mesmas fossem interditadas.

Na vistoria foi identificada vários indícios de problemas nas fundações das residências, sendo os mais importantes os recalques diferenciais, foi solicitado um estudo mais aprofundado do solo na região para propor soluções coerentes com a situação, podemos observar trincas causadas provavelmente pela movimentação do solo nas figuras, e nas figuras xx podemos observar a situação das residências após o movimento dos taludes.



Figura 4.22 Problemas de recalque das fundações
Fonte (Prefeitura Municipal de Brumadinho)



Figura 4.23 Trincas devido a movimentação do solo
Fonte (Prefeitura Municipal de Brumadinho)



Figura 4.24 Trincas devido a Movimentação do solos
Fonte (Prefeitura Municipal de Brumadinho)



Figura 4.25 Problemas com desmoronamento de taludes
Fonte (Prefeitura Municipal de Brumadinho)



Figura 4.26 Problemas com desmoronamento de talude
Fonte (Prefeitura Municipal de Brumadinho))



Figura 4.27 Problemas desmoronamento de Taludes
Fonte (Prefeitura Municipal de Brumadinho)

5.0 CONCLUSÃO

Para os moradores voltar a utilizar as edificações é fundamental que se faça reparos das partes danificadas, principalmente revestimento, incluindo a remoção da umidade, fungos e outros.

Recuperar as trincas com materiais flexíveis criar juntas de dilatação, modificar a declividade em pisos, reconstruir telhados e executar pinturas protetoras contra a ação das águas. São serviços viáveis financeiramente e tecnicamente de ser executado, mas ao analisar a localização das residências percebemos que será necessário fazer estes serviços no máximo de dois em dois ano, deixando assim inviável a execução dos mesmos.

Os problemas patológicos encontrados nas edificações da cidade de Brumadinho é fruto da ausência de um plano diretor que normalize as edificações e os locais onde as mesmas forem executadas. Com isto é necessário que se faça um estudo mais aprofundado envolvendo profissionais de varias áreas, para delimitar as áreas de riscos iminentes de inundações e desmoronamentos, impedindo assim a construção de novas edificações nestas áreas, e retirando as existentes.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- PINTO, P. CARLOS (2002) Curso Básico de Mecânica do Solos;
- MARCELLI, Mauricio (2007), Sinistro na Construção Civil
- BAPTISTA, M., LARA ,M. Fundamentos de Engenharia Hidráulica
- COSTA, M. (2007) . Avaliação de Áreas de Risco á Inundação no Perímetro Urbano de Caratinga - MG Através do Uso de Dados Altimétricos Provenientes do Sensor Aerotransportado Lidar
Monografia apresentada ao Curso de Geografia, à Universidade Federal de Viçosa – MG, como exigência da aprovação na disciplina GEO 481 – para a obtenção do título de bacharel em Geografia.
- MARQUES, C. E. B. (2006) . Proposta de Método Para a Formulação de Planos Diretores de Drenagem Urbana. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação MTARH. DM – 092/06, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental , Universidade de Brasília, Brasília, DF , 168p.
- SOUZA, G, ROMUALDO, S (2009).Inundações Urbanas a Percepção Sobre a Problemática Socioambiental Pela Comunidade do Bairro Jardim Hatal – Juiz de Fora (MG)
- MILOGRANA, J. (2009). Sistemática de Auxílio à Decisão para a Seleção de Alternativas de Controle de Inundações Urbanas. Tese de Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH. TD – 05/09, Departamento de engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 316p.
- Ostrowsky, M. (2001), Sistemática integrada para controle de inundações em áreas urbanas
- TASSI, R. (2002) Efeito Dos Microrreservatórios De Lote Sobre a Macrodrenagem Urbana. Tese de Mestrado em Engenharia Civil - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul.
- OMAR, B., BUENO O., TUCCI E. M. (2002) . Estrapolação Espacial na Regionalização da Vazão
- TUCCI , E. M. (2005) , Gestão das Inundações Urbanas
- Ostrowsky, M. (2001), Sistemática integrada para controle de inundações em áreas urbanas