

Avaliação ambiental um estudo de caso sobre drenagem urbana.

Jackson Müller¹
Pedro Gabriel Bueno César²

¹ Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS
Laboratório de Ecologias e Ecossistemas Aquáticos - LECEA
Av. Unisinos, 950 - Bairro Cristo Rei - São Leopoldo/RS - CEP: 93.022-000
¹jmuller@unisinos.br
²pedrocesar06@hotmail.com

Abstract. During the months of August, October and November in 2013 there were high intensity rains that reached mainly the Vale do Rio dos Sinos, causing three big floods in Esteio city. Knowing the reality in this city on issues such as basic sanitation related on the urban drainage, an environmental assessment has been made with the use of geotechnology. From a sample portion of an area affected by these floods, located in the Centro neighborhood in Esteio city, it was performed using geoprocessing techniques the production of thematic maps of the aspects associated with the use and occupation of urban space. It was created three maps, identifying the physical elements that exist in this permanent preservation area, and the characteristic of permeable and waterproof elements. After that it was made the overlap of these maps and it was generated the final map of the study, with which an environmental impact assessment was carried out, using triangulation and literature data chaining with the results obtained. As management tool and environmental planning, the thematic maps allowed to verify what the main impacts resulting from the urbanization process were and the waterproofing in Esteio city and the effects in the pluvial drainage. It was proposed containment methods of the impacts caused by the predominant urbanization model, prominently in the environmental, social and economic aspects. This way of assessment of the urban environment enables the public power to create sustainable development policies, creating up a data basis that gives support for decision-making.

Palavras-chave: Environmental impact assessment, Environmental planning, Urban drainage, Avaliação de impacto ambiental, Planejamento ambiental, Drenagem urbana.

1. Introdução

No segundo semestre de 2013, ocorreram chuvas intensas na região da cidade de Esteio, estado do Rio Grande do Sul, onde cerca de 10 mil pessoas foram atingidas por enchentes (FERRAZ, 2013). Estas precipitações causaram alagamentos em locais antes improváveis, entre os meses de agosto e novembro, deixando famílias, áreas comerciais e indústrias localizadas na zona central da cidade em situação vulnerável.

Justificando a relevância desta pesquisa aborda-se a tríade da sustentabilidade, sendo ela composta pelo fator ambiental, social e econômico. O fator ambiental abordará a preservação e recuperação da mata ciliar de corpos hídricos, questões de ocupação do solo, impactos ocasionados por essas ocupações irregulares e o desenvolvimento urbano, fazendo uma relação entre as legislações específicas e a situação atual demonstrada.

A questão social está intimamente conectada com a ambiental e econômica, primeiramente pela ocupação de APP, e posteriormente pelos danos causados aos residentes destas áreas, sendo rotineiramente a população de baixa renda autora deste tipo de ocupação e a vitimada pelos danos causados pelas inundações.

O fator econômico conecta-se também as questões ambientais e sociais, uma vez que impactos ambientais e sociais negativos irão sempre refletir da mesma forma negativa no viés econômico. O planejamento e gestão trazem benefícios tanto econômicos como ambientais e sociais. Conforme Campos (2013), a relatora da ONU, Catarina Albuquerque, cita que “Em termos econômicos, investir na água e no esgoto é um ótimo negócio. Para cada R\$ 1 investido, os custos evitados [com gastos em saúde] são da ordem de R\$ 4”. Ainda como ferramenta de planejamento pode-se citar os Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Os SIGs são equipamentos e meios tecnológicos para se estudar o espaço terrestre. São utilizados por pesquisadores, empresas, ONGs, governos, serviços de inteligência, entre outros.

Desde a criação do primeiro sistema simples para aplicação da cartografia por meio de sistemas informatizados, até a recente massificação do acesso ao SIG como o Google Earth, as tecnologias para captura, armazenamento, tratamento e recuperação de informações georreferenciadas tem melhorado cada vez mais e possibilitado um leque cada vez maior de aplicações.

De acordo com Florenzano (2002), com SIG, podemos identificar ações antrópicas (como os desmatamentos), mapear a cobertura vegetal, dar suporte para análise de fenômenos naturais, ocupação do solo, erosão do solo ou inundações, ou usar como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

Com base nessa problemática o presente trabalho abordou tecnicamente, com auxílio de ferramentas e metodologias geotecnológicas as causas antrópicas destes alagamentos, como alteração no uso e cobertura do solo, taxas de impermeabilização, usos do solo dentro da APP, propondo meios de minimização dos danos causados e/ou uma forma de contenção destas cheias no município de Esteio.

2. Objetivo

Este trabalho se propôs a apresentar métodos de minimização dos alagamentos urbanos, em área específica no município de Esteio, ainda tendo como objetivos específicos os itens a seguir:

- a) investigar área com histórico de alagamentos;
- b) realizar levantamento de uso e ocupação do solo, com uso de SIG;
- c) gerar cartas temáticas, com auxílio de SIG;
- d) identificar a geologia e topografia local;
- e) avaliar métodos de contenção dos alagamentos para o município de Esteio/RS.

3. Metodologia

O local de estudos e métodos utilizados nesta pesquisa será apresentado nesta seção.

3.1. Unidade de estudo

Como unidade de estudo para o presente trabalho foi definida uma amostra da porção urbana, com área de 0,785 km², 500m de raio, e o centro deste círculo está localizado sobre as coordenadas planas UTM: 482.907,752m E e 6.697.097,86m S. (FEPAM, 2005). A figura 1 ilustra a localização do município de Esteio e demais limítrofes.

A população de Esteio é de 80.755 pessoas, com índice de crescimento na primeira década dos anos 2000 de 0,88%, e tem como característica a sua pequena extensão territorial, de 26,676 km², o menor município do RS. (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2010; IBGE, 2013; FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO E REGIONAL (METROPLAN), 2014).

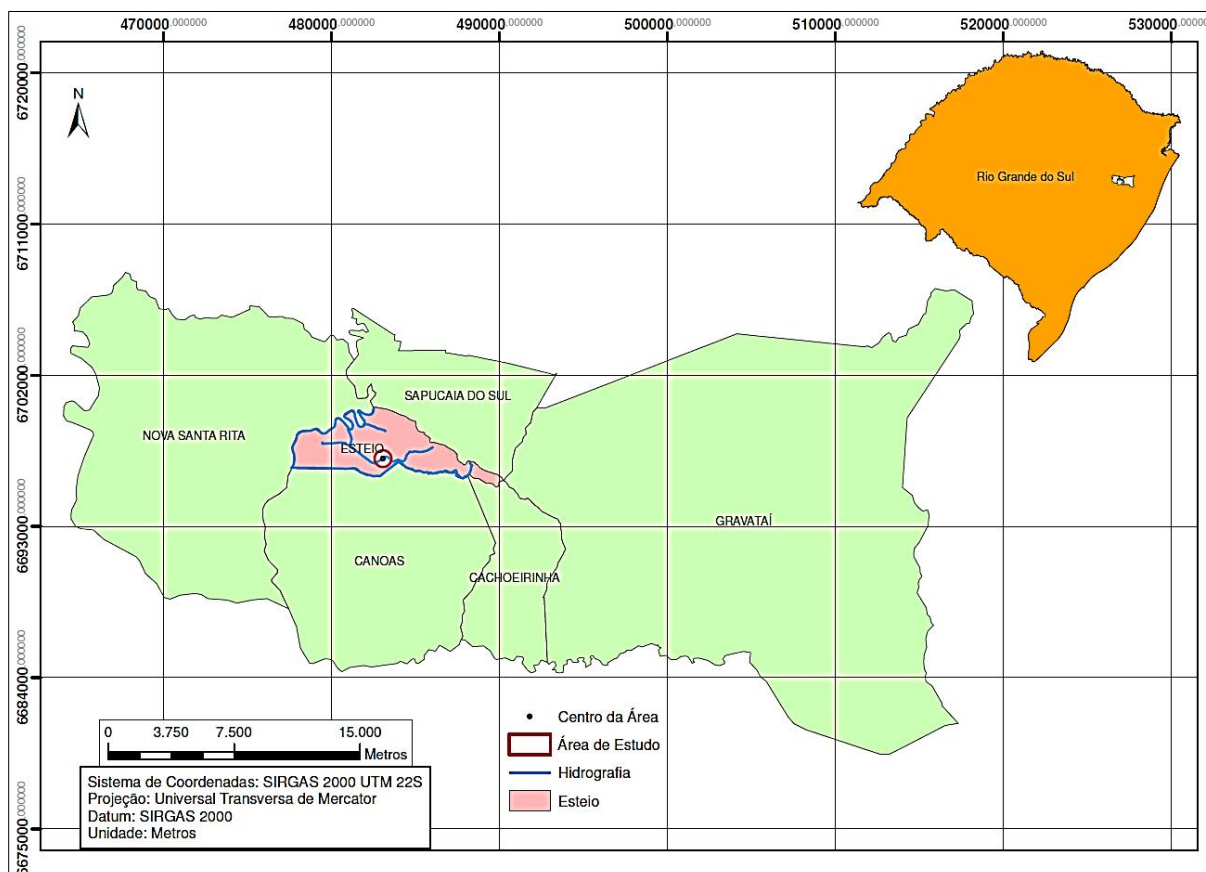


Figura 1 - Localização da Área de Estudo.

3.2. Estudo de caso

Para a realização desta pesquisa, foram aplicados os procedimentos de análise oriundos da metodologia de estudo de caso. Foram coletadas evidências de diversas fontes, criando-se um banco de dados mantido por encadeamento das evidências e informações, textos, mapas, figuras e demais dados. Os três itens citados serão conceituados a seguir

Evidências de diversas fontes de acordo com Yin (2001, p. 121),

O uso de várias fontes de evidências nos estudos de caso permite que o pesquisador dedique-se a uma ampla diversidade de questões históricas, comportamentais e de atitude. A vantagem mais importante, no entanto, é o desenvolvimento de linhas convergentes de investigação, um processo de triangulação [...].

A triangulação é um aspecto básico e muito importante para a coleta de evidências de diversas fontes, este fundamento colabora muito para um melhor resultado final do estudo.

O encadeamento das evidências conforme Yin (2001, p.127) tem por finalidade “aumentar a confiabilidade das informações em um estudo de caso”.

Yin (2001, p.127) ainda cita,

O princípio consiste em permitir que um observador externo – o leitor do estudo de caso, por exemplo – possa perceber que qualquer evidência proveniente de questões iniciais da pesquisa leve às conclusões finais do estudo de caso. Além disso, o observador externo deve ser capaz de seguir as etapas em qualquer direção [...].

Nesta pesquisa foram utilizados os procedimentos de triangulação, banco de dados e o encadeamento das evidências.

3.3. Materiais e métodos

Para a elaboração da análise da área de estudo utilizou-se o princípio da digitalização dos elementos físicos, a partir dos materiais e métodos descritos a seguir.

3.3.1. Materiais

Os materiais foram divididos em duas classes, sendo a primeira, dados de entrada, e a segunda, ferramentas de processamento.

Os dados de entrada foram:

- a) Imagem de Satélite, capturada em 3 de março de 2015, LANDSAT 8;
- b) Modelo Numérico de Terreno (MNT), Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), Resolução Espacial de 90m, Datum World Geodetic System (WGS-84) (MIRANDA, 2005);
- c) Base Cartográfica Digital do RS, escala 1:250.000, no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000) (FEPAM, 2005);
- d) Resolução do Presidente do IBGE N° 1 de 2005;
- e) Formulário de Parcelamento do Solo para Fins Residenciais (FEPAM, 2012);
- f) Código Florestal, Lei Federal 12.651;
- g) Resolução CONSEMA N° 11 de 2000;
- h) Norma ABNT NBR 10.068 de 1987.

As ferramentas utilizadas para realizar o processamento dos dados de entrada e geração dos dados de saída foram:

- a) Software Google Earth Pro;
- b) Software ArcGis 10.2;
- c) Banco de dados Excel;

3.3.2. Metodologia de processamento dos dados

A metodologia utilizada para a elaboração das cartas temáticas, geoprocessamento dos dados de entrada, seguem as etapas listadas na figura 2.

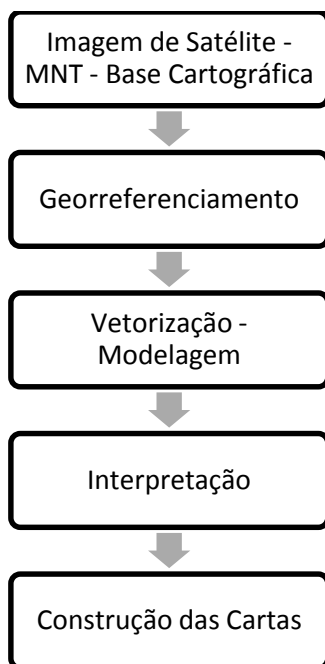


Figura 2 - Adaptado de Eger (2012, p. 58).

A imagem de satélite foi obtida através do Software Google Earth Pro (GEP) e da SRTM. O MNT foi obtido de forma on line pelo sítio da Embrapa. A imagem LANDSAT, foi obtida com uso do GEP através da localização e captura em formato JPEG de alta resolução, e logo

após se realizou o georreferenciamento. De acordo com Eger (2012, p. 58) “O georreferenciamento consiste em atribuir um ponto de coordenada de uma imagem ou mapa digital, a uma coordenada terrestre”.

O primeiro passo da vetorização foi à criação da área de estudo, com raio de 500m, conforme proposto no Formulário de parcelamento do solo da FEPAM, e da APP de 30m em cada borda do Arroio Esteio, de acordo com o Código Florestal Brasileiro. A vetorização dos recursos ambientais e antrópicos foram realizadas de acordo com o proposto na CONSEMA N° 11 de 2000. Os usos e ocupação do solo foram divididos em quatro classes:

- a) Edificação;
- b) Solo Não-Pavimentado;
- c) Solo Pavimentado;
- d) Vegetação.

A demarcação de cada feição foi realizada através da vetorização sobre imagem de satélite.

A modelagem digital do terreno foi utilizada para gerar as curvas de nível do terreno e fazer uma ilustração da declividade do terreno, em formato de três dimensões, para isso foram utilizados o MNT, Base Cartográfica e imagem de satélite.

Para a interpretação dos dados foi utilizado o banco de dados Excel, onde se geraram gráficos especificando a contribuição percentual de cada feição de uso e ocupação do solo.

Para a geração da carta final foi utilizado a sobreposição dos Shapefile gerados, dos obtidos através da Base cartográfica, elaboradas no Datum SIRGAS 2000, conforme Resolução N° 1 de 2005 do IBGE.

A presente metodologia de geoprocessamento foi realizada no mês de abril de 2015, no qual se utilizou uma imagem de satélite capturada em 3 de março de 2015. O trabalho como um todo foi elaborado entre os meses de agosto de 2014 e maio de 2015, apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental, pelo curso de Graduação Tecnológica em Gestão Ambiental da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS.

4. Resultados e discussão

A expansão das cidades e centros urbanos fez com que as áreas de infiltração natural da pluviosidade diminuíssem e criou um fenômeno antrópico de intensificação da impermeabilização do solo, que se for gerado, sem um planejamento prévio de compensação, acarretará sérios problemas a população, indústria e comércio do local.

Com o uso do Software ArcGis 10.2 se realizou o mapeamento dos componentes físicos da área de estudo e gerou-se três diferentes cartas temáticas que permitiram a composição final, diagnosticando o uso e ocupação do solo e os conflitos da ocupação inadequada nas áreas de preservação permanente, margens de arroios e córregos. A seguir será apresentado a carta final do estudo.

4.1. Uso e ocupação do solo

Nesta carta foram mapeados todos componentes físicos, conforme CONSEMA N° 11 de 2000, entre os quais está o arroio, a vegetação, solo não pavimentado, que por sua vez caracterizam-se como o solo exposto ou com vegetação rasteira, e rua sem pavimento, solo com pavimento, composto por vias asfaltadas e passeio público com pavimento, e edificação, que são construções residências, prédios industriais e de comércio, essas classes ainda foram divididas entre os elementos que se localizam dentro e fora da Área de Preservação Permanente.

Com a identificação e vetorização dos elementos físicos foram realizados os cálculos de área que cada elemento ocupa na área de estudo, o gráfico 1 apresenta os resultados percentuais.

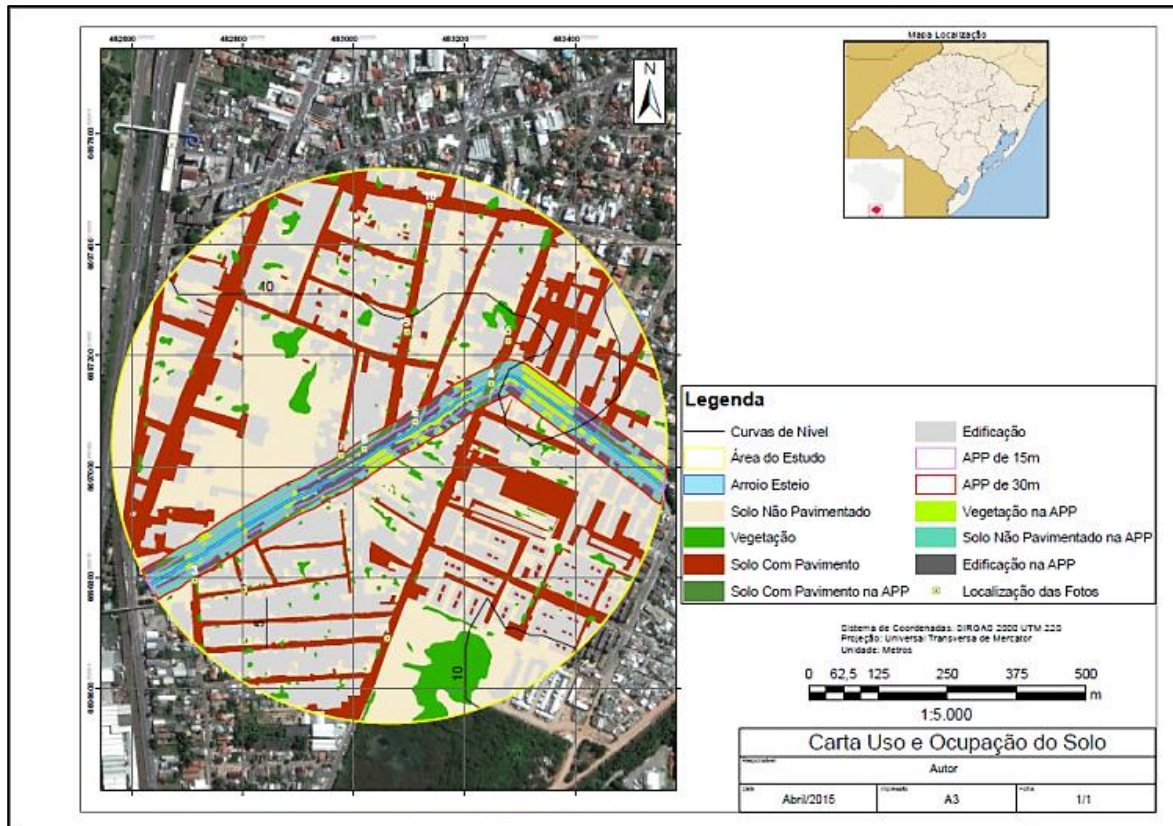


Figura 3 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo.

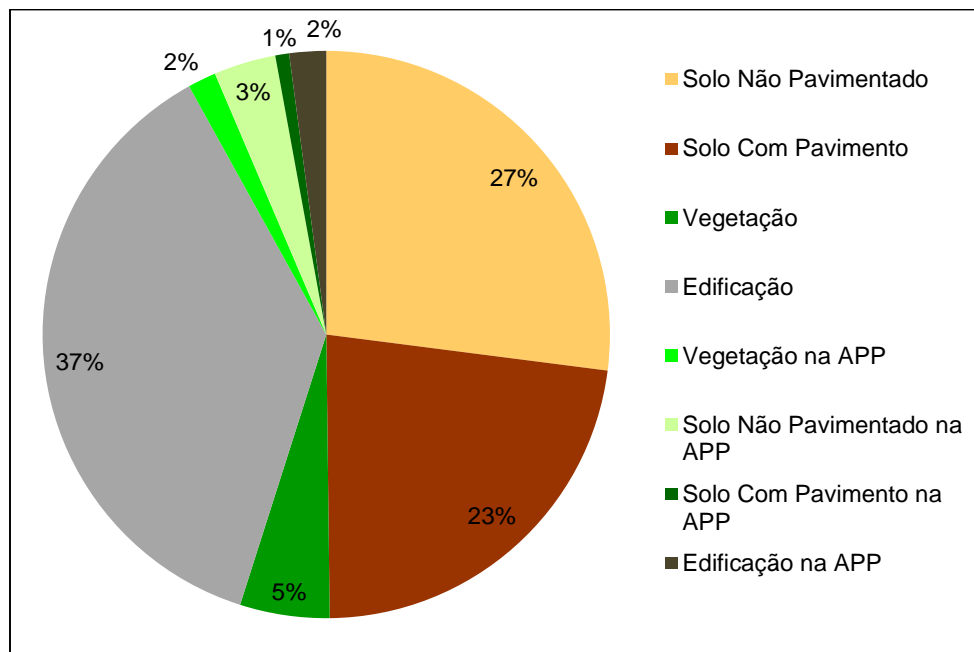


Gráfico 1 - Usos e Ocupação do Solo.

Como verificado a vegetação, elemento essencial para a proteção do solo e controle do ciclo hidrológico tem baixa presença na área de estudo, somando apenas 7% da área total, somadas as áreas em APP (2%) e da área de estudo (5%).

Para Tucci (2005), a alteração da cobertura do solo altera a quantidade de evapotranspiração do local, nesta área analisada a cobertura vegetal soma menos de 1/10 da área total, índice bem baixo, solo não pavimentado tem presença em mais de 30% da área, o que contribui na evapotranspiração, responsável por cerca de 40% do balanço hídrico, e na redução do hidrograma local, na infiltração subterrânea e escoamento superficial.

Para Tucci (2005), a impermeabilização do solo por telhados, vias, calçadas e pátios, conforme ilustrados na figura 3, cerca de 64% do uso e ocupação mapeados, geram uma série de impactos sobre a drenagem urbana, entre os quais estão o aumento do escoamento superficial, redução da infiltração do solo, aumento das vazões máximas e antecipação dos picos de cheia, em uma bacia com taxa de impermeabilização da ordem de 60% foi obtido um aumento de 6 vezes na vazão média de cheia, diminuição do nível do lençol freático, redução da evapotranspiração por folhagens e solo, aumento da temperatura, ilhas de calor, poluição das águas, ocorrida pela percolação das águas pluviais por estas superfícies impermeáveis que fixam diversos tipos de poluentes.

A taxa de solo não impermeabilizada, a princípio permeável, totalizou 37% da área avaliada, sendo que destes, 30% é classificado como solo não pavimentado. Porém o tipo de solo local é considerado como de baixa capacidade de drenagem por sua característica argilosa, constituindo-se planície de inundação. Conforme IBGE (2003a; 2003b e 2003c), Base Cartográfica Caxias do Sul, no município de Esteio predomina a pedologia Planossolo e Gleisolo eutrófico, com argila de atividade alta, no qual se tem imperfeita ou má drenagem e ocorre em áreas de várzeas com relevo plano, geomorfologia de Planície Lagunar, Terraço Lacustre com densidade de drenagem média, e geologia de Depósitos Aluvionares, areias, cascalheiras e sedimentos siltico-argilosos de planícies de inundação.

O tipo de solo e relevo, drenagem do solo, são informações importantes para tomada de decisão, que conforme o Código Estadual do Meio Ambiente, artigo 192, sobre parcelamentos urbanos, são quesitos a serem atendidos.

A CONAMA 420 de 2009 cita que a proteção do solo deve ser realizada de forma preventiva e uma de suas funções principais é de proteger as águas superficiais e subterrâneas.

5. Conclusões

O presente trabalho iniciou-se pelo problema de drenagem urbana presente na cidade de Esteio, principalmente pelos fatos ocorridos no ano de 2013. Através do uso de técnicas de geoprocessamento aplicadas a gestão, promoveu-se uma avaliação ambiental de porção amostral deste município, de forma a ilustrar o processo de uso e ocupação do solo e os impactos decorrentes do processo de urbanização e ausência de um planejamento ambiental prévio.

Os estudos realizados possibilitaram caracterizar a área avaliada como densamente impermeabilizada, 62,7% do total, por diversas atividades construtivas, intervenções antrópicas, e com solo apresentando baixa taxa de infiltração, impermeabilização natural, por sua característica argilosa. O relevo plano e sua pouca elevação de terreno em relação ao corpo hídrico contribui positivamente para que ocorram inundações naquela municipalidade.

Esses aspectos denotam a baixa capacidade do sistema de drenagem, uma vez que o escoamento superficial exige capacidade para suportar taxas mais elevadas de pluviosidade.

O planejamento ambiental, termo criado há mais de 30 anos, foi pouco ou irrisoriamente executado pelo poder público local, em especial quando se avalia a importância do Plano Diretor Municipal, instituído por lei, o qual não contempla as diretrizes a serem cumpridas para o desenvolvimento sustentável da cidade.

O município tem condições de se planejar urbanisticamente e ambientalmente sua realidade, contando com fatores positivos para essa necessidade, como apresentar uma reduzida extensão territorial, tamanho médio de população, taxa de crescimento da população

classificada como muito baixa e renda classificada como alta, tanto pelo IDH quanto pelo IDESE, o que por sua vez representa grande desafio atual.

Outras ferramentas importantes de planejamento já foram executadas na realidade local, como adesão ao PRÓ-SINOS e conseqüentemente a criação do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB).

Para que os casos de alagamentos possam ser controlados é necessária uma combinação de medidas estruturais, com ação na bacia de drenagem e no corpo hídrico, assim como adoção de medidas não estruturais, de conotação preventiva, tais como:

a) Construção de Micro Reservatórios, por realizarem a detenção das taxas de maior pluviosidade, minimizando os picos de cheia local, apropriados para bacias de pequena contribuição e baixos períodos de retorno. Sua construção pode ser efetivada sob a via de rolagem, combinado com a rede de micro drenagem, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP), 2013a);

b) Desconexão de calhas de escoamento pluvial das edificações, com a execução de cisternas nos prédios, contribuindo com a diminuição do volume de água remetido nos picos de chuva para o sistema de drenagem pluvial público, (ABCP, 2013b);

c) Adoção dos telhados verde, contribuindo com a diminuição do escoamento superficial e melhorando a qualidade da água que entra no sistema de drenagem pluvial, além de contribuir com o micro clima local e ilhas de calor. (ABCP, 2013b).

As medidas não estruturais recomendadas são:

- a) Cumprimento da legislação que determina as áreas mínimas de APP;
- b) Zoneamento de áreas de risco, com efetivas medidas de controle e fiscalização;
- c) Adoção do Zoneamento Ecológico Econômico Municipal;
- d) Seguro contra inundações;
- e) Educação ambiental dos moradores para evitar resíduos nas drenagens e tubulações.

Portanto, diante dos resultados encontrados a recomendação deste trabalho é de promover pelo poder público e sociedade civil a combinação das medidas estruturais com as medidas não estruturais, para minimizar os impactos negativos a população, ao meio ambiente e setor econômico, do poder público e também da população local.

A utilização das ferramentas de gestão ambiental urbana constitui importante contribuição para a melhoria das condições de vida da população, repercutindo em instrumentos efetivos de planejamento ambiental para as cidades sustentáveis.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Programa Soluções para Cidades: Controle de Inundações: Programa Ruas Verdes de PORTLAND – EUA**. Jaguaré, SP, 2013a. Disponível em: <http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/07/AF_Inic%20Insp04%20PORTLAND%20revitalizacao%20de%20ruas_web.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2015.

_____. **Programa Soluções para Cidades: Projeto Técnico: Microrreservatórios**. Jaguaré, SP, 2013b. Disponível em: <http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/09/AF_Microrreservat%C3%B3rios_web.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2015.

CAMPOS, Ana Cristina. Desigualdade no saneamento básico no Brasil impressiona relatora especial da ONU. 19 dez. 2013. Disponível em: <http://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2013-12-19/desi_gualdade-no-saneamento-basico-no-brasil-impressiona-relatora-especial-da-onu>. Acesso em: 28 mar. 2014.

CAXIAS DO SUL. Mapa de Geologia: região de Caxias do Sul. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2003c. 1 mapa, color. Escala 1:250.000.

_____. Mapa de Geomorfologia: região de Caxias do Sul. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2003b. 1 mapa, color. Escala 1:250.000.

_____. Mapa de Solos: região de Caxias do Sul. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2003a. 1 mapa, color. Escala 1:250.000.

- EGER, Priscila Meneghetti. **MUDANÇAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CANDIOTA-RS**. 2012. 130 f. Dissertação (Mestrado em Avaliação de impactos ambientais em mineração) - Programa de Pós-Graduação em Avaliação de impactos ambientais em mineração, Centro Universitário La Salle, Canoas, 2012.
- FERRAZ, Mateus. Enchentes em Esteio: mais de 10 mil pessoas devem resgatar FGTS até o final do ano. [S.L] 14 nov. 2013. Disponível em: < <http://gaucha.clicrbs.com.br/rs/noticia-aberta/enchen-tes-em-esteio-mais-de-10-mil-pessoas-devem-resgatar-fgts-ate-o-final-do-ano-43442.html> >. Acesso em: 17 mar. 2014.
- FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais**. São Paulo, São Paulo. Oficina de Textos, 2002. Disponível em: < http://200.132.36.199/elodio/downloads/sr/SR_T02.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2014.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIS ROESSLER (FEPAM). **Requerimento para Abertura de Processo Administrativo**. Porto Alegre, set. 2012. Disponível em:<http://www.fepam.rs.gov.br/central/formularios/arq/ativdiversas/form_parcelamento_solo.zip>. Acesso em: 05 maio. 2015.
- _____. **Base Cartográfica Digital do RS**. Porto Alegre, 2005. Disponível em:< http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases_geo.asp>. Acesso em: 20 mar. 2015.. Porto Alegre, set. 2012. Disponível em:<http://www.fepam.rs.gov.br/central/formularios/arq/ativdiversas/form_parcelamento_solo.zip>. Acesso em: 05 maio. 2015.
- _____. **Base Cartográfica Digital do RS**. Porto Alegre, 2005. Disponível em:<http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases_geo.asp>. Acesso em: 20 mar. 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). IBGE: cidades@: Esteio: RS. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/populacao.php?lang=&codmun=430770&search=rio-grande-do-sul|esteio|infograficos:-evolucao-populacional-e-piramide-etaria>>. Acesso em: 23 mar. 2014.
- _____. Resolução nº 01, de 15 de janeiro de 2013. Área territorial Oficial. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 16, 23 jan. 2013. Seção 1, p. 62. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/areaterritorial/pdf/DOU_23_01_2013.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2014.
- MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 20 mar. 2015.
- TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Brasília: Ministério das Cidades, 2005. Disponível em: <www.semrah.se.gov.br/modules/wfdownloads/visit.php?cid=1&lid=175> TUCCI. Programa de drenagem sustentável>. Acesso em: 21 ago. 2014.
- YIN, Robert K. Estudo de caso: planejamento e métodos. Tradução de Daniel Grassi. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.