



Octubre 2017 - ISSN: 1988-7833

ESTUDO DE CASO/ APLICAÇÃO DA DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL PARA PREVENÇÃO DE ENCHENTES, NA CIDADE DE JOÃO MONLEVADÉ -MG

Mariana Nayara Ferreira Gonçalves¹
Priscila Cristina Ferreira²
Adriano Jose de Barros³
Tamara Daiane de Souza⁴

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Mariana Nayara Ferreira Gonçalves, Priscila Cristina Ferreira, Adriano Jose de Barros y Tamara Daiane de Souza (2017): "Estudo de caso/ aplicação da drenagem urbana sustentável para prevenção de enchentes, na cidade de João Monlevade -Mg", Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales, (octubre-diciembre 2017). En línea: <http://www.eumed.net/rev/cccscs/2017/04/drenagem-urbana-sustentavel.html>

RESUMO

A drenagem urbana sustentável tem por fundamento preservar as etapas do ciclo hidrológico, permitindo o máximo de infiltração da água no solo, evapotranspiração e a redução de escoamento superficial. Neste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar e propor medidas sustentáveis para contenção enchentes e inundações na cidade de João Monlevade-Minas Gerais. O trabalho teve como procedimentos a coleta de dados pluviométricos, visita em campo, caracterização da bacia hidrográfica do bairro Carneirinhos, análise e propostas de implementação de medidas estruturais e não estruturais. Utilizando do software QGis, foi possível delimitar os principais bairros que contribuem com a vazão pluvial para Carneirinhos e realizar levantamentos de dados. Como medidas estruturais sugeridas tem-se as bacias de retenção que tem por função retardar a vazão do escoamento superficial, trincheiras de infiltração e pavimentação permeável para aumentar o volume de infiltração, e sistemas de captação de água pluvial, uma vez que a estimativa de área de telhado dos bairros representa quase metade da área total, implicando na mesma proporção em redução de volume de escoamento. Como medidas não estruturais é imprescindível a educação ambiental, regulamentação do uso e ocupação do solo através de um plano diretor e programas de incentivo para aumentar a aderência de medidas sustentáveis por parte das entidades particulares e comunidades com descontos no IPTU na adoção de sistemas de captação de água pluvial e pavimentação permeável. Por meio da pesquisa realizada, conclui-se que João Monlevade possui alto potencial para implementação de medidas alternativas de drenagem. Tem-se grande expectativa que tais medidas, associadas ao sistema de drenagem convencional, podem proporcionar redução de vazões e volumes escoados, reduzindo e até mesmo eliminando, portanto, as frequentes enchentes observadas no centro comercial da cidade.

Palavras-chave: Drenagem Sustentável. Enchentes. Escoamento Superficial.

ABSTRACT

¹ Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado de Minas Gerais. E-mail: mary_nayaraa@hotmail.com

² Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado de Minas Gerais. E-mail: prisci_smi@hotmail.com

³ Doutorando Tratamento de Informação Espacial (PUC Minas/BH) - Professor da UEMG Unidade João Monlevade, co-orientador da pesquisa / E-mail: adrianojosebarros@yahoo.com.br.

⁴ Professora da UEMG Unidade João Monlevade, Orientadora da pesquisa/ E-mail: prisci_smi@hotmail.com

Sustainable urban drainage is based on preserving the stages of the hydrological cycle, allowing the maximum infiltration of water in the soil, evapotranspiration and reduction of runoff. In this context, the present work aimed to evaluate and propose sustainable measures to contain flood and inundation in the city of João Monlevade-Minas Gerais. The work had as procedures the collection of rainfall data, field visit, characterization of the Carneirinhos district's watershed, analysis and proposals of implementation of structural and non - structural measures. Using QGis software, it was possible to delimit the main districts that contribute to the rainfall for Carneirinhos and conduct data collection. As suggested structural measures have the detention basins whose function is to delay runoff flow, infiltration trenches and permeable paving to increase the volume of infiltration, and rainwater collection systems, since the estimation of the roof area of the districts represents almost half of the total area, implying in the same proportion in volume reduction of flow. As non-structural measures is essential environmental education, regulation of use and soil occupation through a directional plan and incentive programs to increase the adherence of sustainable measures by private entities and communities with deductions from IPTU in the adoption of Rainwater collection systems and permeable paving. Through the research carried out, it is concluded that João Monlevade has high potential for the implementation of drainage alternative measures. There is great expectation that such measures, relating to the conventional drainage system, can provide reductions in outflows and drained volumes, thus reducing and even eliminating the frequent flooding observed in the commercial center of the city.

Keywords: Sustainable Drainage. Flood. Runoff.

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Mundial de Saúde, saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social (WHO, 2004). De outra forma, pode-se dizer que saneamento caracteriza o conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar salubridade ambiental. Essas ações compreendem desde o abastecimento de água, tratamento de esgoto, gestão de resíduos sólidos ao manejo de água pluvial nas comunidades. São medidas que visam adotar situações higiênicas saudáveis para os habitantes.

A drenagem urbana tem um papel fundamental no que tange a sua responsabilidade em realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas superficiais. Incluindo medidas que visam minimizar os riscos a que estão expostas as populações, diminuindo os prejuízos causados pelas inundações e possibilitando o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e ambientalmente sustentável. Sua gestão, no entanto, na maioria dos municípios brasileiros ainda não é vislumbrada com a devida importância, dada à falta de um planejamento específico para o setor. A carência de planos diretores de drenagem e desenvolvimento urbano agravam ainda mais essas questões, uma vez que o gerenciamento de drenagem é feito pelas secretarias de obras municipais sem o devido planejamento necessário.

O crescimento urbano nas cidades sem o devido planejamento integrado de suas infraestruturas tem desencadeado o surgimento de problemas. Entre eles os relacionados aos eventos hidrológicos de alta intensidade. Os sistemas de drenagem urbana são essencialmente sistemas preventivos de inundações, principalmente nas áreas mais baixas das comunidades sujeitas a alagamentos ou marginais de cursos naturais de água. É evidente que no campo da drenagem, os problemas agravam-se em função da urbanização desordenada. A falha em incorporar a drenagem na fase inicial do desenvolvimento urbano em geral resulta em projetos muito dispendiosos ou, em estágios mais avançados, na sua inviabilidade técnico-econômica (CANHOLI, 2005). Dessa forma a sociedade tem enfrentado situações difíceis e muitas vezes perigosas com enchentes, inundações e alagamentos de residências ou estabelecimentos comerciais, perdas de pertences e até mesmo a própria saúde. Ambientalmente, essas situações também têm impacto significativo por representar a poluição dos corpos d'água pelos resíduos sólidos proveniente do escoamento pluvial.

O sistema de Drenagem utilizado por muito tempo baseava-se em uma tentativa de solucionar o problema da perda do armazenamento natural. Utilizavam de uma rede de condutos de modo a permitir o máximo escoamento de água para fora da cidade. Com a impermeabilização das áreas urbanas, grandes volumes de água pluvial são destinados diretamente para a rede de drenagem, que deve ser capaz de suportar grandes vazões. Quando são mal dimensionados, a água transborda e causa inundações. Dessa forma surgiu a necessidade de utilizar um sistema

de drenagem alternativo através de medidas sustentáveis, a chamada drenagem urbana sustentável.

O sistema de drenagem urbana sustentável tem por objetivo imitar o ciclo hidrológico natural, aplicando técnicas e estratégias para garantir a qualidade da água e o ciclo hidrológico em todas as suas fases, evitando-se processos erosivos, enchentes e a perda da capacidade dos mananciais subterrâneos. As medidas de correção e prevenção que visam minimizar os danos das inundações são relacionadas de acordo com sua natureza, em medidas estruturais e medidas não estruturais. As medidas estruturais correspondem às obras que visam à correção e prevenção de problemas de enchente. Essas técnicas podem ser aplicadas localmente, através de estruturas de armazenamento, reaproveitamento da água da chuva e criação de áreas permeáveis nos lotes. No ambiente urbano, estruturas maiores que permitam armazenar o volume temporariamente ou promovam a infiltração no solo são também importantes para reduzir a vazão total, a velocidade do escoamento e o transporte de sedimentos. Estas estruturas são em geral facilmente integradas à paisagem urbana. Já no âmbito não estrutural destacam-se a criação de um plano diretor de drenagem, previsão e alerta de cheias, educação ambiental e até mesmo um seguro contra enchentes.

A abordagem da drenagem clássica ou convencional por vezes não resolve o problema, apenas transfere para outro lugar. Implicando apenas em continuadas intervenções localizadas, sempre corretivas, após os eventos de inundação, exigindo investimentos cada vez maiores para implantação de estruturas capazes de comportar o aumento de vazões gerado pela urbanização. A drenagem sustentável tem ganhado seu espaço, por ser mais viável sua instalação e manutenção, proporcionando benefícios a longo prazo. Esta busca compensar os efeitos da urbanização, evitando que o sistema de drenagem precise ser refeito ciclicamente fazendo que o problema de inundações não seja transferido de uma região para outra, mas sim administrado.

A cidade de João Monlevade em Minas Gerais enfrenta sérios problemas com enchentes e alagamentos. Após a sua emancipação, ocorrida em 1962, houve uma expansão na sua infraestrutura urbana. Aos poucos o centro comercial da cidade deixou de ser aos redores da antiga Companhia Siderurgia Belgo Mineira, atual Arcelor Mittal, e se transferiu para o atual centro comercial no Bairro Carneirinhos, onde passa o córrego Carneirinhos. Mais tarde, com o aumento das atividades de comércio, indústrias e prestadoras de serviço, novos bairros desordenados começaram a surgir em torno da região comercial. A cidade, buscando melhorias para população e por questões de problemas de enchentes próximo ao curso d'água, passou a investir em obras de infraestrutura. Pavimentação de ruas, canalização de córregos e medidas convencionais de drenagem começaram a ser adotadas. O que era uma possível solução tornou-se um agravante da situação. Assim, no atual cenário, a comunidade enfrenta sérios problemas, a cada período chuvoso.

O objetivo desse trabalho é propor a aplicação de técnicas de drenagem urbana sustentável na cidade de João Monlevade, a fim de se prevenir enchentes. Avaliar a bacia de drenagem urbana do bairro Carneirinhos, verificando as condições do atual sistema de drenagem, identificando possíveis locais para implantação de novas medidas estruturais e não estruturais e também técnicas mais adequadas para região de acordo com as condições verificadas em campo.

A metodologia empregada consistiu nos métodos científicos de pesquisa aplicada, exploratória, estudo de caso e referencial documental afim de obter uma solução prática para um problema em questão, as enchentes. Foi realizado um levantamento de dados, referenciais documentais de João Monlevade-MG, como mapas da bacia de carneirinhos, dados pluviométricos dos últimos anos e jornais com informações de enchentes, alagamentos e levantamento de informações junto à comunidade local. Também ainda dentro da metodologia foi empregada abordagem qualitativa, uma vez que os resultados apresentados consistem em um material descritivo através de análise das áreas de drenagem e as principais áreas contribuintes através de shapes no geoprocessamento de dados para a concepção de alternativas estruturais e não estruturais e seu devido projeto.

2.1 SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA CONVENCIONAL

A Drenagem urbana, definida como gerenciamento da água da chuva que escoar no meio urbano, está incluída no conceito de saneamento assim como abastecimento d'água, esgotos sanitários, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos. De maneira análoga aos demais integrantes do saneamento ambiental, a drenagem de águas pluviais tem os seguintes objetivos: controle e prevenção de doenças, melhoria da qualidade de vida da população,

melhorarem a produtividade do indivíduo e facilitar a atividade econômica. Tucci (2001) afirma que:

Drenagem urbana minimiza os riscos que a população está sujeita e diminui os prejuízos causados por inundações e possibilita o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável. Segundo Gribbin (2009, p.351) [...] O gerenciamento de águas pluviais é um termo usado para descrever todos os esforços no sentido de controlar o escoamento em áreas afetadas pela ocupação urbana.

Segundo Tucci (2001) a primeira visão de drenagem urbana se dava através e quase que exclusivamente de medidas estruturais como execuções de projetos e obras para remover as águas pluviais para jusante. A lógica das análises se baseia somente em análise econômica. Atualmente, no entanto, busca a compreensão integrada do meio ambiente social, legal, institucional e tecnológica, visando resolver os problemas gerenciais através de componentes políticos.

Para este autor, devido à impermeabilização das áreas urbanas, as construções cada vez mais crescentes, o volume de água escoado nas ruas tem aumentado de forma significativa e a falta de planejamento resulta muitas vezes em inundações e enchentes. Essas inundações causam diversos impactos sobre a população como prejuízos de perdas materiais e humanos, a interrupção da atividade econômica das áreas inundadas, a contaminação por doenças de veiculação hídrica como leptospirose, cólera, entre outros e a contaminação da água pela inundação de depósito de materiais tóxicos, estações de tratamento, entre outros.

Segundo Tucci (2001) o sistema de drenagem dito convencional é, portanto, o primeiro sistema implantado que consiste basicamente em drenar por redes de condutos o escoamento da água de chuva, controlando a vazão do recurso hídrico, para fora da cidade. Esses sistemas são classificados de acordo com suas dimensões, em sistemas de microdrenagem, também denominados de sistemas iniciais de drenagem, e de macrodrenagem.

A microdrenagem inclui a coleta e afastamento das águas superficiais ou subterrâneas através de pequenas e médias galerias, fazendo ainda parte do sistema todos os componentes do projeto convencionais (TUCCI, 2001).

O autor ainda acrescentou que macrodrenagem inclui, além da microdrenagem, as galerias de grande porte ($D > 1,5m$) e os corpos receptores tais como canais e rios canalizados. A macrodrenagem envolve os sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem. A macrodrenagem abrange áreas superiores a 4 km² ou 400 ha, sendo que esses valores não devem ser tomados como absolutos porque a malha urbana pode possuir as mais diferentes configurações. Este tipo de sistema deve ser projetado para acomodar precipitações superiores às da microdrenagem com riscos de acordo com os prejuízos humanos e materiais potenciais (TUCCI, 2001).

2.1.1 Elementos de microdrenagem urbana

Um sistema de drenagem de águas pluviais é composto de uma série de unidades e dispositivos hidráulicos para os quais existe uma terminologia própria e cujos elementos mais frequentes são conceituados a seguir (TUCCI, 2001).

Greide é uma linha do perfil correspondente ao eixo longitudinal da superfície livre da via pública. A Guia, também conhecida como meio-fio, é a faixa longitudinal de separação do passeio com o leito viário, constituindo-se geralmente de peças de granito argamassadas. A Sarjeta é o canal longitudinal, em geral triangular, situado entre a guia e a pista de rolamento, destinado a coletar e conduzir as águas de escoamento superficial até os pontos de coleta. Já os Sarjetões é o canal de seção triangular situado nos pontos baixos ou nos encontros dos leitos viários das vias públicas, destinados a conectar sarjetas ou encaminhar efluentes destas para os pontos de coleta. (TUCCI, 2001).

Ainda como parte do sistema de drenagem tem-se as bocas coletoras também denominadas de bocas de lobo que são estruturas hidráulicas para captação das águas superficiais transportadas pelas sarjetas e Sarjetões; em geral situam-se sob o passeio ou sob a sarjeta. As Galerias são condutos destinados ao transporte das águas captadas nas bocas coletoras até os pontos de lançamento; tecnicamente denominada de galerias tendo em vista serem construídas com diâmetro mínimo de 400mm. Os Condutos de ligação também denominados de tubulações de ligação, são destinados ao transporte da água coletada nas bocas coletoras até às galerias pluviais. E para permitir a inspeção e limpeza dos condutos subterrâneos tem-

se os Poços de visita, uma espécie de câmaras visitáveis situadas em pontos previamente determinados que são ligadas pelo Trecho de galeria geralmente entre dois poços de visita consecutivos. O autor também acrescenta que por último as Caixas de ligação ou Caixas mortas feitas de alvenaria subterrâneas não visitáveis, com finalidade de reunir condutos de ligação ou estes à galeria.

2.1.2 Projeto de drenagem urbana

Um projeto de drenagem urbana contém características específicas afim de se obter o melhor resultado, são elas: Projeto urbanístico, paisagístico e do sistema viário da área, envolvendo o planejamento da ocupação da área em estudo; Definição das alternativas de drenagem; determinação das variáveis de projeto para as alternativas de drenagem em cada cenário e um Projeto da alternativa escolhida (DIAS; ANTUNES, 2010).

O Projeto Urbanístico, paisagístico e do sistema viário da área deve contemplar um planejamento tanto da ocupação da área em estudo quanto das medidas de controle para manutenção das condições de pré-desenvolvimento e à vazão máxima de saída do empreendimento. As alternativas propostas devem ser realizadas em conjunto com a atividade anterior, buscando tirar partido dos condicionantes de ocupação.

A determinação das variáveis de projeto para as alternativas de drenagem em cada cenário: pré-desenvolvimento e após a implantação do projeto. O projeto dentro destes cenários varia com a magnitude da área e do tipo de sistema (fonte, micro ou macrodrenagem). As variáveis de projeto são a vazão máxima ou hidrograma dos dois cenários, as características básicas dos dispositivos de controle e a carga de qualidade da água resultante do projeto. (DIAS; ANTUNES, 2010).

2.5 João Monlevade

João Monlevade é um município brasileiro situado no interior do estado de Minas Gerais, localizado a cerca de 110 km de distância da capital do estado, Belo Horizonte. Ocupa uma área de 99,283 km² e segundo o Instituto Brasileiro de Geografia estatística (IBGE) sua população na última atualização em setembro era de aproximadamente 79 100 habitantes (IBGE, 2016).

O município pertence à Bacia do rio Doce, além de ser banhado pelo Rio Piracicaba e Rio Santa Bárbara. Seus principais cursos d'água são: o Córrego Carneirinhos, Areão, Loanda, Metalúrgico, Tiete e Jacuí.

Como a maioria dos municípios mineiros, João Monlevade é rodeado por várias montanhas e rochas. Alguns pontos da cidade cresceram para os morros sem um plano diretor direcionado para uma urbanização em consonância com o meio ambiente, características geofísicas que fazem com que o município sofra com deslizamentos de terra durante o período chuvoso. Em alguns pontos a falta de áreas verdes ainda atrapalha o escoamento das águas das chuvas, causando enchentes e inundações como é o caso da região central do município, Carneirinhos, objeto de estudo deste trabalho (SANTOS; NARCISIO, 2014).

Visando o desenvolvimento do município, foram realizadas obras de infraestrutura, entre elas a canalização do Córrego Carneirinhos no início dos anos 70, originando a Avenida Sanitária, hoje, Wilson Alvarenga. E com o aumento das atividades de comércio, indústrias e prestadoras de serviço, obras como pavimentação de ruas, canalização de córregos e a ocupação do solo sem planejamento se tornaram cada vez mais frequentes. A drenagem convencional tomou espaço como solução para o escoamento de água pluvial no centro da cidade. Porém o processo de canalização junto com a estrutura de galerias construídas foi insuficiente para solucionar as enchentes que ocorriam no local.

Segundo o jornal A Notícia (2005) uma forte chuva com duração de cerca de meia hora foi o suficiente para provocar uma inundação de cerca de 2m. Lojistas e moradores tiveram prejuízos com lama e água em máquinas, móveis, carros, lojas e casas. A figura 1 é uma fotografia do estrago causado nas ruas da cidade, onde rapazes ficaram ilhados em cima de ponto de ônibus à esquerda e água invadiu veículos nas proximidades do Ponto Atendimento.

Figura 1-Situação de alagamentos



Fonte: Jornal À notícia (2005)

Mais tarde em 2007, com finalidade de melhorar o escoamento pluvial, foi construída uma trincheira em um trecho da Avenida Wilson Alvarenga, no Bairro Castelo, e várias bocas de lobo pela avenida. Esta obra trouxe melhorias para o local, mas está longe de erradicar os problemas de inundações na cidade.

O ano de 2009 foi marcado com temporais que deixaram estragos nas ruas principalmente do centro da cidade, pelas enchentes e inundações, e também com deslizamento de terra em outras regiões da cidade. A situação mais grave ocorreu pela morte de um casal que voltava de Itabira pela estrada do Forninho, tiveram seu veículo arrastado pela enxurrada que se formou próximo a linha férrea que passa em determinado trecho da estrada. A Figura 2 mostra o resultado da pavimentação da Av. Getulio Vargas após uma enxurrada, dificultando o transito local.

Figura 2- Av.Getúlio Vargas após a enxurrada



Fonte: O Popular, (2009)

Figura 3 -Enchente arrasta carro na Av. Wilson Alvarenga



Fonte: R7 Notícias, (2009)

Na mesma época, uma forte enchente chegou a arrastar um carro pela Av.Wilson Alvarenga, como é apresentado na Figura 3. (A NOTÍCIA, 2009).

METODOLOGIA

Os procedimentos técnicos a serem abordados na realização do presente projeto, serão realizados pelos métodos científicos de pesquisa bibliográfica, a natureza empregada é aplicada, a abordagem classificada é qualitativa, estudo de caso. Os objetivos demonstrados são explicativos experimental, exploratórios, em busca de técnicas sustentáveis para melhoria do sistema de drenagem atual nos quais que serão apresentados a seguir.

Para tal, foram adotados os seguintes métodos científicos, definidos segundo Silva (2005):

a) Pesquisa Aplicada: Objetiva gerar conhecimento para aplicação prática e dirigidos a solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais (SILVA, 2015). Segundo Vergara (2010) a pesquisa aplicada é motivada pela necessidade de resolver problemas

concretos, imediatos ou não. De acordo com (MARCONI e LAKATOS, 2004) a pesquisa aplicada abrange os interesses específicos e a realidade, assim, seu principal objetivo é conceder conhecimentos práticos destinados à solução particular dos problemas. A pesquisa aplicada, por sua vez, tem finalidade prática nesse trabalho, por ser referência nos procedimentos desenvolvidos, na contenção de enchentes e alagamentos na bacia de Carneirinhos em João Monlevade-MG, solucionando problemas que afeta a população, com os estragos da ocorrência de enchentes.

b) Abordagem Qualitativa: Considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa. Não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento chave. Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem (SILVA, 2015). A pesquisa qualitativa, nesse projeto, tem finalidade prática de avaliar o atual sistema de drenagem urbana da bacia de Carneirinhos, João Monlevade-MG, e propor medidas complementares, para melhorar a qualidade do sistema de drenagem, por meio da SUDS.

c) Pesquisa Exploratória: Visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; análise de exemplos que estimulem a compreensão. Assume, em geral, as formas de pesquisas bibliográficas e estudos de caso (SILVA, 2015). Para Gil (2010, p. 27), “as pesquisas exploratórias têm como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses”. A pesquisa exploratória, por sua vez, tem finalidade prática nesse projeto, de apresentar os problemas causados pelas enchentes e alagamentos, realizando levantamento bibliográfico, para apresentar solução, ou atenuar os efeitos de alagamentos em João Monlevade-MG, por meio de estudos anteriores e publicações científicas, com o mesmo objetivo em interesse.

d) Estudo de Caso: Quando envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento (SILVA, 2015). Segundo Yin (2010), o estudo de caso é considerado uma importante estratégia metodológica, pois através dele é possível ter uma visão geral dos acontecimentos efetivos, assim, destacando particularidades de uma investigação prática de fatos contemporâneos. Já para Gil (2010, p. 37), o estudo de caso “consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento, tarefa praticamente impossível mediante outros delineamentos já considerados”. A pesquisa estudo de caso, nesse projeto, é uma ferramenta metodológica, que nos permitiu analisar o problema de enchentes na bacia de Carneirinhos, João Monlevade-MG, destacando os locais de contribuição, no surgimento de alagamentos, possibilitando uma visão geral dos efeitos, e em qual área de contribuição poderia ser desenvolvido as técnicas para atenuar o problema, trazendo solução as enchentes.

e) Referencial Documental: Segundo Oliveira (2007) a pesquisa documental caracteriza-se pela busca de informações em documentos que não receberam nenhum tratamento científico, como relatórios, reportagens de jornais, revistas, cartas, fotografias, entre outras matérias de divulgação. Organizando-os e interpretando-os segundo os objetivos da investigação proposta (PIMENTEL, 2001). O presente trabalho abordará referências documentais de João Monlevade-MG, como mapas da bacia de carneirinhos, jornais com informações de enchentes, alagamentos, entre outros.

3.1 Procedimentos

Com objetivo de se estudar a aplicação de técnicas da drenagem urbana sustentável na cidade de João Monlevade para se prevenir enchentes, foi necessário levantar dados do local através da aquisição de mapas da região e realizar um levantamento planialtimétrico através do Sistema de Informação Geográfica (SIG), e posterior visita de campo para verificar possíveis regiões para implementação do sistema.

A partir da área em estudo e das técnicas estudadas de métodos de drenagem urbana sustentável foram dimensionadas medidas estruturais e, em seguida, medidas não estruturais

a serem aplicadas visando à eficácia do sistema de drenagem sustentável. Dessa forma para chegar aos objetivos do presente trabalho, foram realizadas as etapas seguintes:

a) Coleta de dados básicos, documentação e mapas existentes: Reunido os dados, sistematizando todas as informações necessárias para análise e determinação de alternativas de controle de enchente no município de João Monlevade. Sejam eles já existentes ou elementos novos obtidos através de levantamentos de campo, esses dados compreenderam:

- i. Plano municipal integrado de saneamento básico do município de João Monlevade (DAE e Prefeitura);
- ii. Imagem de João Monlevade georreferenciada;
- iii. Caracterização do cenário atual da área contribuinte, cobertura vegetal, ocupação habitacional, características geológicas, e principais áreas (bairros) contribuintes com a drenagem da área em estudo. Esses dados foram obtidos através do sistema de informação geografia Qgis.
- iv. Projeto de Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes e Movimentos de Massa do Departamento de Obras da Prefeitura de João Monlevade;
- v. Dados pluviométricos de 2010 a 2016 através do monitoramento realizado pela ArcelorMittal;

b) Análise das características da área da bacia em estudo: Análise dos dados coletados, dos elementos característicos da bacia que influenciam no seu regime de cheias sendo os principais: as características geológicas, cobertura vegetal e tipo de ocupação existente.

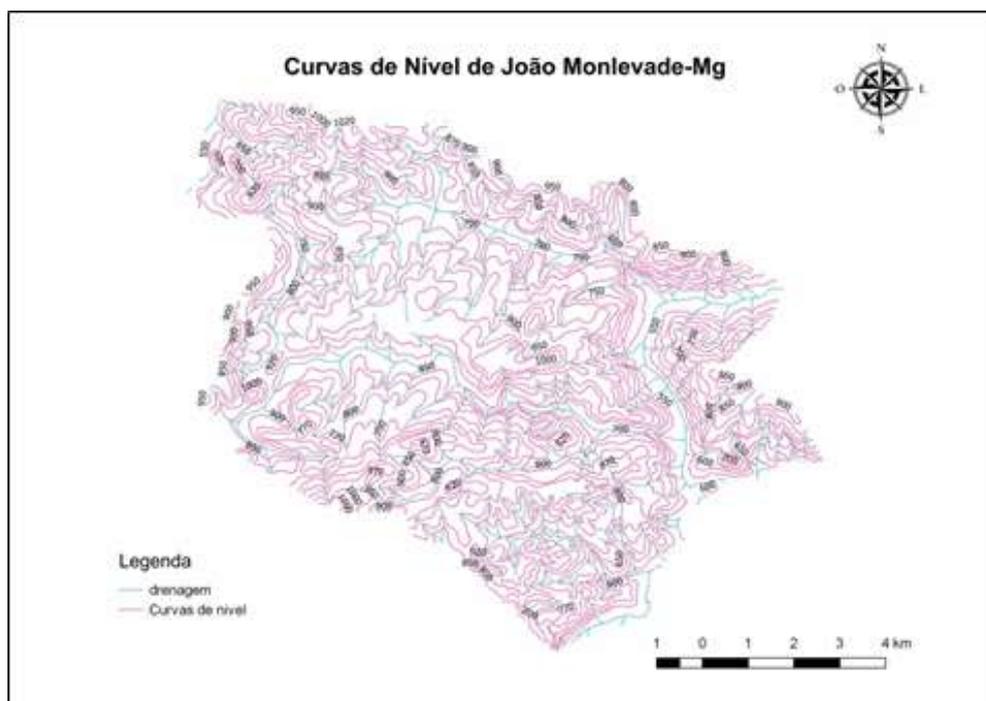
c) Utilização de SIG (Sistema de Informação Geográfica) para o mapeamento da área de contribuição (bairros). Utilizado a imagem Georreferenciada de João Monlevade para mapear as áreas, e verificar possíveis locais de implementação de estruturas. O mapeamento feito através dos shapes de drenagem, para verificar os bairros que contribuem para a vazão de Carneirinhos e apresentado o shape georreferenciado com a relação da área de drenagem e a localização dos bairros contribuintes, como: Bairro Rosário, Lucília, José Elói, República, Lourdes, Nossa Senhora da conceição, Aclimação.

d) Visita em campo: A visita em campo é fundamental para verificar o estado atual do sistema de drenagem convencional, como bueiros, canaletas, seus aspectos e avaliação da qualidade do sistema, bem como levantamento das áreas de possível implementação das estruturas nos bairros contribuintes. A visita em campo foi realizada nos seguintes trajetos apresentados pela Figura 4 abaixo, compreendendo os bairros: Rosário, Lucila, José Elói, República, Lourdes, Nossa Senhora da conceição, Aclimação. O trajeto da atividade em campo compreendeu as principais ruas, sendo a inspeção visual e fotográfica.

Figura 4 – Trajeto de atividade em campo

terço superior das encostas chegando até o terço médio dos relevos menos acentuados. No terço inferior e terraços predominam os Argissolos. Nas encostas de maior inclinação com predominância de morfologia côncava, com algumas ocorrências nas convexas, são encontrados os cambissolos. Segundo o mapa de curvas de nível de João Monlevade percebe-se que bacia de Carneirinhos, compreende uma parte bem acidentada com altitude de 700m, e seus bairros adjacentes variando de 800 a 900m. A Figura 5 abaixo apresenta as curvas de níveis da cidade.

Figura 5- Curvas de Nível de João Monlevade



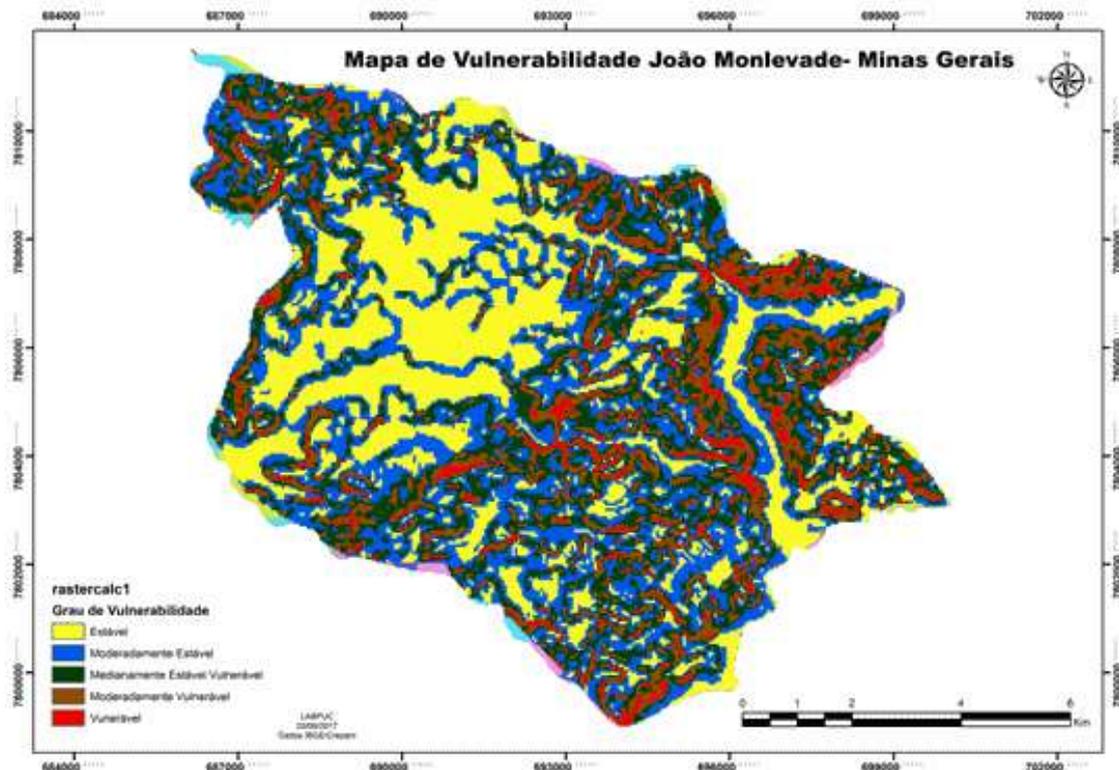
Fonte: Laboratório UEMG, (2017)

A cobertura vegetal da área urbanizada é deficiente, consistindo em vegetação rasteiras como gramíneas em canteiros centrais ou em praças arborizadas. Mas nos bairros adjacentes ao centro, a cobertura vegetal é comprometida com poucas áreas arborizadas, a maioria em algumas regiões mais remotas na parte alta dos bairros ou em certos espaços (lotes) sem ocupação.

De acordo com a imagem de satélite da cidade, no Anexo 1 desse trabalho, e com visita em campo percebe-se que o centro da cidade possui uma ocupação densa e desordenada. Tal panorama é de extrema relevância no contexto da drenagem pluvial da região, pois observa-se que este tipo de ocupação implica em elevado incremento de escoamento superficial, com alta velocidade. Culminando no cenário atual, em que o sistema de drenagem de carneirinhos não suporta toda vazão gerada, tendo como consequência o alagamento.

De acordo com o mapa da vulnerabilidade do solo (Figura 6) percebe-se a ocorrência de processos erosivos na Bacia de Carneirinhos, localizada na zona urbana do município de João Monlevade-MG. Esse mapa teve a finalidade de promover dados e informações a administração pública e à população, referentes ao potencial de ocorrência de erosivas na área de drenagem dos bairros de contribuição para as enchentes, e também auxiliar o processo de gestão territorial da área, interligando a dinâmica de uso e ocupação do solo, com as restrições geotécnicas de risco de erosão .

Figura 6- Mapa de Vulnerabilidade do solo de João Monlevade



Fonte: Laboratório UEMG, (2017)



É identificado o grau de vulnerabilidade medianamente estável vulnerável, moderadamente vulnerável, medianamente estável vulnerável, moderadamente vulnerável, vulnerável. Em termos quantitativos os trechos vulneráveis, classificados em vermelho, correspondem a pontos críticos de erosão e movimento de massas, e estão em destaque em todo município, sendo apontados nas áreas de maior altitude, especificamente nos topos de morros. É observado que o grau de vulnerabilidade estável. Encontra-se nas áreas mais baixas do município, sendo representado pela cor amarela, classificando essa área como a mais segura, e menos vulnerável. É importante destacar que mesmo apresentando número médio de trechos críticos, o município de João Monlevade-MG, apresenta aglomerados urbanos que devem receber atenção especial, uma vez que os impactos causados pelas inundações, erosão e movimento de massas, nestes trechos podem afetar as estruturas básicas (comércio, transporte, indústria, alimentação, escolas, dentre outras), gerando impactos econômicos e sociais consideráveis.

4.2 Bairros contribuintes

Através do shape de drenagem da cidade de João Monlevade, foi possível identificar os bairros que contribuem significativamente com a vazão pluvial para o centro da cidade. A Figura 7 apresenta a imagem georreferenciada da cidade juntamente com as áreas de drenagem.

Figura 7- João Monlevade com áreas de drenagem

O atual sistema de drenagem convencional apresenta aspectos fora dos padrões de projetos estruturais de drenagem como pouco número de bocas coletoras (bocas-de-lobo) e falta de sarjeta. Também foram identificadas questões relacionadas à manutenção do sistema com bocas de lobo abstruídos, oriundas de lançamento de resíduos sólidos domésticos, pela população, descartados inadequadamente nas ruas próximo as bocas de lobos. As Figuras 8, 9 e 10 exemplificam essas situações verificada na pesquisa de campo.

Figura 8-Rua Armando Batista, Bairro Rosário



Fonte: Pesquisa Aplicada (2017)

Na rua Armando Batista foi identificado obstrução nas bocas de lobo, necessitando de limpeza e manutenção para melhorar a eficiência do funcionamento da rede de drenagem convencional local.

Figura 9- Rua Alvinópolis, Bairro de Lourdes



Fonte: Pesquisa Aplicada (2017)

De acordo com os dados verificados em campo, encontra-se grande presença de resíduos sólidos no bairro Lourdes, depositados próximo as bocas de lobo, no qual a maioria apresenta obstrução em larga escala. Observou-se também, praticamente inexistência de sarjetas nas laterais das ruas, as quais são responsáveis por direcionar a vazão de água pluvial para as bocas de lobo.

Figura 10– Rua 29 de Junho, Bairro José Elói



Fonte: Pesquisa Aplicada (2017)

No bairro José Elói foram identificadas, poucas bocas de lobo nas ruas, e as poucas que existem estão necessitando de limpeza e manutenção, sendo diagnosticado presença de resíduos, dessa forma a eficiência das bocas de lobo, encontra-se em um nível caótico, apresentando ineficiência para contenção de enchentes e alagamentos.

Figura 11– Rua Alvinópolis



Fonte: Pesquisa Aplicada (2017)

De acordo com a visita em campo, na rua Alvinópolis encontra-se apenas uma boca de lobo para contenção da água pluvial.

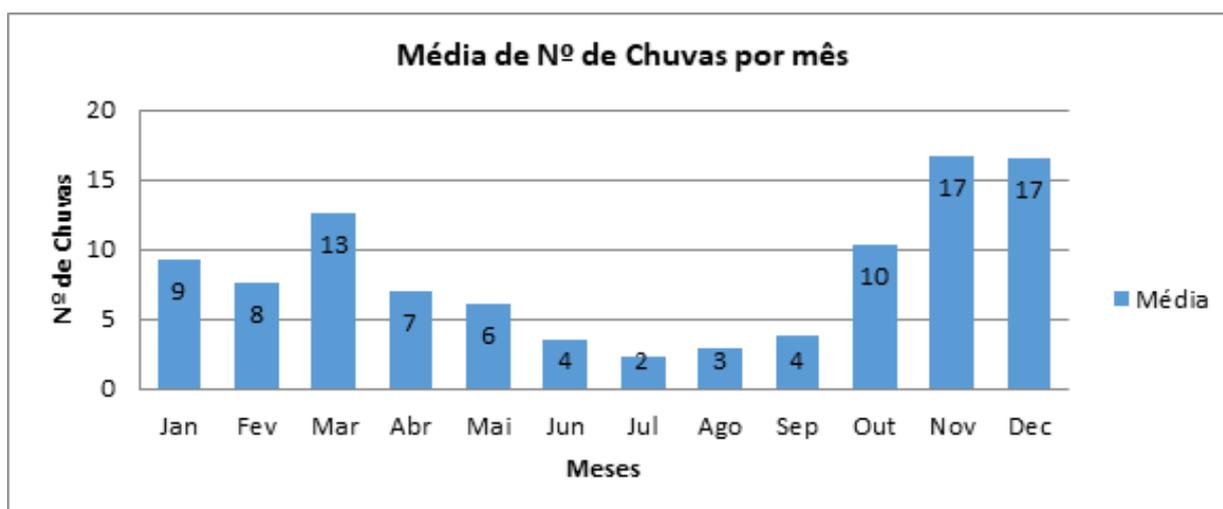
Assim, pode-se inferir que praticamente todos os bairros pertencentes à bacia de drenagem de carneirinhos direciona sua vazão de água pluvial para o centro comercial da cidade via escoamento superficial. A ausência de sistema de microdrenagem, tais como bocas-de-lobo, sarjetas e provavelmente galerias, somado a falta de manutenção da quantidade escassa que existe, tornam o problema ainda mais grave. Dessa forma, durante o período chuvoso, a água esco superficialmente com elevada velocidade, dada a elevada inclinação das ruas, e sobrecarregam o sistema de drenagem de carneirinhos, implicando em vários pontos de alagamento bem como processos erosivos da pavimentação.

4.3 Estudo hidrológico

Os dados pluviométricos do ano de 2010 a abril de 2016 foram obtidos na estação pluviométrica de João Monlevade Nº 83.591, latitude 19°50 e longitude 43°07, operada pela Arcelor Mittal. Calculou-se o índice pluviométrico e a Vazão (Q) contribuinte nas avenidas Wilson Alvarenga e Getúlio Vargas.

O Regime Climático Regional caracterizado a partir do posto pesquisado compreende uma temperatura média máxima de 30.4° e mínima média de 13.3° anual. A Distribuição do número médio de dias chuvosos por mês a Figura 12 apresentam os números de dias de chuva mensal no período de 2010 a 2015. Observa-se que os meses novembro, dezembro e março constituem-se os meses em que há maior número de dias com precipitação.

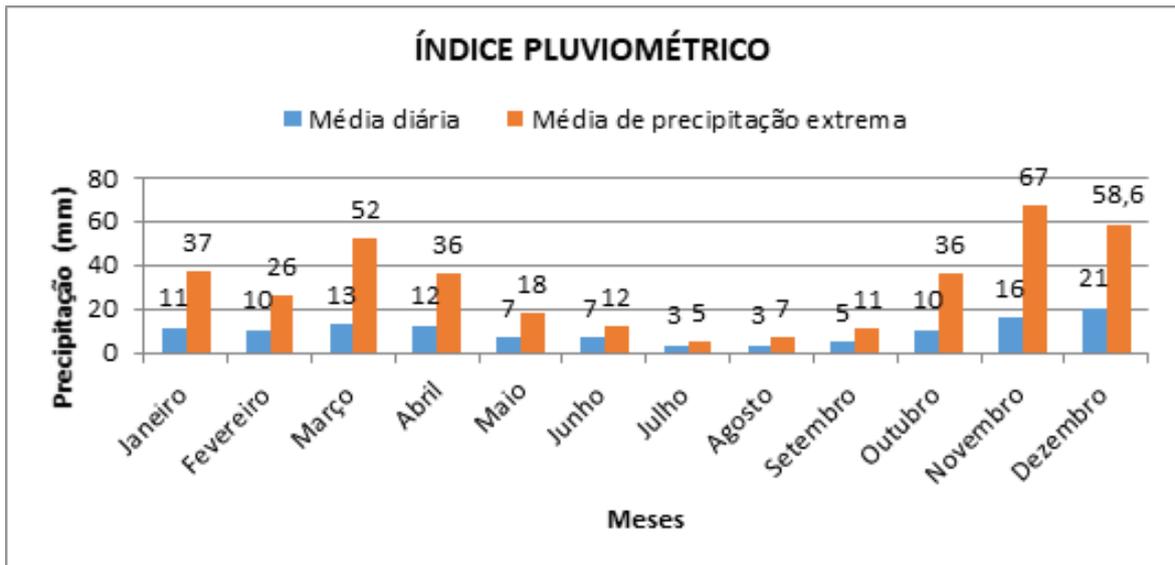
Figura 12–Média de nº de chuvas por mês



Fonte: Pesquisa Aplicada (2017)

A precipitação média anual da bacia de João Monlevade é 1280 mm na estação João Monlevade (2010 a 2015). Na Figura 13 apresentam-se os dados de precipitação máxima média e média diária de janeiro a dezembro de 2010 a 2015. Nota-se que os meses mais críticos no contexto da drenagem urbana são novembro, dezembro e março.

Figura 13– Índice Pluviométrico



Fonte: Pesquisa Aplicada (2017)

A área total de drenagem foi obtida a partir do software QGIS por meio da imagem georreferenciada da cidade, sendo o valor de 2,48Km². A fração da área impermeável C é tabelada a partir do tipo de pavimentação, nesse caso 0,9. E a intensidade de precipitação é dada pela equação de IDF da região do Médio Piracicaba. (GUIMARÃES; FONSECA; 2015):

$$i = \frac{718,884 \cdot T^{0,1296}}{(t + 3)^{0,7008}} \text{ mm/h} \quad (4)$$

O tempo de retorno (T) adotado para 10 anos e o tempo de duração (t) calculada pela Equação de Kirpich:

$$T_c = 57 \cdot L^{1,155} \cdot H^{-0,385} \quad (5)$$

onde:

t_c = Tempo de concentração, em min;

L = Comprimento do talvegue, em km;

H = desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle, em m.

Sendo o comprimento do talvegue 2,7km e o desnível 200m substituindo na equação tem-se:

$$T_c = 57 \cdot 2,7^{1,155} \cdot 200^{-0,385}$$

$$T_c = 57 \cdot 2,48 \cdot 0,13$$

$$T_c = 18,37 \text{ minutos}$$

Voltando na equação de IDF:

$$i = \frac{718,884 \cdot 10 \cdot 0,1296 \text{ mm}}{(18,37 + 3)^{0,7008} \text{ h}}$$

$$i = \frac{931,67}{14,97} = 62,2 \text{ mm/h}$$

Voltando na equação Racional:

$$Q = \frac{0,9 \cdot 62,2 \cdot 2,48}{3,6} = 38,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Assim conclui-se que para efeito de análise desse trabalho consideraremos a vazão de deflúvio $38,5\text{m}^3/\text{s}$. Isso significa que para uma precipitação de cerca de 10 minutos de duração o volume de água escoado no Centro de Carneirinho representa 23100m^3 de água pluvial. Com a aplicação das alternativas estruturais esse volume seria reduzido ou retardado.

4.4 Concepção de alternativas estruturais

Para aliviar a intensidade e volume de escoamento da água pluvial em carneirinhos, sugere-se a construção de estruturas sustentáveis como as descritas a seguir. Analisadas para cada bairro, segundo a suas características e opções de espaço conforme avaliadas em campo e por imagens de satélite.

4.4.1 Bacias de Detenção

A análise da bacia indica que existe a possibilidade de construção de pequenas bacias de detenção de modo a retardar o volume de escoamento superficial gerado durante as precipitações, atenuando o pico dos hidrogramas e redistribuindo as vazões ao longo do tempo. Essas pequenas bacias são indicadas conforme análise para alguns bairros como José Elói, na rua 29 de Junho, uma área verde, um pouco abaixo da linha de trem, de aproximadamente 3000m^2 conforme indicado na Figura 14.

Figuras 14- José Elói, na rua 29 de Junho



Fonte: Pesquisa Aplicada

Estima-se que a construção de reservatório de detenção nessa área, por exemplo, com $1,5\text{m}$ de profundidade, consiga armazenar um volume de escoamento de 4500m^3 durante o evento de cheia. Assim como no Bairro Lucília na rua Joaquim Pinto, uma área de aproximadamente 3630m^2 , que já tem uma vantagem de ser uma zona com depressão natural, sendo a medida construtiva mais simplificada, seu volume com a mesma profundidade de $1,5\text{m}$ seria um total de 5445m^3 . A Figura 15 apresenta a fotografia do local.

Figura 15- Lucília na rua Joaquim Pinto



Fonte: Pesquisa Aplicada

Nos bairros Rosário e Aclimação foram encontrados pequenos espaços com áreas de 682 m² e 573 m² nas ruas Hildebrando Santana e Padre Anchieta respectivamente. O volume considerando esses dois locais é aproximadamente 1882,5m³ de água pluvial retardada numa cheia. As Figuras 16 e 17 são referentes aos bairros Rosário e Aclimação.

Figura 16- Rosário na rua Hildebrando Santana



Fonte: Pesquisa Aplicada

Figura 17- Aclimação na Rua Padre Anchieta



Fonte: Pesquisa Aplicada

Adicionalmente, estes reservatórios poderão ser utilizados para harmonia paisagística local e áreas de lazer como quadras ou praças para uso em período de seca, contribuindo para estética local e também melhor qualidade de vida dos moradores. Depois de construídos causam pouca interferência no tráfego de veículos e no funcionamento de atividades de comércio e serviços. Todavia, é importante ressaltar que a construção de reservatórios requer a implementação de dispositivos de segurança, nos aspectos construtivos respeitando medidas de taludamento e profundidade. É necessário também a conscientização da população e uma excelente gestão de resíduos sólidos pois os sedimentos e o lixo carreados pelas águas de chuva acabam concentrados em um único ponto.

4.4.2 Trincheira de Infiltração:

A trincheira de infiltração (trincheiras de percolação ou trincheiras drenantes) também é uma medida sugerida para aumentar a infiltração da água pluvial, sendo um reservatório de amortecimento e são construídas por valetas, o que resulta na redução do volume. A trincheira consegue reduzir o risco de inundações, recarregando as águas subterrâneas mitigando os problemas de saturação da rede de drenagem. O local indicado para essa estrutura é na Av. Castelo Branco no bairro República, na praça Onofre Newton de Ambrósio. Como a trincheira são estruturas lineares (o comprimento prepondera sobre a largura) esse tipo de estrutura pode

ser aplicado entre o passeio e a praça de modo a não interferir nas áreas de circulação de pedestres. A recomendação de profundidade, de acordo com o manual “Assessment of Stormwater Best Management Practices” (2008) é de 0,9 a 3,6. Em seu preenchimento é utilizado um agregado de pedra grossa, permitindo o armazenamento temporário da água no espaço vazio do material, para a sua posterior percolação no solo naturalmente permeável. A Figura 18 apresenta o possível local para implantação da trincheira indicada por uma seta vermelha, uma região sombreada também vermelha.

Figura 18- Av. Castelo Branco no bairro República



Fonte: Adaptado Google Earth, (2017)

Na Praça do Lindinho, Av. Wilson Alvarenga, têm-se a mesma condição para a estrutura. A praça apesar de bem arborizada possui quase que em sua totalidade pavimentação impermeável. Desse modo sugere-se a trincheira de infiltração entre a praça e a calçada, esse ponto é estratégico por estar bem rente a linha de drenagem principal do bairro Rosário. A Figura 19, apresenta a fotografia da praça.

Figura 19- Avenida Wilson Alvarenga-Pracinha do Lindinho



Fonte: Pesquisa Aplicada

Um outro local para uma trincheira é na Rua Geraldo Miranda no bairro Nossa Senhora da Conceição, próximo a prefeitura, conforme a Figura 20. A área é bem gramada e uma vantagem das trincheiras é sua boa integração com o espaço urbano. Com a implementação das trincheiras, nesse local, aumentará a capacidade de infiltração amortecendo a cheia com sua função de armazenamento. A estrutura por ser preenchida por materiais granulométricos como britas, embora reduza o volume de água que possa ser armazenado na trincheira, acaba proporcionando mais segurança e propicia maior estabilidade do talude, com isso o risco de erosão é reduzido. A estrutura depois de implantada merece uma atenção especial para sua manutenção com relação a quantidade de material sólido que drena para área, podendo reduzir a sua eficiência.

Figura 20- Geraldo Miranda no bairro Nossa Senhora da Conceição



Fonte: Pesquisa Aplicada

4.4.3 Pavimento permeável

O pavimento permeável é imprescindível para áreas onde necessita-se de pavimentação para tráfego de veículos e pessoas sem comprometer a infiltração como é o caso das ruas e calçadas. Desse modo, sugere-se, a reforma das calçadas nas principais ruas de contribuição de drenagem, com o tipo de pavimento permeável. Usualmente, os sistemas permeáveis de pavimentação são compostos por pavimentos porosos (de concreto ou asfalto) ou por blocos de concreto (vazados ou não).

Genericamente, em uma estrutura de pavimento permeável, o escoamento infiltra rapidamente na camada de revestimento poroso de asfalto ou concreto (espessura de 5 a 10 cm, que serve como um "conduto" rápido para o escoamento), atravessa um filtro de agregados de 1,25 cm de diâmetro e espessura de 2,5 cm e segue para uma câmara ou um reservatório de pedras mais profundo com agregados de 3,8 a 7,6 cm de diâmetro. A partir desse reservatório, o escoamento pode ser infiltrado para o subsolo ou coletado por tubos de drenagem e conduzido até uma saída (Araújo et. al., 2000). Desta forma, a capacidade de armazenamento dos pavimentos porosos é determinada pela profundidade desse reservatório e pelo escoamento perdido por infiltração para o subsolo alimentando o lençol freático.

As calçadas indicadas para reforma de pavimentação são das ruas Armando Batista, Rua do Andrade, Virgílio Lima, Dona Nenela, Louis Ench e Avenidas Gentil Bicalho, Pedro Aleixo e Rodrigues Alves. Outra medida é incluir no Plano Diretor de Drenagem do município que qualquer manutenção ou nova pavimentação seja com pavimento permeável.

Uma segunda opção de indicação para esse tipo de estrutura são áreas industriais, galpões, pátios, condomínios e conjuntos habitacionais, praças e estacionamentos em fase de implementação. Incentivos fiscais são estratégias que podem ser implementadas de modo a estimular tais medidas em áreas privadas, assunto visto com mais detalhes no tópico de medidas não estruturais.

4.4.4 Captação de água pluvial

O sistema de captação de água pluvial é uma medida para reduzir o volume de escoamento e poderá ser aplicada em todos os bairros de contribuição. O aproveitamento dessa água deve ser para consumo não potável e consiste de um conjunto de elementos, de tecnologia relativamente simples e econômica, que objetiva captar e armazenar a água de chuva para uso futuro.

Segundo o cálculo de área de telhados, esta representa quase metade da área ocupada na cidade. Isso implica que quanto mais à população aderir à coleta de água pluvial maior será a redução do volume pluvial de água drenado para as avenidas Wilson Alvarenga e Getúlio Vargas. Para tal, o município, poderá ter incentivos para a população aderir a medida vista no item de medidas não estruturais.

4.5 Concepção de alternativas não estruturais

Com base nas condições do atual sistema de drenagem urbana local já existente, foram identificadas medidas não estruturais para complementar o sistema de drenagem urbana não convencional proposto.

Para que as medidas não estruturais se tornem, de fato, eficazes, a participação conjunta entre o poder público, setor privado e comunidade local é fundamental. Dessa forma se tem garantia da maior eficiência no sistema de drenagem convencional, diminuindo os prejuízos materiais e, principalmente, perdas humanas, gerado pelas enchentes e alagamentos na bacia de carneirinhos. As medidas não estruturais sugeridas para se implantar na bacia de Carneirinhos, em João Monlevade-MG, de acordo com (BARBOSA, 2006) são:

a) Educação ambiental: Desenvolvimento de programas de educação ambiental no município de João Monlevade, para orientação da população, sobre como prevenir as enchentes com pequenas atitudes no cotidiano, por meio de distribuição de cartilhas educativas nas escolas, postos de saúde da região, com informação de medidas estruturais e não estruturais simples, para que a população possa adquirir informações e também aprender medidas de prevenção contra as enchentes.

b) Regulamentação do uso e ocupação do solo: Através do Plano Diretor, planejar áreas a serem desenvolvidas, através do zoneamento, e o controle das áreas atualmente loteadas, evitando a ocupação desordenadas sem prevenção e previsão, sendo regulamentado pela legislação municipal ou pelo código de obras de João Monlevade. Fiscalizar desmatamentos, incêndios florestais, atuando os responsáveis por crime ambiental, por base da lei nº 9.605, de 12 de Fevereiro de 1998, de modo a prevenir erosão e assoreamento, nos bairros de contribuição.

c) Aproveitamento das áreas estratégicas: Utilização das praças, e áreas de lazer, dos bairros de contribuição, como área de contenção temporária, para gerir a vazão proveniente de água pluvial, sendo uma medida adotada para controlar a descarga de saída.

d) Reassentamento: Mapeamento das áreas de risco, definindo o nível do risco nos bairros de contribuição, e assim realizando o reassentamento dos moradores que estão ocupando áreas inapropriados, com finalidade de retirar a população dos locais de risco, assim reduzindo perdas humanas e materiais da população.

e) Plano Diretor: Aplicação das SUDS, como diretriz obrigatória no atual plano diretor de João Monlevade, no qual é regido pela lei de nº 1.686, de 10 de Outubro de 2006, com finalidade de atenuar as enchentes, e evitar os alagamentos na Bacia de Carneirinhos.

f) IPTU verde: Aplicação de benefícios fiscais, concedido à população de João Monlevade, mediante a adoção dos princípios da sustentabilidade nas edificações, previstos na Lei 6.793/2011, na aplicação de medidas estruturais nos empreendimentos. A aplicação de áreas permeáveis que permitam a absorção das águas das chuvas, terão desconto de 2% no imposto municipal. O sistema de captação de água de chuva terá 3% de desconto no IPTU, e o reuso de água, também com 3% de desconto.

Para obtenção inicial dos descontos será necessária comprovação de duas ou mais medidas implantadas na propriedade. E para maior compreensão, segue abaixo uma síntese das medidas sugeridas no Quadro 1.

Quadro 1- Medidas não estruturais

Medida não estrutural	Objetivo
Educação Ambiental	Controlar poluição difusa

Ação de regulamentação do uso e ocupação do solo	Através do Plano Diretor, evitar ocupação desordenadas, diminuir os desmatamentos, e erosão do solo.
IPTU Verde	Incentivar a construção de sistema de captação da água da chuva, e reuso de água, no Município de João Monlevade-MG, e obter redução no IPTU.
Plano Diretor	Aplicação das SUDS, na cidade de João Monlevade-MG, para diminuir as enchentes
Reassentamento	Reassentamento dos moradores de áreas de risco, para reduzir perdas humanas e materiais da população.
Aproveitamento de áreas estratégicas	Contenção temporária, da água pluvial, para controlar a descarga de saída. Evitando-se os alagamentos.

Fonte: Pesquisa Aplicada (2017)

4.6 Mapeamento de áreas de risco e movimento de massas e enchentes

Com finalidade de identificar e delimitar as áreas de risco de João Monlevade-MG, a Secretária de Obras local e o Serviço Geológico do Brasil- CPRM, desenvolveu um projeto técnico para identificar os locais de risco de movimento de massas e enchentes, com o objetivo de mapear, descrever e classificar as situações com potencialidade para risco alto e muito alto. Na avaliação de risco, foram considerados como critério de classificação pela equipe técnica, dois parâmetros; Probabilidade de ocorrência e Consequência.

Com base nos dados e resultados desse projeto de mapeamento de risco, foi realizado verificações nos bairros de contribuição, classificado como áreas de risco, para sugerir medidas estruturais e não estruturais de contenção de enchentes. Apresenta-se os bairros de contribuição, classificados como área de risco pelo projeto da Secretária de Obras e pelo Serviço Geológico do Brasil- CPRM.

a) Bairro: São João e José Elói: Nos bairros São João e José Elói, foram identificadas áreas classificadas com risco muito alto de movimento de massas e enchentes. De acordo com o levantamento foi identificado no local aproximadamente 150 ocupações e 600 habitantes residindo no local. Foi analisado a necessidade de remoção de famílias de residências com risco de deslizamento, em período chuvas intensas, e em residências passíveis de serem atingidas por enchentes, ou com possibilidade de deslizamentos, ou movimentações de massas. Para atenuar o problema foi identificado medidas de controle, como estabilização de encostas e taludes, melhorias das condições de drenagem dos terrenos e melhorias no sistema de coleta de esgotos para que não ocorram lançamentos irregulares, e monitoramento constante em períodos de chuvas intensas. A Figura 21 apresenta a indicação da área de risco.

Figura 21 – Bairro São João e José Elói



Fonte: (DVO, CPRM, 2012)

Legenda:

-  Sentido do movimento d emassa
-  Sentido das vertentes
-  Delimitação do setor de risco

b) Bairro Mangabeiras: A área de risco referente ao bairro Mangabeiras foi classificada em risco muito alto, de movimento de massas e enchentes. De acordo com o levantamento foi identificado no local aproximadamente 40 ocupações e 400 habitantes residindo no local. No bairro Mangabeiras também ocorre necessidade de remoção de famílias de residências com risco alto. Com objetivo de diminuir os riscos nos próximos períodos de chuvas intensas, foi sugerido medidas de controle nas encostas e manutenção nos sistemas de drenagem, vegetação nas áreas desmatadas. A Figura 22 apresenta a indicação da área de risco.

Figura 22 – Bairro Mangabeiras



Fonte: (DVO, CPRM, 2012)

Legenda:

-  Sentido do movimento de emassa

c) Bairros: Rosário e Carneirinhos: De acordo com o levantamento foi identificado nos bairros Rosário e Carneirinhos aproximadamente 140 ocupações e 1.200 habitantes residindo na área de risco. Ocorre necessidade de remoção das famílias da área de risco muito alto. Foram sugeridas medidas de controle nas encostas e manutenção nos sistema de drenagem, revegetação nas áreas desmatadas, e melhorias no sistema de coleta de esgotos para que não ocorram lançamentos irregulares. É identificado encostas com declividade altas. O modelo de ocupação próximos as encostas são desordenadas, com cortes que formam taludes sub verticalizados e verticalizados, favorecendo ocorrências de deslizamentos, identificando pontos de erosão. Devido a variação de declividade dos terrenos, o risco vai de alto a muito alto. A Figura 23 apresenta a indicação da área de risco.

Figura 23- Rosário e Carneirinhos

**Legenda:**

-  Sentido do movimento de emassa
-  Sentido das vertentes

Fonte: (DVO, CPRM, 2012)

d) Nos Bairros Lucília e Lourdes, foram classificados em risco alto, de movimento de massas e enchentes algumas áreas. De acordo com o levantamento foi identificado no local aproximadamente 30 ocupações e 120 habitantes residindo na área de risco. No Areão, antiga área de extração de mineral, ocorre movimento de massas e erosão acentuada, e na rua Araçá os monitoramentos são constantes, pois a risco de movimentação da encosta e muitas rachaduras nas casas. A ocupação em média é irregular, nas áreas de risco há necessidade de limpeza e manutenção na rede de drenagem. Bairro apresenta alto nível de resíduos próximos aos bueiros. A Figura 24 apresenta a indicação da área de risco.

Figura 24- Lucília e Lourdes

**Legenda:**

-  Sentido do movimento de emassa
-  Sentido das vertentes
-  Delimitação da área de risco

Fonte: (DVO, CPRM, 2012)

Assim, nota-se que existe uma necessidade eminente de implementação de medidas nestas áreas de alto risco para que não ocorra tragédias com comprometimento de vidas. A melhor alternativa deve ser estudada caso a caso, família a família, uma vez que envolve um impacto social expressivo.

5 CONCLUSÃO

É possível identificar que apesar de haver certa evolução nas obras de drenagem ao longo dos anos, a Bacia de Carneirinhos, em João Monlevade-MG, continua com alagamentos rotineiros, em especial nas avenidas Wilson Alvarenga, e Getúlio Vargas, comprovando a necessidade de implantação da drenagem sustentável.

A topografia da Bacia, a constante supressão da vegetação, e a impermeabilização do solo vêm aumentando o escoamento superficial e diminuindo a infiltração das águas pluviais. O descarte incorreto dos resíduos sólidos e o crescimento da vegetação que obstruem e saturam os sistemas da microdrenagem agravam ainda mais a situação. Recomenda-se fiscalização prioritária da administração pública nas ocupações irregulares de alto risco de inundação e deslizamento de encostas. De acordo com esse estudo, identificou-se que a Bacia de Carneirinhos possui elevada necessidade de implementação de medidas complementares. As

principais medidas estruturais e não estruturais em potencial, sugeridas para suprir a ineficiência do atual sistema, são: Captação e armazenamento de água pluvial, aplicação de pavimentos porosos, bacia de retenção, trincheiras de infiltração, desenvolvimento de educação ambiental, adoção dos princípios da sustentabilidade nas edificações, previstos na Lei 6.793/2011, adquirindo os benefícios do IPTU verde, e aplicação das SUDS, como medida obrigatória no plano diretor municipal.

Verifica-se também que a falta de manutenção e limpeza no atual sistema de drenagem, contribuíram para os alagamentos, necessitando de cuidados especiais da Secretária de Obras. As sugestões apresentadas podem ser replicadas para outras áreas do município que porventura venha sofrer com alagamentos e inundações. Concluímos que a drenagem urbana sustentável, a ser implantada em João Monlevade-MG, em especial na Bacia de Carneirinhos, será fundamental para complementar a função da drenagem convencional, aumentando sua eficiência contra as enchentes e alagamentos por meio das medidas estruturais e não estruturais.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, Patrícia Tainá da Silva Correia. **Estudo comparativo de projeto de drenagem convencional e sustentável para controle de escoamento superficial em ambientes urbanos**. 2010. 116 f. TCC (Graduação) Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

BALLARD, Bretton Woods et al. **The SuDS Manual**. 5. ed. London: Ciria, 2015. 968 p. Disponível em: <http://www.susdrain.org/resources/SuDS_Manual.html>. Acesso em: 09 nov. 2016.

BAPTISTA, Márcio Benedito; NASCIMENTO, Nilo de Oliveira, BARRAUD. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. 1º Edição. Porto Alegre: ABRH, 2005. 266p

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

BROWN, S. A.; STEIN, S. M.; WARNER, J. C. FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **Urban Drainage Design Manual**. Hydraulic Engineering Circular 22, second edition. Washington, D. C. 2001.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
GRIBBIN, John. **Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais**. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População: João Monlevade**. 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=313620&search;=||infogr?ficos:-informa??es->>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

PINTO, Luiza Helena. **Orientações Básicas para drenagem urbana**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2006. 17 p. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/arquivos/Cartilha_Drenagem.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2016.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica**. São Paulo: Editora Atlas, 2004.

MELLER, Gabriela; DRESCH3, Fernanda; DARONCO, Giuliano. **A necessidade de uma drenagem urbana sustentável**. 2014. 5 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Unijuí, Santa Rosa, Três Passos, 2014.

OLIVEIRA, Maria Marly. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Petrópolis: Vozes, 2007.

PIMENTEL, Alessandra. O método da análise documental: seu uso numa pesquisa historiográfica. **Cadernos de Pesquisa**, n.114, p.179-195, nov./2001.

RAIMBAULT, G. et al. Infiltration des eaux pluviales à travers les surfaces urbaines – Des revêtements imperméables aux structures-réservoirs. **Bulletin des Laboratoires des Ponts et Cheussées**. 238-Maio-Junho 2002 pp 39-50.

RIGHETTO, Antônio Marozzi. **Manejo de águas pluviais Urbanas**. 2009. 396 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Abes, Rio de Janeiro, 2009.

SANTOS, Natália Alves dos; NARCIZO, Rogelaine Vanessa. **DRENAGEM URBANA**: Canalização do Córrego Carneirinhos e sua Relação com as Inundações em João Monlevade. 2014. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado e Minas Gerais, João Monlevade, 2014.

SOARES, Alvaro Bianchini; ADUATI, Alex Cristiano; SÁ, Régis Gabriel. **Drenagem urbana influência da drenagem urbana nas enchentes e inundações**. 2015. 6 f. Tese TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Unijuí, Campus Santa Rosa, 2015.

SILVA, Edna Lúcia de; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

SOUSA, Pedro José Almodovar de. **Drenagem Urbana Sustentável e o Regime de Precipitação em Portugal**. 2014. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Fct/unl, unl, Lisboa, 2014.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2001.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Hidrologia. Ciência e aplicação**. Editora da Universidade. ABRH: EDUSP. Porto Alegre. Coleção ABRH de Recursos Hídricos. Vol. 4. 1993.

URBONAS, BEM, STAHR, PETER - Stormwater - **Best management practices and detention for water quality, drainage, and CSO management** - PTR Prentice Hall, 1993.

VERGARA, Sílvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em administração**. 12. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

YIN, Robert. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.