

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**RUDIMAR SCHUSTER SCHEREN**

**Orientador: Prof. Dr. Laurindo Antonio Guasselli**

**URBANIZAÇÃO NA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO  
DO RIO GRAVATAÍ - RS**

**Porto Alegre  
2014**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

URBANIZAÇÃO NA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO  
DO RIO GRAVATAÍ - RS

RUDIMAR SCHUSTER SCHEREN

**Orientador: Prof. Dr. Laurindo Antonio Guasselli**

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Roberto Verdum – POSGEA/UFRGS

Prof<sup>a</sup>. Dra. Marlise Reinehr Dal Forno – PGDR/UFRGS

Prof<sup>a</sup>. Dra. Dejanira Luderitz Saldanha - POSGEA/UFRGS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Geografia**.

Porto Alegre  
2014

# UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Carlos Alexandre Netto

Vice-Reitor: Rui Vicente Oppermann

## INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Diretor: André Sampaio Mexias

Vice-Diretor: Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Scheren, Rudimar Schuster

Urbanização na Planície de Inundação do Rio Gravataí-RS . /  
Rudimar Schuster Scheren. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2014.  
[123 f.] il.

Dissertação (Mestrado).- Universidade Federal do Rio Grande do  
Sul.Programa de Pós-Graduação em Geografia.Instituto de  
Geociências. Porto Alegre, RS - BR,2014.

Orientador(es):Laurindo Antonio Guasselli

1.Planície de Inundação.2.Área Inundável.3.Bacia Hidrográfica do  
rio Gravataí.4.Urbanização.I. Título.

CDU 911

---

Catálogo na Publicação  
Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS  
Miriam AlvesCRB 10/1947

## AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente à Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, universidade pública e gratuita na qual cursei o mestrado;

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – Posgea – e a todos os professores do programa;

Ao meu orientador, Professor Doutor Laurindo Antônio Guasselli pela sabedoria, pelos conhecimentos compartilhados e pela paciência durante a orientação deste trabalho;

A todo o pessoal do Lagam (Laboratório de Geoprocessamento Ambiental – UFRGS), especialmente ao Carlos Renato Siqueira Gomes pela ajuda sem preço nos mapeamentos e formatação das figuras;

À Cecília Balsamo Etchelar pelas fotos e pela ajuda nos trabalhos de campo, nos quais também contei com o auxílio da Tássia Bellolli e do Eduardo Riffel;

Obrigado a todos os colegas e amigos que fiz ou reencontrei neste período, em especial ao Roberto Luiz dos Santos Antunes, Letícia Ballejo e Tânia Gomes;

Ao ex-professor, colega e amigo Sidnei Luis Bohn Gass pela ajuda nos primeiros passos dentro do programa de pós-graduação em Geografia da UFRGS;

Um agradecimento muito especial aos grandes amigos Eduardo Samuel Riffel e Diomar Lima por me receberem em suas casas sempre que se fez necessário, durante os últimos 15 meses, até a conclusão deste trabalho;

Aos meus pais, Aléia Scheren e Albino Scheren (*in memórian*) por todo o apoio desde os tempos da graduação, e à ajuda fundamental de minha mãe no período do mestrado, sem à qual as coisas se tornariam muito mais difíceis;

Às minhas irmãs, Rosane, Roselaine, Laura e Luciana, que sempre me incentivaram e me apoiaram da forma que puderam nesta etapa de minha vida;

À minha namorada e companheira Luana, pelo amor, carinho, incentivo, apoio moral, pela ajuda e pela compreensão devido à distância que nos foi imposta no primeiro ano de curso e em tantos outros momentos;

A todos muito obrigado.

*Dedico este trabalho à minha mãe Aléia  
pelo exemplo de vida, simplicidade e  
dedicação aos filhos e netos.*

## RESUMO

O avanço da urbanização sobre as planícies de inundação causa impactos no ciclo hidrológico, na sedimentação e nas funções hidrológicas dos rios. Na planície fluvial do rio Gravataí os eventos de urbanização contribuíram para a redução da sua área inundável. Esse avanço da urbanização está associado à obras de engenharia que funcionam como barragens, que evitam que a água ocupe a planície fluvial em períodos de cheia. O presente estudo espacializa essa redução da área inundável da planície de inundação do rio Gravataí e as alterações nela recorrentes, a partir do avanço das áreas urbanas de Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Gravataí e Porto Alegre, sobre a planície fluvial. Foi elaborado o mapeamento da planície de inundação do rio Gravataí a partir de mapas geomorfológicos e geológicos; e das áreas inundadas, a partir de imagens do Landsat TM 5 de 10/01/2007 e 20/09/2009, aplicando o índice NDWI - Índice de Água por Diferença Normalizada - para definir o limite de inundação atual. Os dados obtidos foram comparados com um mapa das inundações da década de 1970. Também foi mapeada a expansão dos municípios analisados, nos anos de 1975, 1984 e 2009, e analisadas: A evolução urbana sobre a planície de inundação, a redução espacial das áreas inundáveis e os limites atingidos pela inundação. Os principais resultados mostram que as áreas urbanas dos cinco municípios cresceram consideravelmente sobre a planície de inundação do rio Gravataí, enquanto os limites de inundação foram reduzidos. A área inundável recuou consideravelmente em comparação ao seu alcance natural, pois os diques construídos para conter as cheias alteraram os limites de inundação e favoreceram o crescimento urbano. Na comparação entre as áreas ocorreu uma significativa expansão urbana, enquanto que inversamente, a área inundável apresentou redução espacial. Em 1975 a área de mancha urbana era de 75 Km<sup>2</sup>, já em 2009 de 183 Km<sup>2</sup>. A área inundável na década de 1970 tinha 58 Km<sup>2</sup>, e em 2009 33 Km<sup>2</sup>. As áreas urbanas na planície de inundação ocupavam 33 Km<sup>2</sup> em 1975, e em 2009 67 Km<sup>2</sup>.

**Palavras-Chave:** Planície de Inundação. Área Inundável. Bacia Hidrográfica do rio Gravataí. Urbanização. Região Metropolitana de Porto Alegre.

## ABSTRACT

The advancement of urbanization on flood plains has been cause impacts on the water cycle, sedimentation and hydrological functions of the rivers . In the fluvial plain of the river Gravataí events urbanization contributed to the reduction of its flood area. This advance of urbanization is associated with engineering works that act as dams that prevent water occupy the plain river in flood season. This study spatializes this reduction of flood area in the floodplain river Gravataí and amendments thereto applicants from the advance of urban areas Alvorada , Cachoeirinha, Canoas , Gravataí and Porto Alegre, on the river plain. Was developed mapping of the floodplain of the river Gravataí from geomorphological and geological maps , and flooded areas from Landsat TM 5 of 10/01/2007 and 20/09/2009, applying the index NDWI - Water Index Normalized Difference - to set the limit of current flood . The data obtained were compared with a map of the floods of the 1970s. Was also mapped the expansion of the cities analyzed in the years 1975, 1984 and 2009 and analyzed: The urban development on the flood plain, the spatial reduction of the flood area and the limits reached by the flood. The main results show that urban areas of five counties grew considerably over the floodplain of the river Gravataí, while the flood limits were reduced. The flood area decreased considerably compared to their natural range because the levees built to contain the flood changed the limits of flooding and favored urban growth. Comparing the areas was a significant urban expansion, while conversely, the flood area was reduced space. In 1975 the urban area was 75 square kilometers, in 2009 of 183 Km<sup>2</sup>. The flooded area in the 1970s was 58 Km<sup>2</sup> and 33 Km<sup>2</sup> in 2009. Urban areas in the floodplain occupied 33 Km<sup>2</sup> in 1975 , and in 2009 67 Km<sup>2</sup>.

**Keywords:** Flood Plain. Flood area. River Basin. Gravataí. Urbanization. Metropolitan Region of Porto Alegre.

## Lista de Figuras

Figura 01	Mapa de localização da Área de Estudo.....	16
Figura 02	Imagem de satélite de 01/12/2012 da planície de inundação e das áreas urbanas dos municípios de Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Gravataí e Porto Alegre.....	17
Figura 03	Inundação do rio Gravataí em 24/09/2012, Vila Olaria, município de Cachoeirinha.....	32
Figura 04	Mapa Hidrogeológico da Bacia do Rio Gravataí.....	43
Figura 05	Cursos do rio Gravataí em relação à bacia hidrográfica, evidenciando as áreas de recarga.....	45
Figura 06	Área de deposição irregular - Depósitos Induzidos- no município de Gravataí-RS.....	57
Figura 07	Mapa de hidrografia e sedes urbanas na bacia do rio Gravataí em 1970.....	68
Figura 08	Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí.....	74
Figura 09	Mapa geomorfológico da bacia hidrográfica do Gravataí – RS....	75
Figura 10	Mapa da planície de inundação em sobreposição às áreas urbanas do ano de 2009.....	82
Figura 11	Mapa de áreas inundáveis para a década de 1970 em sobreposição ao mapa de áreas urbanas de 1975 e da planície de inundação.....	83
Figura 12	Mapa evidenciando a redução da área inundada e abertura de áreas para a expansão urbana após as obras de contenção de cheias no início da década da 1980.....	85
Figura 13	Mapa de inundação em 10.01.2007.....	86
Figura 14	Imagem de NDWI da planície de inundação do rio Gravataí com a composição de bandas 134257.....	87
Figura 15	Imagem de NDWI da planície de inundação do rio Gravataí, com base em imagem Landsat TM 05 de 20.09.2009.....	88
Figura 16	Imagem de NDWI processada em tons de verde e azul da planície de inundação do rio Gravataí, com base em Imagem Lansat TM 05 de 20.09.2009.....	89
Figura 17	Mapa do limite de inundação e das áreas urbanas no ano de 2009.....	91
Figura 18	Mapa de áreas urbanas 1975.....	92

Figura 19	Mapa de áreas urbanas 1984.....	93
Figura 20	Mapa de áreas urbanas 2009.....	94
Figura 21	Mapa da evolução da área urbana na planície de inundação do rio Gravataí, no período de 1975-2009.....	95
Figura 22	Mapa da evolução da área urbana na planície de inundação do rio Gravataí, no período de 1984-2009.....	96
Figura 23	Ocupação irregular sobre a planície de inundação do rio Gravataí, Vila Olaria, no município de Cachoeirinha-RS.....	100
Figura 24	Área de ocupação irregular, com elevação de 2,5m em relação ao nível do rio Gravataí, município de Cachoeirinha.....	101
Figura 25	Resíduos sólidos em área inundada na planície de inundação do rio Gravataí.....	102
Figura 26	Dique com elevação de 5,6m em relação ao nível do rio Gravataí, município de Cachoeirinha.....	103
Figura 27	Área da planície de inundação, com ocupação residencial próximo a um clube de esportes náuticos, com elevação aproximada de 3m, na Bairro Parque dos Anjos município de Gravataí-RS.....	104
Figura 28	Área de ocupação residencial no bairro Parque dos Anjos, com elevação de aproximadamente 1m, município de Gravataí-RS.....	104
Figura 29	Área da planície de inundação, sobre ponte na RS 118, com elevação de aproximadamente 12m, município de Cachoeirinha.....	106

## Lista de Tabelas

Tabela 01	Dados Pluviométricos dos Municípios de Taquara, Glorinha e Santo Antônio da Patrulha.....	21
Tabela 02	População dos municípios com área urbana na planície de inundação do rio Gravataí.....	23
Tabela 03	Médias Pluviométricas Mensais dos Municípios Localizados em Áreas de Recarga da Bacia e Nascentes do rio Gravataí.....	90
Tabela 04	Evolução da População dos municípios com área urbana na planície de inundação do rio Gravataí - RS.....	97
Tabela 05	Tabela de áreas em quilômetros quadrados de áreas urbanas e áreas inundadas.....	98

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1. Objetivo Geral.....	13
1.2. Objetivos Específicos.....	14
1.3. A Bacia Hidrográfica do rio Gravataí.....	14
<b>2. A QUESTÃO HÍDRICA.....</b>	<b>26</b>
2.1. Planície de Inundação.....	26
2.2. Áreas úmidas.....	34
2.3. Regime Hidrológico da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí.....	41
<b>3. A QUESTÃO AMBIENTAL.....</b>	<b>48</b>
3.1. Áreas de Preservação Permanente.....	48
3.2. Problemas Ambientais Causados pela Urbanização.....	53
<b>4. REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE: CONSIDERAÇÕES     SOBRE O SURGIMENTO E DESENVOLVIMENTO DAS CIDADES.....</b>	<b>61</b>
<b>5 . MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>69</b>
5.1. Sensoriamento Remoto.....	69
5.2. Definição e Mapeamento da Planície de Inundação.....	73
5.3. Mapeamento do Limite de Inundação.....	76
5.4. Aplicação do Índice NDWI.....	78
5.5. Mapeamento da evolução urbana nos municípios de Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Gravataí e Porto Alegre, na área da planície de inundação do rio Gravataí.....	79
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>82</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>112</b>
<b>8. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>114</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento da população nas áreas urbanas tem aumentado a demanda por água e ao mesmo tempo vem diminuindo os reservatórios e comprometendo a qualidade da mesma devido à antropização e as diversas atividades atreladas a este fenômeno. Fatores como o avanço da urbanização sobre as planícies de inundação, sobre as Áreas de Proteção Permanente - APP, o depósito de resíduos sólidos, os depósitos tecnogênicos e ainda o despejo de efluentes de origem doméstica, industrial e hospitalar, interferem no ciclo hidrológico e alteram as características naturais da água.

Segundo SILOLI (1986, apud CAMARGO e CARVALHO, 2007) os ambientes aquáticos são extremamente vulneráveis aos impactos provocados pelas atividades humanas, incluindo o processo de urbanização. As cidades são um grande centro de consumo da água e também de perda de qualidade pelos efluentes produzidos.

O avanço da urbanização sobre a planície fluvial, a supressão de áreas úmidas e de vegetação ciliar rompe um equilíbrio ecológico e impede essas áreas de executarem sua função hidrológica. (BORGES et al., 2009). As planícies de inundação são grandes reservatórios e espaços de depuração.

Na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) o rio Gravataí vem sendo degradado através da ocupação urbana na planície de inundação e das zonas ciliares. A realização de obras de barramento de cheias, que alterou os padrões de inundação, promovendo novas áreas de expansão urbana que rapidamente foram ocupadas e acabaram culminando no despejo de efluentes domésticos e industriais nas águas do rio.

O crescimento populacional da RMPA, principalmente a partir da década de 1970, relacionado às políticas de industrialização atraiu migrações populacionais de diversas áreas do estado do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, gerando grande ocupação em toda região metropolitana. Esse processo intensificou a transformação da área da planície de inundação do rio Gravataí. Para melhor fluxo da produção industrial e de pessoas, no início da década de 1970 foi aberta a BR-290 (Free-Way) que atuou como vetor de

desenvolvimento e crescimento urbano das cidades. Mais recentemente foi criada a rodovia do parque, também sobre esta planície de inundação.

No Baixo Curso do rio Gravataí os processos de evolução urbana dos municípios de Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Gravataí e Porto Alegre incorreram em alterações sobre o meio ambiente, atingindo a planície de inundação. Assim o alcance dos eventos de inundação por reflexo lateral do rio Gravataí em períodos chuvosos foi alterado.

Os reflexos destas alterações podem ser percebidos ao longo do curso d'água, a partir da modificação nas dinâmicas naturais e mesmo em áreas de ocupação sobre o leito maior. Nessas áreas sérios problemas ligados à ocorrência de enchentes afetam a população que habita as áreas de ocupação sobre a planície de inundação.

Assim esta dissertação de mestrado buscou espacializar as alterações ocorridas na planície de inundação do rio Gravataí em consequência do processo de urbanização, compreendendo as áreas inundáveis existentes na área e as implicações sobre suas dinâmicas naturais.

### **1.1. Objetivo Geral**

Este trabalho tem como objetivo geral identificar as alterações ao longo do tempo na área inundada sobre a planície de inundação da bacia hidrográfica do rio Gravataí, considerando o alcance e a direção das inundações. Verificando o avanço da urbanização, considerando as áreas urbanas dos municípios de Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Gravataí e Porto Alegre e a redução da área inundável em diferentes períodos, sendo eles: década de 1970 e os anos de 1984 e 2009.

## 1.2. Objetivos Específicos

- Mapear a planície de inundação do rio Gravataí;
- Mapear o limite da área inundável no rio Gravataí a partir de imagens de satélite e mapas antigos, visualizando diferentes décadas: 1970, 1984 e 2009;
- Mapear a evolução das áreas urbanas sobre a planície de inundação, comparando diferentes datas: 1975, 1984 e 2009;
- Analisar a variação espacial da área inundada relacionada à urbanização, e as alterações no alcance e direção das inundações;
- Considerar os demais problemas ambientais na planície de inundação e no leito do rio Gravataí decorrentes da urbanização.

## 1.3. A Bacia Hidrográfica do rio Gravataí.

A bacia hidrográfica do rio Gravataí, situada na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, é tributária do sistema Jacuí, Guaíba-Lagoa dos Patos. Segundo o Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, IPH (1972), a bacia do Gravataí tem 1.975 km<sup>2</sup>, e estende-se entre as longitudes 50°27' e 51°12' e as latitudes de 29°45' e 30°12'.

Na planície central da bacia corre o canal principal do rio Gravataí, cujas nascentes localizam-se no município de Santo Antônio da Patrulha. A nascente não é claramente definida, já que as planícies alagadas vão afunilando ao longo de mais ou menos 16 km. Do ponto denominado Passo do Vau (antigo “*funil*” que fecha o exutório dos banhados) até a foz, o rio Gravataí tem 39 km de extensão. O rio corre de leste para oeste, passando pelos municípios de Viamão, Glorinha, Gravataí, Cachoeirinha e Alvorada, e deságua no Guaíba na divisa entre Canoas e Porto Alegre (Gravataí, 1992).

Segundo o site da Fundação Estadual de Proteção Ambiental, FEPAM, é possível descrever o rio Gravataí como um rio de planície, podendo ser dividido

em três trechos, identificados como nascentes, Banhado Grande e trecho final. Segundo IPH (2000) apresenta um curso muito sinuoso, as margens baixas e o leito plano. A exceção de um trecho de aproximadamente 30 km junto ao Banhado Grande, que foi canalizado na década de 70.

A FEPAM monitora a qualidade das águas do rio Gravataí desde 1980, com algumas interrupções. Em 1998 este projeto de monitoramento foi incluído no programa Pró-Guaíba, no qual a FEPAM passou a contar com o auxílio da Corsan (Companhia Riograndense de Saneamento) e do DMAE (Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre) no monitoramento da qualidade das águas do rio Gravataí.

De acordo com os dados obtidos a partir do monitoramento realizado ao longo dos anos, pelas instituições supracitadas, as águas do rio Gravataí se enquadram em três classes:

Classe Especial: área núcleo da Área de Proteção Ambiental – APA do Banhado Grande;

Classe 1: das nascentes do rio Gravataí até a foz do arroio Demétrio, à exceção da área núcleo do Banhado Grande;

Classe 2: da foz do arroio Demétrio até a foz do rio Gravataí.

A área de estudo, se situa na porção oeste da bacia, próximo ao seu ponto exutório, Figura 01.

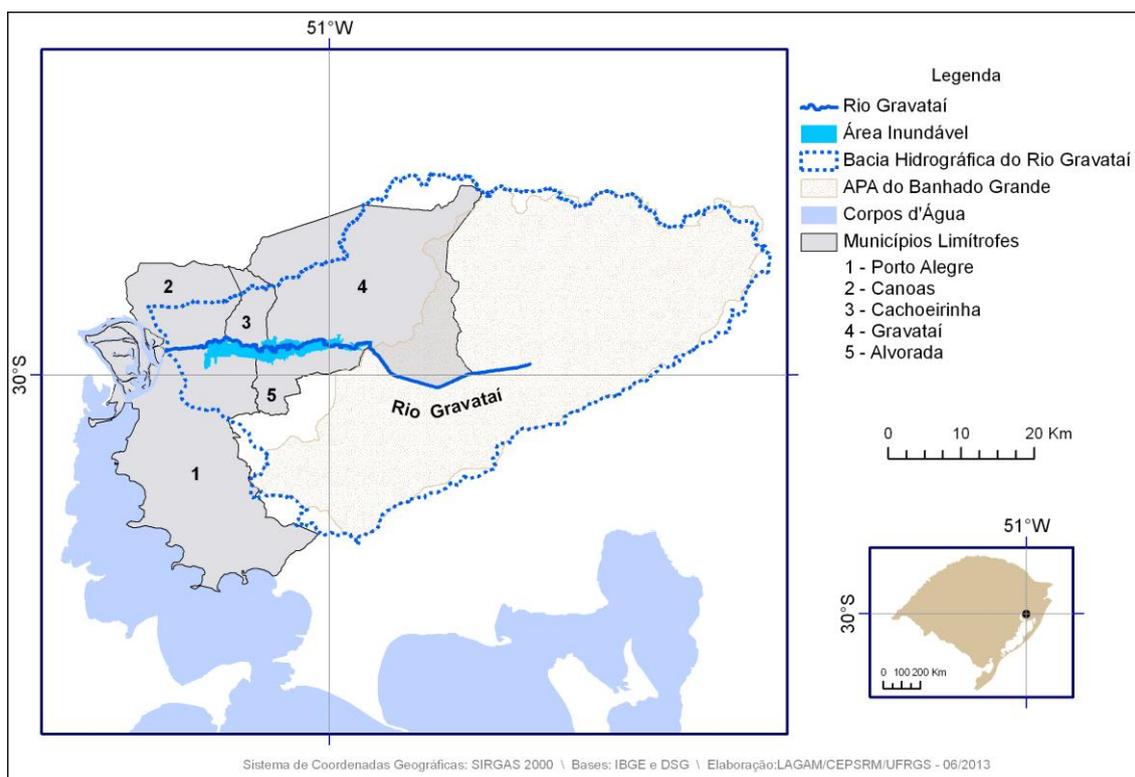


Figura 01 – Mapa de localização da Área de Estudo.  
Elaborado por: Laboratório de Geoprocessamento Ambiental (CEPSRM/UFRGS).

Na área de estudo ocorre intenso processo de urbanização, ocupando áreas sobre a planície de inundação. A Figura 02 apresenta uma imagem de satélite da área de estudo, evidenciando o processo de urbanização sobre a planície de inundação.

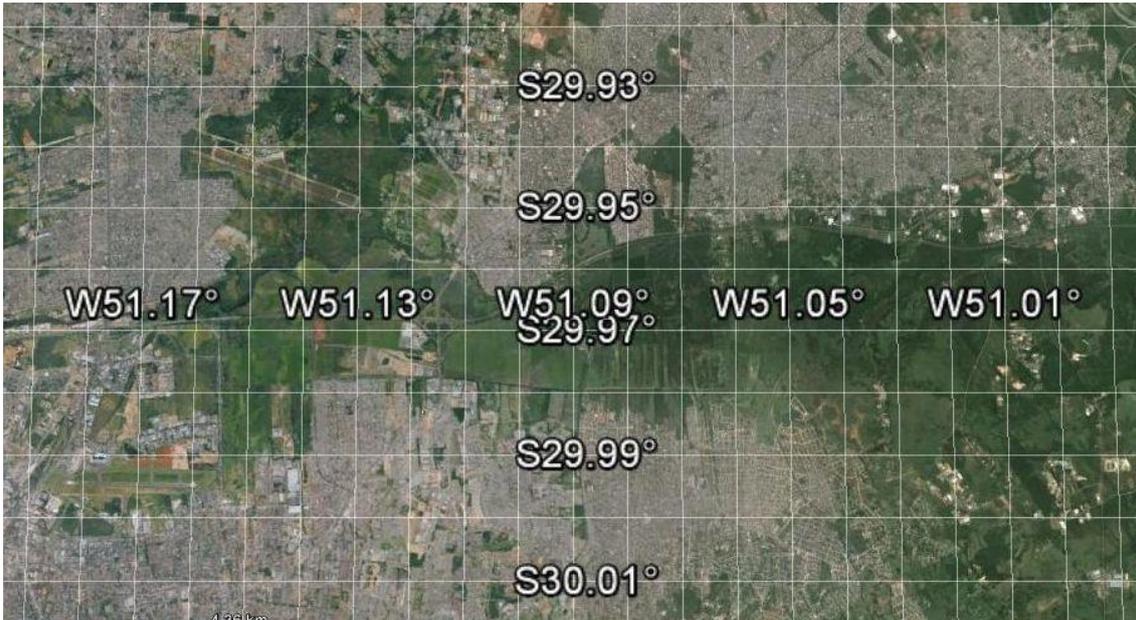


Figura 02 - Imagem de satélite de 01/12/2012 da planície de inundação e das áreas urbanas dos municípios de Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Gravataí e Porto Alegre. Fonte: Google Earth.

Segundo o mapeamento geomorfológico do RADAMBRASIL (1986) a bacia abrange terrenos da Planície Costeira interna, do embasamento cristalino e da borda do planalto basáltico, correspondendo a três Domínios Morfoestruturais.

O Domínio Morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares, correspondente às bordas do planalto basáltico, envolve as rochas sedimentares e vulcânicas da Bacia do Paraná. Nas rochas sedimentares, os processos erosivos geraram depressões, nas quais se encontram amplas formas alongadas, conhecidas regionalmente como coxilhas, ao lado de superfícies planas, rampeadas, configurando relevo planar. O contato entre a área planáltica e a depressão formada pelas rochas sedimentares é geralmente escarpado, IPH (1972).

Considerando as províncias geomorfológicas do Rio Grande do Sul segundo MULLER (1970), quatro delas estão presentes na bacia hidrográfica do rio Gravataí: o Planalto Arenito Basáltico, a Depressão Periférica, a Planície Costeira e o Escudo Uruguaio Sul-Riograndense. No entanto o mesmo autor ressalta que a maior parte da bacia está situada na província geomorfológica

da Depressão Periférica, onde se desenvolve o canal principal do rio Gravataí, que corre no sentido leste-oeste.

MELLO (1998) identifica e delimita os grandes conjuntos espaciais na área da bacia do rio Gravataí, caracterizando quanto à, geomorfologia, as seguintes Unidades de Paisagem: Encosta do Planalto, Coxilhas do Norte-Nordeste, Coxilhas do Sudoeste, Coxilhas do Sudeste e Planície Lagunar.

As primeiras referências à vegetação da região são encontradas em SAINT-HILAIRE (1887) que, na sua viagem de retorno de Torres para Porto Alegre, faz menção à passagem por uma coxilha pedregosa (Morro Grande) que, apesar de possuir pequena altitude, destaca-se na paisagem circundante.

O viajante continua seu relato dizendo que ao passar o Morro Grande o terreno torna-se mais arenoso, as pastagens são secas e reduzidas a um capim rasteiro, com muitos capões arbustivos. Refere-se ainda às elevações baixas e arredondadas denominadas localmente de lombas e que apresentam capim mais vigoroso.

A região próxima ao rio Gravataí é descrita por LINDMAN (1906) como uma várzea de muitos quilômetros de comprimento. Nos meses de novembro e dezembro apresenta-se uniforme e verdejante e em muitos locais impregnada de água e que pela sua considerável extensão quase não é possível considerá-la como uma só formação homogênea. Na época das chuvas, locais normalmente secos são inundados e outros permanecem apenas úmidos, apresentando o caráter de prados brejosos.

RAMBO (1956) ao descrever as paisagens naturais do Estado do Rio Grande do Sul, por regiões, refere-se, em diferentes momentos, à vegetação dessa região, registrando para a Coxilha das Lombas, limite sul da bacia do Gravataí, uma vegetação xerófila, surgida sem transição dos areais do litoral.

Quanto à mata marginal ao longo do Gravataí, a mesma é caracterizada como pouco extensa e pouco espessa constituída por “sociedades de mirtáceas e ingás”, observando-se “vastas áreas encharcadas com figueiras e parque de crista-de-galo”, “no curso médio deste rio, prevalecendo da cidade de Gravataí em diante...” IPH (1972).

De acordo com a DNOS (1985) a presença de gramíneas marca a vegetação natural da área. São campos de planície que ocupam de forma irregular a bacia do Gravataí no sentido leste-oeste. Também são encontradas florestas relacionadas à bacia do Paraná e ao escudo uruguaio sul-riograndense, em suas porções de maior altitude. É necessário mencionar que o intenso processo de desmatamento das últimas décadas casou grande redução destas florestas.

Utilizando as contribuições de TEIXEIRA *et al.* (1986) as formações vegetais da bacia do Gravataí são caracterizadas como Formações Pioneiras que tem por característica a presença de vegetação de primeira ocupação, que de modo geral, podem ser enquadradas na classe de Influência Fluvial.

Na bacia do rio Gravataí as áreas inundáveis estão localizadas ao longo de praticamente todo o curso do rio e de alguns de seus tributários, ocupando grande parte da bacia, especialmente na porção leste, na margem esquerda do canal principal, junto ao curso inferior do rio Gravataí. Os banhados estão situados na porção centro-leste da bacia, o Banhado Grande, e na porção sul, o Banhado dos Pachecos.

Segundo MELLO (1990) a largura da planície de inundação do rio Gravataí varia entre 8km e 20km na área do Banhado Grande. De acordo com BULHÕES e GIUGNO (1994) no curso médio do rio Gravataí, a planície de inundação sofre um estreitamento e limita-se em 2km de largura para voltar a ter uma largura maior em direção de sua foz, no Delta do Jacuí.

Entre suas cabeceiras e a foz, o rio Gravataí assume diferentes formas como descreve CASTRO (2010):

*“O rio Gravataí é um rio de planície, de baixa velocidade, sinuoso e com muitos meandros. Ao longo do seu curso, de 34 km desde o Passo dos Negros até o delta do Jacuí, a profundidade, a largura e a velocidade da corrente são variáveis, mesmo considerando curtas distâncias. No seu trecho inferior ocorre o fenômeno de inversão de correntes, em função da influência do delta do Jacuí.”p 3.*

O clima na região que compreende a bacia do rio Gravataí é subtropical muito úmido, segundo a classificação climática de ROSSATO (2011). A região apresenta precipitações pluviais durante todo o ano, e em razão disso, não permite a definição de uma estação seca e outra chuvosa, sendo assim, não há como determinar períodos propícios para maiores inundações. Portanto as datas de cheias podem ocorrer em qualquer estação do ano, variando a sazonalidade de presença de lamina d'água no leito maior do rio.

As precipitações na bacia do rio Gravataí não sofrem grandes oscilações durante o ano, porém existe uma variação no tipo de precipitação. De acordo com IPH (2000), as precipitações predominantes na região são as *convectivas*, que acontecem durante os meses de verão, e as *frontais* que atuam durante o resto do ano.

Segundo a UFRGS (2002 apud LEITE, 2012), as médias mensais de precipitação pluviométrica na bacia são bem distribuídas ao longo de cada ano. Para ter uma ideia da distribuição anual de chuvas na bacia do rio Gravataí, buscamos dados das estações pluviométricas dos municípios de Taquara, Glorinha e Santo Antônio da Patrulha, nos meses de janeiro a dezembro do ano de 2009, conforme a Tabela 1.

Em decorrência de períodos de grandes precipitações, como o apresentado no mês de setembro de 2009, na Tabela 01, uma vasta área nas adjacências do leito menor do rio Gravataí, compreendida pela planície de inundação, é ocupada pela água que extravasa o canal principal.

É importante destacar que quando há o extravasamento do canal principal, inundando o leito maior, acontece uma movimentação horizontal e vertical da água, o que gera cargas de sedimentos. Desta forma o comportamento da água nas áreas inundadas pode ser variado, como afirma NEIFF (2011):

*En los humedales fluviales hay movimientos horizontales del agua durante el ingreso de las aguas de desborde fluvial (generalmente abruptos cuando se producen por la entrada directa desde el curso; o, graduales cuando el agua ingresa a través de bañados). p. 97*

Tabela 01: Dados Pluviométricos dos Municípios de Taquara, Glorinha e Santo Antônio da Patrulha.

Período/Estações	Taquara	Glorinha	Sto. Antônio da Patrulha
Jan	234,5mm	209,0mm	147,5mm
Fev	118,0mm	191,0mm	221,5mm
Mar	60,0mm	172,0mm	88,0mm
Abr	23,0mm	0,0mm	5,0mm
Mai	162,0mm	82,0mm	149,0mm
Jun	55,0mm	87,5mm	52,5mm
Jul	109,0mm	110,0mm	752,0mm
Ago	149,0mm	265,0mm	160,0mm
Set	511,0mm	396,0mm	448,0mm
Out	168,0mm	110,0mm	158,0mm
Nov	368,0mm	197,5mm	180,0mm
Dez	157,0mm	120,0mm	106,5mm

Fonte: Pluviômetros de Taquara, Glorinha e Santo Antônio da Patrulha.

Na planície de inundação do rio Gravataí existe áreas em que o fenômeno descrito por NEIFF (2011) - movimentos horizontais de água de forma abrupta - se manifesta, pois as cheias atingem terrenos alagadiços, em que há a presença d'água formando, assim, um extenso terreno alagado ou úmido.

Na porção leste da bacia do Gravataí, o Banhado Grande, além de ser um de seus principais formadores, ainda realiza uma importante função hidrológica na retenção da vazão do rio Gravataí e como reservatório.

No final da década de 1960 foi realizada por parte do poder público, representado pelo DNOS (Departamento Nacional de Obras e Saneamento) uma retificação em parte do leito do rio Gravataí, no trecho próximo ao Banhado Grande. A intenção desta canalização era drenar os banhados para viabilizar a ampliação das áreas de cultivo de arroz. Esta retificação incorreu

em mudanças na hidrologia e limnologia do rio, o que pode ter significado alteração na configuração da planície de inundação à jusante da obra.

Conforme o IPH (2010), durante a realização do Projeto de Cooperação Técnica Brasil - Alemanha, Planejamento Integrado dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Gravataí (1984), posto em prática pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) em conjunto com a companhia alemã Deutsch Gesellschaft Für Technische Zusammenarbeit (GTZ), ficou constatada a necessidade de cessar as obras de canalização devido ao seu impacto negativo. Esse estudo ressaltou que os riscos de inundação seriam potencializados devido à drenagem dos banhados que não mais reteriam a vazão do rio Gravataí e pelo próprio escoamento das águas do banhado. Ao contrário da proposta da obra de drenagem, a empresa afirmou em nota a possibilidade de conservar o banhado como reserva biológica e hidrológica.

Em 1998, por Decreto Estadual, foi criada a Unidade de Conservação de Uso Sustentável Área de Proteção Ambiental (APA) do Banhado Grande.

De acordo com informações disponíveis no site da Prefeitura Municipal de Glorinha (<http://www.glorinha.rs.gov.br>), a APA está situada nos municípios de Glorinha, Gravataí, Santo Antônio da Patrulha e Viamão. A APA possui 133.000 hectares e nela insere-se o conjunto de banhados formadores do rio Gravataí: Banhado Chico Lomã, Banhado dos Pachecos e Banhado Grande.

Conforme o Decreto Nº 38.971 de 23 de outubro de 1998, os principais objetivos da APA são preservar o conjunto de banhados, compatibilizar o desenvolvimento socioeconômico com a proteção dos ecossistemas naturais, conservar o solo e os recursos hídricos, recuperar as áreas degradadas, contribuir para a otimização da vazão do rio Gravataí e, ainda, proteger a flora e a fauna nativas e seus locais de reprodução.

Cabe ressaltar que os banhados podem significar, futuramente, a diferença entre a ocorrência de eventos extremos de inundação ou não, pois ao reter a cheia, o banhado pode evitar maiores complicações em decorrência de um período chuvoso prolongado.

Devido ao avanço do processo de urbanização, as áreas urbanas de Alvorada, Cachoeirinha, Gravataí e Porto Alegre têm sofrido ao longo dos anos

sérios problemas com inundações periódicas. Provavelmente os baixos índices de cobertura vegetal das matas ripárias dos arroios contribuintes constituem um fator importante para estas inundações, demonstrando a urgência de ações de recuperação destes ecossistemas. METROPLAN e FZB (2000).

A expansão urbana, bem como outras formas de uso do solo, sobre a planície de inundação na bacia do Gravataí são fatores que demandam estudos a respeito da relação de algumas cidades da região metropolitana de Porto Alegre com o rio Gravataí.

Segundo UGALDE E RIGATTI (2006) o tecido urbano da região metropolitana de Porto Alegre, expande-se “horizontalmente” a partir de novos empreendimentos de parcelamento do solo, tanto formal quanto informal e em momentos distintos, o que torna a estruturação urbana um processo dinâmico com geração contínua de integração/segregação.

A tabela 02 sintetiza uma série histórica de dados dos censos populacionais do IBGE para os municípios de Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Gravataí e Porto Alegre:

Tabela 02: População dos municípios com área urbana na planície de inundação do rio Gravataí.

Município/Ano	1970	1980	1991	2000	2010
Alvorada	40.322	91.384	142.046	183.968	195.673
Cachoeirinha	31.002	63.196	88.195	107.564	118.278
Canoas	153.730	220.446	279.127	306.093	323.827
Gravataí	52.462	107.437	181.035	232.629	255.660
Porto Alegre	885.545	1.125.477	1.263.403	1.360.590	1.409.351

Fonte: IBGE

Nestes municípios, assim como em toda Região Metropolitana de Porto Alegre, o setor industrial e o de serviços são os que mais movimentam a

economia e empregam mão-de-obra, sendo também responsáveis pela ocupação urbana da planície de inundação do rio Gravataí.

Conforme ALONSO (2008) desde o século XIX as atividades de indústria e serviços já cresciam em Porto Alegre, e que, posteriormente se expandiram aos demais municípios da RMPA.

Outro importante fator de ocupação nesta área foi a BR 290 (Free Way), a autoestrada Porto Alegre-Osório que corta a planície de inundação do rio Gravataí. Esta rodovia foi inaugurada no ano de 1973, tendo sido a primeira autoestrada do Brasil, e que atuou como um vetor de urbanização.

Não apenas fatores ligados à urbanização e crescimento industrial, são exemplos de ações antrópicas que afetam as dinâmicas naturais na bacia do Gravataí. Ao longo da planície de inundação do rio Gravataí e principalmente na área do Banhado Grande, mesmo dentro dos limites da APA, existem propriedades rurais que atuam na rizicultura.

A bacia apresenta uma grande ocupação da planície de inundação do rio Gravataí e dos banhados para o plantio de arroz. É possível identificar a presença de grande quantidade de açudes e canais destinados à irrigação desta cultura.

Segundo GUASSELLI *et al.* (2013), mais de 2,5 mil ha na área da APA do banhado Grande estão ocupados com o cultivo do arroz. A rizicultura cresce na região e é responsável pela utilização, em excesso, de água do Banhado Grande e do próprio rio Gravataí, por meio de irrigação.

O cultivo do arroz na planície de inundação do rio Gravataí gera uma série de resíduos que contaminam a água e comprometem sua qualidade. MACEDO e MENEZES (2004) afirmam que o preparo do solo, a aplicação de fertilizantes e de pesticidas, bem como o manejo da água, feitos de maneira inadequada podem interferir na qualidade da água.

A FEPAM, para efeito de licenciamento ambiental, classifica a atividade de irrigação como tendo alto potencial poluidor (FEPAM, 2013). Esta classificação é respaldada pelo fato de a água do rio Gravataí, utilizada para irrigação da área experimental do IRGA (Instituto Riograndense do Arroz), que retorna ao leito do rio, não atender às condições de água das classes 1 a 3,

porque as concentrações de nutrientes são maiores que o permitido. (CETESB, 1988).

Segundo o banco de dados da FEPAM a demanda para uso na irrigação na bacia do rio Gravataí chega a 9.646,0 L/s, enquanto que a demanda nos processos de outorgas oficiais para uso na irrigação chega a 16.143 L/s e o valor segundo IRGA chega a 13.195,6 L/s. (RIO GRANDE DO SUL, 2012).

A demanda de água do rio Gravataí ainda atende a outros usos, entre consuntivos e não-consuntivos, como a captação para abastecimento humano, mineração, navegação, pesca, esportes náuticos, criação animal, abastecimento industrial, entre outros.

O consumo de água pelos vários setores da sociedade resulta em uma demanda de água que está ligada à diluição dos efluentes gerados. As águas retornam aos corpos d'água com suas características originais alteradas em função da presença de matéria orgânica e inorgânica, sólidos e microrganismos. A contaminação da água por esgotos domésticos e efluentes industriais é recorrente na bacia do Gravataí.

De acordo com o Plano da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí (Rio Grande do Sul, 2012) dos nove municípios da bacia, apenas cinco municípios possuem algum sistema coletivo de tratamento de esgotos domésticos: Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Gravataí e Porto Alegre. O ponto positivo neste dado é que são estes justamente os cinco municípios cujas áreas urbanas atingem a planície de inundação do rio Gravataí, e que, portanto, estão envolvidos nesta pesquisa.

## 2. A QUESTÃO HÍDRICA.

### 2.1. Planície de Inundação.

O conceito de planície de inundação indica que esta se desenvolve sobre a calha de um vale preenchido por terrenos aluvionares e que apresenta meandros fluviais divagantes devido à baixa declividade do curso do rio que, em épocas de cheia extravasa do canal fluvial e inunda o vale. Desta forma podemos inferir que a planície de inundação está diretamente relacionada aos tipos de leito de um curso d'água.

As planícies de inundação, ou planícies fluviais, podem ser definidas como terras planas, próximas ao fundo do vale de um rio, inundadas quando o escoamento do curso d'água excede a capacidade normal do canal. (DNAEE, 1976). Segundo GUERRA (1978) a planície de inundação, também chamada várzea ou leito maior por banquetas<sup>1</sup> pouco elevada acima do nível médio das águas, sendo frequentemente inundada por ocasião das cheias.

Para TRICART (1966) existem três tipos de leito em um canal fluvial; o *leito menor de vazante*, o *leito maior* e o *leito maior excepcional*. Sendo que a distinção entre estes tipos de leito é um tanto complexa, principalmente se levarmos em consideração os dois últimos, isto se dá pela dificuldade de identificar com nitidez os seus limites. O autor explica que o leito menor corresponde à parte do canal ocupada pelas águas cuja frequência impede o crescimento de vegetação. Este também pode ser entendido como o leito de vazante, no qual águas da vazante percorrem o talvegue.

Já os leitos maior e maior excepcional, se diferenciam pelo fato de o leito maior ser ocupado pelas águas do rio pelo menos uma vez ao ano, durante o período de cheia. Temos que aí levar em consideração o tipo de clima e a sazonalidade de precipitações na região a ser estudada, sendo que os índices

---

<sup>1</sup> (Guerra, 1978). Acumulação de aluviões e seixos nas margens dos rios e na beira dos litorais onde predominam as areias.

pluviométricos podem determinar um período maior, ou uma maior frequência de ocorrências em que o leito maior encontra-se ocupado pelas águas. Enquanto que o leito maior excepcional apenas é ocupado durante as grandes cheias, em decorrência de enchentes.

Além do tipo de leito, as contribuições da geomorfologia sugerem que os diferentes tipos de canal, o relevo, os processos fluviais e climáticos também podem determinar alterações no alcance e sazonalidade das inundações. É necessário levar em consideração se o canal é retilíneo, meandrante ou anastomosado.

As planícies de inundação ocorrem, normalmente, no baixo curso do rio onde o relevo, mais desbastado pela erosão do que à montante, apresenta pequeno gradiente topográfico; em consequência, a energia fluvial é diminuída e não consegue carregar muito da carga sedimentar do rio, que é depositada, colmatando o vale com sedimentos fluviais. (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2012).

Alguns autores procuram classificar os tipos de planície de inundação na busca de uma definição conceitual, desse modo, se utilizam de fatores ambientais como parâmetro para reconhecer suas classificações.

MELTON (1936) reconheceu três tipos de planície de inundação, tendo como parâmetro a forma de sedimentação:

1. Formadas por cursos meândricos, ocasionalmente inundadas, sem acumulação vertical de sedimentos.
2. Planícies cobertas. Tem sedimentos suspensos originados de sucessivos transbordamentos do rio. Tem vários canais. Em águas baixas, vê-se o modelado.
3. Planícies de rios entrelaçados (*braided*) formados por sedimentos do fundo, arrastados pela força da água.

WELCOMME (1992) classificou as planícies fluviais colocando ênfase no hábitat dos peixes:

- Planícies laterais (grandes rios tropicais)
- Planícies centrais (deltas internos)

- Planícies de deltas (deltas costeiros).

Para LEOPOLD *et al.* (1964, apud SUGGIO e BIGARELLA, 1979), a várzea, sinônimo de planície de inundação, constitui um aspecto deposicional do vale dos rios, associada com um clima particular ou regime hidrológico de bacia de drenagem. Os sedimentos deslocando-se ao longo do vale, são temporariamente retidos na várzea. Em condições de equilíbrio, a entrada e saída de sedimentos são equivalentes. Um rompimento nas condições de equilíbrio resulta na alteração da várzea, conduzindo à agradação ou degradação da mesma.

SUGGIO e BIGARELLA (1979) afirmam que a várzea faz parte do plano aluvial, e é a forma fundamental produzida pela erosão lateral dos rios. Para os autores quando o rio atingir o equilíbrio, a espessura do alúvio já deve ser grande, desta forma o substrato rochoso não mais aflora.

Quando a água do rio extravasa a calha principal e transpõe o dique marginal devido à entrada de água no sistema em pulsos de cheia causados por precipitações, a área da planície inundável é ocupada pela água. De acordo com a frequência de inundações, novos ambientes podem se formar ao longo da planície, caracterizados pela presença de vegetação típica e espécies endêmicas.

O transbordamento dos rios é um processo sedimentar de grande importância em sistemas fluviais, devido à relação entre carga em suspensão e carga de leito, que faz com que o transbordamento estabeleça um processo de acumulação de material por acreção<sup>2</sup> vertical. Estes processos podem resultar na formação de diques naturais que acompanham o canal, ou ainda depósitos de planície de inundação. (SUGGIO e BIGARELLA, 1979).

Cabe ressaltar que, de acordo com os autores supracitados, os depósitos de acreção vertical contribuem para o espessamento da planície de

---

<sup>2</sup> Segundo Suggio e Bigarella (1979), Acreção é o acúmulo vertical de sedimentos, aumentando o nível do terreno, pode ser vertical ou horizontal.

inundação pela deposição de material da carga em suspensão durante as cheias.

As planícies de inundação compreendem diversos ambientes em sua área de abrangência, formando áreas de transição entre sistema terrestre e aquático. Entre estes sistemas podemos destacar as bacias de inundação, depósito de planície de inundação e as áreas úmidas.

Segundo BOHN GASS (2010) os processos sedimentares que atuam dentro e fora de um canal fluvial moldam as características das fácies fluviais, bem como o tipo básico de sistemas deposicionais fluviais. Para SUGGIO e BIGARELLA (1979, apud BOHN GASS, 2010), os processos de aglomeração vertical são responsáveis pela formação dos depósitos dos diques marginais, das crevassas<sup>3</sup> e das bacias de inundação.

Para SUGGIO e BIGARELLA (1979):

*“As bacias de inundação constituem depressões na planície de inundação, as vezes preenchidas com água, outras pantanosas. Os pântanos formam áreas planas de drenagem podre, situadas junto, ou entre canais ativos ou abandonados de um cinturão de meandros.” p. 87.*

Portanto, a sedimentação que ocorre ao longo do canal contribui também para a formação de ambientes ou sistemas com dinâmicas próprias, podendo formar áreas de transição terrestre-aquática, áreas de deposição de sedimentos e de acumulação de água.

Como resultado destes processos de transbordamento, sedimentação, transporte e deposição, podemos destacar as áreas úmidas, que por sua vez podem se formar pelo processo de deposição da água ao longo da planície de inundação de um rio, caracterizando-se como áreas úmidas fluviais, que se originam por reflexo lateral dos rios.

---

<sup>3</sup> Segundo Suggio e Bigarella (1979), crevassas são fendas ao longo da planície de inundação resultantes dos processos de transbordamento. Podem ter a forma de leques.

Porém, os depósitos nas planícies de inundação não se limitam apenas àqueles considerados nas bacias de inundação, mas também a todos os depósitos originados pelo transbordamento do canal durante as cheias.

NEIFF (2003) levanta a questão de que as planícies de inundação podem ou não ser ecótonos, onde ele argumenta que:

*“em razão de sua grande variabilidade estacional e interanual, o que determinaria áreas de tensão ocupadas por assembléias de organismos diferentes de ambientes terrestres e aquáticos.”(p. 5).*

Com base nos argumentos de NEIFF (2003), podemos considerar que as planícies de inundação são ambientes onde ocorrem diferentes situações que variam sazonalmente, entre ambientes alagados em períodos de cheia, e ambientes de terra firme e vegetação em períodos menos chuvosos ou mesmo em períodos secos.

Assim como nas áreas úmidas, uma planície de inundação pode estar inundada em determinados períodos, porém apenas em decorrência de eventos chuvosos extremos, quando a calha não suporta a vazão ou a quantidade de água, ocorrendo o extravasamento para o leito maior. Durante a maior parte de tempo, a planície de inundação conta apenas com presença do solo e vegetação.

Para compreender estes eventos, é importante saber que os ecossistemas das planícies de inundação são caracterizados pela flutuação anual do nível da água e oscilam entre fase terrestre e aquática, em que a produção primária depende da composição da água e da fertilidade dos sedimentos durante a fase aquática, e da umidade do solo durante a fase terrestre (JUNK, 1997). Nestes casos, a composição da água é um aspecto fundamental a ser estudado para que se possa entender o funcionamento dos processos dinâmicos que ocorrem entre os ecossistemas aquáticos e terrestres (RUDORFF, 2006).

Quando ocorrem diferentes ambientes em um mesmo espaço, indiferentemente do gradiente ou da sazonalidade, é interessante que se busque em evidências biológicas e ecológicas as explicações e a solução para

o problema levantado por NEIFF (2003). De acordo com as características das comunidades vegetais e espécies animais em um ambiente torna-se possível compreender as dinâmicas ecológicas que configuram a paisagem da área em estudo. Sendo assim esta área pode apresentar características de solo e vegetação homogêneas mesmo com variações nas condições ambientais.

Sendo ou não ecótonos, as planícies de inundação por fazerem parte do leito maior do rio e ainda abrigarem muitas áreas úmidas, podem ser consideradas como passíveis de investigações quanto ao risco, tanto no sentido ecológico e sistêmico, quanto para as populações humanas que possam ocupar estas áreas.

De acordo com os autores citados anteriormente, pode-se afirmar que, com o passar do tempo (escala geológica e histórica) a planície fluvial sofre alterações naturais, causadas pela sedimentação, erosão, entre outros. Porém as alterações provenientes de atividades antrópicas, também, interferem na planície de inundação.

Para CHRISTOFOLETTI (1999), as atividades econômicas e sociais ocasionam mudanças na morfologia e nos processos de sistemas ambientais. As consequências destas atividades ficam evidentes em modificações na superfície terrestre, que se processam em tempos variados ao longo dos tempos históricos.

CUNHA (2012) afirma que na planície de inundação, obras de canalização podem causar o aprofundamento do leito do rio, o que transforma os meandros em bacias de decantação, lagos ou pântanos e a subida relativa do terraço fluvial, em relação ao nível da água. Como, por exemplo, a retificação realizada na calha do rio Gravataí.

A análise das áreas suscetíveis a inundações, considerando toda a planície de inundação, é de extrema importância para a sociedade, pois a ocorrência de uma enchente põe em risco toda população que eventualmente estiver ocupando a planície de inundação. Como no exemplo apresentado na Figura 03, na qual a cheia do rio Gravataí atinge a área urbana de Cachoeirinha, em local onde a ocupação ocorre sobre a planície de inundação.



Figura 03: Inundação do rio Gravataí em 24/09/2012, Vila Olaria, município de Cachoeirinha - RS. Foto: Cecília Balsamo Etchelar 24.09.2012.

As enchentes são fenômenos que ocorrem quando o volume da água que atinge simultaneamente o leito de um rio é superior à capacidade de drenagem de sua calha normal, também chamada de leito menor ou calha principal. Quando essa capacidade de escoamento é superada acontece a inundação das áreas ribeirinhas também denominadas como planícies de inundação ou leito maior do rio. (CPRM, 2004).

Quando os efeitos das cheias naturais são modificados em consequência da ação antrópica, reduzindo ou ampliando seu alcance, as enchentes são consideradas naturais modificadas. As cheias também podem ser causadas por rupturas de estruturas de contenção, tais como barragens e diques, tendo como causas a intervenção humana. (YEVJEVICH, 1992).

Para que seja identificada a suscetibilidade do ambiente é importante o conhecimento estrutural, morfológico e escultural do compartimento analisado. Também é necessário compreender o efeito da antropização e a amplitude da vulnerabilidade, tornando-se possível espacializar as alterações ocorridas.

Para RIO GRANDE DO SUL (2008) é muito importante que as zonas ciliares, que são abrangidas pela planície de inundação, sejam preservadas, para reduzir o risco de enchentes e mesmo a minimizar os efeitos de estiagens:

*“A ocupação ou realização de intervenções nas zonas ciliares impedem a regeneração da vegetação nativa, impossibilitando o estabelecimento da vegetação ciliar e aumentando a erosão pelo transporte de partículas pela água, prejudicando a qualidade hídrica e levando ao assoreamento dos cursos de água. Além disso, a ausência de vegetação reduz a retenção de água, ocasionando no aumento da incidência de enchentes em períodos de chuva, e no agravamento da estiagem em períodos de seca.” (p.2).*

A realização de obras de canalização também gera consequências negativas nas planícies de inundação, afetando a dinâmica fluvial e demais funções hidrológicas. Para CUNHA (2012) o aproveitamento da planície de inundação através de obras de canalização está associado à geração de uma série de alterações fluviais, em especial na dinâmica fluvial. A maior parte dos impactos que ocorrem no canal fluvial são fenômenos localizados, que ocasionam efeitos em cadeia, com reações muitas vezes irreversíveis.

Na caracterização da planície de inundação do rio Gravataí, o relatório do Plano da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí traz a seguinte contribuição:

*“A planície de inundação do rio Gravataí desenvolveu-se sobre um terraço lagunar, a partir da instalação da Coxilha das Lombas. Esta feição geomorfológica foi responsável pelo represamento do rio Gravataí, originando o Banhado Grande (funciona como “regulador de vazões”). Devido à formação da Coxilha das Lombas (cordão arenoso), a trajetória original dos cursos d’água provenientes das terras altas (situadas a noroeste) em direção ao mar foi barrada, ocasionando suas capturas pelo rio Gravataí e o consequente desvio de seus cursos para o sentido oeste... Este domínio apresenta região com relevo plano com terrenos baixos sujeitos a inundações periódicas.” (RIO GRANDE DO SUL, 2012 p. 33).*

Por ser um rio de planície, o Gravataí apresenta uma vasta planície de inundação em praticamente toda a extensão de seu curso, sendo que em boa parte é difícil definir os limites entre áreas alagadas e áreas úmidas.

## 2.2. Áreas Úmidas

A planície de inundação do rio Gravataí possui muitas áreas úmidas, entre elas podemos citar, o Banhado Grande, o Banhado dos Pachecos, o Banhado Chico Lomã e ainda frações de áreas úmidas na área do baixo curso do rio Gravataí, que muitas vezes se confundem com as áreas alagáveis por reflexo das cheias.

Para BORGES *et al.* (2009), as áreas úmidas são zonas resultantes de dois fatores correlacionados, a geomorfologia e os recursos hídricos de um determinado ambiente.

As áreas úmidas podem ser áreas alagáveis em interflúvios (campos, campinas alagáveis, campos úmidos, veredas, campos de murunduns, brejos, florestas paludosas) e áreas úmidas de estuário (mangues, banhados e lagoas costeiras).

Para classificar as áreas úmidas é importante compreender a qual nível hierárquico ela pertence, o que segundo a U.S.FISH AND WILDLIFE SERVICE, podem ser considerados cinco níveis:

- marinho: associados ao mar aberto, que se estendem na costa oceânica, onde a salinidade exceda 30 partes por mil;
- estuarino: sistemas usualmente semifechados por terra, mas conectados, ou esporadicamente conectados ao oceano, com salinidade entre 0,5 a 30 partes por mil;
- fluvial: terras úmidas que contém canais, exceto aquelas dominadas por árvores, arbustos, líquens, emergentes, e que sua salinidade não exceda 5 partes por mil;

- lacustres: terras úmidas situadas em depressões topográficas ou rio represado, não contendo árvores, arbustos, emergentes, líquens, com mais de 30% de áreas cobertas, cuja área total exceda 8 ha;

- palustres: terras úmidas dominadas por árvores, arbustos, emergentes, líquens, e todos os locais onde a salinidade seja inferior a 5 partes por mil, incluindo também os sistemas que não se enquadram nos outros níveis.

Outro critério de classificação de áreas úmidas é proposto por BRINSON (1993), o qual propõe a classificação hidrogeomórfica, que considera os seguintes fatores:

- Geomorfologia: segundo a estrutura geomorfológica e a localização topográfica da terra úmida no entorno da paisagem, elas podem ser descritas em quatro categorias: a) terras úmidas de depressão; b) turfeiras extensivas; c) terras úmidas fluviais; d) terras úmidas de orlas.

- Origem da água: Precipitação, escoamento superficial ou recarga subterrânea.

- Hidrodinâmica: capacidade dos movimentos da água desempenharem funções no sistema, como o transporte de nutrientes e sedimentos.

A área de estudo desta dissertação de mestrado, segundo os critérios acima, pode ser classificada como um ambiente fluvial, com terras úmidas fluviais. No tocante a isso NEIFF (1999) afirma que:

*“Los humedales fluviales, cuanto más conectados estén a los pulsos del curso del río, más se comportan como sistemas de transformación y de transferencia de elementos.”(pag.92).*

Sendo assim as áreas úmidas contribuem de maneira importante no aporte de matéria orgânica dissolvida presente na descarga do rio ao qual ela está ligada.

Seguindo nesta linha de pensamento que envolve as áreas úmidas em planícies de inundação, há que se destacar que de acordo com os pulsos de inundação, existem variações nas condições dos habitats para espécies de fauna e mesmo da vegetação.

Segundo JUNK et al. (1989, apud MALVÁREZ, 1999),

*“...los pulsos relativamente cortos y generalmente impredecibles ocurren, principalmente, en cursos de agua de orden relativamente bajo (por ejemplo arroyos y arroyuelos) o bien en sistemas RPA altamente modificados por el hombre mediante endicamientos, drenajes, etc.” (pag. 141)*

Situações como esta podem ocorrer em várzeas de rios e arroios urbanos, onde a presença da atividade humana é altamente perceptível, como no caso do trecho em estudo do rio Gravataí.

Quando o pulso de inundação é previsível e de maior duração, as chances de ocorrer uma adaptação e um melhor aproveitamento dos organismos que se desenvolvem no ambiente dos banhados por parte das espécies que os habitam é maior.

*“El pulso de inundación, favorecido por el tamaño relativo de la planicie aluvial, permite, en consecuencia, el desarrollo de una importante diversidad de ambientes.(...) de acuerdo a la intensidad y duración del pulso de inundación, permitirán el desarrollo de diferentes tipos de fisonomías vegetales las que, junto con sus interfases o ambientes de borde (‘ecotonos’) constituirán, individualmente o combinados, el hábitat de las diferentes especies de fauna silvestre.” Malvárez (1999).pág 142.*

No sul do Brasil, principalmente no Rio Grande do Sul, as áreas úmidas são conhecidas como banhados. Banhado é um termo derivado do espanhol - *bañado* – e utilizado para definir extensões de terras baixas inundadas pelos rios. O banhado é um terreno encharcado de água parada que pode, periodicamente, apresentar-se seco (GUERRA, 2003, p. 80).

Os Banhados são áreas alagadas permanentes ou temporariamente e, são conhecidas, na maior parte do país, como brejos, mas também denominadas de pântanos, pantanal, charcos, varjões, alagados, entre outros. Em vários momentos desta dissertação a palavra, “banhado”, aparecerá sendo empregada como sinônimo de área úmida, pois trata-se de um termo local e

que usualmente é utilizado ao se referir a estes corpos d'água, em especial na linguagem coloquial.

A FEPAM, instituição responsável pelo licenciamento ambiental no Rio Grande do Sul, utiliza a definição de JUNK (1989) para zonas que correspondem a banhados e áreas úmidas. Nessa definição áreas úmidas são zonas de transição terrestre-aquática, que são periodicamente inundadas por reflexo lateral de rios, lagos e/ou pela precipitação direta ou pela água subterrânea. Resultam em um ambiente físico químico particular, que leva a biota a responder com adaptações morfológicas, anatômicas, fisiológicas, fenológicas e/ou etológicas e a produzir estruturas de comunidades características para estes sistemas.

Os banhados podem ser definidos como áreas cobertas por uma delgada lâmina d'água, com vegetação palustre e herbácea, sem uma população característica ou inata a esses ambientes, sendo que algumas espécies habitam o banhado no período de cheia (inverno) e outras no período seco ou de menor presença de lâmina d'água (verão). A água que cobre parte significativa de sua área total satura os sedimentos e cria condições de solo encharcado, formando um ambiente que limita apenas o desenvolvimento de espécies vegetais adaptadas a essas condições.

Muitos pesquisadores consideram os banhados como ecótonos, ou seja, áreas de transição, entre ambientes aquáticos e terrestres. Seus possíveis limites, como vegetação, tipos de solo e hidrologia, entretanto, nem sempre coincidem, tornando-se muito difícil estabelecer uma delimitação e mesmo um zoneamento para os banhados, diferenciando-os das demais áreas úmidas.

A água que abastece os banhados provém de corpos hídricos próximos, como lagoas, lagunas e rios e/ou afloramento de lençol freático. Por ocasião das estações chuvosas, a origem da água em uma área úmida pode ser de precipitação, escoamento superficial e recarga subterrânea.

Na Região Sul do Brasil, os banhados estão associados principalmente às lagoas costeiras, apresentando uma grande variedade de comunidades vegetais macrofíticas que variam segundo o regime hidrológico, morfometria e outras características físicas de cada sistema (SCHWARZBOLD e SCHÄFER, 1984).

Muitas são as causas determinantes da situação ambiental e principalmente do nível ou presença de lâmina d'água nos banhados, para SILVA *et al.* (2004);

*“Vários fatores, como precipitação, evapotranspiração, capacidade de escoamento dos canais, capacidade de armazenamento das lagoas e das áreas limítrofes e retirada de água para irrigação contribuem para a definição dos níveis de água. A manutenção do ecossistema envolve necessariamente uma flutuação de níveis que garanta o ciclo das espécies terrestres e aquáticas e as funções de sistema.” (pág. 3).*

Os banhados são importantes reguladores térmicos, bem como parte necessária para a manutenção dos ecossistemas, sendo responsável por grande produção biológica, e que juntamente com outras áreas úmidas, desempenha funções essenciais para a preservação dos recursos hídricos.

Ainda, os banhados, possuem funções ecológicas importantes para a manutenção do equilíbrio das regiões em que se desenvolvem. Essas funções incluem: produção de alimentos, conservação da biodiversidade, sustentação das atividades pesqueiras, contenção de enchentes, controle da poluição e potencial como áreas de recreação.

STEINKE (2007) cita diversas funções e atributos para os ambientes úmidos:

*“Apresentam as seguintes funções: provisão de água doce, regulação de inundações e secas, retenção de sedimentos e nutrientes, remoção de tóxicos, estabilização de micro-climas, retenção de carbono, turismo, recarga de aquíferos, entre outros, e, como atributos pode-se elencar, principalmente, o banco genético e a importância sócio-ambiental. Desta forma o uso, com base em planejamento sustentável destes ambientes pode proporcionar significativos benefícios às populações locais e à economia regional.” (p.56).*

Na classificação de vegetação segundo o RADAMBRASIL (IBGE, 1986) os banhados aparecem como áreas Pioneiras de Influência Pluvial. O sistema hidrológico nas áreas urbanizadas apresenta especificidades em relação às áreas não urbanizadas (áreas de formações vegetais naturais ou cultivadas),

onde a ocupação humana é invariavelmente menos intensa e as alterações no ambiente costumam ser em níveis menos acentuados (VITTE e GUERRA, 2004).

No caso das inundações, a preservação dos banhados poderia conter uma série de eventos, já que ele atua como retentor da vazão, e ainda, ao não ser aterrado, evitaria o avanço da urbanização sobre as planícies de inundação.

Os banhados, Grande, dos Pachecos e Chico Lomã, situados na depressão central da bacia do rio Gravataí, são reguladores naturais do fluxo do rio. Estes reservatórios naturais funcionam como “esponjas” que amortecem os picos das cheias provocadas pelas enxurradas de precipitação, acumulam a água durante as épocas de enchentes e a liberam durante os períodos de estiagem. (UFRGS, 2000)

Para compreender a função, a estrutura e a dinâmica das áreas úmidas, alguns pesquisadores têm buscado estudos de ecologia da paisagem. HEMOND e BENOIT (1988) consideram que:

*“As áreas úmidas exercem vários papéis na paisagem, que variam desde a criação de habitats até a regulação do fluxo da água e efeitos sobre sua qualidade. Os impactos humanos sobre os banhados podem afetar essas funções. Os banhados são, frequentemente, sujeitos a impactos múltiplos ao longo do tempo e do espaço: os efeitos desses impactos podem ser simplesmente adicionais, ou o efeito final pode ser mais severo que a soma dos efeitos individuais dos impactos isolados (efeitos cumulativos).” (p.639).*

Para os banhados, na perspectiva da paisagem, as alterações se dão durante a trajetória de sua concepção de uso e funcionalidade. Isso pode envolver fatores físicos como temperatura, precipitação, radiação solar, vento, fluxos de água, deposição de sedimentos, crescimento e senescência de macrófitas e também fatores antrópicos, como aterros ou depósito de resíduos sólidos.

É importante destacar que não existem regulações de preservação ambiental que sejam direcionadas aos banhados ou áreas úmidas em especial. Apenas é possível enquadrá-los como corpos d’água, o que muitas vezes pode

ocasionar problemas de interpretação, já que estes ambientes na maioria dos casos não apresentam água durante todo o ano, em toda a sua área de abrangência.

Segundo MELLO (1998), a proteção dos banhados requer, além de uma delimitação adequada, a adoção de uma perspectiva de planejamento que incorpore escalas espaciais e temporais abrangentes, levando em conta o período hidrológico desses ambientes, sob a pena de, não o fazendo, ocorrerem perdas de suas funções e seus valores.

Na bacia hidrográfica do rio Gravataí existe uma Área de Preservação Ambiental, a APA do Banhado Grande, criada com o objetivo de preservar o conjunto de banhados, compatibilizar o desenvolvimento socioeconômico com a proteção dos ecossistemas naturais, conservar o solo e os recursos hídricos, recuperar as áreas degradadas, contribuir para a otimização da vazão do rio Gravataí e, ainda, proteger a flora e a fauna nativas e seus locais de reprodução.

Para buscar formas de manutenção das áreas úmidas, uma medida interessante e que representa um passo a frente no reconhecimento desses ambientes seria a sua espacialização, a definição de seus limites, para que seja possível determinar áreas de preservação em torno dos banhados.

Não existem muitos critérios para se estabelecer estes limites, devido à intensa dinâmica e mesmo peculiaridade que envolve cada área úmida, sendo que estas não apresentam um padrão de comportamento, variando em escala e temporalidade, bem como regionalmente.

NEIFF, IRIONDO e CARIGNAN (1994) e MELLO (1998), concordam que um parâmetro eficaz para a sua descrição é a elasticidade do macrosistema, definido como o quociente entre a área ocupada durante o período de maior inundação e a ocupada durante o período de máxima seca. Este valor é influenciado por:

- características geomorfológicas;
- capacidade de armazenamento de água no solo e subsolo;
- variabilidade meteorológica regional (precipitação, evapotranspiração, infiltração);

- variabilidade de aportes de água (em planícies de inundação).

Quando a expansão urbana se aproxima destas áreas, as providências tomadas durante muito tempo para resolver o “problema” para a população, por parte do poder público e mesmo por proprietários das áreas foram os aterros. São incontáveis os casos em cidades brasileiras onde áreas de banhado foram aterradas para que o local pudesse ser habitado ou ocupado de outras formas para os mais diversos usos, como abertura de ruas e rodovias, por exemplo. Sendo assim, muitas destas áreas foram fragmentadas, reduzidas ou totalmente suprimidas pela ação humana ao longo do tempo,.

### **2.3. Regime Hidrológico da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí**

Neste subitem cabe buscar algumas informações sobre o regime hidrológico na bacia do Gravataí, como as áreas de recarga, dados pluviométricos e o histórico de cheias.

O Gravataí é um rio que possui um regime hidrológico peculiar e complexo. Segundo RUBBO (2004) em Dissertação de Mestrado, o rio Gravataí recebe água apenas das vertentes, alimentadas pelas chuvas, e pelos arroios que se formam a partir deste evento. Não existe um grande afluente e as terras da bacia são baixas com relevos planos. Esses fatores, junto com ventos do sul que represam as águas do Guaíba e ondas de cheia de seus maiores afluentes (rios Jacuí e Sinos) provocam um escoamento muito lento de suas águas e constantes inversões de fluxo.

Assim sendo, o regime hidrológico do rio Gravataí é um tanto desfavorável por não apresentar um grande afluente que lhe possa oferecer um grande aporte de água e ainda o fenômeno de inversão do fluxo registrado em seu baixo curso, fazem com que a vazão no rio seja lenta.

RUBBO (2004) afirma que a Coxilha das Lombas é o principal ponto de recarga do Banhado Grande, e por consequência do rio Gravataí. A mesma autora ressalta ainda a função de controle da vazão exercida pelo Banhado Grande sendo que este reservatório amortece os picos de cheias provocadas

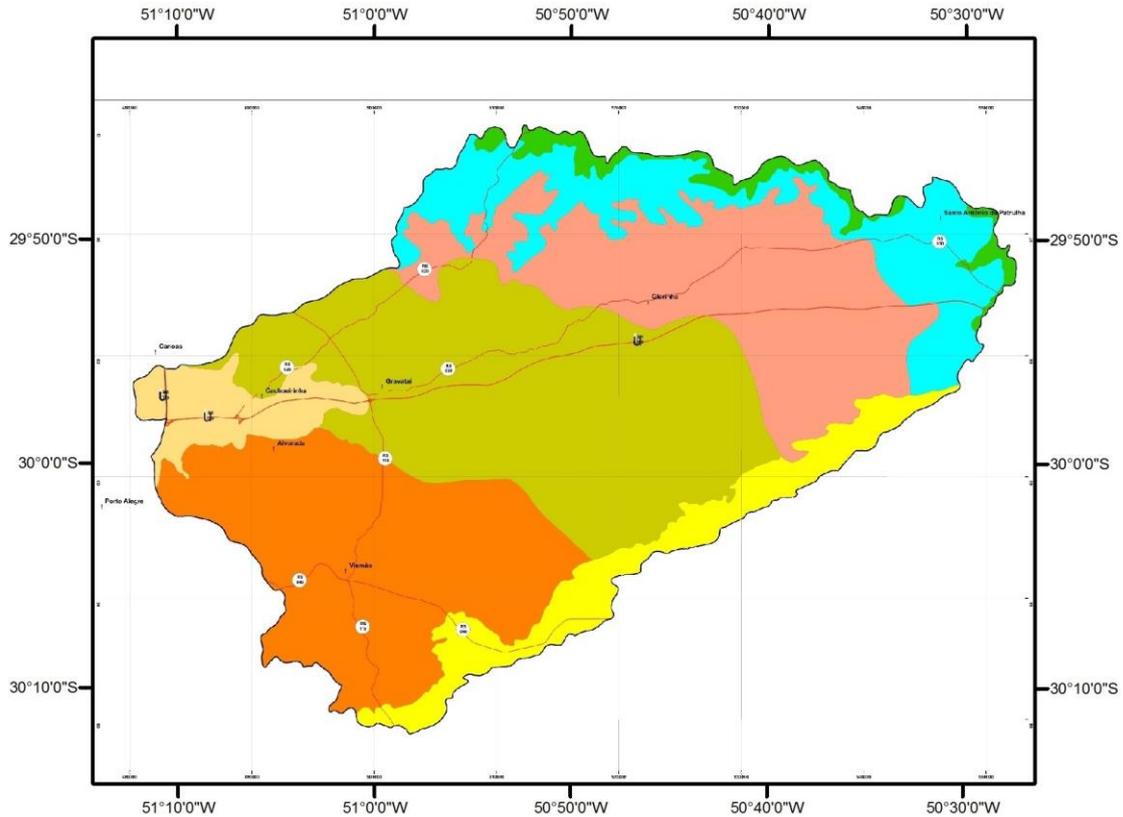
pelas enxurradas, acumulando a água durante as enchentes e escoando nas épocas de estiagem.

VIERO *et al.* (2000), afirmam que as principais áreas de recarga de água subterrânea na bacia abrangem os setores de afloramentos dos aquíferos porosos e as zonas afetadas por falhamentos. Os mesmo autores também entendem que, a maior facilidade à infiltração implica também na maior vulnerabilidade à contaminação do aquífero.

Os regimes de chuva em toda a região sul do Brasil não são bem definidos, sendo que não se pode estabelecer uma sazonalidade para as precipitações ou ainda definir uma época de cheias e uma época de seca. Apenas é possível afirmar que as precipitações diferem entre convectivas e frontais, sendo que no verão são convectivas e frontais no restante do ano.

A quantidade de água que alcança o canal expressa o escoamento fluvial, que é alimentado pelas águas superficiais e subterrâneas. A proporcionalidade entre essas duas fontes é definida por fatores, tais como clima, rocha, declividade e cobertura vegetal. Fazendo parte do ciclo hidrológico, o escoamento fluvial recebe as águas das chuvas, refletidas no escoamento fluvial imediato, mais a água da infiltração, e, do total precipitado, apenas as quantidades eliminadas pela evapotranspiração estão isentas da participação do escoamento. CUNHA (1994) p. 227.

O tipo de formação rochosa e a composição do solo definem o padrão da drenagem, quanto a vazão e infiltração. Na figura 04, o mapa hidrogeológico apresenta as formações presentes na bacia do rio Gravataí, a partir das quais podemos afirmar que as áreas de recarga da bacia se encontram nas formações Serra Geral, Botucatu e Itapuã, nos municípios de Santo Antônio da Patrulha, Glorinha, Taquara, Viamão e Gravataí.

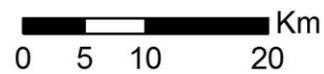


Fonte: Mapa de Hidrogeologia - Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, Rio Grande do Sul (2012)

### Legenda

- Aquífero Litorâneo - Itapuã
- Aquífero Litorâneo - Guaíba
- Aquífero Basáltico
- Aquífero Guarani - Arenitos Eólicos
- Aquífero Guarani - Arenitos Sílticos
  
- Permocarbonífero
- Embasamento Cristalino (Granitos)
  
- Estrada Federal Pavimentada
- Estrada Estadual Pavimentada
- Estrada Estadual Sem Pavimento
- Ferrovia
  
- Limite da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí

### Escala



1:600.000

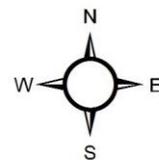


Figura 04: Mapa Hidrogeológico da Bacia do Rio Gravataí. Fonte: Rio Grande do Sul (2011)

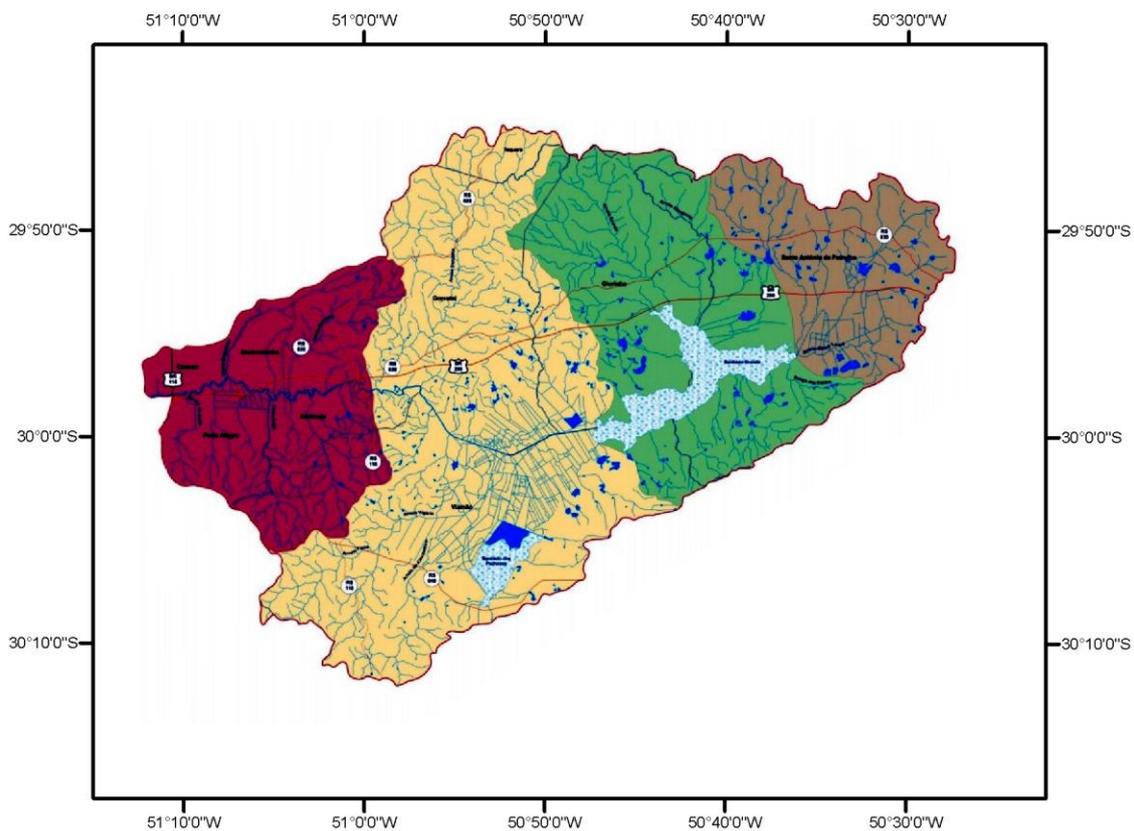
As principais áreas de recarga da bacia encontram-se nos domínios geoambientais Bordas do Planalto e Coxilha das Lombas. Conforme relatório do Plano de Recurso Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí:

*“A alta capacidade de transmissão e armazenamento de água apresentada pelo subsolo da Coxilha das Lombas mostra boa potencialidade para o abastecimento público com água subterrânea, conforme evidenciado pelas boas vazões exibidas pelos poços da região. As características hidrológicas exibidas pelos terrenos deste extenso cordão arenoso o torna um aquífero de importância regional, sendo considerado o melhor da região metropolitana.” p. 33.(2012).*

Porém, é necessário considerar também o aporte proveniente dos aquíferos da Depressão Periférica e da Planície Costeira.

O sistema hidrológico do rio Gravataí compreende quatro compartimentos, conforme o mapa da Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul (SEMA): Alto Gravataí – Formadores, Alto Gravataí – Banhado Grande, Médio Gravataí e Baixo Gravataí.

Na figura 05, abaixo os cursos do rio Gravataí em relação à bacia.



**Legenda**

- Alto Gravataí - Formadores
- Alto Gravataí - Banhado Grande
- Médio Gravataí
- Baixo Gravataí
- Limite da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí

**Escala**

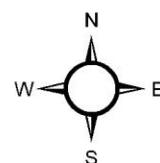
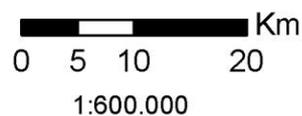


Figura 05: Cursos do rio Gravataí em relação à bacia hidrográfica, evidenciando as áreas de recarga. Fonte: Rio Grande do Sul (2011)

Ainda o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí executado pela empresa Bourscheidt à serviço da Secretaria do Meio Ambiente do estado do Rio Grande do Sul, se refere a 3 compartimentos; Formadores, Banhado Grande e rio Gravataí:

*“O rio Gravataí forma-se no Banhado Grande, percorrendo a bacia no sentido leste para oeste, onde drena as águas dos municípios situado entre a Serra Geral e a Coxilha das Lombas, desaguardo no Delta do Jacuí (um conjunto de canais, ilhas e banhados), a partir do qual, forma o lago Guaíba, sendo sua distância de 61,4 km aproximadamente. É um rio de planície, de baixa velocidade, sinuoso e com muitos meandros, que originalmente percorria 39 km desde o Passo dos Negros até o Delta do Jacuí. Atualmente, conforme o perfil longitudinal, este trecho alterado possui 34,5 km. (Rio Grande do Sul, 2012).” p.3*

Os principais afluentes do rio Gravataí são os arroios, na margem direita: Brigadeiro, Barnabé, Demétrio, Pinto, Passo Grande, Miraguaia, Venturosa, Veadinho, Chico Lomã; na margem esquerda os arroios: Areias, Sarandi, Feijó, Águas Belas, Passo dos Negros e Alexandrina. (Rio Grande do Sul, 2012).

Segundo a DNOS (1985) o regime hidrológico do rio Gravataí é influenciado fortemente por algumas peculiaridades da bacia:

- os dois terços superiores da bacia, na sua porção central, são separados da porção oeste por um vale estreito na localidade do Passo dos Negros. Este vale forma uma espécie de funil, nesta porção da bacia que serve como exutório do Banhado Grande e controlador hidráulico no caso de grandes vazões;

- da área total de 1400km<sup>2</sup> da bacia, cerca de 400 km<sup>2</sup> são áreas de relevo plano e em sua maioria cortadas por canais de drenagem;

- a maioria dos arroios afluentes do rio Gravataí é barrada por açudes e, nas regiões que possuem lavouras de arroz, são construídos mecanismos para reter a água. Esta retenção, seguramente, altera o regime natural de escoamento das precipitações;

- à jusante do estreito do Passo dos Negros, o leito do canal principal do rio Gravataí é orientado horizontalmente, o que permite o represamento do fluxo de água proveniente da região do Delta do Jacuí;

Com as características supracitadas o rio Gravataí foge da normalidade de condições recorrentes em rios de planície.

A Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí apresenta uma grande diversidade geomorfológica, abrangendo terrenos da planície costeira interna, do embasamento cristalino e das bordas do planalto basáltico, que correspondem respectivamente a três Domínios Morfoestruturais, segundo o Mapa Geomorfológico das folhas SH.21/22 e SI.22, do Projeto RADAMBRASIL (1986).p 33.

O potencial hídrico nas áreas da Formação Serra Geral está restrito às fraturas (porosidade secundária), uma vez que a permeabilidade das rochas basálticas é nula. O aquífero subterrâneo é alimentado principalmente pelas águas pluviais que atingem a superfície, através de infiltração pelas fraturas. As águas apresentam boa qualidade. Há possibilidade de ótimos aquíferos em zonas favoravelmente diaclasadas<sup>4</sup>. Nas intrusivas (sills e diques), devido ao intenso diaclasamento, encontram-se muito boas vazões médias, de 5.000 a 10.000 litros/dias (METROPLAN, 1978). p 39.

---

<sup>4</sup> Regiões com presença de diáclase. Diáclase: fratura, junta ou fenda – aberturas microscópicas ou macroscópicas que aparecem no corpo de uma rocha, principalmente por causa dos esforços tectônicos, tendo direções variadas. São de grande importância no modelado do relevo terrestre. Tem um grande papel na desagregação da rocha e também na erosão elementar (GUERRA, 1993).

### 3. A QUESTÃO AMBIENTAL

#### 3.1. Áreas de Preservação Permanente

Neste subitem abordaremos a questão sobre as Áreas de Preservação Permanente (APP), de um modo geral e, principalmente, no que se refere às áreas relativas aos cursos d'água e planície de inundação. Considerando as Áreas de Preservação Permanente como instrumentos de relevante interesse ambiental.

As APP foram criadas para proteger o ambiente natural, o que significa que não são áreas apropriadas para alteração de uso da terra, devendo estar cobertas com a vegetação original. A cobertura vegetal nestas áreas irá atenuar os efeitos erosivos e a lixiviação dos solos, contribuindo também para regularização do fluxo hídrico, redução do assoreamento dos cursos d'água e reservatórios, e trazendo também benefícios para a fauna.

O conhecimento dos limites das APP ao longo dos cursos d'água é de grande importância para o presente estudo, pois ao analisar o avanço da urbanização sobre a planície de inundação, que altera diversas dinâmicas, invadindo inclusive as margens do rio, não são poucos os locais da área em estudo onde a APP não é respeitada.

Sendo assim é importante entender quais são os objetivos da delimitação de APP ao longo de cursos d'água, e a importância da vegetação e do solo neste contexto, a respeito disso RODRIGUES (2001) afirma que:

*“As florestas correntes ao longo de cursos d'água e no entorno das nascentes têm características vegetacionais definidas por uma interação complexa de fatores dependentes das condições ambientais ciliares(...) o ambiente ribeirinho reflete as características geológicas, geomorfológicas, climáticas, hidrológicas e hidrográficas.” (p.91).*

Sendo assim podemos dizer que todas as dinâmicas sistêmicas e as interações ecológicas ao longo do curso d'água dependem da manutenção da cobertura vegetal nas margens ao longo do rio, que de forma inter-relacionada, vai determinar a manutenção das condições climáticas, das propriedades e da estrutura do solo, da forma do relevo, do regime hidrológico e da presença de espécies da fauna que habitam estes ambientes em todas as esferas. É evidente a importância da existência de uma legislação que venha privilegiar a manutenção destes ambientes.

Em 1934 o primeiro Código Florestal Brasileiro é redigido e instituído pelo decreto n. 23.793 de 23 de janeiro de 1934. Neste código florestal constam os primórdios dos processos de responsabilidade sobre as questões ambientais no Brasil, conferindo proteção às florestas que, devido à sua localização, conservassem um recurso hídrico, evitassem a erosão do solo e protegessem sítios que por sua beleza natural merecessem ser conservados. Essas áreas eram tidas como florestas protetoras, equivalendo-se ao que hoje são Áreas de Preservação Permanente (APP). (BOHN GASS, 2010).

O decreto supracitado é a primeira tentativa constituída no Brasil de elaborar e aplicar uma legislação que tenha o objetivo de preservar o ambiente natural. Partindo deste pressuposto, podemos afirmar que inicialmente a maior preocupação, por parte dos legisladores, era restrita a áreas florestais.

Com o passar do tempo houve aumento da demanda por recursos naturais no Brasil, devido aos processos de industrialização, de urbanização, bem como, a maiores investimentos em agricultura e um significativo aumento populacional. Com isso, as leis ambientais, seguindo uma prerrogativa que era tendência mundial, também passaram a ter um caráter de maior importância e, por tanto, foram aperfeiçoadas.

A Lei Federal Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal Federal, define no Artigo 1º, item II, como Área de Preservação Permanente (APP) a área protegida nos termos dos Artigos 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora; de proteger o solo e de assegurar o bem-estar das populações humanas.

É necessário esclarecer, para fins de entendimento sobre as funções das APP, que existe uma diferenciação entre preservação e conservação, lembrando que, em diferentes biomas brasileiros e demais áreas territoriais existem: Unidades de Conservação, Áreas de Proteção Ambiental, Reservas Florestais, etc. Em grande parte estas áreas destinadas à conservação encontram-se dentro dos limites de parques nacionais ou estaduais, enquanto que as APP devem ser consideradas e respeitadas em todo o território nacional.

Para explicar a diferença entre preservação e conservação BOHN GASS (2010) esclarece que:

*“... podemos concluir que **preservação** significa a proteção absoluta das características naturais de determinado espaço, das espécies e dos ecossistemas que abriga e a manutenção dos processos ecológicos nestes existentes, enquanto **conservação** significa o uso sustentável dos bens ambientais que a área abriga sob esta condição.” (p. 47).*

Neste sentido, infere-se que a preservação tem uma preocupação maior com o ambiente natural, com as dinâmicas ecológicas e o equilíbrio dos sistemas e ecossistemas, enquanto que a conservação leva em conta as riquezas naturais enquadrando-as como recursos destinados a algumas formas de uso pelas sociedades humanas, contudo, visa à utilização racional e sustentável destes recursos.

Segundo o Artigo 3º da resolução 303/02 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), constitui área de preservação permanente a área situada (parágrafo I) em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima de 50m, para cursos d'água com 10 a 50m de largura; (parágrafo IV) para veredas a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50m, a partir do limite do espaço brejoso, encharcado.

Entre as APP podemos destacar as áreas marginais dos corpos d'água (rios, córregos, lagos, reservatórios) e nascentes, que estão articuladas com o

contexto da presente análise. Outras áreas significativas, e que devem ser levadas em conta nos projetos de expansão urbana principalmente, são áreas de topo de morros e montanhas, áreas em encostas acentuadas, e ainda podemos citar as restingas e mangues. As definições e limites de APP são apresentados na Resolução do CONAMA nº 303 de 20/03/2002.

Existem particularidades regionais na aplicação da legislação federal a respeito das áreas de preservação. Com a finalidade de adequar as leis federais, adaptando-as com peculiaridades regionais, o Decreto nº 33.944 (Minas Gerais, 1992), que regulamenta a Lei nº 10.561 (Minas Gerais, 1991), em seu Art. 7, estabelece os critérios para delimitação de áreas de preservação permanente. A adoção desses critérios em levantamentos para demarcação dessas áreas, realizados por órgãos ambientais pertinentes, encontra limitações operacionais e culturais, o que contribui para o uso inadequado dos solos nesses locais.

Foram reconhecidas as seguintes categorias de áreas de preservação permanente, descritas nos itens do Artigo 7, Decreto nº 33.944 (Minas Gerais, 1992):

I - ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água, desde o seu nível mais alto, cuja largura mínima, em cada margem, será de 30 m para cursos d'água com menos de 10 m de largura;

II - nas nascentes, ainda que intermitentes, e nos chamados olhos d'água, qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 m de largura;

III - no topo de morros, montes e montanhas, em áreas delimitadas, a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura mínima da elevação, em relação à base;

IV - nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 100% ou 450, na sua linha de maior declive;

V - nas linhas de cumeada, 1/3 superior, em relação à sua base, nos seus montes, morros ou montanhas, fração essa que pode ser alterada para maior, mediante critério técnico do órgão competente, quando as condições ambientais assim o exigirem.

No Rio Grande do Sul, o Código Florestal aprovado pela lei estadual 9.519, de 21 de janeiro de 1992, não expressa claramente os termos “APP” ou mesmo “Reserva Legal”, não especificando a área que deve ser delimitada como mata ciliar. Porém, em seu artigo 23, expressa que é proibida a supressão parcial ou total das matas ciliares e das vegetações de preservação permanente definidas em lei e de reserva florestal. O mesmo artigo trata em parágrafo único que as vegetações nele citadas quando suprimidas deverão ser compensadas com a preservação de ecossistema semelhante em área que garanta a evolução e a ocorrência dos processos ecológicos.

Em 03 de agosto de 2000, a lei estadual n. 11.520 institui o Código Estadual do Meio Ambiente, no tocante às APP, o referido código define que:

“Áreas de expressiva significação ecológica amparadas por legislação ambiental vigente, considerando-se totalmente privadas a qualquer regime de exploração direta ou indireta dos Recursos Naturais, sendo sua supressão apenas admitida com prévia autorização do órgão ambiental competente quando for necessária a execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social, após a realização de Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).”

De certo modo todas as legislações pertinentes à APP, mesmo tratando do compromisso da preservação do ambiente natural e da impossibilidade de qualquer forma de alteração e/ou supressão de elementos naturais em seus limites, sempre abrem exceções para a realização de atividades ou de transformações no ambiente, quando estes eventos tenham significativo interesse social ou de utilidade pública. A interpretação dos termos “interesse social” e “utilidade pública” pode ter uma gama de sentidos diferentes, o que favorece a realização de alterações antrópicas sobre as APP.

### **3.2. Problemas Ambientais Causados Pela Urbanização.**

A bacia do rio Gravataí, é importante destacar, está situada na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA). Principalmente nas áreas a jusante da bacia possui forte grau de urbanização, sofrendo muitas alterações na cobertura vegetal, nos usos do solo, nas áreas de banhados, com a retificação do canal de drenagem, enfim, impactos causados pelo avanço da urbanização e suas atividades sobre a bacia.

Os problemas ambientais acontecem dentro de circunstâncias consideradas normais pela sociedade em cidades de todos os portes, onde muitas vezes os fatores econômicos tornam-se mais importantes que os fatores ambientais. As áreas naturais que se encontram no caminho do crescimento acabam sofrendo alterações para se adaptar ao modelo de desenvolvimento.

A urbanização da sociedade mundial aconteceu de forma desigual e os distintos processos de urbanização estão diretamente ligados à industrialização diferenciada em períodos e modelos. Os processos de urbanização e industrialização apresentam problemas tanto de caráter social quanto de caráter ambiental sendo que os problemas ambientais urbanos estão diretamente ligados aos problemas sociais.

A maior parte dos impactos ambientais urbanos ocorre em função de práticas equivocadas de uso e ocupação do solo. Considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades econômicas que afetem a saúde, a segurança, o bem estar da população e o meio ambiente, conforme Resolução 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA de 23 de janeiro de 1986 que "Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA".

CHRISTOFOLETTI (1999) afirma que as atividades econômicas e sociais realizadas pelas sociedades ocasionam mudanças na morfologia e nos processos dos sistemas ambientais. O autor se refere a mudanças que se expressam nas variáveis dos componentes climáticos, nas variáveis dos

elementos dos sistemas geomorfológicos e hidrológicos e, ainda, mudanças nos ecossistemas.

BRANDÃO (2003) ressalta que é justamente na cidade que a ação do homem se faz com intensidade máxima, esta intensidade de ação antrópica é perceptível em variáveis nos sistemas, climático, hidrológico e geológico devido ao crescimento desordenado da urbanização.

Quanto ao clima, os efeitos dos impactos antropogênicos derivados do processo de urbanização são perceptíveis tanto nas temperaturas quanto na precipitação. MONTEIRO (1976) aborda o clima urbano e constata que devido às características das áreas urbanizadas estas absorvem mais o calor promovendo aumento das temperaturas, havendo diferenças entre a temperatura urbana e a temperatura das zonas rurais circunvizinhas.

Sobre a intervenção do sistema clima urbano<sup>5</sup> (S.C.U). no modo de como a superfície terrestre se comporta no tocante a radiação solar, MONTEIRO (2003) afirma que:

*“... o organismo urbano, do ponto de vista da radiação, constitui a própria superfície terrestre no contexto do S.C.U. É todo esse organismo que através das diferentes formas de uso do solo e estrutura urbana, que passa a exercer os efeitos decisivos de reflexão, absorção e armazenamento térmico; efeitos de atrito na ventilação, etc.” (p. 22).*

Neste caso, as alterações ocorridas sobre qualquer meio, seja o solo, o meio aquático ou a atmosfera, acarretariam uma mudança microclimática, podendo haver um efeito de somas na variáveis supracitadas como responsáveis pelas causas desta mudança. A alteração nas planícies de inundação podem, além de tudo, alterar o clima de uma pequena região.

No que se refere aos ecossistemas aquáticos em áreas urbanas, um dos principais fatores responsáveis pela poluição é o lançamento de esgotos

---

<sup>5</sup> Monteiro (2003) O autor articula o clima urbano ao contexto da Teoria Geral dos Sistemas dizendo que o sistema clima urbano é abrangido ao clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização.

domésticos que são caracterizados como efluentes orgânicos por possuírem grande quantidade de matéria orgânica. (CAMARGO et al., 1995).

Para CHRISTOFOLETTI (1999), as atividades humanas estão interferindo sobre as características do ciclo hidrológico em bacias de drenagem, afetando a quantidade e a qualidade das águas, segundo o autor:

*“a construção de represas para a proteção contra cheias, produção de energia elétrica e navegação interior, associadas com as medidas de regulamentação, causam mudanças na distribuição espacial e temporal dos fluxos fluviais, o que também repercute na evaporação e na infiltração de áreas próximas ao leito dos rios e na biota circunvizinha.” (p.132,133).*

Os processos de retirada de água e retorno em forma de efluentes bem como o desvio das águas fluviais, provocam alterações, no sistema hidrológico, pois, podem afetar os fluxos fluviais e os níveis das águas subterrâneas e ainda causar alterações irreversíveis nos ecossistemas de grandes áreas. (CHRISTOFOLETTI, 1999).

É de conhecimento geral que as atividades humanas derivadas do processo de urbanização geram impactos sobre os corpos d'água. Destaca-se a contaminação de corpos d'água por meio de efluentes, das mais variadas origens, o depósito de resíduos sólidos no leito dos rios, e ainda as canalizações, as retificações, a supressão da mata ciliar e a retirada de água para as diversas demandas de uma cidade, entre outras formas de alteração.

Neste sentido MENDONÇA (2004c), destaca que a rápida urbanização no mundo e no Brasil constitui um dos principais impactos produzidos no ciclo hidrológico, cujos feitos podem ser observados direta e indiretamente. O crescimento das cidades provoca a impermeabilização do solo e gera inúmeros problemas com sérias consequências, muitas das quais levando a alterações na drenagem urbana e, conseqüentemente, repercutindo negativamente na saúde dos habitantes das urbes brasileiras.

Ainda podemos associar também os impactos negativos quando, em situações de excesso de chuvas, deriva enchentes, deslizamentos e desastres

provocados pela alteração no escoamento natural das águas pluviais (TUNDISI, 2003). Quando são registrados índices pouco expressivos de água no ambiente ocorre, ao contrário, sua escassez, que, no ambiente urbano brasileiro em particular, deixa de ser meramente uma questão física, de quantidade, mas assume uma dimensão de alta complexidade.

Para BOTELHO e SILVA (2004) o sistema hidrológico apresenta, em áreas urbanas, especificidades em relação às áreas não urbanizadas, como as formas de poluição, circulação dos ventos, as ilhas de calor, e outras consequências em função da concentração das atividades produtivas, principalmente industriais e ainda a pavimentação e grandes edificações.

É importante destacar que no processo de assentamentos populacionais, o sistema de drenagem se torna um dos mais sensíveis problemas do processo de urbanização. Esses problemas são tanto na parte de esgotamento das águas pluviais quanto em razão da interferência com os demais sistemas de infraestruturas, além de que, com a retenção da água na superfície do solo, surgem diversos problemas que afetam diretamente a saúde e a qualidade de vida da população. (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA, 2004).

Outro componente ou recurso natural altamente afetado pela ação humana no processo de desenvolvimento de cidades é o solo. GUERRA (2012) ressalta que os solos em áreas urbanas, sobre os quais se desenvolvem atividades como a industrialização e a expansão urbana (grifo nosso) estão sempre ameaçados de degradação. Podemos ainda destacar como fonte geradora de impactos ao solo o contato com resíduos gerados pelos combustíveis como a gasolina, e ainda o contato com os efluentes domésticos e com os resíduos industriais que liberam metais pesados.

Os problemas ambientais relacionados ao solo iniciam com a supressão da cobertura vegetal, o que expõe o solo diretamente às precipitações. Fato que somado à pavimentação de ruas aumenta o processo de escoamento superficial, que desencadeia processos erosivos e provoca inundações em áreas mais baixas do relevo e movimentos de massa em áreas de encosta.

Nos processos de urbanização ocorrem também aterramentos, retificações, cortes que alteram o perfil do relevo e transformam as características naturais do solo, estas ações resultam em perda de solo.

Além de perdas no solo, podemos destacar os depósitos tecnogênicos que são formados por deposições artificiais de resíduos que com o passar do tempo se compactam e penetram no solo formando uma espécie de aterro. Para FANNING & FANNING (apud PELOGGIA, 1998, p. 19), os depósitos tecnogênicos são o resultado de “solos altamente influenciados pelo homem”, sendo que o homem é um fator exógeno de alteração e esculturação do relevo, responsável também por eventos erosivos.

Na figura 06 área no município de Gravataí, com exemplo de depósitos tecnogênicos.



Figura 06: Área de deposição irregular na planície aluvial do rio Gravataí - Depósitos Induzidos - no município de Gravataí-RS. Foto: Cecília Balsamo Etchelar 01/09/2012.

Para compreender a existência de depósitos tecnogênicos é necessário conceber a passagem do período geológico-geomorfológico conhecido como o

Quinário<sup>6</sup>. “O período Quinário se sobrepõe ao Quaternário quando profundas mudanças causadas por alterações e aceleração dos processos Geológicos e Geomorfológicos causaram uma nova ou outra camada estratigráfica, esta caracterizada pelos depósitos tecnogênicos.” Pires (2006 p.34).

De acordo com OLIVEIRA (1994), utilizando as contribuições de CHEMEKOV (1982) e TER-STEPANIAN (1988), afirma que os depósitos tecnogênicos são todos aqueles que resultam da ação humana. Este autor sugere que os depósitos tecnogênicos sejam classificados em três tipos principais: os *construídos* (aterros, corpos de rejeito, etc.), os *induzidos* (depósitos aluvionares resultantes do uso inadequado do solo, por exemplo) e os *modificados* (depósitos ou solos naturais alterados por substâncias como adubos).

A evolução da urbanização desencadeia uma série de processos inter-relacionados, como, por exemplo, o desmatamento e a erosão dos solos que podem provocar o desaparecimento de mananciais, bem como acentuar os efeitos das inundações. Os impactos gerados pela erosão do solo vão desde a sua própria degradação e se manifestam em problemas ambientais de forma geral. (GUERRA, 2012).

Para compreender como os problemas ambientais causados pelo processo de urbanização se manifestam de forma inter-relacionada é necessário entender conceitos utilizados pela ecologia da paisagem.

Neste sentido, SAUER (1998), explica que os objetos que existem juntos na paisagem existem em inter-relação, eles constituem uma realidade como um todo que não é expressa por uma consideração das partes componentes separadamente. Esses elementos da paisagem têm forma, estrutura e função e daí posição em um sistema que é sujeito a desenvolvimento, mudança e fim.

Sendo assim tanto as dinâmicas naturais quanto ações antrópicas são responsáveis por alterações nos sistemas ambientais. Neste caso a

---

<sup>6</sup> Chemekov (1983) e Ter-Stepanian (1988) trazem o conceito de Quinário como o novo Período da Era Cenozóica que vem sendo considerado, sobrepondo-se ao Período Quaternário. OLIVEIRA (1994) compreende as características do Quinário através das novas coberturas pedológicas e das novas formações geológicas que se encontram em processo de geração e estão fortemente influenciadas pela ação do homem.

urbanização é responsável pela alteração ou supressão de alguns elementos, que acaba por gerar grandes transformações na paisagem.

Para CHRISTOFOLLETTI (1994) há a necessidade de se analisar tanto o sistema físico em áreas urbanizadas quanto analisar a vulnerabilidade de áreas urbanizadas. O autor relata que:

*“Há também que se analisar os impactos no meio ambiente ocasionados pela urbanização, considerando as transformações provocadas nos ecossistemas e geossistemas, diretamente, pela construção de áreas urbanizadas, e indiretamente, pela sua ação de influências e relações.” (p. 424).*

Tanto o risco para a população como o avanço da urbanização sobre áreas naturais podem ser resolvidos com um bom processo de planejamento urbano, o que prevê situações de suscetibilidade e de vulnerabilidade, protegendo tanto os seres humanos como os ecossistemas, definindo a partir de critérios técnicos as áreas destinadas à expansão urbana.

Segundo GONÇALVES (2003) a complexidade das interações entre as atividades humanas e o ambiente cresce, portanto, na medida em que atualmente o processo de urbanização avança cada vez mais no mundo de hoje. Para (DETWYLER e MARCUS ,1972, TITARELLI 1972 e SCHMID 1974) apud (GONÇALVES, 2003) as transformações ocorridas na natureza e a atuação de mecanismos que lhe são peculiares são capazes de gerar novas situações e processos cada vez mais complexos, forçando a novas adaptações ou ajustamentos da sociedade, e com elas, posteriores repercussões ambientais.

O constante aumento do contingente populacional nas cidades brasileiras, somado à insuficiente presença do estado no planejamento urbano, formam grandes aglomerados e ocupações irregulares que potencializam os problemas ambientais. Sobre isso, MOTTA (2002) afirma que:

*"O crescimento das cidades e metrópoles brasileiras vem aumentando os assentamentos inadequados e ilegais, frequentemente ocupados*

*pela população de baixa renda, ou seja, fruto da grande desigualdade social no país constituindo assim uma variável determinante da configuração espacial do processo de urbanização brasileira." (MOTTA, 2002).*

#### **4. REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE: CONSIDERAÇÕES SOBRE O SURGIMENTO E DESENVOLVIMENTO DAS CIDADES.**

De acordo com o censo do IBGE 2010, a Região Metropolitana de Porto Alegre é a quarta maior região metropolitana do Brasil. O rio Gravataí banha vários municípios deste aglomerado urbano, porém sofre influências da urbanização de forma direta das áreas urbanas de Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Gravataí e Porto Alegre.

Por este fato vamos abordar neste subitem a RMPA, porém, com ênfase nos municípios que estão diretamente envolvidos na temática da presente pesquisa.

Segundo (SOUZA; MÜLLER, 2007) a evolução urbana no município de Porto Alegre pode ser compreendida em cinco fases, que correspondem aos períodos históricos da cidade: Ocupação do território de 1680 à 1772, a produção do trigo (em todo o estado do Rio Grande do Sul) de 1772 à 1820, Imigração entre 1820 e 1890, Industrialização entre 1890 e 1945, e por último a Metropolização, após 1945.

Para compreender o processo de ocupação do território que corresponde a Região Metropolitana de Porto Alegre temos que buscar a origem da formação desta rede urbana. Segundo SOUZA (2000) entre os primeiros povoados do Estado do Rio Grande do Sul, encontra-se Viamão, cuja fundação data de 1740, é a partir deste povoado que se iniciou o processo de ocupação na RMPA. Nessa época, predominavam, no entorno de Viamão, as grandes propriedades rurais, assim como em Santo Antônio da Patrulha e Osório.

SINGER (1977) afirma que a criação do primeiro núcleo urbano de Porto Alegre, então Porto de Viamão, ocorre devido à chegada, em 1752, de uma comitiva paulista com o objetivo de demarcar os limites entre os domínios de Portugal e Espanha fixados pelo Tratado de Madri (1750). Passados alguns anos deste fato, chegaram ao mesmo sítio casais açorianos destinados ao povoamento da Região das Missões que, pelo Tratado de Madri, passou a fazer parte do império português. No entanto os índios dos sete povos

resistiram, e os planos de colonização açoriana daquela área tiveram que ser abandonados, permanecendo os imigrantes no que passaria a ser conhecido como Porto dos Casais e mais tarde Porto Alegre. (UGALDE e RIGATTI, 2006).

A cidade de Porto Alegre tem como data oficial de fundação 26 de março de 1772, com a criação da Freguesia de São Francisco do Porto dos Casais, um ano depois alterada para Nossa Senhora da Madre de Deus de Porto Alegre. PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE.

Com o passar do tempo Porto Alegre cresceu, ganhou importância como cidade portuária e expandiu-se em diversas direções, tornando-se, mais tarde, a mais importante cidade do sul do Brasil devido à industrialização e forte identificação cultural. Os demais municípios da RMPA crescem, por sua vez, nas adjacências de Porto Alegre e em consequência do desenvolvimento e expansão da mesma, inicialmente tendo a função de cidade dormitório<sup>7</sup>.

O processo de expansão industrial de Porto Alegre, fez com que além, da capital, os municípios de Alvorada, Cachoeirinha, Canoas e Gravataí, entre outros, também tivessem uma grande mudança no processo de urbanização. Desta maneira, veremos brevemente o processo de criação e crescimento destes municípios.

O surgimento de Gravataí foi marcado pela presença de cerca de mil índios guaranis provenientes das cidades missioneiras e sobreviventes da Guerra Guaranítica que passaram a habitar a então Aldeia dos Anjos, em 1762 (NEIS, 1987).

As mudanças econômicas e sociais em Gravataí se intensificaram no momento em que se integra a RMPA, passando de cidade dormitório, com economia agrícola, à cidade industrial, apesar de manter a mesma condição de dependência da capital em relação ao setor terciário. Constitui com essa modificação, uma outra esfera de relações dentro da região. (FERNANDES 2008).

---

<sup>7</sup> Historicamente, muitas cidades da Região Metropolitana de Porto Alegre desempenhavam a função de cidades dormitório, pois a maior parte de seus habitantes residia nestes municípios, e deslocava-se diariamente para a capital para desempenhar suas atividades profissionais. Ainda hoje algumas cidades desempenham este papel, como é o caso de Alvorada (Pappi, 2009).

Como todos os municípios, que se encontram em uma área estratégica de crescimento, Gravataí passou por muitas alterações. Para FERNANDES (2008), as transformações do município de Gravataí, desde que este assume funções de cidade dormitório de Porto Alegre nos anos 1950, e através dos processos que o viabilizaram como cidade industrial, modificaram também sua paisagem. Áreas de uso rural passaram a ser loteadas para habitação, desde COHABs para classes de baixa renda, como também condomínios para classes mais elevadas.

Conforme FERNANDES (2008), o crescimento populacional de Gravataí demonstra dois períodos de grande elevação em sua taxa anual, entre os anos 50-70 devido ao regramento no uso do solo e movimento migratório em direção à RMPA, e 70-90, devido à implantação do distrito industrial e construção de conjuntos habitacionais para população de menor renda.

Outros núcleos, ao norte de Porto Alegre, como São Leopoldo e Novo Hamburgo foram fundados por imigrantes germânicos. Nessa região, o aumento do excedente de produção, combinado com outros fatores, entre eles o crescimento do artesanato, constituiu a base de sua futura industrialização. UGALDE e RIGATTI (2006).

Os autores ainda atribuem o surgimento de outras cidades que hoje compõe a RMPA, entre elas, a cidade de Canoas, à instalação de uma linha férrea que ligava Porto Alegre à região de Novo Hamburgo e São Leopoldo.

*“A necessidade de escoamento da produção acarretou a construção, em 1874, de uma linha férrea ligando Porto Alegre à região das colônias, passando por São Leopoldo e Novo Hamburgo. As estações ao longo das mesmas polarizaram, nessa época, a ocupação e a urbanização em Canoas, Esteio, Sapucaia do Sul e nas demais localidades atingidas pela ferrovia” (p.11).*

Portanto a área urbana de Canoas desenvolve-se inicialmente ao longo da linha férrea, ainda no século XIX, porém passa a ganhar importância ao longo do tempo. O município foi fundado 1939 e, com o passar dos anos, desenvolveu-se economicamente, principalmente, a partir de 1945, depois do

fim da Segunda Guerra Mundial. O endereço eletrônico da PREFEITURA MUNICIPAL DE CANOAS informa que além de numerosas indústrias, instalaram-se no município a Base Militar da V Zona Aérea e a Refinaria Alberto Pasqualini<sup>8</sup>, trazendo imigrantes de diversas áreas do estado do Rio Grande do Sul, impulsionando assim, o desenvolvimento da cidade.

VIEGAS (2011) destaca a importância do município de Canoas no contexto da RMPA e do estado do Rio Grande do Sul na atualidade, devido a sua economia, população, localização e prestação de serviços:

*“O Município constitui-se na época presente, afinal, como uma referência dentro da Região Metropolitana de Porto Alegre; detém o segundo maior PIB do Rio Grande do Sul e é a quarta cidade mais populosa do Estado. Possui um expressivo parque industrial; é popular, ainda, devido à localização estratégica, por sua rede de serviços e por suas instituições de ensino”. (P.19)*

Já a formação urbana de Alvorada é mais recente, e apresenta algumas peculiaridades, conforme RIGATTI (2002) relata:

*“Por um lado, a própria finalidade e origem dos loteamentos define o território de Alvorada como local de moradia de população de baixa renda que trabalha essencialmente fora da cidade e principalmente na cidade pólo - Porto Alegre (Rigatti, D., 1983) - pode ser pensada como parte do problema de estruturação de um núcleo urbano como tradicionalmente tendemos considerar, uma vez que o que é privilegiado é a oferta em si de terra urbana e não propriamente a geração de uma cidade.”(pag. 65)*

No município de Alvorada ocorrem quatro períodos de crescimento, iniciando em 1948, tendo seu momento de maior incremento na urbanização no período entre 1981 e 2000, quando segundo RIGATTI (2002), “a área urbana

---

<sup>8</sup> A Refinaria Alberto Pasqualini foi fundada em 1968, como a unidade de negócios da Petrobras no RS. Hoje, é uma sociedade anônima, constituindo uma empresa do sistema Petrobras.

de Alvorada recebe alguns novos grandes empreendimentos, os maiores deles sendo extensões ou novas fases de outros já existentes e de mesmo empreendedor.

De todas as cidades envolvidas na pesquisa, dentre outros importantes municípios da RMPA, Alvorada é a cidade que apresenta pouco crescimento econômico significativo. Segundo PAPI (2009), enquanto municípios como Canoas, São Leopoldo e Novo Hamburgo, por exemplo, apresentam importantes índices de crescimento econômico devido à industrialização, Alvorada permanece como uma das cidades dormitório da RMPA.

O município de Cachoeirinha também é recente no contexto da urbanização brasileira, segundo o site da PREFEITURA MUNICIPAL DE CACHOEIRINHA, a instalação do município deu-se em 15 de maio de 1966, data em que se comemora oficialmente sua emancipação política de Gravataí. O crescimento econômico e, por consequência, urbano do município passou a ganhar força quando em 1970, a economia do município diversificou-se e tomou impulso com a instalação de um distrito industrial, que gerou um surto migratório de catarinenses e de gaúchos de várias regiões.

A criação da Região Metropolitana de Porto Alegre em 1973 determinou a penetração de atividades industriais, antes apenas situadas na capital, para as cidades limítrofes. Estas cidades, conhecidas até então como cidades dormitório, tinham sua economia baseada na agricultura, o que principalmente a partir do final da década de 1980 e início dos anos 1990, alterou-se significativamente, com a instalação de indústrias (FERNANDES, 2008).

Os movimentos migratórios em direção à cidade de Porto Alegre nos anos 1950 e 1960, bem como a criação dos distritos industriais na década de 1970, ocasionaram em uma aceleração no crescimento populacional da RMPA.

Sobre a expansão urbana da RMPA ligada ao processo de industrialização, FERNANDES (2008) traz a seguinte contribuição:

*“Em nosso entendimento a cidade industrial Porto Alegre “explodiu” nos anos 1970-1980, ocupando os espaços do seu entorno próximo, tanto com contingentes populacionais como industriais. O que ocasionou um intenso processo de urbanização destes espaços e*

*mudanças internas na capital, que não deixou de possuir um setor industrial, mas passou a concentrar no setor de serviços uma dinâmica econômica muito maior.” (p. 4).*

Muitos foram os fatores que contribuíram para o crescimento populacional e expansão urbana na RMPA. Desde os processos de colonização no século XVIII até os dias atuais muitas foram as obras públicas, as políticas de habitação e mesmo as ocupações irregulares, que fizeram com que a região apresentasse altos níveis de crescimento urbano.

Mesmo áreas em que a configuração natural não favorecia à habitação, houveram esforços para possibilitar o crescimento urbano, como citam UGALDE e RIGATTI (2006):

*“As obras de combate às cheias constituíram outro fator condicionante do crescimento urbano. Os diques de proteção modificaram as direções de expansão das cidades pelo saneamento de áreas, muitas das quais deixaram de ter uso agrícola para serem loteadas. Sendo assim, a falta de um planejamento geral para a região, permitiu a ocupação de zonas indesejáveis.” (PORTO ALEGRE, 1967 apud Ugalde e Rigatti 2006).*

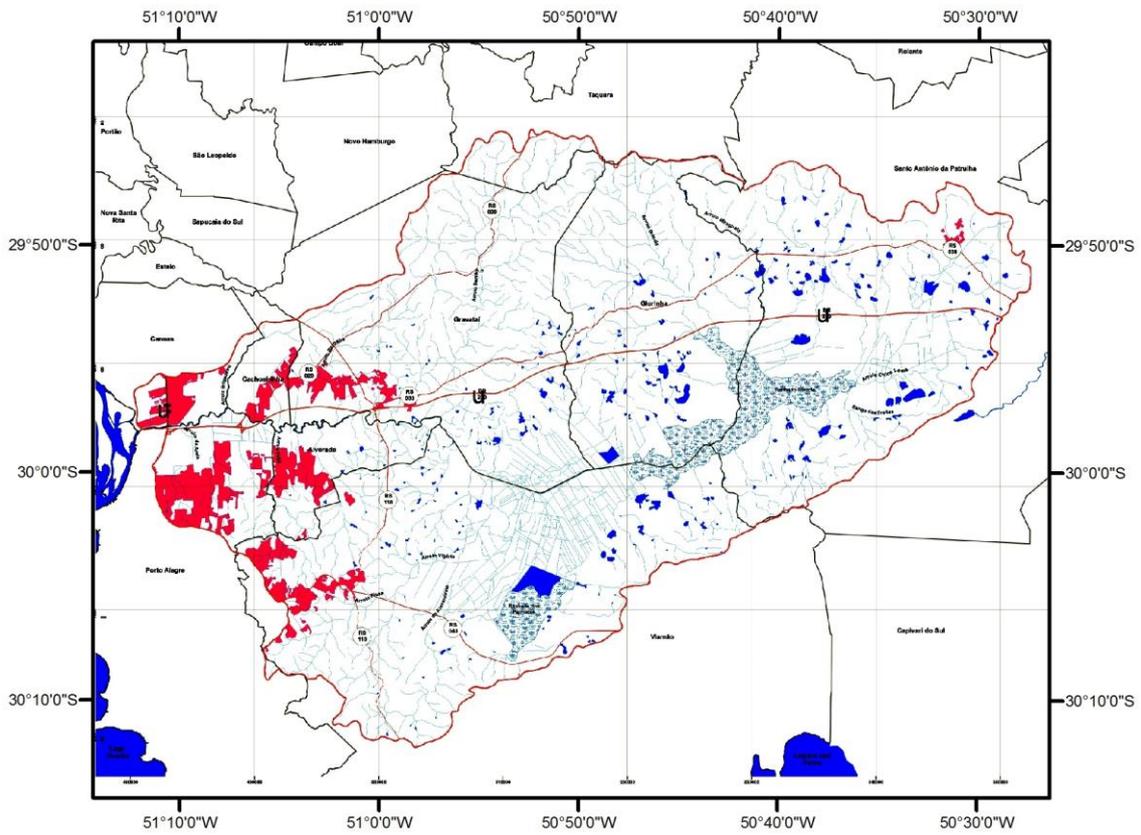
O crescimento populacional na RMPA, que contava em 1973, ano da criação das Regiões Metropolitanas nacionais, com 14 municípios, teve uma diminuição em seu ritmo a partir da década de 1990.

Conforme UGALDE e RIGATTI (2006), com o aumento de investimentos em infra-estrutura, produção de bens e na oferta de empregos, a RMPA atraiu correntes migratórias provindas do interior do Estado. Esses fatos estimularam a proliferação de loteamentos que, de Porto Alegre, se estenderam até Canoas, São Leopoldo e Novo Hamburgo (METROPLAN, 1988).

Na década de 1970 são criados os distritos industriais de Gravataí e Cachoeirinha, o que amplia significativamente o processo de industrialização no eixo leste-oeste, ao longo da BR-290. As políticas de desenvolvimento urbano propiciaram uma transferência das indústrias de Porto Alegre para as

idades limítrofes, sendo Gravataí uma das cidades que mais recebeu a instalação de empresas deste setor.

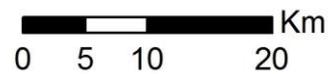
Para destacar a espacialização da RMPA, tendo uma ideia do alcance territorial das áreas urbanas dos municípios, destacamos a figura 07, em que estão representadas as áreas urbanas e a hidrografia no ano de 1970, três anos antes da criação das regiões metropolitanas.



**Legenda**

-  Limite de Municípios
-  Área Urbana
-  Hidrografia
-  Banhados
-  Corpos d'Água
-  Limite da Bacia do rio Gravataí
-  Estrada Federal Pavimentada
-  Estrada Estadual Pavimentada
-  Estrada Estadual Sem Pavimento
-  Ferrovia

**Escala**



1:600.000

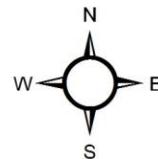


Figura 07: Mapa de hidrografia e sedes urbanas na bacia do rio Gravataí em 1970.

Fonte: Rio Grande do Sul (2011).

## **5. MATERIAIS E MÉTODOS.**

Para atender aos objetivos desta dissertação de mestrado foram realizadas as seguintes etapas metodológicas para fins de mapeamento e demais análises:

As etapas foram:

- Mapeamento da planície de inundação do rio Gravataí;
- Mapeamento da área inundável do rio Gravataí a partir de imagens de satélite e mapas antigos, visualizando diferentes décadas: década de 1970, ano de 1984 e ano de 2009;
- Mapeamento da evolução das áreas urbanas sobre a planície de inundação comparando diferentes datas: 1975, 1984 e 2009;
- Análise da variação espacial da área inundada relacionada à urbanização, e as interferências sobre o seu alcance e sua direção;
- Saídas a campo nos dias 01/09/2012 e 01/12/2012 para reconhecer alguns alvos presentes nas imagens Landsat TM 05 ao longo da planície de inundação do rio Gravataí, e identificar agentes degradantes ao ambiente natural, bem como, as formas de ocupação na área.

### **5.1. Sensoriamento Remoto.**

Uma importante ferramenta para o mapeamento de áreas inundadas, bem como, para compreender a evolução urbana em uma área de estudo, é o uso de imagens de Sensoriamento Remoto, cujo processamento pode esclarecer muitos fatores sobre as dinâmicas e alterações ocorridas nestes ambientes. Utilizando informações obtidas em pesquisas de campo em combinação com as imagens de satélites é possível compreender características temporais e espaciais, assim como a extensão e características limnológicas, como o estado trófico e a turbidez da lamina d'água.

Aliado ao sensoriamento remoto pode-se acrescentar as técnicas de geoprocessamento, que conforme ROSA (apud BORGES et al., 2009), compreende o conjunto de tecnologias destinadas à coleta e ao tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações com diferentes níveis de sofisticação.

Ao aplicar técnicas de Geoprocessamento como, por exemplo, os índices *NDVI*<sup>1</sup> e *NDWI*<sup>2</sup>, torna-se possível delimitar a espacialização de espécies vegetais e a presença de água na superfície, respectivamente.

Sobre planície de inundação da bacia do Gravataí, propriamente, não existem muitos trabalhos que levem em conta a aplicação de sensoriamento remoto para a sua espacialização e análise de dinâmicas. Apenas a área dos banhados recebeu maior atenção, por parte da comunidade acadêmica.

Em um dos primeiros trabalhos realizados na área da bacia do rio Gravataí utilizando esta ferramenta, FRANTZ et al., (1986) utilizaram imagens Landsat TM 5 na caracterização de ambientes paludais propícios a depósitos turfáceos nas cabeceiras do rio. As imagens foram utilizadas para definir um zoneamento interno através do comportamento diversificado da vegetação, e indicando as regiões mais propícias para a acumulação de matéria orgânica geradora de depósitos turfáceos (FRANTZ et al., 1986).

RISSO e NIELSEN (1994) mapearam, em escala de 1:100.000 as áreas de inundação e os banhados da Região Metropolitana de Porto Alegre.

A METROPLAN e a FUNDAÇÃO ZOOBOTÂNICA, em um trabalho conjunto em 2000, utilizaram classificação de imagens do satélite Landsat TM 5 de dezembro de 1998 e imagem pancromática do satélite Spot, de novembro de 1998, com objetivo de realizar o mapeamento e uso do solo na bacia hidrográfica do rio Gravataí. Também foram realizados 8 vôos (altitude média 1.000 pés) para a obtenção de fotografias oblíquas de pequeno formato, totalizando aproximadamente 15 horas de sobrevôo e um arquivo com cerca de 550 fotografias.

FRANTZ (1989), em dissertação de mestrado, utilizou imagens LANDSAT 5 para o mapeamento de áreas úmidas na planície costeira do Rio Grande do Sul, onde a área do banhado Grande também foi inserida.

RUBBO (2004) utilizou técnicas de Sensoriamento Remoto para a identificação de zonas de recarga, confinamento e descarga em um setor denominado aquífero Cenozóico da bacia do Gravataí, com o objetivo de analisar o potencial hidrogeológico deste aquífero.

No Rio Grande do Sul, GUASSELLI (2005) estudou a variação da estrutura de fundo do banhado Taim e sua relação com a caracterização dos padrões espaciais das macrófitas aquáticas. Foi utilizada uma série temporal de imagens Landsat MSS, Landsat TM5, Landsat TM7 e Cbers CCD, entre 1973 e 2005. Também foram usados dados edafológicos, carta Geomorfológica do Taim, série histórica do nível médio de água no banhado e série histórica de média de precipitações. Este trabalho mostrou a importância da avaliação da estrutura de fundo, bem como do hidroperíodo, para compreender as dinâmicas na paisagem do banhado.

Em nível nacional muitos trabalhos são encontrados, em que o uso do sensoriamento remoto no mapeamento e espacialização de fenômenos ligados a corpos hídricos.

ROSA *et al.*, (2011), caracterizaram a dinâmica de variação de áreas alagadas no Pantanal mato-grossense, utilizando imagens Landsat - 5 TM. Utilizaram várias composições coloridas, para estudar os alagamentos na região estudada. De forma geral, para todas as composições avaliadas, ocorreram diferenças entre as áreas de alagamentos, sendo duas estações sazonais bem distintas nas quatro cenas realizadas. Este trabalho representa uma referência no sentido de utilizar variáveis nos tratamentos de imagens na tentativa de definir uma boa diferenciação entre os alvos, principalmente quando trabalha com terrenos alagados e com presença de vegetação e solo exposto, com variações entre estação seca e chuvosa.

SILVA *et al.*, (2011), utilizaram sensoriamento remoto para mapear o estresse hídrico na bacia de Ipojuca-PE, utilizando o índice NDWI em comparação com a metodologia australiana MWSP, onde puderam comprovar valores próximos como resultado da aplicação de ambos os índices, analisando a não-estacionaridade da série histórica de vazões.

Na bacia amazônica, SILVA *et al.*, (2009) avaliaram as superfícies inundáveis em zonas úmidas utilizando dados espaciais. Utilizaram imagens do

sensor MODIS do satélite TERRA, com resolução espacial de 500m, para os anos de 2001 a 2008.

Ao redor do mundo o Sensoriamento Remoto é aplicado de diversas formas na análise de planícies de inundação, áreas alagadas e áreas úmidas.

CÓZAR *et al.*, (2005), utilizaram imagens de sensoriamento remoto para analisar o sistema lacustre *Esteros del Ibera* na Argentina, criando algoritmos para a análise espacial e temporal de 3 parâmetros, turbidez, profundidade de Secchi e matéria orgânica dissolvida. De acordo com a análise destes parâmetros foi estabelecido um padrão de zoneamento a partir da comparação da co-variação espacial de variedades limnológicas, relacionadas também com morfologia e tamanho dos lagos.

KASHAIGILI *et al.*, (2006) investigaram as dinâmicas nas áreas úmidas nas Planícies de Usangú, Tanzânia, através da análise das mudanças no uso e cobertura do solo que ocorreram entre 1973 e 1984, e entre 1984 e 2000, usando imagens de sensoriamento remoto e SIG. Estes períodos retratam os diferentes níveis das intervenções humanas e de desenvolvimento na região.

Para delimitar superfícies inundadas, algoritmos foram criados, baseados nos trabalhos de MCFEETRS (1996) e SAKAMOTO *et al.*, (2007), os índices NDVI e EVI foram comparados para a identificação e separação de diversas classes. As superfícies inundadas extraídas das imagens foram relacionadas às alturas de água de origem altimétrica, utilizando-se o mapa temático da semana relativa à data da passagem dos satélites ERS-2 e ENVISAT, que apresentam um tempo de revisita de 35 dias, obtendo-se uma curva de calibragem superfície inundada-altura altimétrica (S/h).

Muitos são os exemplos da aplicação de técnicas de sensoriamento remoto nas mais variadas análises em áreas alagadas nas várzeas de rios ou áreas úmidas, o que confirma a procedência do uso desta ferramenta de análise espacial, principalmente quando é aliada a técnicas de geoprocessamento.

## **5.2. Definição e Mapeamento da Planície de Inundação.**

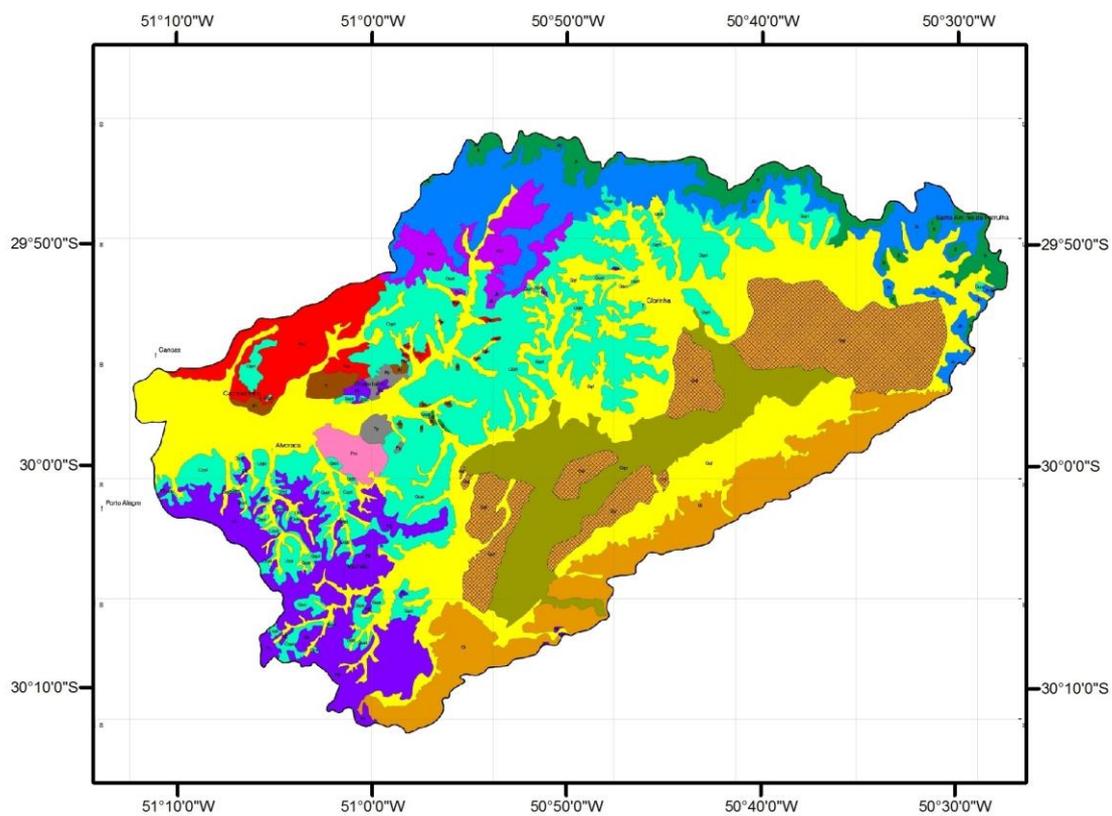
Para mapear a planície de inundação do rio Gravataí foram utilizadas as bases produzidas pela METROPLAN (2000) e pelo PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAVATAÍ, RIO GRANDE DO SUL (2012).

De acordo com os mapas geomorfológico e geológico disponíveis nos estudos supracitados, foi convenicionado para este estudo que a unidade de planície fluvial, representada nos mapas, corresponde à Planície de inundação do rio Gravataí bem como de seus afluentes. Estas e outras evidências geomorfológicas e geológicas presentes nos mapas servem de referência para a delimitação da planície de inundação.

Ao analisar os dados espaciais apresentados nos mapeamentos realizados pela METROPLAN (2000), percebe-se que a unidade Planície Fluvial, ocorre desde a área do sistema banhado Grande e estende-se até a foz do rio Gravataí, sendo que na região do Passo dos Negros sofre um “estreitamento”.

No mapa geológico do PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAVATAÍ (2012), estão mapeadas algumas categorias que auxiliaram na delimitação da planície de inundação a partir das formações geológicas. A unidade de Depósitos Recentes, Paludais e Lagunares da formação Quinta, do grupo Patos, período do Quaternário, sugere uma grande planície. Essa planície, a qual acompanha o curso do rio Gravataí e limita-se com formações mais antigas e elevadas que datam do Permiano e do Pré-Carbonífero e ainda Granitos da era Pré-Cambriana e depósitos gravitacionais de encosta. (Rio Grande do Sul, 2012).

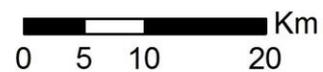
Na figura 08 o mapa geológico e na Figura 09 o mapa geomorfológico da bacia hidrográfica do Gravataí, foram utilizados para a identificação da planície fluvial do rio Gravataí.



### Legenda

	Qqf - Depósitos Recentes
	Qqp - Paludais
	Qql - Lagunares
	Qqst - Depósitos Gravitacionais de Encosta
	Qi - Depósitos de Dunas Litorâneas
	B - Vulcanismo Sera Geral
	Pen - Formação Estrada Nova
	Rrs - Grupo Rosário do Sul
	N - Rochas Graníticas Indiferenciadas
	Ql2 - Leques Aluviaisde Encosta
	Qbc2 - Depósitos Praiais retalhados pelo vento
	Prb - Formação Rio Bonito
	PE - Granitos e Migmatitos

### Escala



1:600.000

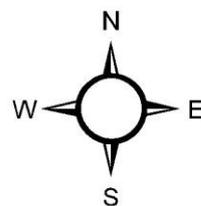


Figura 08: Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí. Fonte: Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí, Rio Grande do Sul (2012).

Estas informações sobre a geologia da bacia, quando cruzadas às informações obtidas em evidências geomorfológicas coletadas junto ao mapa da METROPLAN (2000) e a descrições realizadas pelo IPH - UFRGS (2002), constituíram parâmetros básicos na determinação da área de planície fluvial.

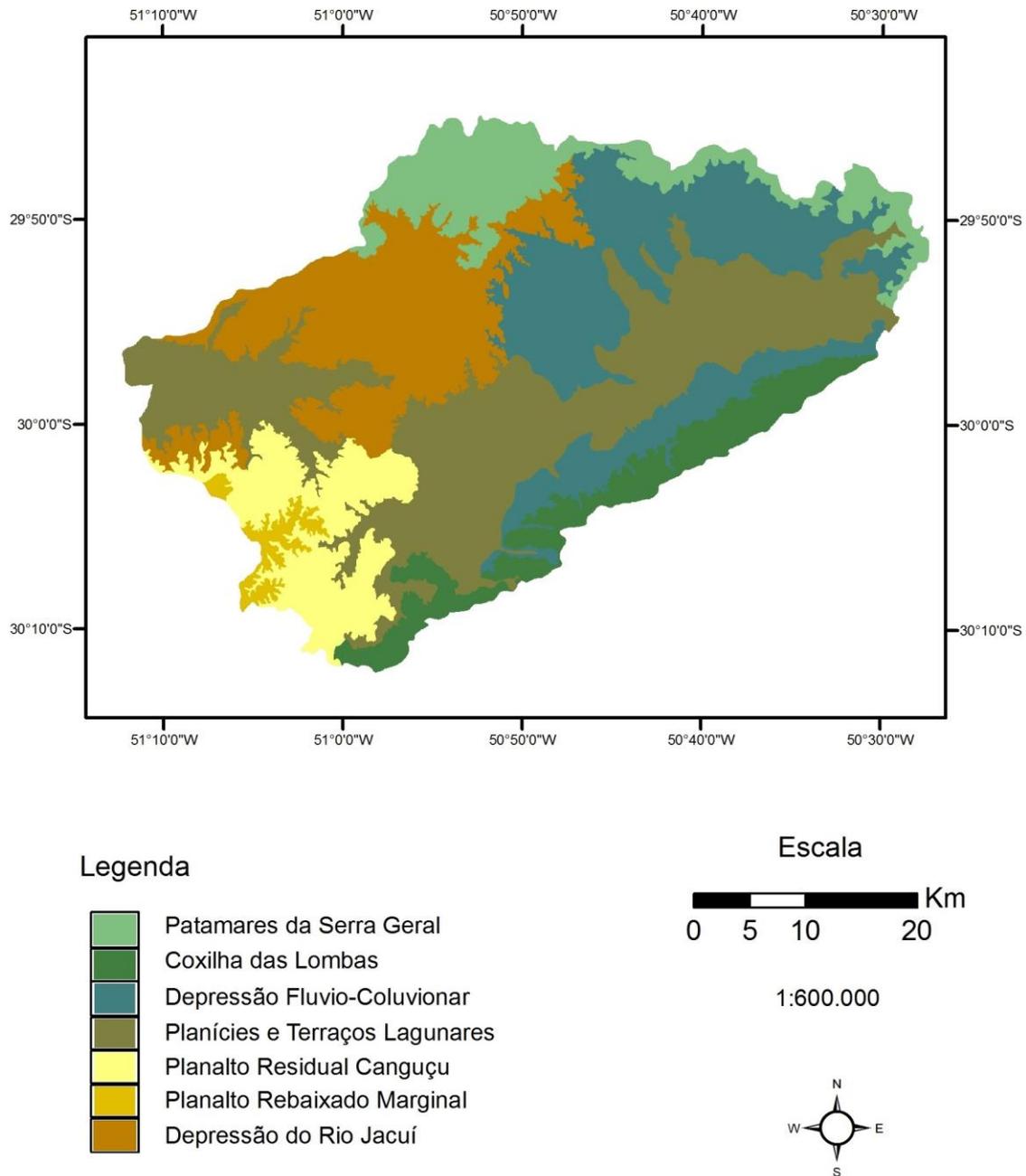


Figura 09. Mapa geomorfológico da bacia hidrográfica do Gravataí - RS. Fonte: Metroplan (2000) e IPH (2002).

Após a análise dos dados espaciais contidos nos dois mapas, a unidade de planície fluvial foi vetorizada, em uma escala maior, tendo como base as unidades geológicas de Depósitos Recentes, Paludais e Lagunares, e as unidades geomorfológicas da Depressão Fluvio-Coluvionar, Planícies e Terraços Lagunares. O mapeamento teve seu foco principal na área da porção urbana da bacia, para representar a planície de inundação do rio Gravataí.

### **5.3. Mapeamento do Limite de Inundação.**

Voltando às contribuições de TRICART (1966), a planície de inundação está diretamente relacionada aos tipos de leito de um curso d'água. Para o autor o leito maior, seria eventualmente ocupado por água, enquanto que o leito maior excepcional apenas é ocupado pela água em eventos extremos.

Podemos fazer então uma relação, muito relevante para este trabalho, considerando que o leito maior seria o limite de inundação mais frequente, que limita as inundações que ocorrem em intervalos de poucos meses ou em um ano, ou ainda, aquilo que no desenvolvimento desta pesquisa, constatamos como sendo, o atual limite de inundação do rio Gravataí. Enquanto que o leito maior excepcional é a planície de inundação, aquela definida após a análise dos mapas geológico e geomorfológico da bacia. A ocorrência de eventos mais antigos, de outros períodos geológicos, ou eventos pontuais e extremos, com grandes intervalos de ocorrência, entre décadas ou mais, também podem identificar o leito maior.

O limite de inundação definido nesse trabalho é o relacionado ao alcance das inundações mais frequentes. Para tanto, foram analisadas, datas aproximadas com ocorrência de inundação, com o intervalo de alguns anos ou décadas.

Outras referências foram utilizadas na definição das áreas inundáveis, que demarcam o limite de inundação, como as contribuições de RISSO & GIUGNO (1994). Os autores consideram como áreas inundáveis “as regiões onde a lâmina d'água formada sobre a superfície do terreno é resultante do extravasamento do leito dos canais naturais de drenagem superficial” e por

áreas alagáveis “aquelas temporariamente encharcadas independentemente de estarem localizadas nas faixas de inundação dos cursos d’água”.

Nota-se aqui a diferença entre inundação e alagamento, por tanto, o cuidado adotado no sentido de mapear o limite de inundação, cuja ocorrência deriva do extravasamento do leito menor do rio Gravataí, mesmo que por vezes o terreno inundado por este evento já pudesse apresentar alagamentos.

Para mapear o limite de inundação, realizamos uma comparação de imagens com inundações na área de estudo. Foram utilizadas imagens que apresentaram parte da planície de inundação ocupada pela água em diferentes períodos, sendo que duas imagens foram selecionadas como as que apresentaram em dados espaciais os maiores picos de cheias.

Foram utilizadas imagens Landsat TM 05 em períodos de cheias, sendo que as imagens selecionadas foram de 10/01/2007 e 20/09/2009. Estas imagens representam o alcance atual das inundações no rio Gravataí, determinando assim, o limite de inundação.

Também nos preocupamos em demonstrar a diferença nos padrões de inundação atuais, comparados aos padrões de inundação anteriores às obras realizadas na área, na década de 1980 pelo poder público, obras estas citadas anteriormente neste trabalho e que visavam à contenção das cheias para a futura utilização da área para a ocupação urbana. Para tanto, utilizamos um mapa de inundação dos anos 1970, obtido junto à DNOS (1984), elaborado pelo Projeto de Cooperação Técnica Brasil - Alemanha, Planejamento Integrado dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Gravataí (1984), realizado pelo DNOS em conjunto com a companhia alemã GTZ. O mapa foi produzido no estudo justamente para a realização das obras para a contenção de cheias.

Este mapa traz as áreas potencialmente inundadas durante a década de 1970, considerando um padrão de inundações recorrentes à época que, no entendimento dos administradores públicos daquele período, deveriam ser contidas para um melhor aproveitamento urbanístico da área.

O mesmo trabalho da DNOS, também apresenta outro mapa, intitulado “Contra-cheias”. Neste mapeamento são representadas as áreas que deixaram de ser inundadas após a execução das obras de contenção de inundações,

tornando-se assim áreas de expansão urbana. O referido mapa também representa as áreas que permaneceram sendo inundadas nos eventos de cheias, bem reduzidas na comparação com o alcance da inundação anterior.

Estes mapas foram georreferenciados, considerando as mesmas referências cartográficas utilizadas neste trabalho, e após vetorizados para que pudessem ser utilizadas na comparação com o atual limite de inundação.

Para melhor analisar os dados espaciais obtidos nas imagens de satélite, evitando assim possíveis confusões com os alvos visualizados, foram realizadas saídas a campo. As saídas a campo também serviram para a obtenção de pontos por GPS, assim como a identificação dos usos do solo e o registro de fotografias da área, realizando assim amostras da realidade espacial da área em estudo.

#### **5.4. Aplicação do índice NDWI.**

O índice NDWI (Índice de Água por Diferença Normalizada) foi criado por Mcfeeters (1996) para realçar a presença de água nas cenas, baseado no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), que realça a presença de vegetação.

Este método foi concebido com a finalidade de delinear ambientes de águas abertas, automatizando a determinação do limiar entre água e terra (vegetação terrestre e solos), permitindo, segundo McFeetrs (1996), o seguinte:

- a) maximizar a reflectância típica da água utilizando o comprimento de onda do verde;
- b) minimizar a baixa reflectância dos corpos de água no infravermelho próximo; e
- c) realçar o contraste entre a água e a cobertura vegetal, proporcionada pelo infravermelho próximo.

No software ERDAS, utilizando a ferramenta *Model Maker*, foi criado um modelo, onde foram selecionadas as seis bandas do Landsat TM 123457, do

espectro de energia refletida. Após foi aplicado, o índice de NDWI, utilizando as bandas 5+3/5-3, para realçar a presença da água em relação à vegetação.

Esse índice foi aplicado em duas imagens Landsat/TM 05 de 10/01/2007 e 20/09/2009. Estas imagens foram selecionadas e obtidas a partir do catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), tendo apresentado entre outras imagens analisadas as maiores inundações captadas pelo sensor.

A partir das imagens de NDWI foram vetorizados os limites de inundação. A imagem que apresentou a maior área de inundação foi utilizada como o limite de inundação proposto para este trabalho.

### **5.5. Mapeamento da evolução urbana nos municípios de Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Gravataí e Porto Alegre, na área da planície de inundação do rio Gravataí.**

O tecido urbano da RMPA expande-se “horizontalmente” a partir de novos empreendimentos de parcelamento do solo, quer formal ou informalmente, e de intervenções urbanas implantados em momentos distintos, tornando sua estruturação um processo dinâmico com geração contínua de integração/segregação (UGALDE e RIGATTI, 2006).

Segundo os autores supracitados a extensa área inundável do rio Gravataí, ao norte de Alvorada, corresponde efetivamente a uma borda do sistema urbano da RMPA, funcionando como uma descontinuidade na conturbação da metrópole.

Entendemos que mesmo sendo a área inundável do rio Gravataí uma região pouco habitada em relação à maior parte dos setores das cidades circunvizinhas, o tecido urbano vem, ao longo do tempo, avançando sobre a planície de inundação. Com a finalidade de espacializar o crescimento horizontal das áreas urbanas e compreender os diferentes momentos desse crescimento, faz-se necessário ter como base de análise uma avaliação em épocas distintas.

Para mapear a expansão urbana dos municípios envolvidos neste estudo, bem como analisar as alterações referentes ao avanço da urbanização sobre a planície de inundação do rio Gravataí, foram mapeadas as áreas urbanas de Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Gravataí e Porto Alegre, nos anos de 1975, 1984 e 2009. Essas bases foram sobrepostas para sintetizar a evolução urbana na área da planície de inundação.

Para o ano de 1975 foi utilizada a Base Cartográfica Vetorial Contínua do Estado do Rio Grande do Sul, em que constam, entre outras informações, as áreas urbanas de todos os municípios gaúchos, em 492 cartas vetorizadas entre 2000 e 2009 pelo departamento de ecologia da UFRGS.

A área correspondente à região metropolitana de Porto Alegre, que se encontra na folha 2987/02, foi visualizada e sobreposta ao mapa da área de estudo, para que fosse possível dar ênfase à região correspondente ao curso do rio Gravataí e as áreas urbanas em seu entorno. Como as cartas estão nas mesmas bases que os demais mapas produzidos neste trabalho, não houve a necessidade de realizar nova vetorização destas áreas urbanas, tendo sido adotados os vetores de área urbana para representar a urbanização em 1975.

As áreas urbanas no ano de 1984 foram vetorizadas a partir da Imagem Landsat TM 05 de 30/08/1984, considerando a área urbana dos municípios de Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Gravataí e Porto Alegre. Esta imagem foi processada no software Erdas e posteriormente georreferenciada e vetorizada no software Arcgis.

Já para o mapeamento das áreas urbanas de 2009 foi utilizada a mesma imagem Landsat TM 05 de 20.09.2009, utilizada para mapear a ocorrência de inundação. Esta imagem foi georreferenciada e vetorizada posteriormente no software Arcgis. Este mapeamento levou em consideração as áreas urbanas de Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Gravataí e Porto Alegre, que se encontram nas proximidades do curso do rio Gravataí.

Nos trabalhos de campo foram realizadas várias paradas em locais pré-determinados, para obter pontos por GPS, fotografias, etc. As saídas à campo também foram muito úteis para identificar os usos do solo recorrentes na área de estudo e esclarecer algumas dúvidas referentes a elementos de difícil identificação tendo como base somente as imagens de satélite Landsat TM 05.

Os mapeamentos não levaram em conta o grau de ocupação das áreas, prevalecendo na análise o alcance das manchas urbanas, independentemente da quantidade de imóveis instalados ou arruamentos abertos. Por exemplo, o centro das cidades, áreas conhecidamente mais intensamente ocupadas e com maior fluxo, de veículos e pessoas, assim como áreas industriais, estarão representados da mesma forma nos mapas que aquelas áreas mais segregadas e menos densamente ocupadas.

## 6 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.

As transformações na planície de inundação do rio Gravataí são bastante significativas. Destacam-se a expansão urbana dos municípios sobre a planície de inundação, e por consequência, os aterros gerados por deposição tecnogênica e os diques para conter o processo de inundação. Os aterros e diques se tornaram formas de viabilizar o crescimento das periferias urbanas sobre áreas antes inundáveis. Viabilizam dessa forma o crescimento urbano e o surgimento e desenvolvimento de áreas industriais, que demandaram a implantação de rodovias.

A Figura 10 apresenta o mapa da planície de inundação, sobreposto ao mapa de áreas urbanas do ano de 2009. Este mapa apresenta a planície de inundação sobreposta às áreas urbanas dos municípios de Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Gravataí e Porto Alegre, demonstrando a grande abrangência desta planície fluvial na RMPA.

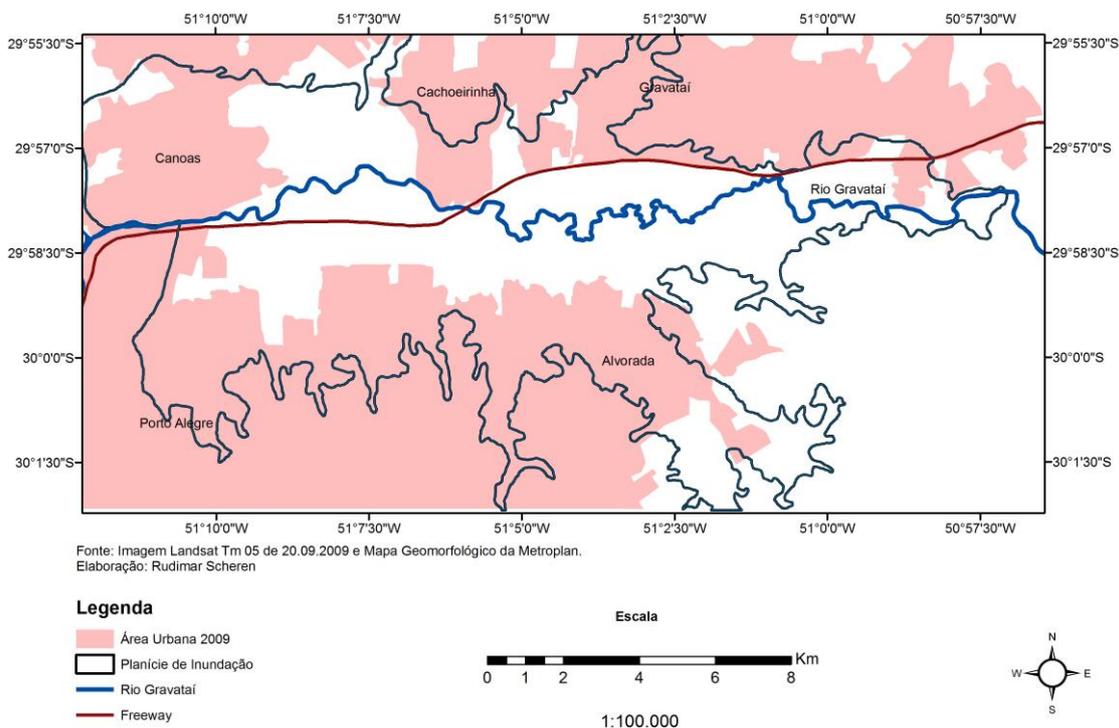


Figura 10: Mapa da planície de inundação em sobreposição às áreas urbanas do ano de 2009. Fonte: Imagem Landsat Tm 05 de 20.09.2009 e Mapa Geomorfológico da Metroplan. Elaboração: Rudimar Scheren

Os mapas seguintes vão demonstrar a redução da área inundável ao longo das décadas devido à evolução das áreas urbanas sobre a planície de inundação.

A Figura 11 apresenta a área potencialmente inundável, considerada nesse trabalho como o limite de inundação para a década de 1970, e as áreas urbanas do ano de 1975.

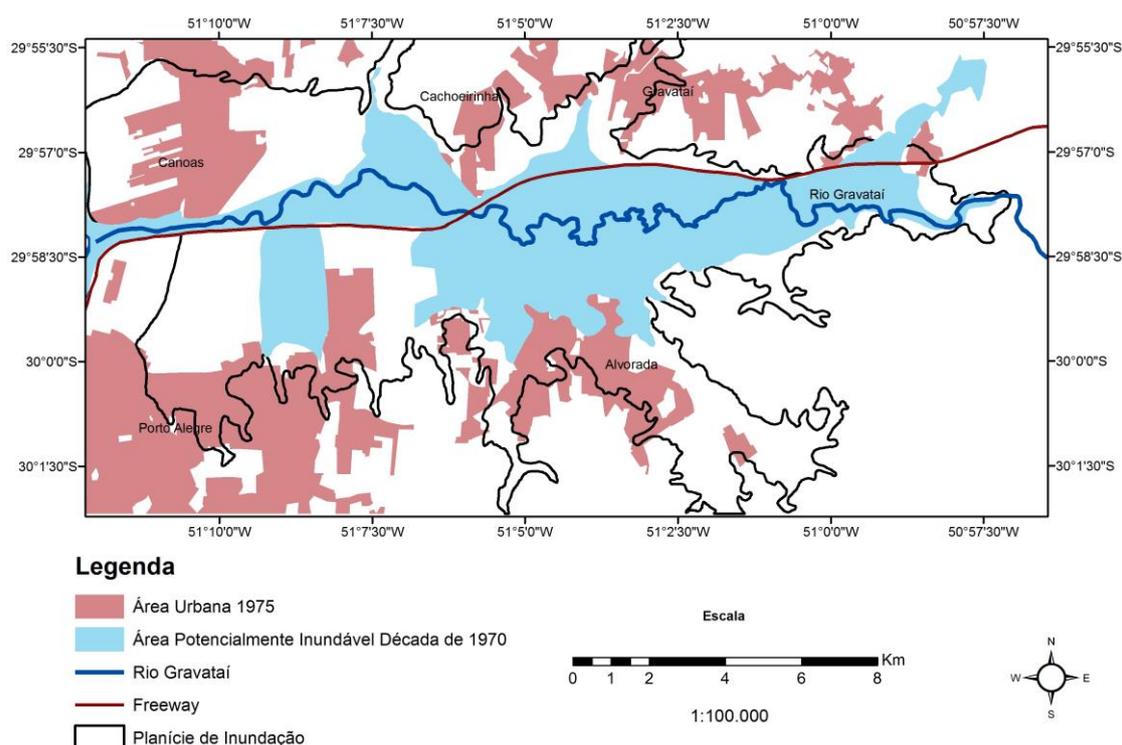


Figura 11: Mapa de áreas inundáveis para a década de 1970 em sobreposição ao mapa de áreas urbanas de 1975 e da planície de inundação.

Fonte: Base Cartográfica Vetorial Contínua do Rio Grande do Sul, Mapa de Onda de Cheias (DNOS, 1984) e Mapa Geomorfológico da Metroplan. Elaboração: Rudimar Scheren.

Conforme o mapa da Figura 11, a área de alcance, ou o limite máximo de inundação durante a década de 1970 ainda atingia boa parte da planície de inundação, mantendo uma dinâmica pouco afetada pelo avanço da urbanização. Havia, porém, outras formas de intervenção antrópica, como o cultivo de arroz; a contaminação por efluentes domésticos e industriais entre outras formas de poluição e exploração.

A respeito do cultivo de arroz, segundo a FEPAM, na bacia do rio Gravataí a demanda nos processos de outorgas oficiais para uso na irrigação

chega a 16.143 L/s e o valor segundo IRGA chega a 13.195,6 L/s. (RIO GRANDE DO SUL, 2012).

MACEDO e MENEZES (2004) ressaltam que a água é muito importante para o arroz irrigado por inundação na garantia da obtenção de altos rendimentos de grãos. Apesar de existir algumas vantagens na produção do cereal, a irrigação contínua tem desvantagens do ponto de vista da preservação do ambiente natural e de suas dinâmicas, como a demanda de um elevado volume de água e a possibilidade da saída de nutrientes e pesticidas para os mananciais hídricos.

No estado do Rio Grande do Sul o método de irrigação usado na cultura de arroz é inundação contínua. Os arroteiros tradicionalmente utilizam a irrigação contínua com água corrente, que se caracteriza por uma elevada quantidade usada e baixa eficiência (CORRÊA et al., 1997). Pesquisadores apontam que em média são utilizados entre 6.400 e 6.500m<sup>3</sup> de água para duas safras de arroz consecutivas.

Voltando as questões relacionadas à urbanização, no início dos anos 1980 foram feitas na porção urbana da bacia do rio Gravataí, por parte do poder público, obras que visavam conter as ondas de cheia e que desta forma permitissem a abertura de uma área para expansão urbana. Estas obras, somadas à construção da Free-Way, inaugurada em 1973, significaram um rompimento da dinâmica natural dos pulsos de cheia no rio Gravataí. Foi alterado de forma significativa o padrão de inundação apresentado no mapa da figura 11, referente à década de 1970.

A área inundada, apresentada no referido mapa, foi reduzida de forma significativa, ocorrendo mudanças no padrão de inundação. Com isso foram incorporadas novas áreas para a expansão urbana. Na figura 12, o mapa das áreas urbanas em 1975 e da planície de inundação, sobrepostas ao mapeamento realizado pela METROPLAN (1979), elaborado para demarcar os locais de obras para a contenção de cheias e áreas de expansão urbana, mapa este que também prevê a redução das áreas inundáveis.

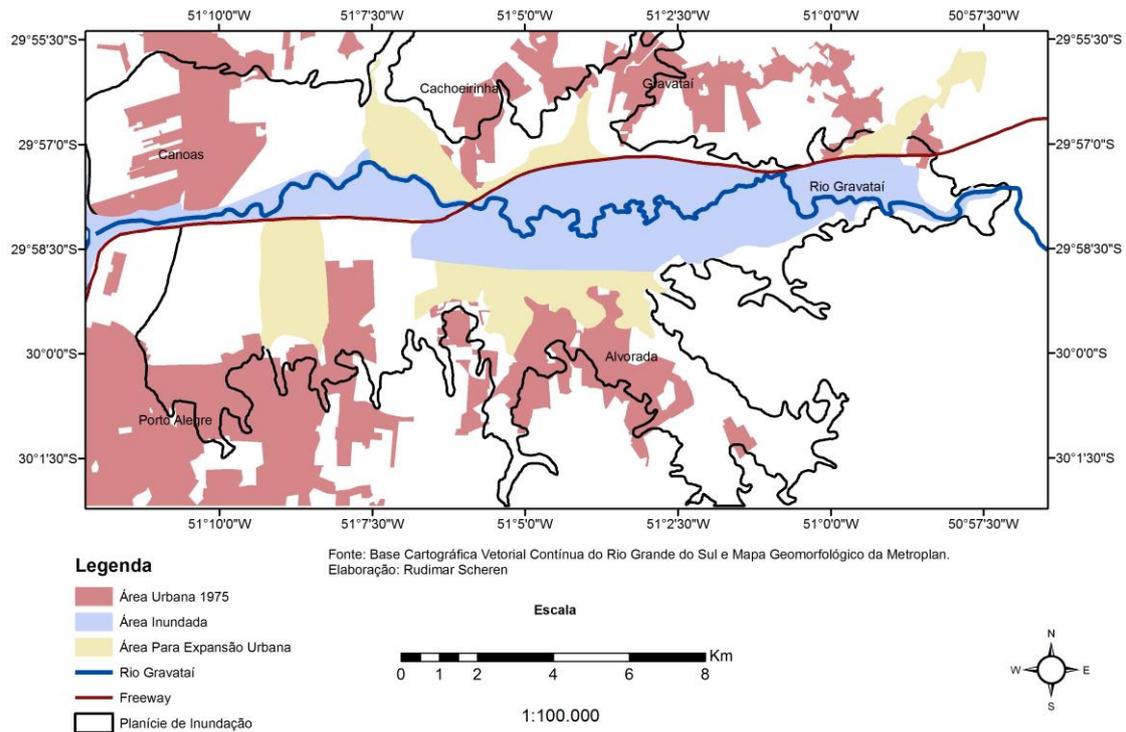


Figura 12: Mapa evidenciando a redução da área inundada e abertura de áreas para a expansão urbana após as obras de contenção de cheias no início da década da 1980. Fonte: Base Cartográfica Vetorial Contínua do Rio Grande do Sul, Mapa Contra-Cheias (DNOS, 1984) e Mapa Geomorfológico da Metroplan. Elaboração: Rudimar Scheren.

As obras de contenção de cheias reduziram o alcance da inundação. Em grande parte as áreas que deixaram de ser atingidas pelo extravasamento do canal principal foram incorporadas pela expansão urbana dos municípios, em maior ou menor grau.

Os municípios de Cachoeirinha e Gravataí, bem como a zona norte de Porto Alegre, apresentaram maior ocupação na área de expansão urbana resultante das obras de contenção de cheias. Após, aproximadamente, quatro décadas da abertura da Free-Way e três décadas da realização das obras de contenção de cheias, é possível observar as mudanças no limite de inundação nas áreas urbanizadas da planície de inundação do rio Gravataí.

Na Figura 13, mapa de inundação com base em dados espaciais de janeiro de 2007. Estes dados foram utilizados para um exercício de comparação com aqueles obtidos a partir da imagem de setembro de 2009 e assim contribuir para a definição do limite de inundação atual do rio Gravataí.

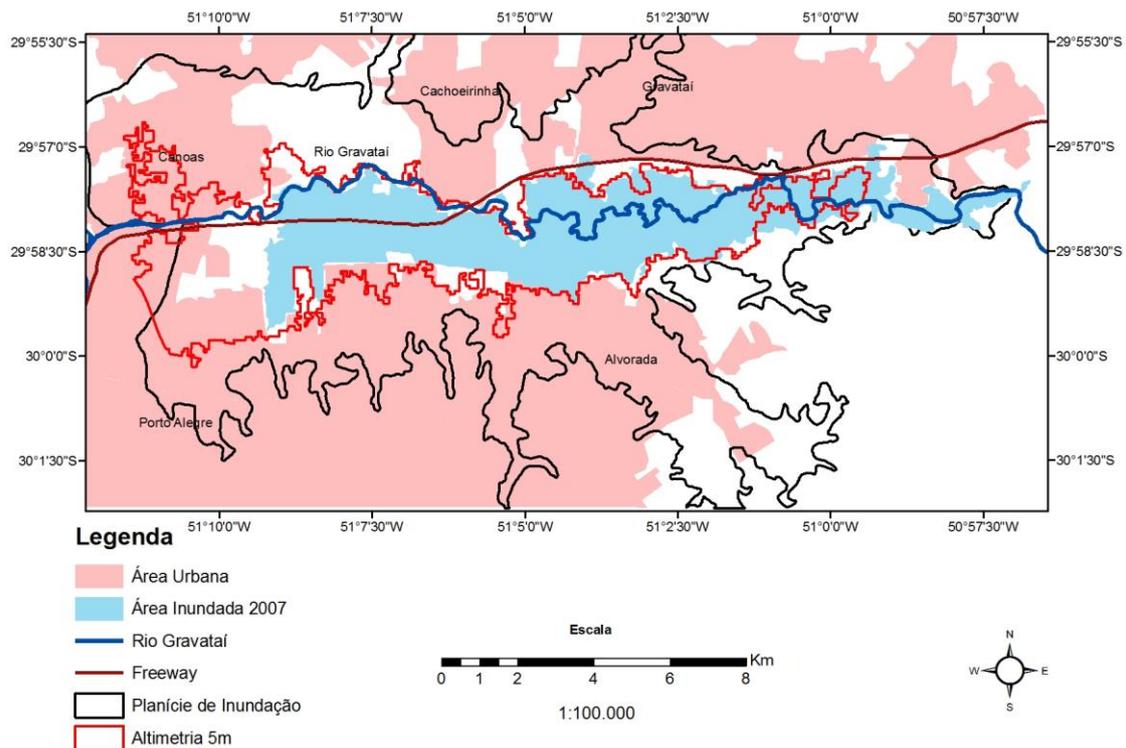


Figura 13: Mapa de inundação em 10.01.2007. Fonte: Imagem Landsat TM5 de 10.01.2007 e Mapa Geomorfológico da Metroplan. Elaboração: Rudimar Scheren

A imagem Landsat TM5 de 20 de setembro de 2009, figura 14, representa um período em que houve grande extravasamento do canal principal do rio Gravataí. O limite da inundação, em termos de área ocupada, foi maior se comparado à área inundada em 10/01/2007. Por tanto, essa imagem de 2009 foi utilizada para representar o limite máximo de inundação para o período atual.

A imagem gerada a partir da aplicação do índice NDWI foi ferramenta fundamental para o trabalho de mapeamento de áreas inundáveis, o que possibilitou de forma mais adequada estabelecer o limite de inundação para a planície do rio Gravataí. A figura 14 apresenta a imagem de NDWI gerada com base em Mcfeeters (1996).

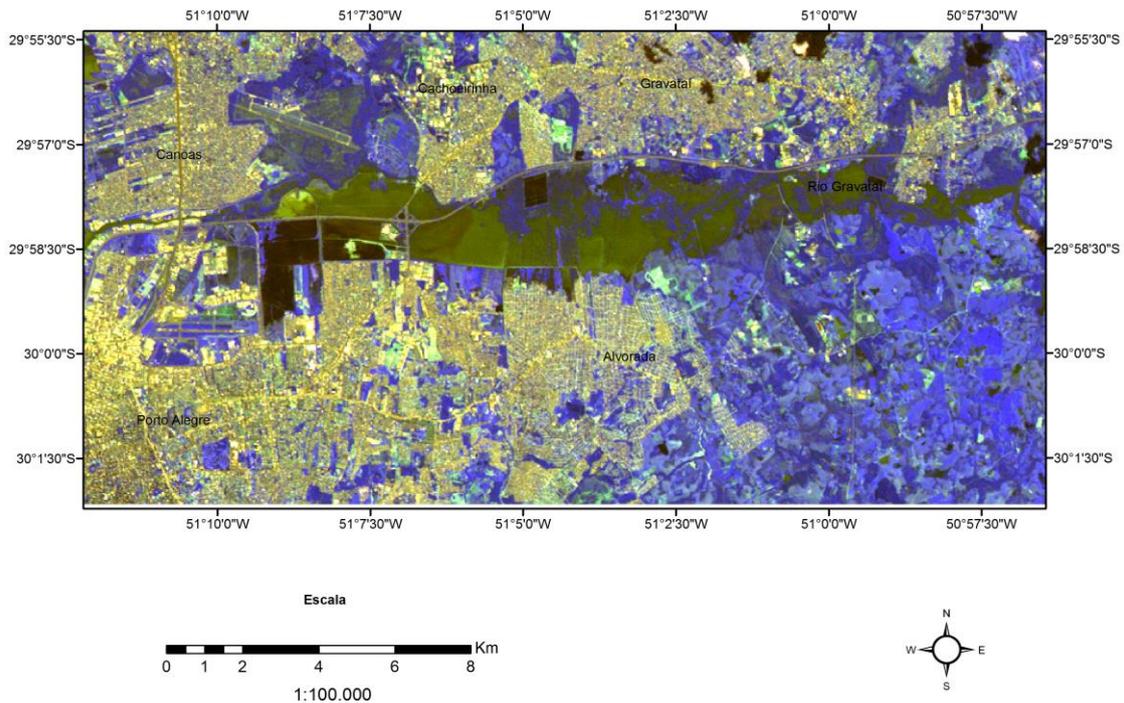


Figura 14: Imagem da planície de inundação do rio Gravataí. Fonte: Imagem Landsat TM5 de 20.09.2009. Processada por Rudimar Scheren.

Nesta imagem, as áreas inundáveis ao longo da planície de inundação estão recebendo aporte de água devido ao extravasamento da calha principal do rio, e representada na imagem em tons mais escuros. Devido à proximidade entre a resposta espectral da água e outros alvos na imagem, na composição colorida, a delimitação da área inundada ficava um pouco imprecisa.

No sentido de melhorar a identificação da área inundada na imagem, diferenciando de outros alvos na imagem, o índice NDWI foi aplicado sobre a imagem Landsat TM de 20/09/2009, resultando na figura 15. A imagem com a aplicação do NDWI aparece em tons de cinza, realçando as áreas com resposta predominante de água. Nessa imagem as áreas em branco correspondem à área inundada e facilita a definição do limite de inundação em épocas de cheia.

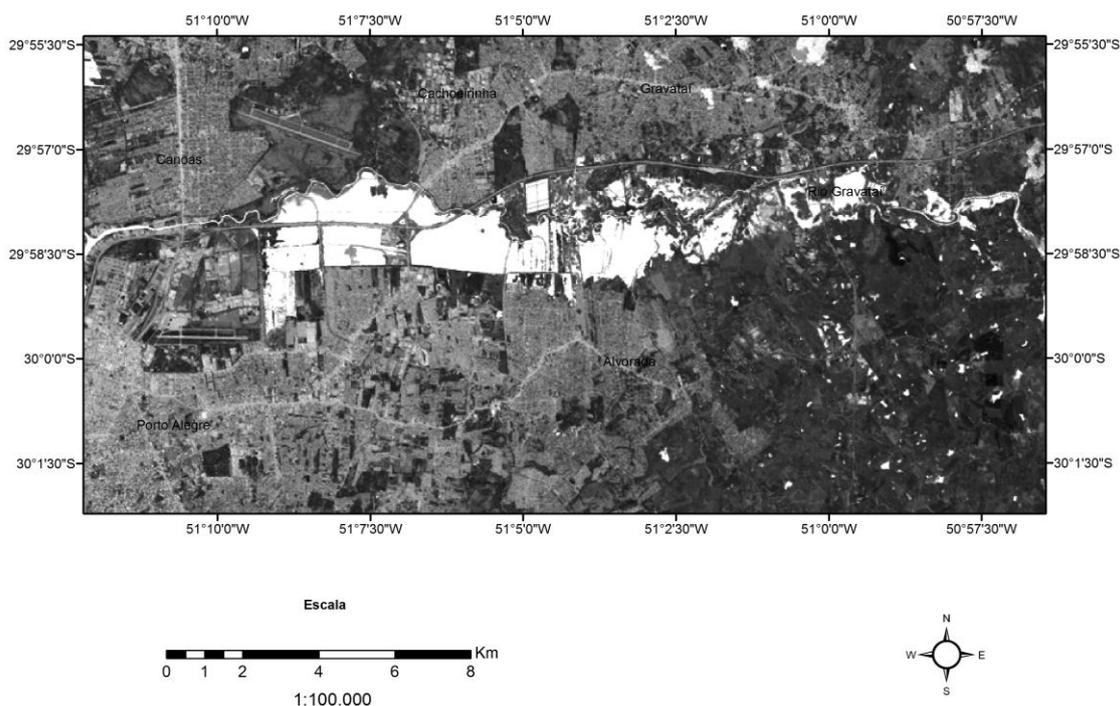


Figura 15: Imagem de NDWI da planície de inundação do rio Gravataí, a partir de imagem Landsat TM5 de 20.09.2009. Fonte: Catálogo de Imagens do INPE. Elaborado por por Rudimar Scheren.

Quando o objetivo é destacar limites de inundação ou simplesmente áreas alagadas, torna-se possível obter bons resultados aplicando composições de bandas, para posteriormente aplicar o NDWI. Este processamento das imagens, combinados com as devidas análises e correções a campo, resultam em mapeamentos que representam com boa precisão a realidade da área inundável.

Na figura 16, a mesma imagem Landsat TM 05 de 20.09.2009, com a aplicação do NDWI, porém com um processamento que gera outra composição de cores.

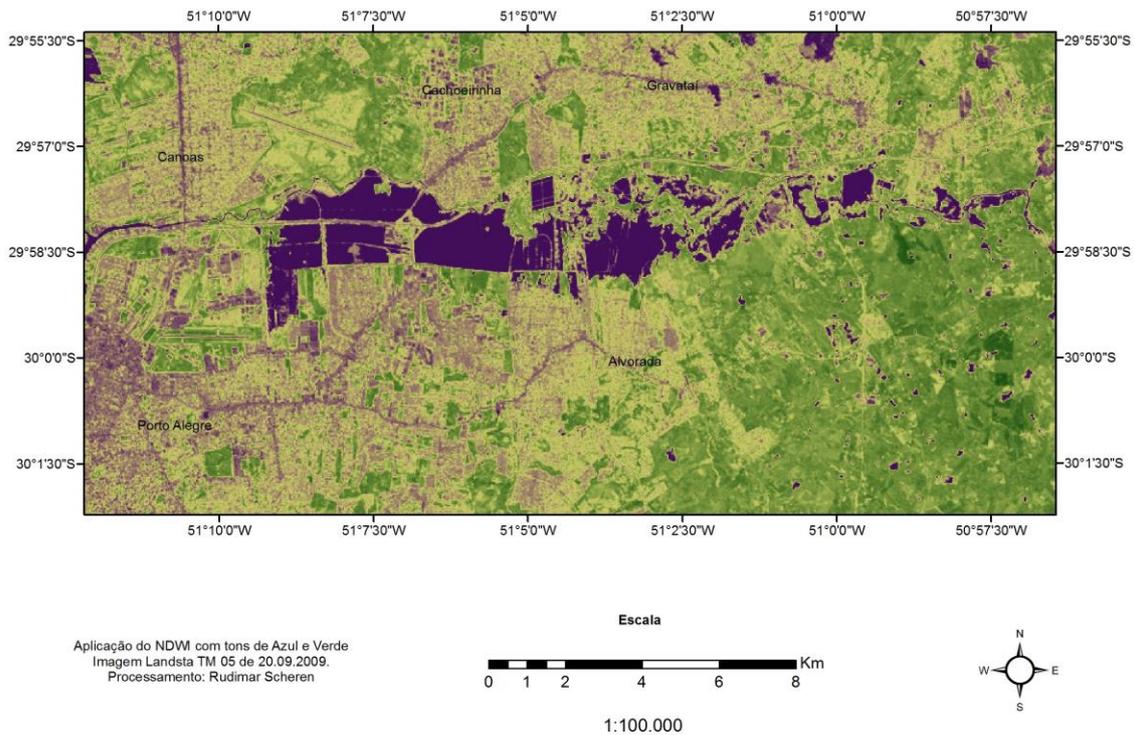


Figura 16: Imagem de NDWI em composição colorida da planície de inundação do rio Gravataí, a partir de Imagem Landsat TM 05 de 20.09.2009. Elaborado por Rudimar Scheren.

Estas datas de cheia, podem ser, em parte, explicadas pelos dados das estações pluviométricas, que trazem as médias mensais de vários municípios da bacia do Gravataí e da RMPA.

Os dados pluviométricos de alguns destes municípios, escolhidos pela localização em áreas de recarga da bacia, ou próximos às nascentes do rio Gravataí, encontram-se organizados na Tabela 03, que expõe os meses das datas das imagens mapeadas, 10/01/2007 e 20/09/2009, e os meses anteriores às datas das imagens.

Tabela 03: Médias Pluviométricas Mensais dos Municípios Localizados em Áreas de Recarga da Bacia e Nascentes do rio Gravataí.

Período/Estações	Taquara	Glorinha	Gravataí	Sto. Antônio da Patrulha	Porto Alegre
Dezembro 2006	109,0mm	136,0mm	186,0mm	103,0mm	137,5
Janeiro de 2007	106,0mm	109,5mm	33,0mm	98,0mm	182,0
Agosto de 2009	149,0mm	265,0mm	122,5mm	160,0mm	199,7
Setembro 2009	511,0mm	396,0mm	241,0mm	448,0mm	78,0

Fonte: Pluviômetros de Taquara, Glorinha, Gravataí, Santo Antônio da Patrulha e Porto Alegre.

Ao analisar os dados da tabela 02, percebemos que entre dezembro de 2006 e janeiro de 2007, não houve grandes médias pluviométricas em nenhum dos municípios analisados, o que nos leva a concluir que a inundação foi resultado de chuvas convectivas e pontuais. Já para os meses de agosto e setembro de 2009, houve grandes volumes de chuvas em praticamente todos os municípios, principalmente no mês de setembro e em especial nos municípios de Taquara e Santo Antônio da Patrulha.

Na Figura 17, o mapa indica o atual limite de inundação, mapeado a partir da aplicação do índice NDWI. Na mesma figura também representamos as áreas urbanas em 2009.

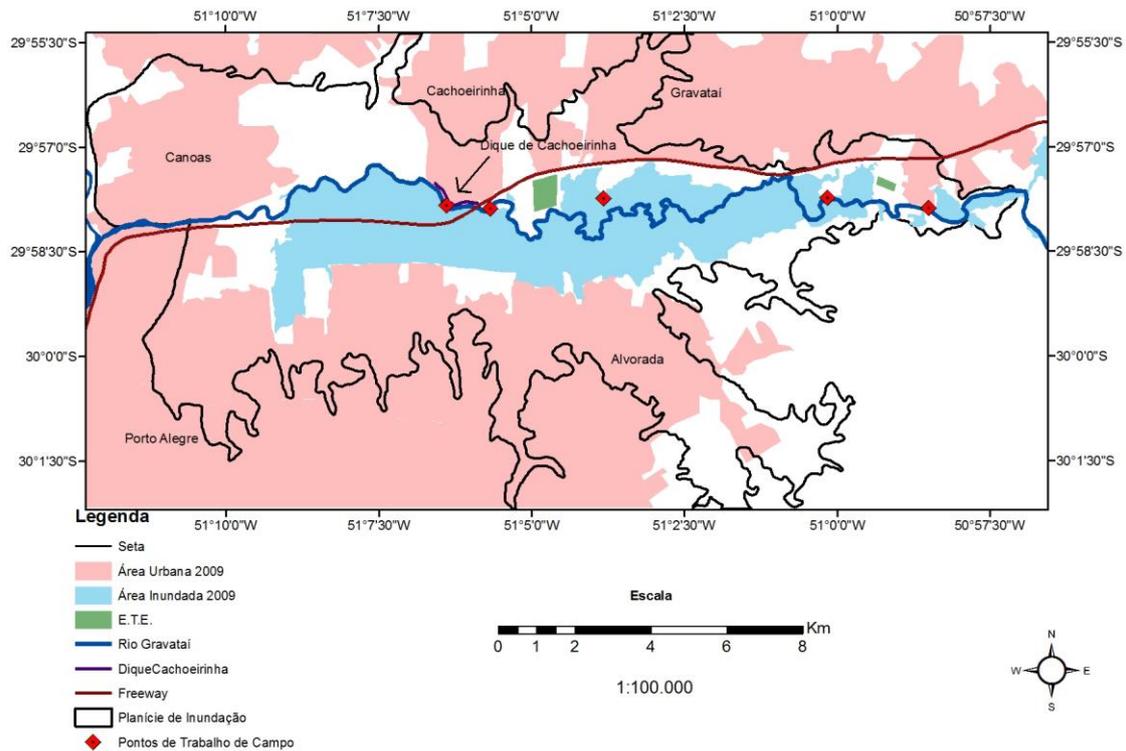


Figura 17: Mapa do limite de inundação e das áreas urbanas no ano de 2009. Fonte: Imagem Landsat Tm de 20.09.2009 e Mapa Geomorfológico da Metroplan. Elaborado por Rudimar Scheren.

Neste mapa também aparecem elementos importantes como o dique de Cachoeirinha, no limite entre a área urbana de Cachoeirinha e a free-way, os cinco pontos levantados a campo com GPS geodésico e os tanques das Estações de Tratamento de Esgotos de Cachoeirinha e Gravataí.

A planície de inundação está sobreposta a todo o mapeamento, por ser a unidade geomorfológica básica para o desenvolvimento deste trabalho, bem como para realçar a diferença entre planície fluvial (ou planície de inundação) e área inundada (ou limite de inundação).

Neste sentido, na sequência deste trabalho serão apresentados os dados espaciais da urbanização que fazem referência ao avanço da mesma sobre as áreas inundadas, o que gera uma redução do limite de inundação ao longo da planície fluvial.

A Figura 18 mostra o mapeamento de área urbana no ano de 1975, destacando a mancha urbana nos municípios de Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Gravataí e Porto Alegre.

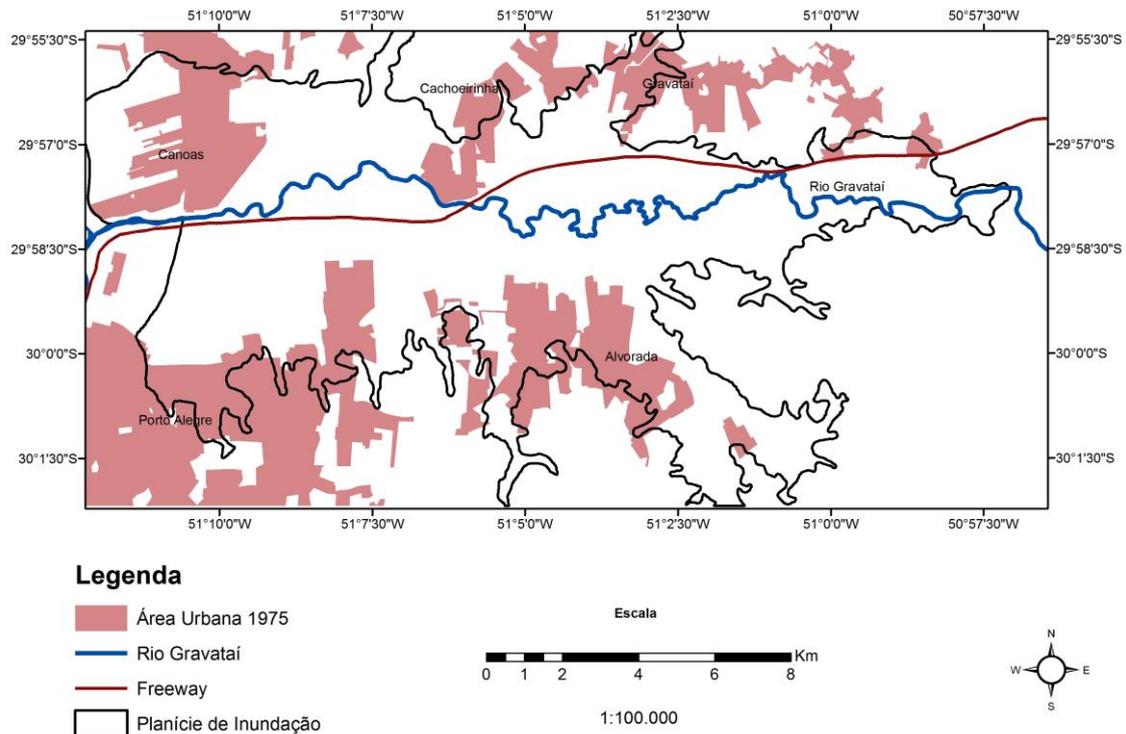


Figura 18: Mapa de áreas urbanas 1975. Fonte: Base Cartográfica Vetorial Contínua do Rio Grande do Sul e Mapa Geomorfológico da Metroplan. Elaborado por Rudimar Scheren

Em 1975 já havia a BR-290, que se tornou a partir de sua inauguração, um vetor de crescimento das cidades ao longo de suas margens. Porém em 1975 apenas as manchas urbanas de Cachoeirinha e Canoas aproximavam-se mais das margens do rio Gravataí, estes sítios urbanos já ocupavam a planície de inundação e, em alguns casos, invadiam os limites de APP.

Os demais municípios analisados, sem exceção, também possuíam áreas urbanizadas dentro da planície de inundação, porém não apresentavam grande aproximação em relação ao leito do rio Gravataí. Na década de 1970, os limites da planície de inundação, de modo geral, haviam sido ultrapassados pelas áreas urbanas, o que sugere que os padrões de inundação anteriores a este período eram diferentes daqueles expressos então.

Em 1984 os sítios urbanos já apresentavam uma maior ocupação em torno do rio Gravataí, demonstrando que já naquele ano ficava evidente que a urbanização avançava sobre a planície de inundação e que em alguns casos alcançava áreas dentro dos limites de inundação. (Figura 19).

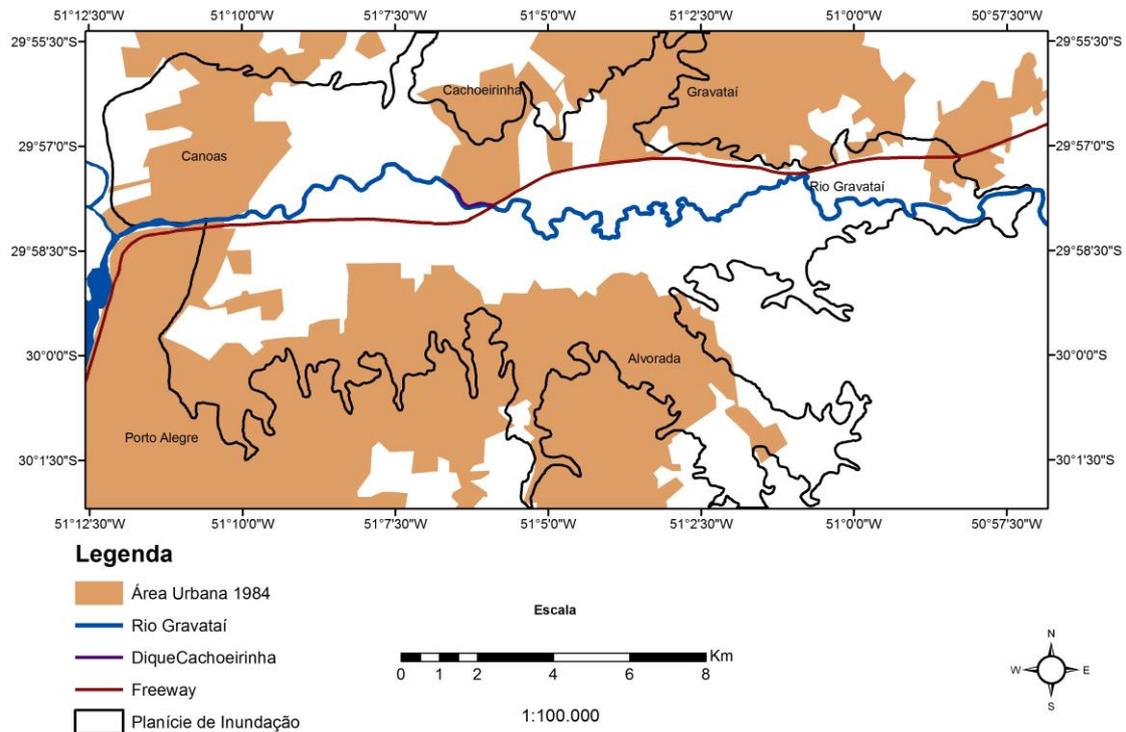


Figura 19: Mapa de áreas urbanas 1984. Fonte: Imagem Landsat Tm 05 de 30.08.1984 e Mapa Geomorfológico da Metroplan. Elaborado por Rudimar Scheren

O mapeamento realizado para a data de 1984 mostra o significativo crescimento da urbanização entre 1975 e 1984, isto pode ser explicado pelo crescimento urbano em torno da BR-290 (Free-Way) e pela finalização das obras para a contenção de cheias, que possibilitaram a ocupação da área. Após a inauguração da Free-Way, houve grande crescimento urbano em todas as áreas municipais que circundam a rodovia, registrado entre as décadas de 1970 e 1980.

O mapeamento mais recente de áreas urbanas utilizou dados espaciais de 2009, o que possibilitou constatar a consolidação de muitas áreas urbanizadas atualmente, ao longo da planície de inundação do rio Gravataí, próximo ao exutório da bacia ou mais precisamente à foz do rio Gravataí, como mostra a figura 20:

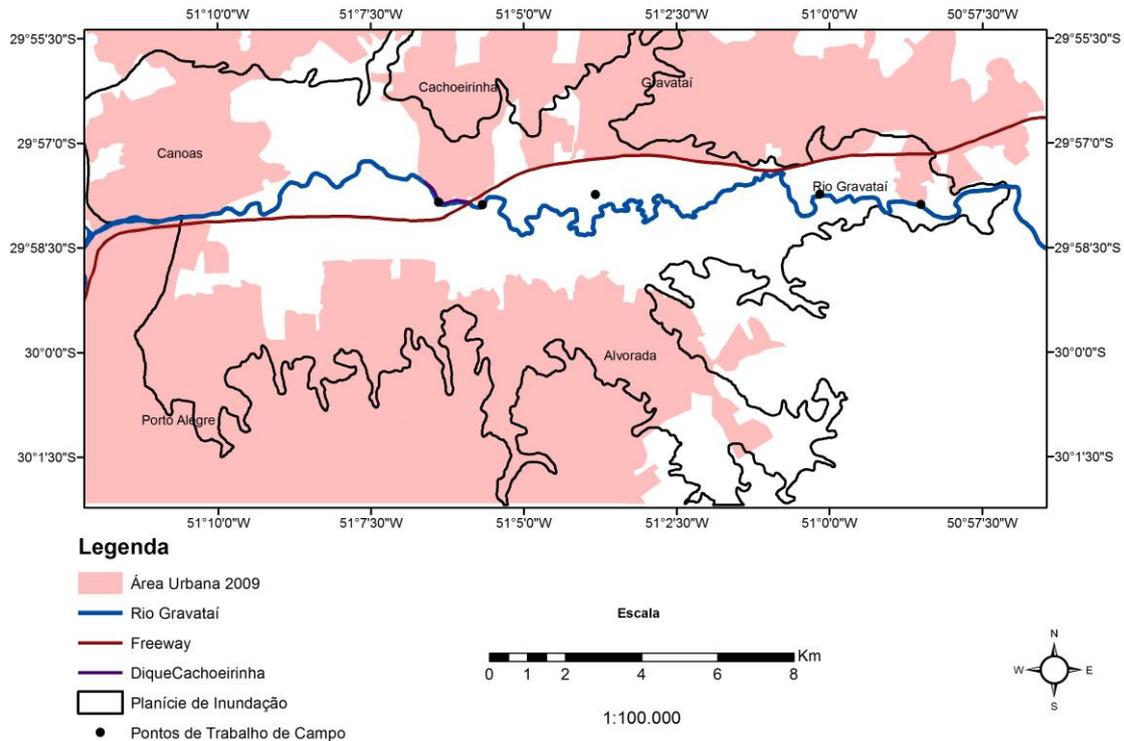


Figura 20: Mapa de áreas urbanas 2009. Fonte: Imagem Landsat Tm de 20.09.2009 e Mapa Geomorfológico da Metroplan. Elaborado por Rudimar Scheren

Através dos dados espaciais apresentados nesse mapas, é perceptível o crescimento das áreas urbanas dos cinco municípios analisados. Esse crescimento também sugere um aumento significativo na população urbana destas cidades.

No mapa de áreas urbanas de 2009 fica evidente a ocupação da planície de inundação pela área urbana dos cinco municípios analisados. Principalmente na zona norte de Porto Alegre, houve grande avanço da urbanização invadindo a planície de inundação, e como foi visto anteriormente nos mapas, também a área inundada.

A Figura 21 mostra o mapa com a sobreposição das áreas urbanas, comparando a evolução da urbanização, entre 1975 e 2009.

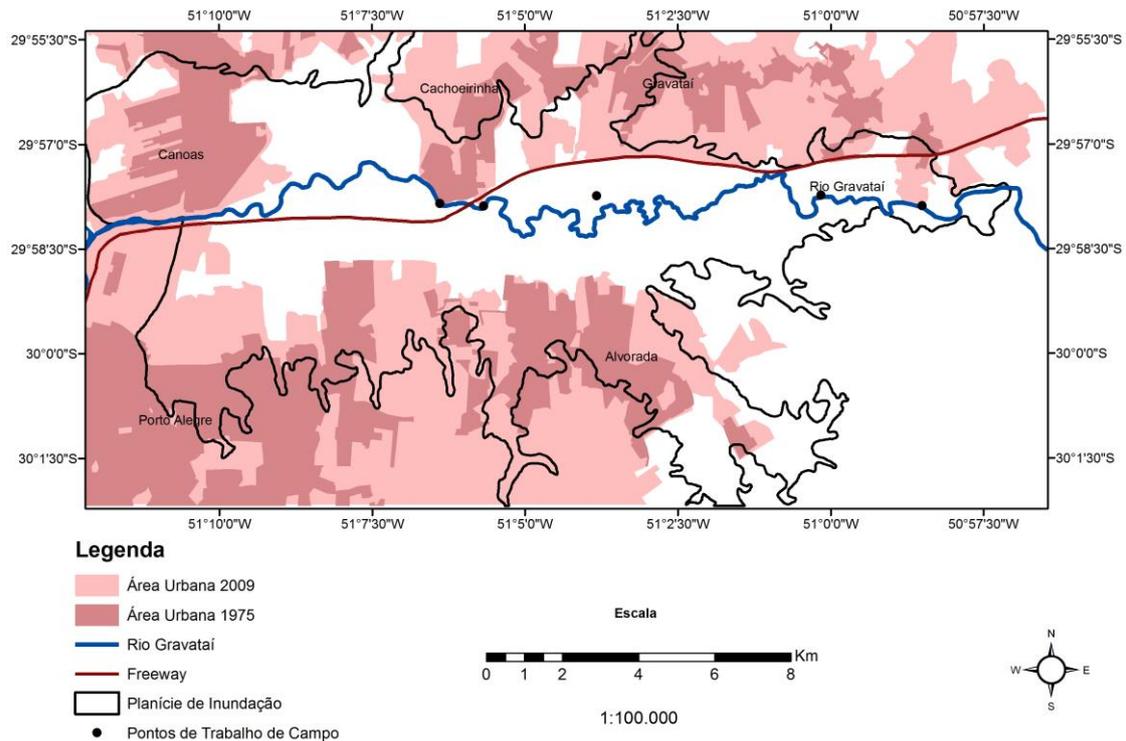


Figura 21: Mapa da evolução da área urbana na planície de inundação do rio Gravataí, no período de 1975-2009. Elaborado por Rudimar Scheren

Esta sobreposição sintetiza o aumento das manchas urbanas em todas as cidades no intervalo de tempo correspondente a 34 anos, entre 1975 e 2009. Os municípios de Porto Alegre e Gravataí foram os que mais se aproximaram do canal principal do rio Gravataí. Os municípios de Cachoeirinha e Canoas, cujas áreas urbanas já se encontravam na década de 1970, muito próximas ao rio, tiveram pequeno crescimento dentro da planície de inundação.

O mapa da figura 22 sobrepõe as áreas urbanas de 1984 e 2009, porém, contribui para perceber que no referido período houve menor crescimento urbano na planície de inundação do rio Gravataí, que no período entre 1975 e 1984.

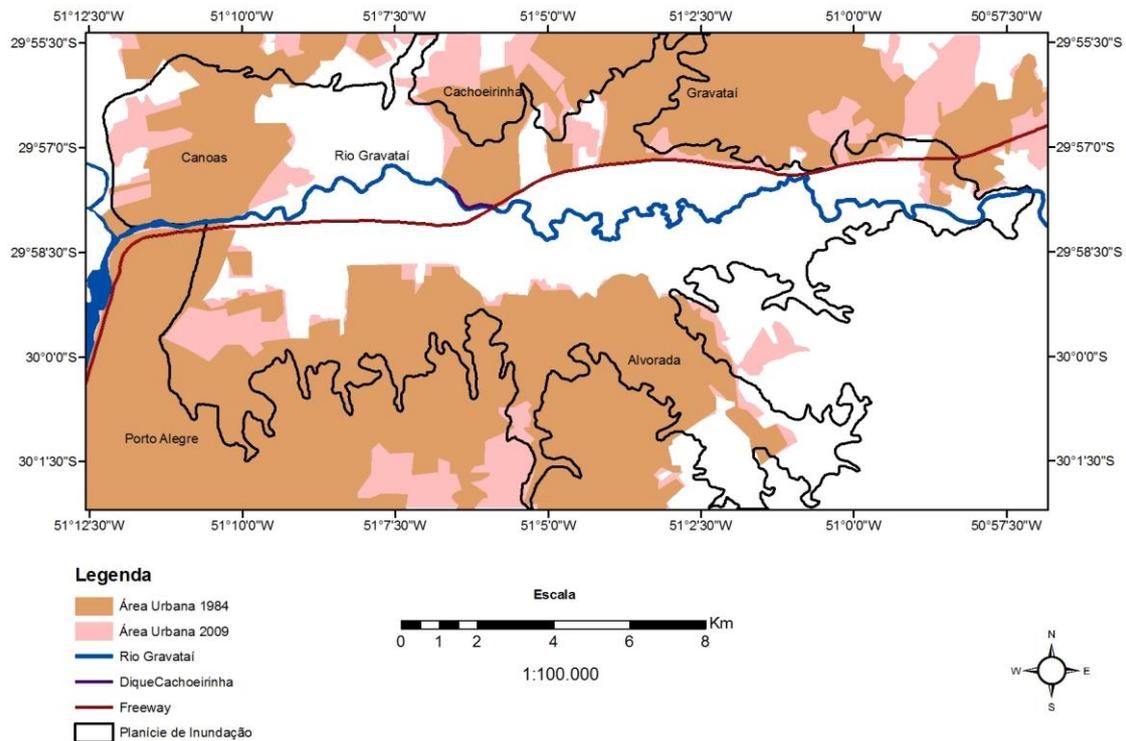


Figura 22: Mapa da evolução da área urbana na planície de inundação do rio Gravataí, no período de 1984-2009. Elaborado por Rudimar Scheren

O mapa da figura 22 mostra a diferença entre as áreas urbanas de 1984 e 2009. Pode-se identificar que o maior crescimento urbano sobre a planície de inundação ocorreu no período entre as décadas de 1970 e 1980. No mapa da figura 22 pode-se perceber que a planície de inundação em 1984 é abrangida, em grande parte, pela mesma área urbanizada apresentada no mapeamento de 2009, ou seja, a área urbana cresceu pouco sobre a planície de inundação entre 1984 e 2009.

Ao analisarmos os municípios de Alvorada e Gravataí, no tocante à planície de inundação, percebemos que as áreas urbanas de 1975 de ambos os municípios, mapeadas neste trabalho, não ultrapassavam o limite da linha que representa a planície de inundação. No entanto, nos mapeamentos para os anos de 1984 e 2009 ambos os municípios já apresentam significativa urbanização além do limite da planície de inundação.

Mesmo que no intervalo entre os anos de 1984 e 2009 seja possível perceber um significativo avanço das áreas urbanas sobre a planície de inundação do rio Gravataí, fica evidente que o maior pico de crescimento

urbano, já havia ocorrido entre as décadas de 1970 e 1980. Isto se deve, em parte, à rápida ocupação sobre as áreas de expansão urbana, geradas pelas obras de contenção de cheias, no início dos anos 1980, fato que, somado à recente inauguração da BR 290 - Free Way - à época, explica o grande crescimento urbano na área em questão.

Para auxiliar no entendimento dessa dinâmica da expansão urbana na área da planície de inundação do rio Gravataí, a tabela 04 traz os dados com a evolução da população nas cinco cidades envolvidas na pesquisa:

Tabela 04: Evolução da População dos municípios com área urbana na planície de inundação do rio Gravataí - RS.

Município/Ano	1970	1980	1991	2000	2010
Alvorada	40.322	91.384	142.046	183.968	195.673
Cachoeirinha	31.002	63.196	88.195	107.564	118.278
Canoas	153.730	220.446	279.127	306.093	323.827
Gravataí	52.462	107437	181035	232629	255660
Porto Alegre	885.545	1.125.477	1.263.403	1.360.590	1.409.351

Fonte: IBGE 2011

O crescimento populacional também pode indicar a evolução da urbanização sobre a área inundável do rio Gravataí. Obviamente, a população destas cidades cresce em toda a área municipal, como é possível perceber nos mapeamentos de áreas urbanas realizados neste trabalho. Mas estes mesmos mapas demonstram o aumento da urbanização sobre a área inundável.

Ao observarmos os dados da tabela 04, percebemos que a população praticamente dobrou em todos os municípios envolvidos, com a exceção de Porto Alegre entre os anos de 1970 e 1980, e novamente, entre os anos de 1980 e 2000. O que reitera a constatação de que a população na RMPA, e especificamente, sobre a planície de inundação do rio Gravataí, tenha apresentado um maior crescimento entre as décadas de 1970 e 1980.

Segundo CHRISTOFOLETTI (1999) a bacia hidrográfica possui duas propriedades importantes: extensão espacial; e dinamismo. Isto significa que as variáveis ambientais modificam-se no tempo e no espaço, sendo que a taxa de mudança do ambiente pode ser lenta ou rápida, natural ou induzida pelo homem por meio da modificação das entradas e saídas de energia e matéria desse ambiente, tratado pelo autor como sistema ambiental.

A respeito disso podemos considerar que alguns fatores naturais possam ter influenciado nas alterações ocorridas na planície de inundação do rio Gravataí, mas que o principal agente modificador das propriedades e dinâmicas ambientais foi de origem antrópica, portanto induzida.

A inundação na planície de inundação do rio Gravataí, atualmente, se dá principalmente na margem esquerda do rio Gravataí. A margem direita não apresenta o mesmo alcance de inundação, devido a diversos fatores, entre eles, fatores geomorfológicos ou até mesmo biogeofísicos, em menor grau e, principalmente, antrópicos com grandes evidências de alteração.

Na tabela 05 apresenta os perímetros das áreas inundadas e urbanas na comparação entre a década de 1970 e final da década de 2000.

Tabela 05: Quantificação das áreas urbanas e áreas inundadas na planície de inundação do rio Gravataí - RS.

Unidade	Área (km <sup>2</sup> )
Planície de Inundação	142
Área Inundada Década de 1970	58
Área inundada - 2009	33
Área Urbana - 1975	32
Área Urbana - 2009	67
Mancha Urbana - 1975	75
Mancha Urbana - 2009	183

Elaboração: Rudimar Scheren

Antes da análise dos dados da tabela 05, cabe ressaltar a diferença aqui compreendida entre Área Urbana - aquela que encontra-se dentro dos limites da Planície de Inundação - e Mancha Urbana - Aquela que representa toda a área urbana mapeada no presente trabalho.

Os dados da Tabela 05 mostram uma relação entre o crescimento do perímetro urbano e a redução do perímetro de área inundada. A relação é inversamente proporcional, na medida em que aumentou a área urbana na comparação entre os anos de 1975 e 2009, o alcance da inundação reduziu. Na comparação entre a área inundável na década de 1970 e a área inundável de 2009, ocorreu significativa redução.

Percebemos que a área inundável reduziu de 58 Km<sup>2</sup> na década de 1970 para 33 Km<sup>2</sup> em 2009, enquanto que as manchas urbanas aumentaram de 75 Km<sup>2</sup> em 1975 para 183 Km<sup>2</sup> em 2009. Considerando apenas as áreas urbanas dentro da planície de inundação, detectamos um crescimento que foi de 32 Km<sup>2</sup> em 1975 para 67 Km<sup>2</sup> em 2009.

A maior parte dos eventos de urbanização ao longo da autoestrada BR 290, que corta ao meio a planície de inundação do rio Gravataí, foi iniciado por indústrias que se instalam na área devido à facilidade de escoamento de matéria prima e produtos pela autoestrada, dando sequência à ocupação, surgem loteamentos de uso residencial.

Os assentamentos para áreas residenciais na planície de inundação do rio Gravataí, ocorreram tanto em loteamentos regularizados pelas prefeituras dos municípios como em ocupações irregulares. Muitos destes assentamentos citados estão localizados próximos ao canal principal do rio Gravataí, sendo que, em alguns casos, dentro da área considerada neste trabalho, como abrangida pelo limite máximo de inundação, portanto em áreas atualmente inundáveis.

Existem assentamentos urbanos em maior e menor grau, assim como prédios isolados próximos ao curso do rio Gravataí. A Figura 23 mostra áreas de assentamento irregular, dentro dos limites das Áreas de Preservação Permanente, às margens do rio Gravataí, em área dentro do limite de inundação.



Figura 23: Ocupação irregular sobre a planície de inundação do rio Gravataí, Vila Olaria, no município de Cachoeirinha-RS.  
Foto: Cecília Balsamo Etchelar 01.09.2012.

Existe uma estrada para circulação nesta área que também funciona como um dique para conter o avanço da inundação, o que pode gerar novas ocupações, geralmente de populações mais pobres. O fato de existir uma estrada que liga o local ao restante da cidade, e ainda os serviços de água e luz, indicam que o poder público tem consciência da forma de ocupação, e mesmo, do risco ao qual esta população está exposta. Ocupações irregulares como esta, que fica na área urbana de Cachoeirinha, e que atingem as margens do rio Gravataí ocorrem também nos demais municípios analisados neste trabalho.

Estas ocupações em áreas periféricas e com sérios problemas ambientais refletem a expressão “polo-periferia” utilizada por VILLAÇA (1998), para definir um padrão de segregação das metrópoles brasileiras. Nessas áreas existe, de um lado, uma urbanização dotada de infraestrutura e serviços urbanos que está direcionada para as classes de renda mais alta, e de outro lado, as áreas mais afastadas, subequipadas e habitadas pela população pobre.

Na Figura 24, apresentamos uma imagem de satélite da vila Olaria, em Cachoeirinha, local onde encontramos a ocupação irregular supracitada:



Figura 24: Área de ocupação irregular, com elevação de 2,5m em relação ao nível do rio Gravataí, município de Cachoeirinha-RS.

Fonte: Google Earth

Observando a figura 24 tem-se uma melhor dimensão da forma, da precariedade de ocupação e do nível de alteração provocado. Destaca-se que as residências estão praticamente dentro do leito do rio Gravataí, ocupando áreas de APP, em áreas de alta suscetibilidade a inundações frequentes. Essa população encontra-se bastante vulnerável a esses processos.

Nesta área os moradores não contam com serviço de saneamento básico e coleta de lixo, o esgoto é lançado diretamente nas águas do rio e os resíduos sólidos são depositados, ou diretamente nas águas ou mesmo no solo, obviamente, estando estes resíduos sujeitos ao carreamento pela água da chuva ou mesmo no evento de uma inundação.

A ocupação irregular invade a planície de inundação do rio Gravataí, estando os habitantes vulneráveis a eventos de inundação, bem como, as dinâmicas do sistema fluvial estão comprometidas pela ocupação da área, que regularmente seria de APP, e portanto, deveria estar preservada.

Moradores antigos, que residem há várias décadas no local, e que sobrevivem da pesca no rio Gravataí, forneceram informações importantes em seus relatos. Como por exemplo o despejo de lixo hospitalar no trecho do rio próximo ao hospital de Alvorada e também a respeito do grande aporte de resíduos sólidos no município de Cachoeirinha, carreados pelo arroio Barnabé.

Podemos perceber que pouco, ou quase nada, foi feito por parte do poder público, tanto no sentido de preservar a qualidade ambiental refletida na água do rio Gravataí, que recebe efluentes e resíduos sólidos devido ao mal uso do rio à montante, quanto com a qualidade de vida das populações ribeirinhas. Na figura 25 resíduos em área inundada por reflexo lateral do rio Gravataí.



Figura 25: Resíduos sólidos em área inundada na planície de inundação do rio Gravataí. Município de Gravataí-RS. Foto:Cecília Balsamo Etchelar 01.09.12.

Outros tipos de ocupação ocorrem também muito próximos ao canal principal do rio Gravataí, porém estas áreas estão fora do alcance das inundações mais frequentes. São justamente as áreas que foram ocupadas após as obras para a contenção de cheias, como a ocupação no município de Gravataí apresentada na figura 26:



Figura 26: Dique com elevação de 5,6m em relação ao nível do rio Gravataí, município de Cachoeirinha-RS, 01.09.12.

Fonte: Google Earth

Neste ponto os limites da APP não estão sendo devidamente respeitados e protegidos. Mesmo que a ocupação neste caso respeite o limite de 30 metros da margem, a urbanização chegou muito próxima ao leito do rio, fato possibilitado pela construção de um dique na margem direita para conter as inundações. Com isso a área do leito maior foi alterada, tendo reduzido o limite de inundação em períodos de cheia.

Com isso a área inundável foi reduzida, em um primeiro momento pelo aterro que possibilitou a abertura de ruas e o crescimento do bairro, aumentando o número de residências, o que trouxe a área urbana para dentro do leito maior do rio. E em um segundo momento quando da construção do dique marginal que alterou a característica natural da planície inundável, ocorreu maior expansão urbana, que se aproximou ainda mais do leito do rio.

São muitos os lugares ao longo da planície de inundação do rio Gravataí onde o crescimento urbano levou a ocupação residencial à áreas muito próximas ao canal principal. A Figura 27 mostra um clube de esportes náuticos no município de Gravataí, instalado às margens do rio Gravataí.



Figura 27: Área da planície de inundação, com ocupação residencial próxima a um clube de esportes náuticos, com elevação aproximada de 3m, na Bairro Parque dos Anjos município de Gravataí-RS, 30/03/2011 .

Fonte: Google

No bairro Parque dos Anjos em Gravataí, outro exemplo de ocupação sobre a planície de inundação e muito próximo ao canal principal. Esta área possivelmente seja resultado de um processo de aterramento, deposição tecnogênica, realizada para a utilização do local como área residencial e de recreação, onde o limite de inundação foi reduzido em virtude do avanço da urbanização. (Figura 28).



Figura 28: Área de ocupação residencial no bairro Parque dos Anjos, com elevação de aproximadamente 1m, município de Gravataí-RS, 30/03/2011. Fonte: Google

Utilizando as contribuições de OLIVEIRA (1994), podemos observar no médio curso e baixo curso do rio Gravataí, ao longo de sua planície de inundação, vários exemplos dos três principais tipos de depósitos tecnogênicos. Estes depósitos ocorrem em áreas antropizadas situadas dentro ou muito próximo das áreas urbanas dos municípios de Cachoeirinha e Gravataí.

São estes eventos de deposição artificial de origem antrópica os principais responsáveis pelo aterramento das áreas inundáveis e dos banhados ao longo do médio e baixo curso do rio Gravataí. Estas intervenções alteram o limite natural de inundação bem como afetam o escoamento natural das águas do rio, podendo também interferir no ciclo hidrológico.

Na área de estudo podemos identificar os depósitos construídos que correspondem a aterros gerados pela população, por empresas de engenharia civil e até mesmo por companhias de limpeza urbana que depositam seus rejeitos. Os depósitos ocorrem por vários motivos, desde aterros que visam à ocupação urbana, como obras civis (ruas, canalizações) até o descarte de resíduos originados pelo acúmulo de lixo inorgânico, principalmente restos de materiais de construção ou entulho e dejetos oriundos da dragagem dos cursos d'água.

Também podemos identificar na bacia do rio Gravataí, a partir de Oliveira(1994), os *Depósitos construídos*<sup>9</sup> nos processos de assoreamento que ocorrem no canal do rio e na formação de depósitos aluvionares, em consequência dos processos erosivos de natureza antrópica e ainda os *Depósitos modificados*<sup>10</sup> que referem-se principalmente àqueles depósitos naturais alterados pela ação humana (lançamento de efluentes, adubos, etc).

Não estão sendo levados em consideração nesta análise, possíveis eventos como os três tipos de depósitos supracitados, que possam ocorrer em afluentes do rio Gravataí, o que poderia também sugerir impactos por

---

<sup>9</sup> Peloggia (1998), apud Oliveira (1990), considera como Depósitos Construídos, aqueles formados por aterros e corpos de rejeito.

<sup>10</sup> O mesmo autor entende que os Depósitos Modificados correspondem aos depósitos naturais alterados tecnogenicamente por efluentes, adubos e outros.

deposição tecnogênica ao nível da bacia hidrográfica. Ressalta-se apenas que afluentes como o arroio Barnabé, por exemplo, são passíveis de sofrer este tipo de impacto por se tratarem de cursos d'água em meio urbano.

Existem locais ao longo da área de estudo em que é possível perceber o ambiente natural preservado. A Figura 29 destaca uma área onde o rio Gravataí pode ser observado em sua vasta planície fluvial, mostrando o leito maior do rio na forma mais próxima do natural, com o mínimo de intervenções antrópicas. São visualizadas áreas de inundação por reflexo lateral do rio, bem como ambientes localizados com vegetação típica de banhado.

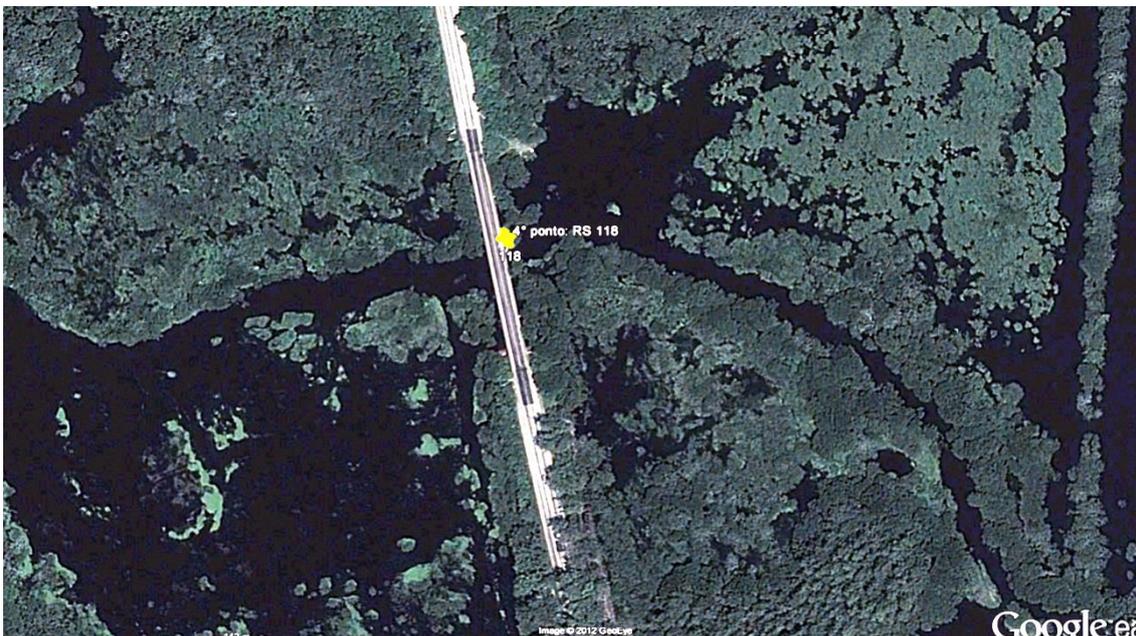


Figura 29: Área da planície de inundação, sobre ponte na RS 118, com elevação de aproximadamente 12m, município de Gravataí-RS, 30/03/2011.  
Fonte: Google

Neste ponto a única intervenção antrópica perceptível, que altera as dinâmicas naturais é o dique sobre o qual está construída a RS 118. O dique faz com que este rio de planície apresente de forma mais evidente um sistema lântico, por represar as águas e diminuir a vazão. Porém a planície de inundação permanece preservada, não ocorrendo nenhum tipo de ocupação, loteamento ou mesmo uso agrícola no local.

A partir do que foi constatado a campo e em comparação com as imagens Landsat TM 05, este ponto em particular é o que apresenta maior grau

de preservação, com presença de água na planície de inundação, sendo o local onde a inundação alcança seu maior limite.

É necessário observar que este ponto está localizado na área rural da bacia, não sofrendo alterações derivadas de eventos de urbanização. Não significa, entretanto, que está livre das ações antrópicas, pois, além da RS-118, existem plantações de arroz na região próxima ao local. Também é preciso considerar a canalização na área do banhado grande, à montante do ponto em análise, que pode de alguma forma interferir nas dinâmicas hidrológicas no local.

Analisando ainda a figura 28 é possível refletir sobre os aspectos naturais na planície de inundação e surge então uma questão a ser colocada em discussão: poderia esta imagem ser uma característica uniforme e comum à planície de inundação ao longo de todo o curso do rio Gravataí antes das primeiras intervenções humanas? Poderiam ser áreas úmidas que seria características naturais dentro da planície mesmo em áreas à jusante deste ponto, com aquelas próximas à foz que hoje encontram-se urbanizadas?

Observando o rio Gravataí à montante das áreas urbanas, percebemos que no trecho rural da bacia, a planície de inundação encontra-se menos impactada, sendo que o limite de inundação é maior e existem áreas úmidas. Com isso, podemos ter um indício de que antes do processo de ocupação urbana, a área mais próxima da foz que compreende o baixo curso do rio, e banha as áreas urbanas de Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Gravataí e Porto Alegre, também poderia apresentar um maior limite de inundação.

Com base nas evidências ressaltadas neste capítulo, podemos fazer algumas considerações, relativas ao avanço da urbanização sobre a planície de inundação do rio Gravataí:

- Muitas áreas foram aterradas suprimindo campos inundáveis, alterando as dinâmicas de ocupação do leito maior pela água em períodos de cheia;

- Os diques construídos, nos municípios de Cachoeirinha e Gravataí alteraram o sistema de vazão e reduziram a planície inundável e, em consequência disso, reduziu-se também o limite de inundação, com diminuição do alcance e da direção da inundação;

- As Áreas de Preservação Permanente estão, em sua grande maioria, invadidas ou afetadas pela urbanização de alguma forma;
- Os moradores das áreas mais próximas ao rio estão alojados em áreas suscetíveis à inundação;
- E principalmente, a urbanização como um todo, aumentou de forma significativa sobre a planície de inundação entre 1975 e 2009.

A partir dos resultados deste trabalho, várias discussões à cerca do avanço da urbanização sobre planícies fluviais podem ser abordadas. Sendo o rio Gravataí um importante curso d'água que corta a quarta mais populosa região metropolitana brasileira.

Primeiramente os esforços realizados por parte do poder público na RMPA para mediar o conflito entre homem (urbanização) e o meio (rio Gravataí) sempre buscaram privilegiar a ocupação urbana sem pensar nas consequências ao ambiente natural. Exemplo disso são as obras “contra-cheias” que foram realizadas no início da década de 1980, quando a urbanização já alcançava áreas inundáveis e por consequência era atingida na ocorrência de cheias.

Na época, a ação que era entendida como a solução dos problemas à cerca do avanço da urbanização sobre as áreas inundáveis. Consistia basicamente em isolar o meio natural, bloqueando um processo sedimentar necessário aos corpos d'água e ao solo em suas margens, que é a ocorrência de inundações na planície fluvial. A construção de diques na margem do rio Gravataí, contiveram em parte as cheias, e abriram espaços para a ocorrência de loteamentos e posterior ocupação.

Vários autores discutem a influência das atividades humanas sobre as bacias de drenagem e por consequência a seus canais que a constituem. PARK (1981) e KNIGHTON (1984) apud CUNHA (2012) ressaltam dois grupos de mudanças fluviais induzidas pelo homem, sendo que o primeiro aborda as modificações ocorridas diretamente no canal fluvial:

“O primeiro se refere a modificações ocorridas diretamente no canal fluvial para controlar as vazões (para armazenamento de águas em

reservatórios ou desvio de águas) ou para alterar a forma do canal imposta pelas obras de engenharia, visando a estabilizar as margens, atenuar os efeitos de enchentes, inundações, erosão ou deposição de material, retificar o canal e extrair cascalhos.” (p238).

CUNHA (2012) segue citando o segundo grupo de alterações que estão ligadas ao uso da terra e ocorrem fora da área dos canais, mas que alteram a descarga e a carga sólida do rio, interferindo na bacia hidrográfica.

Neste conflito tanto as áreas naturais são suprimidas, os sistemas ambientais tão importantes, como os corpos d'água, são degradados e ainda a população acaba sendo atingida. Neste sentido, as ideias, e principalmente as ações, devem ocorrer no sentido de evitar que o avanço da urbanização em áreas de planícies de inundação permaneça acontecendo.

Para tanto, os limites do alcance da inundação podem ser um parâmetro determinante para a delimitação de APP na margem de rios que cortam áreas urbanas. Demarcando o limite da APP a partir de mapas com presença de água no leito maior. Os limites da planície inundável podem ser utilizados como importante parâmetro para delimitar a Área de Preservação Permanente (APP) ao longo do curso de um rio, o que pode variar de acordo com as características geomorfológicas e topográficas da região em estudo. Em uma área com pouca variação na altimetria, uma planície de inundação pode atingir uma grande área.

Tanto os eventos naturais quanto os eventos que ocorrem em consequência das alterações ocorridas no ambiente por atividade antrópica, acabam resultando em danos para a própria população. Por sua vez, seja por falta de informação ou por falta de conhecimento, essa população não percebe que suas residências é que não deveriam estar fixadas em áreas suscetíveis à inundação.

Se considerarmos que é praticamente impossível reverter o processo de ocupação já estabelecido, temos que pensar em evitar que este processo continue em curso em áreas de planícies inundáveis. O homem precisa perceber que suas cidades e mesmo sua vida depende dos recursos hídricos e

que os cursos d'água mais importantes para as cidades são aqueles que estão mais próximos delas por uma variedade enorme de razões.

UGALDE e RIGATTI (2006) alertam que:

*“A falta de conscientização a respeito dos processos, de natureza espacial, fundamentais na formação e crescimento das cidades e a consequente timidez com que são apresentadas as diretrizes municipais de parcelamento do solo por parte das administrações municipais, faz com que a localização dos espaços públicos de circulação, recreação e uso institucional atenda estratégias comerciais e critérios dos empreendedores privados, do que ao interesse público de qualificação do espaço urbano.” (p. 19, 20).*

Para que a relação das cidades com os rios seja saudável para ambos, os limites de ocorrências naturais, como a inundação, devem ser respeitados. Assim as dinâmicas naturais irão contribuir para uma boa qualidade da água através dos processos sistêmicos e ecológicos do ambiente, o que terá uma consequência positiva também para a própria cidade.

Para LANNA (2004), uma bacia hidrográfica aglutina um sistema amplo e de funcionamento complexo. Por isso, a participação democrática de todos os envolvidos na utilização de recursos hídricos é fundamental. Frequentemente as bacias hidrográficas têm-se constituído em palco de conflitos em função de diferentes propostas e necessidades de uso da água. Por isso, torna-se importante que o poder público se faça presente de maneira efetiva nas discussões em torno da questão, munido de capacidades técnica e gerencial, porém, sem renunciar ao seu papel de coordenador do processo de negociação das comunidades envolvidas.

Esta constatação evidencia uma necessidade de inserir nos processos de planejamento e gestão da bacia, considerações sobre a planície de inundação. Os trabalhos realizados na bacia do Gravataí, na maior parte, estão direcionados ao Banhado Grande e ao Banhado dos Pachecos, tendo sido instituída inclusive a APA do Banhado Grande. Enquanto que nos outros

setores da bacia, ou mesmo no curso do rio Gravataí propriamente dito, são poucos os trabalhos desenvolvidos.

Destaca-se a importância da preservação de áreas de banhado em planícies de inundação, sendo os banhados importantes elementos nas dinâmicas fluviais e para as espécies de fauna e flora. Sendo assim, é necessário evitar que o avanço da antropização altere também estes ambientes, pois eles atuam na regulação das vazões, controlando os pulsos de inundação, e ainda abrigam muitas espécies animais e vegetais.

Sendo assim, com a segurança de que os banhados na bacia do Gravataí estão inseridos em ações de prevenção e mitigação (APA do Banhado Grande), cabe agora que, mais esforços sejam realizados no sentido de planejar as ações de manejo e qualidade ambiental na planície de inundação.

Todas as alterações que ocorrem na ocupação e uso do solo ao longo de um ambiente natural como a bacia hidrográfica, por exemplo, geram alterações na qualidade ambiental. Fatores como: infiltração, percolação, escoamento superficial, se modificam alterando a dinâmica do ciclo hidrológico, podendo influenciar na recarga e na vazão da bacia.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

As grandes áreas que foram isoladas da inundação pelas obras de contenção realizada no início da década de 1980 mudaram o padrão de inundação conforme mapeamento da década de 1970.

A comparação entre a área inundável na década de 1970, com a área inundada em um evento de cheia em 2009, mostra uma significativa diferença no padrão de inundação.

A inundação teve seu alcance reduzido. Destaca-se o extravasamento à margem direita do canal principal, que ocorria na década de 1970, onde se localizam as áreas urbanas de Gravataí e Cachoeirinha. Esse extravasamento já não ocorre mais em 2009. Porém, algumas áreas à margem esquerda, que anteriormente não eram atingidas pela inundação, encontravam-se inundadas.

A partir do mapeamento das áreas urbanas e dos limites de inundação para os anos de 2007 e 2009, fica evidente que o avanço da área urbana ocorrido sobre a planície de inundação do rio Gravataí, alterou o alcance da inundação. Em algumas áreas mudou também a direção da mesma.

A diferença existente entre a planície de inundação e a área inundada em seu limite máximo, sugere que as obras e eventos de urbanização alteraram o perfil das dinâmicas fluviais em períodos de cheia.

A urbanização e demais eventos antrópicos se tornam formas de contenção para inundação. Tanto aquelas interferências realizadas com a finalidade específica de conter a inundação, para facilitar a ocupação urbana nestas áreas, quanto em outras formas de contenção realizadas por obras humanas, que em princípio tinham outros objetivos, como, por exemplo, o aterro para a implantação da autoestrada (Free-Way).

A análise dos mapas de urbanização e áreas inundadas evidencia o quanto a inundação recuou em 2009 em comparação ao seu alcance na década de 1970. O extravasamento da calha principal ocorre principalmente à margem esquerda do rio Gravataí devido à urbanização das cidades de Cachoeirinha e Gravataí que ocupam a margem direita do canal, na qual foram construídos os diques para a contenção de cheias.

A área urbana sobre a planície de inundação aumentou, ao passo que a área inundável recuou consideravelmente no período da década de 1970 até o ano de 2009. Parece ser este um caminho sem volta, no qual cada vez mais os aterros e os diques vão interromper as dinâmicas hidrológicas naturais para viabilizar a urbanização em suas mais diversas funções.

Cabe ao poder público, tomar conhecimento de materiais científicos como este e utilizar as bases criadas para melhorar as relações entre sociedade e meio natural, nas quais a sociedade deveria passar a respeitar mais os limites naturais.

A partir deste trabalho, podemos sugerir às autoridades, que, em áreas urbanas, os limites de inundação poderiam ser considerados como Área de Preservação Permanente. Ao passo que, no momento de definir áreas de expansão urbana, as áreas potencialmente atingidas por inundações de reflexo lateral de rios, não devem ser loteadas para ocupação humana.

Desta forma seriam evitados impactos sobre a planície de inundação, como a construção de diques e barragens e a própria ocupação, e, ao mesmo tempo, a população estaria livre do risco de enchentes.

## 8. REFERÊNCIAS.

ALONSO, J.A.F. **A Economia dos Serviços na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA): Uma Primeira Leitura.** In: Estudo da Dinâmica das Atividades Terciárias na RMPA. Rio de Janeiro, 2008.

BOHN GASS, S.L. **Áreas de Preservação Permanente (APPs) e o Planejamento do seu Uso no Contexto das Bacias Hidrográficas: Metodologia Para Adequação dos Parâmetros Legais.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Instituto de Geociências. UFRGS. Porto Alegre, 2010.

BOTELHO, R.G.M., SILVA, A.S. **Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental.** (153-192p) In: VITTE, A.C.; GUERRA, A.J.T.; **Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil**, Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2004. 280p.

BORGES, Raffaella Fernandes. et al., **Mapeamento de Áreas Úmidas Através de Dados de Sensoriamento Remoto e Técnicas de Geoprocessamento na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Bom Jardim – MG.** Universidade Federal de Pernambuco, 2009, 20p.

BRINSON, M. M.. **A hydrogeomorphic classification for wetlands.** Vicksburg, MS: US Army Engineer Waterways Experiment Station, Technical, Report WRP-DE-4. 1993.

BULHÕES, F.M. ; GIUGNO, N.B. **Cobertura vegetal e ocupação atual do solo da área de influência da Barragem Olaria Velha e da Bacia do rio Gravataí, RS.** Porto Alegre: CPRM/METROPLAN. 1 v. não paginado, il. (Série Ordenamento Territorial, 2)

CAMARGO, A.F.M., BINI, L.M, SCHIAVETTI, A. 1995. **Avaliação dos Impactos Provocados Pelas Descargas de Esgotos Orgânicos em Alguns Corpos d'água do Município de Rio Claro.** Oecologia Brasiliensis, v.1. p. 395-406. Rio de Janeiro.

CAMARAGO, A.F.M, PEREIRA, A.M. **Qualidade da Água em Áreas Urbanas** In: BRAGA, R. & CARVALHO, P.F. (2007). **Recursos Hídricos e**

**Planejamento Urbano e Regional.** 2ª ed., Rio Claro (SP): Laboratório de Planejamento Municipal – Deplan – UNESP – IGCE. 99p.

CASTRO, N.M.R. **Estudo do processo erosivo em área de banhado na bacia hidrográfica do rio Gravataí.** <http://www.ufrgs.br/sga/SGA/material-de-apoio/textos/textos-apoio/links/relatoriolPH>. Acesso em 21.11.2012.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Guia de coleta e preservação de amostras de água. Anexo 1. Legislação referente à qualidade de águas. São Paulo, CETESB, 1988.

CHRISTOFOLETTI, A. **Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico os Projetos de Planejamento.** In: Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e conceitos. 11ª ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2012.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais.** 1ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CORRÊA, N. I. et al. Consumo de água na irrigação do arroz por inundação. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 50, n. 432, p. 3-8. jul./ago. 1997.

CÓZAR, A. et al. **Remote sensing imagery analysis of the lacustrine system of Ibera wetland (Argentina).** In: Ecological Modelling 186, 29-4, 2005.

CUNHA, S.B. **Geomorfologia Fluvial.** In: GUERRA, A.J.T., CUNHA, S.B. **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos.** 11ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2012. 474p.

DNAEE. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Glossário de termos hidrológicos.** Brasília, Ministério de Minas e Energia. Brasília, 1976.

DNOS (Departamento Nacional de Obras e Saneamento) e GTZ (Deutsch Gesellschaft Für Technische Zusammenarbeit) Projeto de Cooperação Técnica Brasil - Alemanha. **Planejamento Integrado dos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Gravataí** (1984).

DNOS (Departamento Nacional de Obras e Sanamento) (1985 b) **Planejamento Integrado dos Recursos Hídricos da Bacia do rio Gravataí**. Projeto de Cooperação Técnica Brasil - Alemanha. Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas, V.1, 334p.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS) (<http://www.fepam.rs.gov.br/>). Acesso em 23/01/2012.

FEPAM. Licenciamento ambiental. Disponível em: <[http://www.fepam.rs.gov.br/licenciamento ambiental](http://www.fepam.rs.gov.br/licenciamento_ambiental). Acesso em 02/07/13.

FERNANDES, A.C. **A Cidade Esparramada. Considerações Sobre a Produção do Espaço Urbano-Industrial em Gravataí - Região Metropolitana de Porto Alegre**. (dissertação de mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRGS. Porto Alegre, 2008, 167p.

FRANTZ, D.S. **Uso de imagens orbitais “TM” – Landsat 5 na caracterização ambientes paludais na Planície Costeira do Rio Grande do Sul**. Instituto de Geociências – UFRGS (Dissertação de Mestrado). Porto Alegre, 1989.

FUNASA. Manual de Saneamento, Brasília, 2004.

GONÇALVES, N.M.S. **Impactos Pluviais e Desorganização do Espaço Urbano em Salvador**. In: . In: MENDONÇA, F., MONTEIRO, C.A.F. **Clima Urbano**. São Paulo, Contexto, 2003.

GUASSELLI, L.A. **Dinâmica da Vegetação no Banhado Taim, RS**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. UFRGS. (Tese de Doutorado). Porto Alegre, 2005, 157p.

GUASSELLI, L.A., ETCHELAR, C.B, BELLOLI, T.F. **Os impactos do cultivo de arroz irrigado sobre as áreas úmidas da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande do rio Gravataí – RS**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

GUERRA, A. T. (1978). Dicionário geológico-geomorfológico. Rio de Janeiro, Fundação IBGE.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003, 648 p.

GUERRA, A.T. **Processos Erosivos nas Encostas**. In: GUERRA, A.J.T., CUNHA, S.B. **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. 11<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2012. 474p.

HEMOND, H.F.; BENOIT, J. (1988). **Cumulative Impacts on Water Quality Functions of Wetlands**. *Environmental Management*, v. 12 (50), p. 639-653.

JUNK, W. J. et alii. **The flood pulse concept in river floodplains**. In: *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* (106): 110-127, 1989

KASHAIGILI, J.J. **Impacts of land-use and land-cover changes on flow regimes of the Usangu wetland and the Great Ruaha River, Tanzania**. In: *Physics and Chemistry of the Earth* 33, 2008, p.640-647.

LANNA, A. E. **Aspectos sociales e institucionales en la gestión integrada del agua con un enfoque de cuenca**. In: CIRELLI, A. F. & MOLINA, V. S. *El agua en iberoamérica. Experiencias en gestión y valoración del agua*. Buenos Aires: CYTED, 2004. P. 83-100.

LINDMAN, C.A.M. **A vegetação no Rio Grande do Sul (Brasil Austral)**, Porto Alegre: Liv. Universal, 1906. 356p.

MACEDO, V.R.M., MENEZES, V.G. **Influência dos Sistemas de Produção e Manejo no Uso da Água Pela Planta de Arroz**. Instituto Rio-Grandense do Arroz, Porto Alegre, 2004.

MACIEL, C.A.A. **Morfologia da paisagem e imaginário geográfico: Uma Encruzilhada Onto-Gnoseológica**. In: *GEOgraphia* – Ano 3, n. 6. Universidade Federal de Pernambuco, 2001, p. 99-117.

MALVÁREZ, A.I. **El Delta del Rio Paraná como Mosaico de Humedales.** In: *Malvárez, A.I. (ed.). Trópicos Sobre Humedales Subtropicales y Templados em Sudamérica.* Montevideo: UNESCO, 1999, p. 32-50.

MARTINI, P.R. **Áreas úmidas da América do Sul registradas em imagens de satélites.** In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal (GEOPANTANAL), 1., 2006, Campo Grande, Anais...Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2006, p. 876-882.

MELLO. L.P. **Barragem da Olaria Velha, rio Gravataí: Contribuições para uma Avaliação de Impacto Ambiental.** Departamento de Geografia, Especialização em Geografia Ambiental Urbana. Instituto de Geociências, UFRGS. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. P. 9 – 38. 1990.

MELLO. L.P. **Percepção da paisagem e conservação ambiental no Banhado Grande do Rio Gravataí (RS).** São Paulo: USP, 1998. 365f. Tese (Doutorado em Geografia) Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, 1998.

MELTON, F.A. **An Empirical Classification of Flood-Plain Steams.** Geogr. Rev., XXVI: p. 593-609, 1936.

MENDONÇA, F.A.; LEITÃO, S.A.M. **Riscos e vulnerabilidade Socioambiental Urbana: Uma Perspectiva a Partir dos Recursos Hídricos.** In: *GeoTextos, vol. 4, n. 1 e 2.* Salvador- BA, 2008, p. 145-163.

METROPLAN. Região Metropolitana de Porto Alegre; informações e análise. Porto Alegre, 1988.

MINAS GERAIS. **Regulamentação da Lei Florestal de Minas Gerais.** Decreto nº 33.944 de 18/09/1992.

MONTEIRO, C.A.F.. **Teoria e Clima Urbano.** São Paulo, Instituto de Geografia, USP, 1976.

MONTEIRO, C.A.F. **Teoria e Clima Urbano.** In: MENDONÇA, F., MONTEIRO, C.A.F. **Clima Urbano.** São Paulo, Contexto, 2003.

MOTTA, D. M. *Gestão do Uso do Solo Disfunções do Crescimento Urbano*, Volume 1: Instrumento de Planejamento e Gestão Urbana em Aglomerações Urbanas: Uma análise Comparativa, Brasília, 2002.

NEIFF, J.J. **Planícies de Inundação São Ecótonos?** In; HENRY, R. *Ecótonos nas interfaces dos Sistemas Aquáticos*. Rima ed., 2003, p. 29-46.

NEIFF, J.J. **El Régime de Pulsos em Rios e Grand Humedales de Sudamérica**. In: Malvárez, A. Kandus, 1999, p. 97-145.

NEIFF. J.J.; IRIONDO. M.H.; CARIGNAN. R. **Large Tropical South American Wetlands: an Overview**. In: LINK. G.L. & NAIMAN. R.J. (ed). *The Ecology and Management of Aquatic-Terrestrial Ecotones*. Proceedings Book, Seattle, University of Washington, 1994, p. 156-165.

NEIS, M. R. A aldeia de nossa senhora dos anjos. In: SIMPÓSIO ESTADUAL 16. SOBRE CULTURA GRAVATAIENSE, 1., 1987, Gravataí. **Anais...** Gravataí: SMEC, 1987. p.70-99.

OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES.

<http://www.observatoriodasmetroles.net>. Acesso em 05.03.2013

OLIVEIRA, A. M. S. et al. **Tecnógeno: registros da ação geológica do homem**. In: SOUZA, C. R. G. et al. (Org.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2005. p. 363-376.

OLIVEIRA. A. M. S. **Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios**: exemplo do reservatório de Caçapava, Rio Paranapanema, SP/ PR. 1994. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

PELOGGIA, A. **O Homem e o Ambiente Geológico**: Geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo. São Paulo: Xamã, 1998. 271 p.

PIRES, K. L. N., TOMA, R., BACO, H. M. di, NUNES, J.O.R. **ANÁLISE DOS DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS NO CONJUNTO HABITACIONAL ANA JACINTA E SUA RELAÇÃO COM OS PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS**. Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/ regional conference of Geomorphology, Goiania, 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CACHOEIRINHA.  
(<http://www.cachoeirinha.rs.gov.br>). Acesso em 15/05/2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CANOAS ([www.canoas.rs.gov.br](http://www.canoas.rs.gov.br)) Acesso em 15/05/2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE GLORINHA (<http://www.glorinha.rs.gov.br>). Acesso em 12/03/2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE GRAVATAÍ ([www.gravatai.rs.gov.br](http://www.gravatai.rs.gov.br)) 12/03/2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE ([www.portoalegre.rs.gov.br](http://www.portoalegre.rs.gov.br)) Acesso em 15/05/2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO BERNARDO DO CAMPO. Secretaria de Planejamento Municipal. Certidão de uso do solo nº 194/2012.

RAMBO, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul: ensaio de monografia natural**. Porto Alegre: Liv. Selbach, 1956, 471p.

RIGATTI, D. **Loteamentos, Expansão e Estrutura Urbana**. In: *Paisagem e Ambiente*. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002, p. 35-69.

RIO GRANDE DO SUL. Ministério Público do Rio Grande do Sul. Divisão de Assessoramento Técnico, Unidade de Assessoramento Ambiental: DOCUMENTO DAT-MA Nº **0028/2008**. 2008

RIO GRANDE DO SUL. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí. Secretaria do Meio Ambiente. 2012

RISSO, A., NIELSEN, S. **Áreas de inundação, alagamento e banhados da região metropolitana de Porto Alegre**. CPRM/METROPLAN, Porto Alegre, 1994.

RISSO, A., GIUGNO, N.B. **Áreas de inundação, alagamento e banhados da Região Metropolitana de Porto Alegre - RS.** Porto Alegre: CPRM/METROPLAN, 1994. 48p. il. (PROTEGER. Série Ordenamento Territorial-Porto Alegre, v. 06)

RODRIGUES, R.R. **Florestas Ciliares?** In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação.** 2.ed. São Paulo: Edusp/Fapesp, 2001. P. 91-107.

ROSA, L. et al. **Uso de composições de bandas do satélite Landsat 5 TM para caracterizar a dinâmica da variação de áreas alagadas no Pantanal mato-grossense.** In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.5292-5299.

ROSSATO. M.S. **Os Climas do Rio Grande do Sul: Variabilidade, Tendências e Tipologia.** Programa de Pós-Graduação em Geografia (Tese de Doutorado), Instituto de Geociências. Porto Alegre, 2011.

RUBBO, M. **Análise do Potencial Hidrogeológico do Aquífero Cenozóico da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí-RS.** Porto Alegre (2004). Instituto de Pesquisas Hidráulicas. 95p.

SAINT-HILAIRE, A. **Viagem ao Rio Grande do Sul.** Trd. Leonam de Azeredo Penna. Belo Horizonte, Itatiaia, São Paulo, EDUSP, 1974. 215p

SAUER, C.O. **A Morfologia da Paisagem.** In: CORRÊA, Roberto Lobato; HOSENDAHL, Zeny (org.). Paisagem, tempo e cultura. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 1998. p.12-74.

SCHWARZBOLD, A.; SCHÄFER, A. **Gênese e Morfologia das Lagoas Costeiras do Rio Grande do Sul.** Amazoniana, 1984, 9(1): p. 87-104.

SILVA, J.A. **Estudo das Comunidades de Aves Aquáticas em Dois Pontos do Sistema de Banhados da Lagoa dos Gateados, Município de Mostardas, Rio Grande do Sul, Brasil.** Universidade de Santa Cruz do Sul. Santa Cruz do Sul. 2004. 11p.

SILVA, J. S.; ROTUNNO FILHO, O. C.; SEYLER, F.; CRETAUX, J-F.; CALMANT, S.; ARAUJO, A. A. M.; BONNET, M-P. ; NGUYEN, M. B.; FILIZOLA, N. 2009c. **Dinâmica de inundação em zonas úmidas da bacia Amazônica por meio de dados espaciais**. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande, Brasil, 22-26 Novembro 2009, ABRH.

SILVA, E.R.A. **Mapeamento do estresse hídrico na vegetação a partir da utilização do NDWI: comparação com a adaptação da metodologia australiana MWSP aplicada ao médio trecho da Bacia Hidrográfica do Ipojuca-PE**. In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.5177-5184.

SOUZA, C.F. **Contrastes regionais e formações urbanas**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2000.

SOUZA, C.F. MÜLLER, D.M. **Porto Alegre e sua evolução urbana**. 2.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2007.

STEINKE, V.A. **Identificação de áreas úmidas prioritárias para a conservação da biodiversidade na bacia da Lagoa Mirim (Brasil-Uruguai): Subsídios para a gestão transfronteiriça**. 138 p. Tese de Doutorado - Universidade de Brasília. Instituto de Biologia. Departamento de Ecologia. Brasília, 2007.

TASSI, R. **Gerenciamento Hidroambiental de Terras Úmidas**, Porto Alegre, 2008. Instituto de Pesquisas Hidráulicas (Tese de Doutorado). 241p.

TEIXEIRA, M.B.; COUTO NETO, A.B.; PASTORE, U.; RANGEL FILHO, A.R.L. (1986). **Vegetação: as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos. Estudo Fitogeográfico**. In: RADAM BRASIL, v. 33. Folha SH.22, Porto Alegre e parte das folhas SH.21. Uruguaiana e SI.22, Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: IBGE.

TRICART, J. (1996). **Os Tipos de Leitões Fluviais**. *Notícia Geomorfológica, São Paulo*, 6 (11): 41-49.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, 2.ed., 2003. 248p.

UGALDE, C.; RIGATTI, D. **Configuração Espacial e Desenvolvimento Urbano-Regional**. Porto Alegre, 2006. 23p.

U.S.FISH AND WILDLIFE SERVICE. (<http://www.fws.gov/wetlands/>). Acesso em 10/09/2011.

VIEGAS, D.H. **Entre o(s) passado(s) e o(s) futuro(s) da cidade : um estudo sobre a urbanização de Canoas/RS (1929-1959)** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em História da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, 2011.

VIERO, A.C.; TRAININI, D.R.; GIOVANNINI, C.A. **Estudo Geoambiental da Bacia Hidrográfica do rio Gravataí. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Porto Alegre, 2000. P.1-7.

VILLAÇA, F. **Espaço intra-urbano no Brasil**. São Paulo: Studio Nobel, 1998.

VITTE, A.C.; GUERRA, A.J.T.; **Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil**, Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2004. 280p.

WELCOMME, R.L. 1992. **Pesca Fluvial**. FAO (Documento Técnico 262) p. 1-303.

YEVJEVICH, V. **Floods and Society , Proceedings of the NATO-ASI Conference on "Coping Floods"**, Erice 3-15November 1992, 11-17,1972.