

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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES NA MORFOLOGIA ORIGINAL E NA DINÂMICA
GEOMORFOLÓGICA EM ÁREAS ALAGÁVEIS DO MUNICÍPIO DE PORTO
ALEGRE – RS**

TIELLE SOARES DIAS

Orientadora:

Prof^ª. Dr^ª. Nina Simone Vilaverde Moura

Porto Alegre, Março de 2014

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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES NA MORFOLOGIA ORIGINAL E NA DINÂMICA
GEOMORFOLÓGICA EM ÁREAS ALAGÁVEIS DO MUNICÍPIO DE PORTO
ALEGRE – RS**

TIELLE SOARES DIAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Nina Simone Vilaverde Moura

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Bernardo Sayão Penna e Souza

Prof. Dr. Francisco Eliseu Aquino

Prof^a. Dr^a. Tânia Marques Strohaecker

Porto Alegre, Março de 2014

CIP - Catalogação na Publicação

Dias, Tielle Soares

Análise das Intervenções na Morfologia Original e na Dinâmica Geomorfológica em Áreas Alagáveis do Município de Porto Alegre - RS / Tielle Soares Dias. -- 2014.
193 f.

Orientadora: Nina Simone Vilaverde Moura.

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

1. Geomorfologia . 2. Morfologia original e antropogênica. 3. Inundações. 4. Alagamentos. 5. Porto Alegre. I. Moura, Nina Simone Vilaverde , orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, professores e demais funcionários, pela oportunidade de aprendizado e pela carinhosa acolhida.

À Nina pelos ensinamentos e companheirismo, não só no decorrer do mestrado, mas durante toda a graduação. Obrigada pelo incentivo constante.

Aos colegas da Empresa Pública de Transporte e Circulação pela confiança e pelo apoio técnico.

Aos colegas do Departamento de Esgotos Pluviais, pelo auxílio, pelos materiais disponibilizados e pela presteza em responder às minhas perguntas.

Ao Rodrigo, pelo agradável cotidiano, pelo apoio constante, pelo otimismo e entusiasmo. Muito obrigada por dirigir muito e pacientemente nas saídas de campo, por preparar almoços e jantares enquanto eu escrevia, por ouvir e acalmar. Muito obrigada por ser esse parceiro inigualável.

Aos meus familiares, muito obrigada por sempre me apoiarem e me incentivarem. Um agradecimento especial à minha mãe, pelo estímulo e por fazer sempre todo o possível por mim, acredite: eu nunca agradecerei o bastante.

À minha amiga Luiza Moreira pela parceria irrestrita e incansável, muito obrigada por estar ao meu lado e por sempre me ajudar em tudo. À minha amiga Amanda Bahi de Souza pela companhia e auxílio nesses dois anos (além de todos os outros), pelo caminhar conjunto.

Aos amigos Fabrício Coelho e Rodrigo Raupp, aos quais eu sempre peço ajuda técnica. E às amigas Raquel Santos e Ana Cerva pelo apoio constante.

A todos aqueles que auxiliaram de algum modo para a realização deste trabalho.

E aos meus sobrinhos, pois o mais velho ouviu desde pequeno, quando ainda morávamos juntos, “*não incomoda a dinda que ela está fazendo trabalho da faculdade!*”, agora os mais novos ouviram durante meses algo parecido “*a dinda tem que ir para casa, pois tem que fazer ‘trabalho da faculdade’*”. Agradeço a eles pelas alegrias e pela impaciência de criança, sempre lembrando de que eu tinha que acabar logo. Afilhados, preparem os brinquedos! A dinda terminou os trabalhos (por enquanto).

RESUMO

A ocorrência de inundações e alagamentos em Porto Alegre é objeto de estudo de diversas pesquisas, as condições climáticas e o relevo do município propiciam que esses fenômenos sejam recorrentes. Esta pesquisa objetiva analisar as intervenções realizadas pelo uso e ocupação da terra na morfologia original e na dinâmica geomorfológica no entorno de vias do município de Porto Alegre onde é identificada a concentração dos eventos de inundação e/ou alagamento que causam interferências no trânsito. Como contextualização histórica foram realizadas a análise da expansão urbana do município de Porto Alegre e a verificação da ocorrência de inundações e/ou alagamentos no município. A partir da análise dos dados climáticos foram selecionadas datas nas quais houve um total pluviométrico acima de 30 mm. Com isso foram identificadas as áreas de concentração dos eventos que causaram alteração no trânsito, a saber: a bacia hidrográfica do arroio Almirante Tamandaré e a bacia hidrográfica do arroio Cavalhada (a com maior número de ocorrências na zona sul de Porto Alegre). A partir da seleção dessas áreas mapeou-se a morfologia original, caracterizando a morfodinâmica anterior às intervenções antrópicas. A morfologia original dessas áreas, quando analisada em conjunto com dados históricos, remete à condição potencial aos alagamentos e/ou inundações. Posteriormente foram mapeados o uso e ocupação da terra atual das áreas de estudo, destacando a densidade de ocupação dos lotes, assim pode-se analisar a relação entre as intervenções na dinâmica geomorfológica originalmente existente e a concentração de alagamentos nessas áreas. As intervenções realizadas pelo processo de ocupação desses espaços acarretaram mudanças na morfologia original que interferiram na dinâmica superficial, especialmente no que se refere ao escoamento das águas pluviais, podendo gerar ou potencializar os eventos de alagamento e inundações na área de estudo.

Palavras-chave: Porto Alegre; morfologia original; morfologia antropogênica; inundações; alagamentos.

ABSTRACT

The occurrence of floods and inundation in Porto Alegre is the object of study of several research efforts. These are recurrent events determined by the climatic conditions and topography of the city. The present research aims at analyzing the interventions made by the use and occupation of the land and its effects on the original morphology and geomorphology around the city of Porto Alegre, where the concentration of floods and / or inundation are identified and the impacts on urban traffic evaluated. As a historical perspective, the analysis is made of the urban expansion of the city of Porto Alegre, that focus on the description of flooding and / or inundation occurrences in the city. From the analysis of climate database, specific dates were selected in which the rainfall was higher than 30 mm. The areas of concentration of events that caused changes in traffic, were identified namely: the Admiral Tamandaré hydrographic system and the Cavahada stream (with the highest number of events in the southern area of Porto Alegre). From the selection of these areas, the original morphology was mapped allowing the characterization of morphodynamic features previous to human interventions. The original morphology of these areas, were analyzed in conjunction with the historical database, which enabled the potential for flooding and / or inundation to be identified. Subsequently the use and occupation of the current areas of study were mapped, highlighting the density of occupation, in a way of assessing the relationship between interventions in the original geomorphological dynamics and concentration of flooding in these areas. The interventions by the process of occupation in these areas led to changes in the original morphology that interfered in the dynamic surface, especially in regard to stormwater runoff. This may generate or enhance the event of flooding and inundation in the area of study

Key-words: Porto Alegre; original morphology; anthropogenic morphology; floods; inundation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Situação e Localização das Áreas de Estudo	23
Figura 2: Diagrama esquemático sobre a taxonomia do relevo, adaptado.	47
Figura 3: Organograma das etapas e atividades de pesquisa.....	50
Figura 4: Planta do Litoral Norte de Porto Alegre em 1877. Com destaque para a área de estudo, aproximadamente.....	112
Figura 5: Planta de Porto Alegre. Organizada e Desenhada pelo Capitão de Artilharia e Engenharia Militar João Candido Jacques, 1888. Norte orientado para a parte superior da página. Com destaque para a área de estudo, aproximadamente..	112
Figura 6: Mapa Topográfico do Município de Pôrto Alegre, Executado pelo Sindicato Condor Ltda, Secção Aerofotogramétrica, de acordo com o contrato lavrado em 5 de julho de 1939. 1939 - 1941. Norte orientado para a parte superior da página. Com destaque para a área de estudo, aproximadamente.....	113
Figura 7: Planta de Porto Alegre, século XX. Norte orientado para a parte superior da página. Com destaque para a área de estudo, aproximadamente..	114
Figura 8: Enseada vista de norte para o sul a partir da Ponta do Melo na década de 1920	121
Figura 9: Enseada vista de sul para norte, vista panorâmica do Cristal em 1917.....	122
Figura 10: Campos do Cristal, em 1910. Local em parte ocupado atualmente pelo Jockey Club, excetuando a área de aterro ainda inexistente..	122
Figura 11: Planta Topográfica e Orográfica do 4º e 5º Districto do Município de Porto Alegre, 1896. Norte orientado para a parte superior da página. Com destaque para a área de estudo, aproximadamente.....	123
Figura 12: Planta de Porto Alegre, século XX. Norte orientado para a parte superior da página. Com destaque para a área de estudo, aproximadamente..	123
Figura 13: Mapa Topográfico do Município de Pôrto Alegre, Executado pelo Sindicato Condor Ltda, Secção Aerofotogramétrica, de acordo com o contrato lavrado em 5 de julho de 1939. 1939 - 1941. Norte orientado para a parte superior da página. Com destaque para a área de estudo, aproximadamente.....	124
Figura 14: Trechos com capacidade insuficiente para drenar as águas, com destaque para a área de estudo desta pesquisa.	180

LISTA DE FOTOS

Foto 1: Vista da área central de Porto Alegre localizada sobre o Padrão em Forma de Colinas e ao fundo o Padrão em Forma de Morros. Janeiro de 2011.	21
---	----

Foto 2: Padrão em Forma de Planície Flúvio-Lagunar com Banhado localizado ao norte do município, junto à BR 290, próximo ao bairro Anchieta. Abril de 2011.	22
Foto 3: Rua Ernesto da Fontoura durante a enchente de 1926 no bairro São Geraldo. Fonte: Porto Alegre: uma história fotográfica, 2013.	84
Foto 4: Parte da rua Sete de Setembro em frente à Praça da Alfandega já com a água cobrindo o calçamento e invadindo a praça, em 1928. Fonte: Porto Alegre: uma história fotográfica, 2013.	85
Foto 5: Trecho da Rua Voluntários da Pátria totalmente coberto pelas águas, em 1928. Fonte: Porto Alegre: uma história fotográfica, 2013.	85
Foto 6: Trecho da Rua Voluntários da Pátria, em 1936. Fonte: Porto Alegre: uma história fotográfica, 2013.	86
Foto 7: Área central (Cais do Porto) inundada em 1941. Fonte: Porto Alegre – Secretaria do Planejamento Municipal, Mapoteca.....	87
Foto 8: Alagamento registrado no cruzamento da Av. Sertório com Av. Voluntários da Pátria, bairro Marcílio Dias, sob as alças de acesso à ponte do lago Guaíba no dia 18 de setembro de 2012. Fonte: Jornal do Comércio, 2013.....	105
Foto 9: Alagamento registrado no cruzamento da Av. Icaraí com rua Coronel Claudino, bairro Cristal, no dia 18 de setembro de 2012. Fonte: Zero Hora, 2013.....	107
Foto 10: Foto atual da área do entorno da Igreja Nossa Senhora de Navegantes. Av. Sertório. Bairro Navegantes. Dezembro de 2013.....	115
Foto 11: Foto atual do padrão em forma de colinas na área de estudo. Rua Carlos Von Koseritz, bairro São João. Dezembro de 2013.....	117
Foto 12: Foto atual do padrão em forma de planície flúvio-lagunar com banhado. Rua Arabutan, bairro Navegantes. Dezembro de 2013.	118
Foto 13: Foto atual do padrão em forma de morros na área de estudo, vista do morro para a área de terraço fluvial. Rua Dona Cristina esquina com rua Orfanatório, divisa dos bairros Nonoai e Cristal. Dezembro de 2013.	127
Foto 14: Foto atual do padrão em forma de morros associados com colinas na área de estudo. Rua Bazilio Pellin Filho nas proximidades da rua Victor Silva, bairro Camaquã. Dezembro de 2013.	128
Foto 15: Foto atual do padrão em forma de patamar plano fluvio-coluvionar na área de estudo. Rua São Sebastião do Caí, ao fundo rua Tamandaré, bairro Camaquã. Dezembro de 2013.....	129
Foto 16: Foto atual do padrão em forma de terraço fluvial na área de estudo. Av. Cavalhada, bairro Cavalhada. Dezembro de 2013.	130
Foto 17: Foto atual do padrão em forma de planície fluvial na área de estudo. Vista do arroio Cavalhada a partir da Av. Icaraí, bairro Cristal. Dezembro de 2013.....	131
Foto 18: Áreas densamente ocupadas com lotes praticamente impermeabilizados na avenida Sertório, bairro Navegantes. Dezembro de 2013.....	142

Foto 19: Áreas densamente ocupadas, mas com áreas permeáveis no interior dos lotes e/ou na calçada, na rua Arabutan, bairro Navegantes. Dezembro de 2013.	143
Foto 20: Cruzamento das ruas Carlos Von Koseritz com Dona Leopoldina, bairro São João, exemplos das vias que compõem a malha viária da área de estudo. Dezembro de 2013.	144
Foto 21: Praça localizada na avenida Pátria com avenida Farrapos, bairro São Geraldo, exemplo de área verde de uso público na sub-bacia hidrográfica. Dezembro de 2013. .	144
Foto 22: Exemplo de área verde de uso privado na sub-bacia hidrográfica, localizada em um lote na rua Arabutan, bairro Navegantes. Dezembro de 2013.....	145
Foto 23: Solo exposto e acúmulo de materiais, localizados na área do Porto, junto à avenida Mauá, bairro Marcílio Dias. Dezembro de 2013.	145
Foto 24: Áreas densamente ocupadas com áreas permeáveis no interior dos lotes e/ou na calçada, rua Upamaroti, bairro Cristal. Dezembro de 2013.....	148
Foto 25: Lotes vazios junto à Av. Otto Niemeyer, bairro Cavahada, exemplo de áreas parcialmente construídas. Setembro de 2013.....	150
Foto 26: Praça localizada na avenida São Sebastião com rua Coelho da Costa, exemplo de área vegetada de uso público, bairro Nonoai. Dezembro de 2013.	151
Foto 27: Área vegetada localizada em um lote na esquina da avenida Icaraí com a rua Coronel Claudino, bairro Cristal, exemplo de área vegetada de uso privado. Dezembro de 2013.	151
Foto 28: Cruzamento das avenidas Icaraí e Dr. Campos Velhos, bairro Cristal, exemplos da malha viária na área de estudo. Setembro de 2013.....	152
Foto 29: Exemplo de áreas densamente construídas, estabelecimentos comerciais na avenida Cavahada, bairro Cavahada. Dezembro de 2013.	152
Foto 30: Exemplo de áreas densamente construídas, ocupadas por domicílios aglutinados, localizadas ao norte da área de estudo, bairro Cristal. Dezembro de 2013.....	153
Foto 31: Exemplo com ocupações esparsas, área localizada na rua Silvio Silveira Soares, bairro Camaquã. Dezembro de 2013.....	153
Foto 32: Exemplo de superfícies impermeabilizadas por edificações e pelo arruamento. Avenida Sertório, bairro Navegantes. Dezembro de 2013.	156
Foto 33: Exemplo de degraus de cortes e aterros nos lotes. Rua Honório Silveira Dias, bairro São João. Dezembro de 2013.	158
Foto 34: Área de aterro localizada entre a avenida Castelo Branco e a área do Porto. Av. Mauá, bairro Marcílio Dias. Dezembro de 2013.	159
Foto 35: Área onde está a maior concentração dos pontos de alagamento registrados pela EPTC no ano de 2012, no destaque área deprimida, característica das áreas rebaixadas alagáveis. Cruzamento das avenidas Voluntários da Pátria e Sertório, bairro Marcílio Dias. Dezembro de 2013.	160

Foto 36: Rua Carlos Von Koseritz, bairro São João, exemplo de arruamento na área de colinas. Observa-se o desnível com a parte mais baixa e a via seguindo a inclinação da vertente. Dezembro de 2013.....	161
Foto 37: Vista da área do porto em direção à avenida Castelo Branco (elevada), bairro Marcílio Dias. Dezembro de 2013.....	162
Foto 38: Portão de ferro abaixo da avenida Castelo Branco para ser fechado em caso de cheia do lago Guaíba. Bairro Marcílio Dias. Dezembro de 2013.....	162
Foto 39: Casa de Bombas nº 04, localizada junto à avenida Castelo Branco, bairro Marcílio Dias. Dezembro de 2013.....	163
Foto 40: Avenida Otto Niemeyer, área densamente ocupada por edificações e pavimentação asfáltica, com pouca ou nenhuma área permeável, bairro Camaquã. Dezembro de 2013.....	165
Foto 41: Edificações da rua Upamaroti, bairro Cristal, exemplos de adaptação do relevo à construção, criando patamares entre os lotes na área de morros da área de estudo. Dezembro de 2013.....	166
Foto 42: Cicatriz de mineração localizada da área de estudo, ao norte da bacia hidrográfica junto ao compartimento de morros com ocupação irregular, bairro Cristal. Dezembro de 2013.....	167
Foto 43: Área ocupada sobre a superfície plana tecnogênica, ao fundo o muro do Hipódromo, rua Dr. Raul Moreira, bairro Cristal. Dezembro de 2013.....	168
Foto 44: Área deprimida no interior da praça localizada na Av. São Sebastião, bairro Nonoi. Dezembro de 2013.....	168
Foto 45: Via localizada em um loteamento ao norte da sub-bacia hidrográfica, no compartimento de morros, bairro Cristal. Evidencia-se a concentração dos fluxos no escoamento superficial, com processo erosivo formando sulco. Dezembro de 2013.....	169
Foto 46: Arroio localizado na intersecção com a avenida Cavahada, bairro Cavahada. Com muro construído à margem direita e edificações delimitando a margem esquerda do curso d'água. Dezembro de 2013.....	171
Foto 47: Canal de drenagem em superfície, formado a partir da escavação e concentração do fluxo de água, bairro Cristal. Setembro de 2013.....	172
Foto 48: Canal de drenagem em superfície desaguando no arroio Cavahada, bairro Cristal. Dezembro de 2013.....	172
Foto 49: Degrau de corte localizado paralelo à avenida Dr. Campos Velhos, bairro Cavahada. Dezembro de 2013.....	173

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Crescimento da população do município de Porto Alegre no período de 1780 a 2010. Fonte dos dados: Hausman, 1963 e IBGE, 2013	62
Gráfico 2: Expansão da ocupação no município, área ocupada em relação à área municipal.	65
Gráfico 3: Área Ocupada em relação ao Modelado do Relevo nos períodos analisados por esse estudo.	77
Gráfico 4: Densidade Populacional por área efetivamente ocupada no período de 1772 a 2010. Fonte dos Dados: Hausman, 1963 e IBGE, 2013.....	79
Gráfico 5: Totais pluviométricos anuais da série em análise - 1970 a 2012. Fonte: Dados da Rede do INMET, 2013.	92
Gráfico 6: Totais pluviométricos mensais do ano de 1972. Fonte: Dados da Rede do INMET, 2013.	93
Gráfico 7: Totais pluviométricos mensais do ano de 1987. Fonte: Dados da Rede do INMET, 2013.	94
Gráfico 8: Totais pluviométricos mensais do ano de 1986. Fonte: Dados da Rede do INMET, 2013.	95
Gráfico 9: Totais pluviométricos mensais do ano de 2009. Fonte: Dados da Rede do INMET, 2013.	95
Gráfico 10: Totais pluviométricos mensais do ano de 2002. Fonte: Dados da Rede do INMET, 2013.	96
Gráfico 11: Totais pluviométricos mensais do ano de 2012. Fonte: Dados da Rede do INMET, 2013.	97
Gráfico 12: Percentual de área ocupada por período da expansão urbana analisado na sub-bacia hidrográfica da bacia do arroio Almirante Tamandaré, área de estudo dessa pesquisa.	135
Gráfico 13: Ocupação urbana da sub-bacia hidrográfica da bacia do arroio Almirante Tamandaré, área de estudo dessa pesquisa, por tipo de forma de relevo.	136
Gráfico 14: Percentual de área ocupada por período da expansão urbana analisado nas sub-bacias hidrográficas da bacia do arroio Cavalhada, área de estudo dessa pesquisa.	136
Gráfico 15: Ocupação urbana da sub-bacia hidrográfica da bacia do arroio Almirante Tamandaré, área de estudo dessa pesquisa, por tipo de forma de relevo.	137

LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Mapa da Ocupação Urbana de Porto Alegre de 1772 a 1820	68
Mapa 2: Mapa da Ocupação Urbana de Porto Alegre de 1820 a 1890	69
Mapa 3: Mapa da Ocupação Urbana de Porto Alegre de 1890 a 1945	70
Mapa 4: Mapa da Ocupação Urbana de Porto Alegre de 1945 a 1979	72
Mapa 5: Mapa da Ocupação Urbana de Porto Alegre de 1979 a 2001	74
Mapa 6: Mapa da Ocupação Urbana de Porto Alegre de 2001 a 2010	75
Mapa 7: Concentração dos Pontos de Alagamentos Registrados Pela EPTC no Ano de 2012 em Porto Alegre	102
Mapa 8: Sub-bacia Hidrográfica do Arroio Almirante Tamandaré Seleccionada Para Estudo	104
Mapa 9: Sub-bacias Hidrográficas do Arroio Cavalhada Seleccionadas Para Estudo	106
Mapa 10: Morfologia Original da Sub-bacia Hidrográfica da Bacia do Arroio Almirante Tamandaré Seleccionada Para Estudo	119
Mapa 11: Morfologia Original das Sub-bacias Hidrográficas da Bacia do Arroio Cavalhada Seleccionadas Para Estudo	126
Mapa 12: Mapa Síntese da Expansão Urbana na Sub-bacia Hidrográfica da Bacia do Arroio Almirante Tamandaré Seleccionada Para Estudo (1772 a 2010)	134
Mapa 13: Mapa Síntese da Expansão Urbana nas Sub-bacias Hidrográficas da Bacia do Arroio Cavalhada Seleccionadas Para Estudo (1772 a 2010)	138
Mapa 14: Mapa de Uso e Ocupação da Terra da Sub-bacia Hidrográfica da Bacia do Arroio Almirante Tamandaré Seleccionada Para Estudo	146
Mapa 15: Mapa de Uso e Ocupação da Terra das Sub-bacias Hidrográficas da Bacia do Arroio Cavalhada Seleccionadas Para Estudo	149
Mapa 16: Mapa da Morfologia Antropogênica da Sub-bacia Hidrográfica da Bacia do Arroio Almirante Tamandaré Seleccionada Para Estudo	157
Mapa 17: Mapa da Morfologia Antropogênica das Sub-bacias Hidrográficas da Bacia do Arroio Cavalhada Seleccionadas Para Estudo	164

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Histórico da Dimensão das Enchentes em Porto Alegre. Adaptado de: Met-Sul Meteorologia e Guimarães (2013)	83
Tabela 2: Estágios atuais do manejo das águas pluviais. Adaptado de: Tucci (2007)	90

Tabela 3: Meses com maiores índices pluviométricos nos anos em análise, em ordem cronológica. Fonte: Dados da Rede do INMET, 2013.	98
Tabela 4: Dias do ano de 2012 com índice pluviométrico superior a 30 mm. Fonte: Dados da Rede do INMET, 2013	99
Tabela 5: Períodos no ano de 2012 com eventos pluviométricos prolongados. Fonte: Dados da Rede do INMET, 2013	100
Tabela 6: Distribuição das ocorrências de alagamento registradas pela EPTC por bacia hidrográfica no município de Porto Alegre, no ano de 2012. Fonte dos dados: Gerência de Fiscalização de Trânsito - EPTC.....	101
Tabela 7: Proporção das áreas ocupadas pelos compartimentos do relevo em relação à área atual da sub-bacia hidrográfica da bacia do arroio Almirante Tamandaré.....	120
Tabela 8: Proporção das áreas ocupadas pelos compartimentos do relevo em relação à área atual da sub-bacia hidrográfica da bacia do arroio Cavalhada.....	132
Tabela 9: Distribuição dos tipos de ocupação na sub-bacia hidrográfica da bacia do arroio Almirante Tamandaré.	142
Tabela 10: Distribuição dos tipos de ocupação nas sub-bacias hidrográficas da bacia do arroio Cavalhada.	150

LISTA DE SIGLAS

CB – Casa de Bombas

DEP – Departamento de Esgotos Pluviais

DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgotos

EPTC – Empresa Pública de Transporte e Circulação

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IHGRGS – Instituto Histórico e Geográfico do Rio Grande do Sul

IPH – Instituto de Pesquisas Hidráulicas

PDDrU – Plano Diretor de Drenagem Urbana

PDDUA – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental

PMPA – Prefeitura Municipal de Porto Alegre

SPM – Secretaria do Planejamento Municipal

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS.....	18
1.2 JUSTIFICATIVA.....	18
1.3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	20
1.4 PRESSUPOSTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS.....	24
1.4.1 Geografia Física e Geomorfologia	24
1.4.1.1 Geomorfologia Urbana	29
1.4.1.2 Morfologia Original e Antropogênica.....	30
1.4.2 O Ambiente Urbano.....	31
1.4.2.1 Expansão Urbana.....	32
1.4.2.2 Riscos e Vulnerabilidades nas Áreas Urbanas	33
1.4.2.3 Trânsito e Mobilidade no Ambiente Urbano	39
1.4.3 Drenagem Urbana e Controle de Enchentes	41
1.4.4 Ferramentas Para os Estudo Ambientais	45
1.4.4.1 Cartografia Geomorfológica.....	45
1.4.4.2 Geoprocessamento	48
1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E OPERACIONAIS	49
1.5.1 Levantamento de Dados e Materiais Bibliográficos	51
1.5.1.1 Área de Estudo.....	51
1.5.1.2 Expansão Urbana do Município de Porto Alegre	52
1.5.1.3 Pontos de Alagamento e Inundação em Porto Alegre	52
1.5.1.4 Morfologia Original e Antropogênica de Porto Alegre	53
1.5.1.5 Uso e Ocupação das Áreas em Estudo	53
1.5.2 Processamento dos Dados e Elaboração de Mapas	54
1.5.2.1 Área de Estudo.....	54
1.5.2.2 Expansão Urbana do Município de Porto Alegre	54
1.5.2.3 Pontos de Alagamento e Inundação em Porto Alegre	55
1.5.2.4 Morfologia Original	55
1.5.2.5 Uso e Ocupação das Áreas em Estudo	56
1.5.2.6 Morfologia Antropogênica das Áreas em Estudo	56
1.5.3 Análise e Interpretação dos Resultados	57
2. EXPANSÃO URBANA DE PORTO ALEGRE	58
2.1 PROCESSO HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO DE PORTO ALEGRE.....	58
2.2 CRESCIMENTO URBANO E A DINÂMICA POPULACIONAL.....	61

2.3 A EXPANSÃO URBANA DE PORTO ALEGRE SOBRE OS COMPARTIMENTOS DO RELEVO	64
2.4 A POPULAÇÃO E A OCUPAÇÃO URBANA DO MUNICÍPIO	78
3. ALAGAMENTOS E INUNDAÇÕES EM PORTO ALEGRE	81
3.1 HISTÓRICO DE ALAGAMENTOS E/OU INUNDAÇÕES	81
3.2 INUNDAÇÕES URBANAS.....	88
3.3 CONCENTRAÇÃO DOS EVENTOS DE ALAGAMENTO E OU INUNDAÇÕES EM PORTO ALEGRE	91
3.3.1 Análise Pluviométrica da Série Histórica 1970 a 2012.....	91
3.3.2 Eventos Prolongados e Concentrados no ano de 2012.....	98
3.3.3 Sub-bacias Hidrográficas com Concentração de Alagamentos e/ou Inundações.....	100
4. CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA	109
4.1 MORFOLOGIA ORIGINAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DA BACIA DO ARROIO ALMIRANTE TAMANDARÉ.....	110
4.1.1 Caracterização Histórica da Área	110
4.1.2 Geomorfologia Original.....	116
4.2 MORFOLOGIA ORIGINAL DA SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DA BACIA DO ARROIO CAVALHADA.....	120
4.2.1 Caracterização Histórica da Área	120
4.2.2 Geomorfologia Original.....	124
5. SÍNTESE DA EXPANSÃO URBANA NAS ÁREAS DE ESTUDO	133
5.1 USO E OCUPAÇÃO DA TERRA	139
5.1.1 Uso e Ocupação da Terra da Sub-bacia Hidrográfica da Bacia do Arroio Almirante Tamandaré	141
5.1.2 Uso e Ocupação da Terra das Sub-bacias Hidrográficas da Bacia do Arroio Cavalhada	147
5.2 MORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA	154
5.2.1 Morfologia Antropogênica da Sub-bacia Hidrográfica da Bacia do Arroio Almirante Tamandaré	155
5.2.2 Morfologia Antropogênica das Sub-bacias Hidrográficas da Bacia do Arroio Cavalhada	163

5.2.3 Considerações Sobre a Morfologia Antropogênica e a Ocorrência de Alagamentos nas Áreas de Estudo	173
5.3 PERSPECTIVAS FUTURAS – ANÁLISE DO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA.....	176
CONSIDERAÇÕES FINAIS	182
REFERÊNCIAS.....	186

1 INTRODUÇÃO

A crescente expansão das áreas urbanas responde à ideologia de desenvolvimento atualmente difundida, da qual o crescimento econômico e o consumo são os pilares (SANTOS e SILVEIRA, 2008). No Brasil, a intensa urbanização, iniciada a partir dos anos de 1950, ainda está em processo, passando atualmente por uma contínua expansão em área e adensamento dos centros urbanos.

Nas décadas recentes a população urbana do Brasil cresceu consideravelmente. Em 1970 mais da metade da população vivia nas áreas urbanas, em 1980, esse percentual era de 68%. Em 1991, a população urbana do país passava dos 70%, sendo que no ano de 2000 ultrapassou a marca dos 80%. A partir dos dados de 2010, esse percentual aproxima-se dos 85% (IBGE, 2013). Para o município de Porto Alegre, desde 1970 a taxa de urbanização era superior aos 90%, no presente ano, toda a população do município é considerada urbana.

Deve-se considerar que a ocupação efetiva do município pode ser datada a partir do século XVIII, se expandido desde então em área ocupada, embora nos anos recentes o número de habitantes tenda à estabilização. Essa expansão ocorre em um sítio cuja dinâmica natural é modificada pelas atividades intrínsecas ao processo de urbanização. A abertura de vias, os loteamentos e as modificações dos cursos e corpos d'água, bem como os aterros de áreas alagadiças e os cortes realizados no terreno transformam o ambiente, no qual novas dinâmicas passam a ser identificadas.

Dentre os pontos fundamentais para a configuração dos núcleos urbanos estão a efetiva ocupação de lotes e as ligações de um local ao outro. Essas ligações quando consolidadas, classificadas e hierarquizadas, formam a malha viária do município. O princípio da ocupação de Porto Alegre concentrou-se em arraiais, núcleos de ocupação, distantes entres si e conectados ao centro. Com sua expansão, essas áreas passam a ter ligações viárias independentes da área central. Nesse contexto, em Porto Alegre a malha viária foi consolidada de acordo com o padrão de ocupação urbana, expandindo-se radialmente a partir do centro histórico, localizado junto ao lago Guaíba.

Pela configuração do sítio urbano, o padrão radiocêntrico do sistema viário de Porto Alegre traçou-se apenas para leste. A formação do traçado principal se deu a partir da consolidação dos antigos caminhos que ligavam o centro histórico da cidade aos arraiais e passaram a configurar vias estruturais ou arteriais de ligação entre o centro da cidade e os demais bairros, que foram, em muitos casos, sendo ocupados de maneira espontânea, gerando um tecido predominantemente desconexo no sentido transversal às radiais (MONTEIRO e LADEIRA, 2005).

Segundo Monteiro e Ladeira (2005), a partir do modelo radial, ainda preservado, a cidade passa a ter um traçado bidirecional e se articula para atender aos centros propostos pelos planos de desenvolvimento urbano realizados no município. Assim, eixos perpendiculares, que atravessam a cidade nas direções leste-oeste e transversal norte-sul passam a configurar o sistema viário do município, visando possibilitar e facilitar a mobilidade urbana.

Assim, ao analisar o crescimento urbano de Porto Alegre percebe-se o aproveitamento das vantagens que o meio físico lhe ofereceu, como um ponto estratégico para o porto e posteriormente o traçado de suas vias seguindo as planícies. Sabe-se, no entanto, que a atividade humana modifica os aspectos naturais dos ambientes que ocupa, adaptando o espaço às suas necessidades à medida em que existam possibilidades técnicas para tal, buscando utilizar o máximo possível os elementos que o meio físico oferece (HAUSMAN, 1963).

O ponto de irradiação da ocupação urbana do município é uma área de colinas graníticas, circundadas de estreitas faixas de planície junto ao lago Guaíba, obrigando a expansão a tomar uma orientação, no princípio, quase unidirecional rumo a essas áreas mais elevadas. O predomínio da ocupação dessas encostas, seguindo com o deslocamento para os seus topos, onde se instalaram as sedes dos poderes civis e religiosos, marcou os primórdios da ocupação de Porto Alegre. (ROCHE, 1966)

A partir dessa ocupação a população de Porto Alegre era marcada também pelas limitações que o relevo impunha, uma vez que as áreas mais elevadas dos morros eram muito íngremes para serem transpostas e as áreas mais rebaixadas junto aos cursos d'água sofriam com inundações frequentes. O relevo então como fator de influência e delimitação passa a ser adaptado às necessidades da população a partir das possibilidades tecnológicas de cada período.

Assim, paulatinamente obstáculos físicos foram transpostos e a ocupação adensou por áreas antes inatingíveis. Atualmente a zona norte do município é densamente ocupada, com vetores de crescimento para o extremo norte, em áreas planas e alagadiças e para o leste. A ligação com a zona sul se dá através de vias nos vales dos morros que dividem o município no sentido sudeste-noroeste e nas áreas de planície junto ao lago Guaíba, a ocupação dessa zona se adensa rapidamente nos anos mais recentes.

Com a expansão da mancha urbana de Porto Alegre, as vias passam a ser mais demandadas. Em alguns casos por fazerem a ligação com os locais, onde a ocupação era rarefeita, não são oferecidos muitos caminhos alternativos. Ainda, a ineficiência do transporte público em algumas áreas e o aumento constante da frota de veículos, que atualmente ultrapassa os 700.000 (DETRAN, 2013), implica que existam problemas diversos nos deslocamentos diários realizados pela população.

A consolidação da ocupação urbana acarreta diferentes alterações na morfologia original e na dinâmica geomorfológica no ambiente urbano, sejam elas areais, através das impermeabilizações, cortes, aterros ou lineares, através das canalizações e retificações dos cursos d'água e da estruturação dos vias. O tipo de intervenções realizadas pelo processo de uso e ocupação da terra, bem como sua intensidade, podem acarretar alterações na dinâmica natural local. Em Porto Alegre, o acúmulo de água nos leitos das vias, quando da ocorrência de eventos pluviométricos, está intrinsecamente relacionado com essas intervenções.

Assim, os efeitos de concentração e densidade urbana, a desigualdade na mobilidade dos ocupantes do espaço urbano e as práticas de urbanismos sem considerar a dinâmica natural do meio, ativam as fragilidades do sítio sobre o qual a população está assentada (THOURET, 2007). Portanto, analisar as intervenções realizadas pelo uso e ocupação da terra no entorno de vias do município de Porto Alegre, onde são identificados os eventos de inundação ou alagamento que causam interferências no trânsito, pode auxiliar no planejamento e na gestão do espaço urbano.

1.1 OBJETIVOS

A partir do tema apresentado, esta dissertação propõe-se, como objetivo principal, analisar as intervenções realizadas pelo uso e ocupação da terra na morfologia original e na dinâmica geomorfológica em vias do município de Porto Alegre onde são identificados eventos de inundação ou alagamento que causam interferências no trânsito. Para atingir esse propósito, alguns objetivos específicos se fazem necessários, a saber:

- Analisar a expansão urbana do município de Porto Alegre e as intervenções antrópicas decorrentes da urbanização;
- Averiguar a ocorrência de inundações e/ou alagamentos no município de Porto Alegre, identificando áreas de concentração dos eventos que causem alteração no trânsito;
- Mapear a morfologia original das áreas de entorno das vias onde é identificada a concentração de inundações e/ou alagamentos;
- Analisar o uso e ocupação das áreas onde se localizam as vias com concentração de eventos de inundação e/ou alagamento, mapeando a morfologia antropogênica.

1.2 JUSTIFICATIVA

O ambiente urbano ao se constituir como tal gera formas diversas de adaptação de suas estruturas no sítio existente. Essas adaptações podem ocorrer de forma organizada, através do planejamento urbano, ou serem desordenadas, construídas sem planejamento preliminar.

A concentração da população nesse ambiente, sua estruturação e dinâmica, permitem o desenvolvimento de um lugar onde há forte interação entre o homem e os elementos do meio físico. As cidades são ambientes construídos para serem funcionais, são estruturadas em um conjunto de edificações ligadas por um sistema viário, no entanto, essas edificações estão assentadas sobre áreas com dinâmica natural própria e independente, que gradativamente vão recebendo a interferência e as modificações provocadas pelo processo de ocupação (MENDONÇA, 2011).

A dinâmica que se desenvolve no ambiente urbano é, portanto peculiar, implica em uma constante tentativa de afastamento das manifestações naturais do meio físico, no entanto provocam uma intervenção direta sobre esses processos. A ocupação de áreas planas, potenciais à inundação, por exemplo, implicam em obras de aterramento, para evitar qualquer prejuízo para as estruturas nelas instaladas (CANHOLI, 2012).

No entanto, as potencialidades do meio físico, ainda que amenizadas por obras de infraestrutura bem dimensionadas, tendem a manter sua dinâmica natural e em eventos extremos podem superar as intervenções humanas, provocando prejuízos diversos. Os eventos de inundações e alagamentos que ocorrem em áreas urbanas podem exemplificar essa situação, revelando que a interação entre o homem e o meio físico é um delicado arranjo de variáveis que interferem umas nas outras.

O município de Porto Alegre é uma área onde é possível encontrar modelados de dissecação do relevo, como as áreas de morros e áreas de colinas e; modelados de acumulação como as extensas áreas planas junto aos cursos d'água. As áreas planas somam, dentro do limite político administrativo do município, uma área maior que as formadas por morros e colinas. Observa-se que o modelado de acumulação responde por aproximadamente 70% da área do município.

Embora a maior parte do município configure-se em áreas predominantemente planas, onde dominam os processos de acumulação, a efetiva ocupação se deu nas áreas mais elevadas, as quais não eram atingidas pelos eventos de inundação, recorrentes na história de Porto Alegre. No entanto, atualmente as áreas onde se evidencia o crescente avanço da ocupação, são as áreas planas, acentuando as modificações nos processos morfodinâmicos naturais.

O processo de ocupação, através das construções, compactação e consequente impermeabilização do solo dificultam a infiltração e podem, nessas áreas, potencializar as inundações ou provocar alagamentos. Neste sentido há uma preocupação quanto à instalação irregular e desregrada nessas porções do município.

As populações residentes em áreas com menor infraestrutura urbana tendem a ser mais afetadas pelos eventos de inundação, justamente por causarem

interferências no padrão de escoamento das águas e não possuem equipamentos que amenizem essas manifestações naturais. No entanto, em áreas planejadas e consolidadas da cidade, durante eventos pluviais são verificados recorrentes casos de acúmulo de água, especialmente em vias urbanas.

Os alagamentos e ou inundações nas vias causam impactos ambientais urbanos, tanto no âmbito do meio físico, quanto no âmbito socioeconômico. Segundo Gonçalves (2011), das manifestações mais frequentes são destacadas as interferências na circulação, os congestionamentos do tráfego, os consequentes atrasos nos deslocamentos, prejuízos materiais e afogamentos.

Dessa forma, analisar as intervenções realizadas pelo uso e ocupação da terra no entorno de vias do município de Porto Alegre onde são identificados os eventos de inundação ou alagamento que causam interferências no trânsito pode gerar elementos que subsidiem a adequada ordenação territorial com vistas à dinâmica do meio físico. Esses instrumentos possibilitam avaliar as áreas já ocupadas e planejar uma ocupação ordenada do meio urbano, minimizando ou mitigando os impactos ambientais em ocupações de áreas com morfodinâmica semelhante.

1.3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Porto Alegre, capital política administrativa do estado do Rio Grande do Sul, situa-se no leste do estado. O oeste e o sudoeste do município são banhados pelo lago Guaíba; ao leste, faz divisa com os municípios de Viamão e Alvorada e; ao norte o rio Gravataí o divide dos municípios de Canoas e Cachoeirinha.

Porto Alegre localiza-se, aproximadamente, na latitude 30° sul e na longitude 51° oeste, possuindo uma área total de 476,30 km². Sua superfície abrange áreas continentais internas (431,85 km²) e ilhas (44,45km²), localizadas no delta do rio Jacuí. A população no ano de 2010 era de 1.409.351 habitantes (IBGE, 2013), o que representa uma densidade média no município de 2.958 habitantes/km².

Segundo Livi (1998), o município de Porto Alegre por estar localizado na latitude de 30° sul e a aproximadamente 100 km de distância do Oceano Atlântico, possui um clima subtropical úmido, com grande variabilidade nos elementos do

tempo meteorológico ao longo do ano. O município se localiza numa zona de transição climática em que massas de ar tropical marítimo alternam-se com as massas de ar polar marítimo, causando alterações bruscas de temperatura.

A precipitação pluviométrica, em Porto Alegre, é maior no período mais frio do ano, entre os meses de junho e setembro, com média de 130 mm por mês. De modo geral a precipitação anual média é de 1.300 mm. No entanto, eventos de precipitação concentrada ocorrem durante todo o ano (LIVI, 1998).

O sítio de Porto Alegre é uma área de contato entre diferentes compartimentos do relevo do estado do Rio Grande do Sul, sendo predominantes porções do Planalto Uruguaio Sul-rio-grandense e áreas relativas à formação da Planície Costeira. Esse caráter se reflete em termos paisagísticos no município, possibilitando encontrar áreas de morros, áreas de colinas (Foto 1) e extensas áreas planas junto aos cursos d'água (Foto 2).

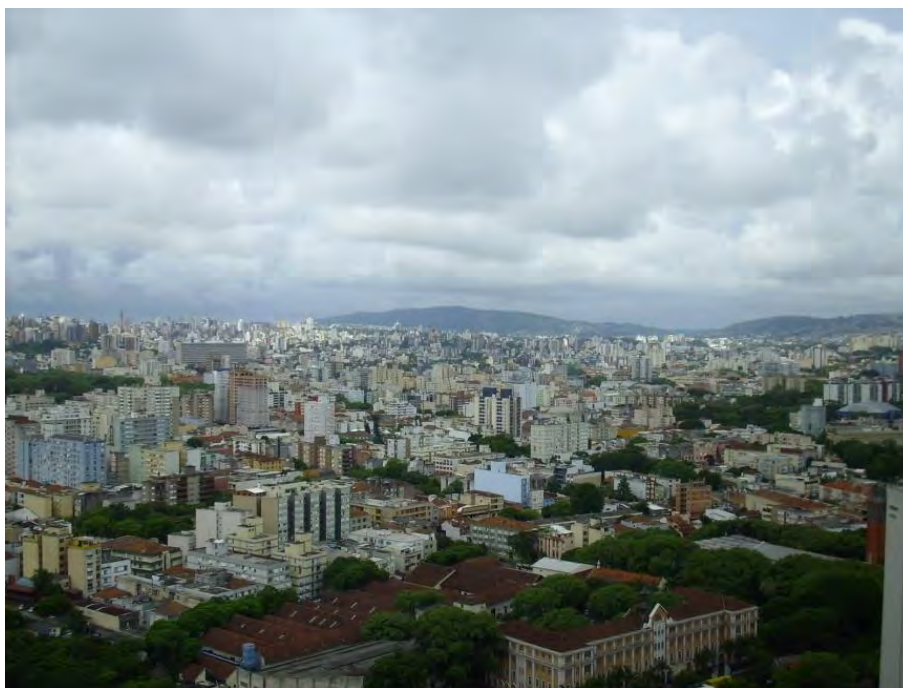


Foto 1: Vista da área central de Porto Alegre localizada sobre o Padrão em Forma de Colinas e ao fundo o Padrão em Forma de Morros. Janeiro de 2011.

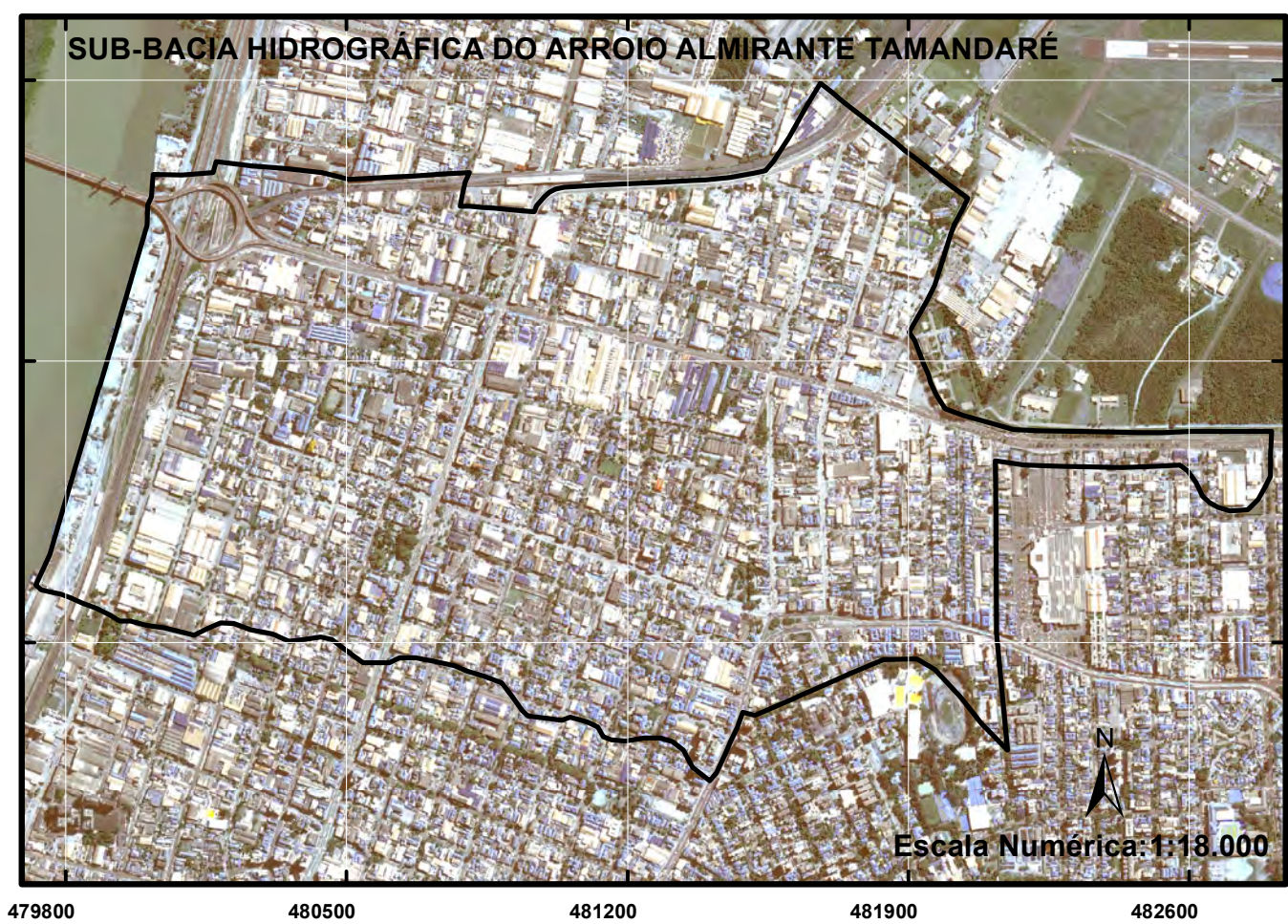
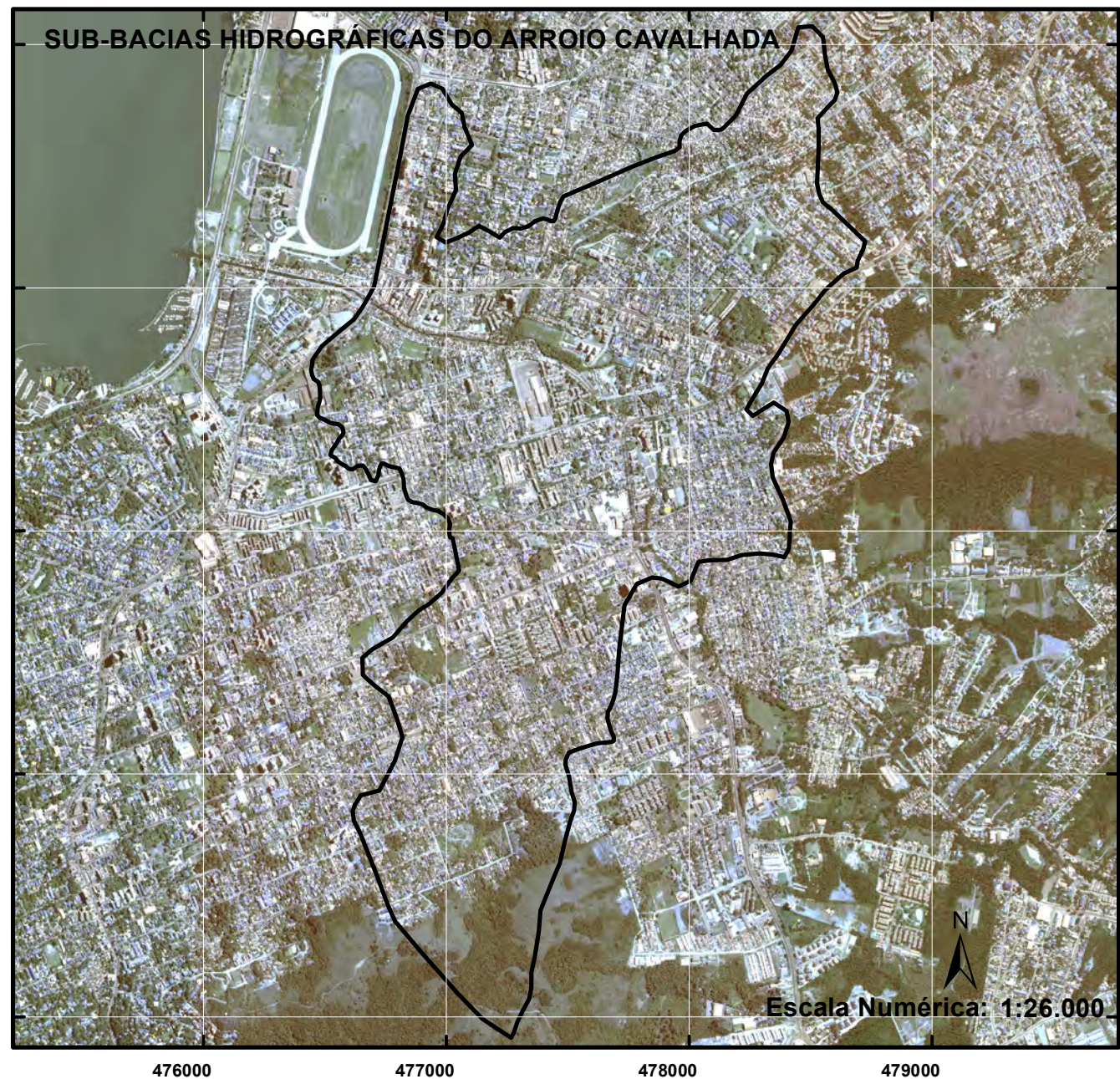
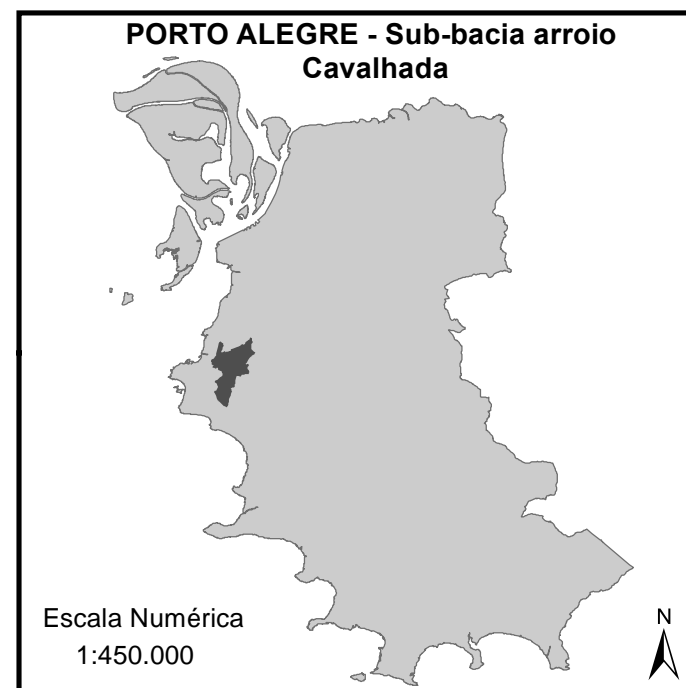
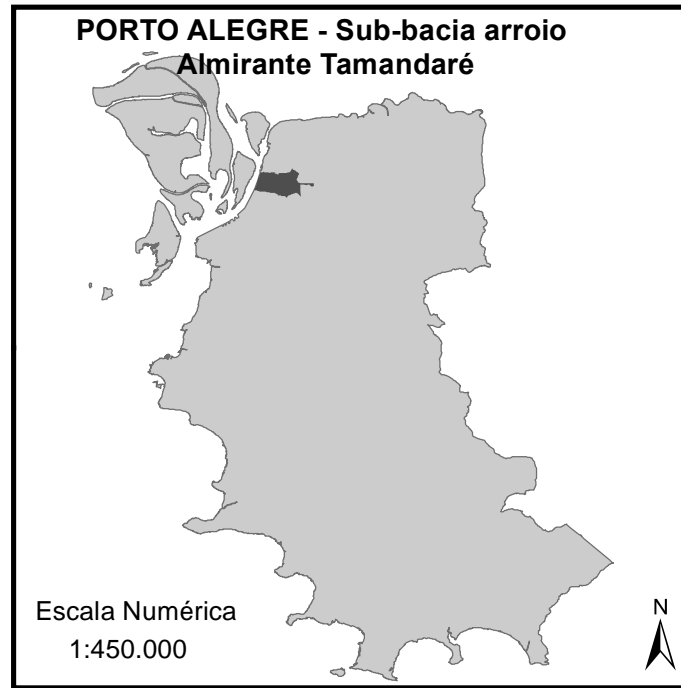
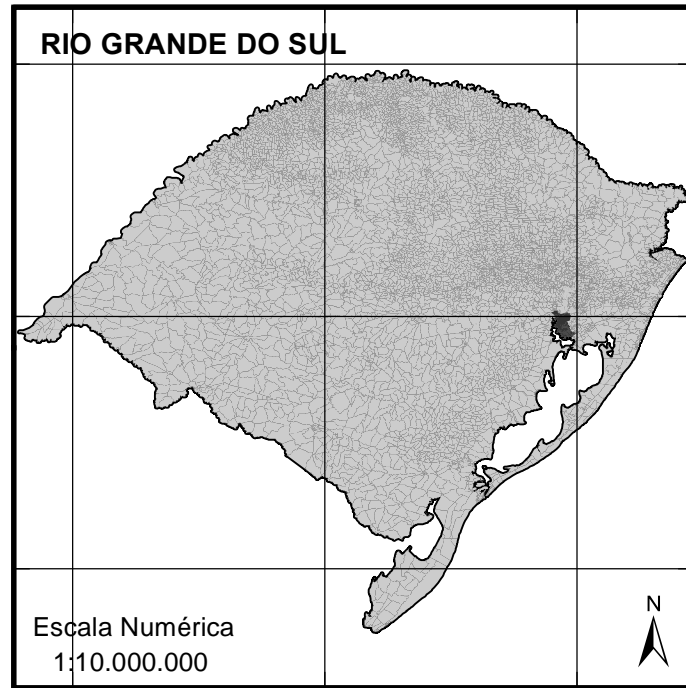


Foto 2: Padrão em Forma de Planície Flúvio-Lagunar com Banhado localizado ao norte do município, junto à BR 290, próximo ao bairro Anchieta. Abril de 2011.

As áreas de estudo, foco dessa pesquisa, são sub-bacias hidrográficas das bacias dos arroios Almirante Tamandaré e Cavalhada, localizados na zona norte e na zona sul de Porto Alegre, respectivamente (Figura 1). As áreas de estudo foram selecionadas a partir da análise dos eventos de alagamento nas vias do município, registrados pela Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC) que geraram transtornos para o trânsito no ano de 2012.

A bacia hidrográfica do arroio Almirante Tamandaré, foi a de maior concentração dos eventos de alagamento. A sub-bacia em análise está localizada em uma área plana, de ocupação urbana consolidada, correspondendo à Planície Flúvio-Lagunar com Banhado, na qual predomina o modelado de acumulação do relevo.

A bacia hidrográfica do arroio Cavalhada foi a bacia da zona sul de Porto Alegre que concentrou os eventos de alagamento registrados nesta porção do município. As sub-bacias em análise estão localizadas no curso final do referido arroio, excetuando a foz. Na área de estudo estão localizados diferentes compartimentos do relevo, tais como Padrão em Forma de Morros, Morros Associadas com Colinas, Patamares Planos e Terraços e Planícies Fluviais (MOURA E DIAS, 2012).



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES NA MORFOLOGIA ORIGINAL E NA DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA EM ÁREAS ALAGÁVEIS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE – RS

TÍTULO	SITUAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO		FIGURA
			01
Fonte: IBGE, 2010; DEP, 2005; Imagem de satélite cedida pela extinta SPM/PMPA. Elaboração: Tielle Soares Dias	Sistema Geodésico WGS 84 Projeção UTM Fuso 22S	DATA Out/2013	ESCALA Indicada

1.4 PRESSUPOSTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

Durante o desenvolvimento dessa pesquisa, algumas teorias e práticas já desenvolvidas tiveram destacada importância, servindo como subsídio. Dessa forma, destacam-se noções de Geografia Física e Geomorfologia, de ambiente urbano, de drenagem urbana e de ferramentas para os estudos ambientais, cujos temas dialogam com este estudo.

1.4.1 Geografia Física e Geomorfologia

A fundamentação da Geomorfologia está amplamente vinculada às definições apresentadas para a Geografia Física. Por essa razão, suas bases conceituais foram desenvolvidas em conjunto com a definição do objeto da Geografia. Diversos autores buscaram desenvolver conceitos que definissem o objeto de estudo da Geografia. Dentre as discussões para a Geografia Física há textos que se aproximam e começam a convergir as informações para uma carga conceitual que foi sendo aprimorada até os dias de hoje.

Algumas questões como a evidente relação entre os elementos do meio e a atuação do homem como um agente nos processos que ocorrem na superfície estão presentes na fundamentação da Geografia Física, assim como a necessidade de estratificar e criar ordens de grandeza para o estudo. Em muitos casos foi enfatizado, e conceitualmente atual, o estudo do processo e não a forma em si.

Neste sentido, ao definir a área de estudo do geógrafo, Grigoriev (1968) busca por níveis de análise, demonstrando a preocupação com a escala. Criam-se algumas categorias como o estrato geográfico, o qual é definido com um espaço de inter-relação, é o local onde ocorre a vida e as relações entre os elementos.

Na tentativa de diferenciar a Geografia Física das outras ciências, o mesmo autor destaca o papel da síntese como algo essencial e coloca a própria Geografia Física como uma ciência fundamental. Ciência essa que estudaria o estrato geográfico e nele os fluxos de matéria e energia, nos quais o homem estaria incluído. Para a proposição de estudos é demonstrada a setorização global em

zonas, as quais são marcadas principalmente pela presença de diferentes tipos de vegetação, vinculados à distribuição da temperatura global.

Os conceitos propostos por Bertrand (1971) para analisar a interação entre os elementos na superfície, como a Teoria dos Sistemas, foram utilizados por diversos autores. Um dos autores de maior destaque para a aplicabilidade e desenvolvimento do conceito de Geossistema, foi Tricart (1977) que, através do texto *Ecodinâmica* busca debater e instituir algumas linhas a serem seguidas em relação às interações que ocorrem na superfície.

Para Tricart (1977), o fluxo é entendido como uma relação de dependência mútua entre fenômenos, e configuraria um sistema e cada fenômeno pode ser entendido como um sistema/subsistema, evidenciando assim uma ordenação da grandeza dos objetos estudados. Assim é ressaltada a grandeza e a ocorrência dos fenômenos em diversos níveis escalares, no entanto onde este ocorre espacialmente, não aparece como uma preocupação de primeira importância.

Uma das principais contribuições dos estudos de Tricart é justamente a ideia de inter-relação entre os elementos, a real necessidade de analisar os fenômenos em conjunto. Atribuindo a Geografia Física como um aspecto da ecologia e considerando a origem dos fluxos como sendo a energia solar. Este autor afirma que a morfogênese é o componente mais importante da dinâmica da superfície e atribui essa importância à instabilidade gerada por ela. Com isso podem ser estabelecidas ordens de grandeza entre áreas mais ou menos estáveis.

Um contraponto interessante do ponto de vista conceitual é que, mesmo tratando de características similares entre as dinâmicas, Tricart e Grigoriev apresentam concepções distintas quanto ao papel do ser humano na sociedade entendida com os conceitos por eles desenvolvidos. Para Tricart o homem é causador de impactos e tem o papel/poder de preservar esses ambientes. Para Grigoriev o ser humano pode reconhecer a dinâmica que se processa no estrato geográfico e utilizar os recursos disponíveis, planejar então para conhecer e usufruir.

Para analisar a evolução da teoria geomorfológica é preciso, de forma mais abrangente, destacar as correntes para a explicação da configuração da forma atual da superfície terrestre. Uma é baseada no rápido surgimento e processamento das formas os quais direcionariam os processos da natureza,

considerada, portanto, como uma concepção catastrofista. Em contraponto ao catastrofismo desenvolveu-se a concepção de que as formas evoluíam em um processo contínuo, lento e eficiente, e para sua compreensão era necessário observar os processos atuais (ABREU, 1983).

A explicação sobre como a superfície terrestre se constituiu na forma como é observada nos dias atuais passou por uma busca de um sistema conceitual ou um paradigma na literatura. Neste processo, identificaram-se diferentes posturas geomorfológicas, cujas interpretações dos fenômenos auxiliam na formulação de conceitos. Existem duas principais teorias geomorfológicas cujo desenvolvimento foi simultâneo e que com isso contribuíram mutuamente e, a partir de 1950, passaram a convergir.

São as duas linhas epistemológicas mencionadas anteriormente: a anglo-americana, preconizada por Davis (1899) com a teoria do Ciclo Geográfico e; a linha epistemológica germânica, preconizada por Penck (ABREU, 1983), cuja principal diferença estava na importância da questão climática para a formação do relevo. A linha anglo-americana baseou-se na observação dos rios e sua atuação sobre o relevo, estava politicamente vinculada às incursões rumo ao Oeste dos Estados Unidos e, portanto preocupada em conhecer o ambiente para dele usufruir. A linha germânica possuía um viés naturalista, norteadas politicamente pela situação da Europa naquele período, com a Revolução Industrial.

Na corrente anglo-americana, Davis escreve a teoria do Ciclo Geográfico e teve como maior contribuição sistematizar a sucessão das formas do relevo em um ciclo ideal e propor uma terminologia apropriada. Sua teoria foi desenvolvida com base nas áreas temperadas e úmidas e considerando que na vida dos seres há funções e aspectos que se sucedem do nascimento até a morte. Assim, sequencia a evolução das formas do relevo com base na evolução biológica, propondo três fases: juventude, maturidade e senilidade. O Ciclo Geográfico pressupõe, portanto, um rápido início por atividade tectônica com o soergimento da área e um longo período de atividade erosiva. Quando o ciclo chega ao fim, a peneplanície poderia se soerguer novamente e originaria um novo ciclo.

A teoria do Ciclo Geográfico foi bastante criticada, primeiramente por aceitar que se processariam longos períodos de estabilidade tectônica, nos quais somente a erosão fluvial atuaria, possibilitando o desenvolvimento do peneplano,

caracterizando certa comodidade esquemática. Afora as inúmeras críticas, algumas reconhecidas pelo próprio autor, principalmente por se tratar de um modelo dedutivo, sem articulação com outras áreas, ainda hoje conceitos desenvolvidos por Davis norteiam as pesquisas geomorfológicas.

A linha epistemológica germânica, pautada em perspectivas empírico-naturalistas, desenvolveu os primeiros manuais de Geomorfologia moderna. Estava fundamentada na necessidade de representação das formas, por isso a Cartografia aparece desde o princípio como um ponto de destaque. Essa linha contrapõe as teorias de Davis, especialmente, por não considerar as diferenças climáticas para a constituição do relevo. Assim, Penck defende a relação entre as formas de relevo e os cinturões climáticos do planeta e que o clima é o responsável pela morfogênese diferencial. Na evolução da própria epistemologia germânica a força da questão climática proposta por Penck será criticada, avaliando a importância de outros fatores para a configuração do relevo.

A Geomorfologia brasileira tem suas bases vinculadas à epistemologia anglo-americana, pois esta era vinculada à escola Francesa, na qual a Geografia brasileira foi fundamentada. Passando pelo mesmo processo que as correntes teóricas, os estudos geomorfológicos brasileiros se iniciaram, ligados às teorias de Davis, e passaram a incorporar conceitos das duas correntes e migrar, posteriormente, para a teoria germânica.

Independentemente das diferentes linhas epistemológicas, o que ficou para a Geomorfologia atual é uma conjunção de pressupostos que auxiliaram na fundamentação e desenvolvimento de uma disciplina complexa. Atualmente a maior parte das pesquisas desenvolvidas tem como área de estudo porções reduzidas do espaço, dificultando a elaboração de análises similares às desenvolvidas naquele período. No entanto, é preciso conhecer a evolução do relevo da área e reconhecer a cobertura superficial, para que se possa analisar adequadamente a dinâmica geomorfológica operante.

Partindo das concepções teóricas, são propostas sistematizações com intuito de ordenar os estudos geomorfológicos. Merece destacada atenção a proposta de ordenamento dos estudos geomorfológicos proposto por Ab'Saber (1969), que procura caracterizar e descrever as formas de relevo de acordo com os diferentes níveis de escala relacionados aos processos que operam na sua

formação. Em seguida, procura articular geologia e geomorfologia de forma a sistematizar as informações sobre a cronogeomorfologia. E em um terceiro nível, visa compreender a dinâmica dos processos morfoclimáticos, pedogenéticos e da ação antrópica.

Analisando a proposta de Ab'Saber, observa-se que o primeiro procedimento proposto para um estudo geomorfológico é a descrição das formas. Essa pode ser feita através de materiais iconográficos e trabalhos de campo. O segundo procedimento, os estudos que incluem os processos, abarcam os estudos climáticos. Metodologicamente pode ser desenvolvido a partir de análise sedimentológica, botânica, de depósitos correlativos. O terceiro procedimento que trata da morfodinâmica demonstra a preocupação com os processos atuais.

Para aplicação das propostas metodológicas é preciso um conceito abrangente das formas de relevo, considerando-as como decorrentes de processos endógenos e exógenos. Assim, apresentam-se os conceitos de morfoestrutura e morfoescultura (MERCEJAKOV, 1968). A ação predominante das forças endógenas forma os elementos morfoestruturais que, para serem interpretados, devem ser analisados a partir dos condicionantes tectônicos. As morfoesculturas correspondem ao modelado de formas geradas sobre diferentes estruturas e sob a ação dos fatores exógenos.

Neste sentido estrutura-se a pesquisa geomorfológica a partir de uma ordem de grandeza dos fatos geomorfológicos, a definição dessa ordem de grandeza passou por adaptações e encontra atualmente na proposta taxonômica de Ross (1992) uma estrutura aplicável às pesquisas desenvolvidas na atualidade. Essa proposta estabelece uma ordem taxonômica para o relevo terrestre, calcado nas considerações conceituais, ressaltando que o estrutural e o escultural estão presentes em qualquer tamanho de forma, embora suas categorias de tamanho, idades, gêneses e formas, são possíveis de serem identificadas e cartografadas separadamente e, portanto, em categorias distintas. A proposta de classificação passa pela concepção de se expressar cartograficamente o relevo baseada na conceituação de morfoestrutura, para as unidades maiores, e de morfoescultura para as formas e tipos de relevo contidos em cada morfoestrutura existente.

No Brasil, a Geomorfologia teve seus estudos expandidos desde a década de 1950, tornando-a metodologicamente bem estruturada. Em relação à Geografia

Física como um todo, abarcando a Geomorfologia, observa-se a valorização crescente das questões ambientais e sua aplicação na análise ambiental. Com isso reforça-se a necessidade de estudos interdisciplinares, que visem uma compreensão mais abrangente dos eventos que ocorrem na superfície terrestre, exigindo, portanto, sair das especializações, que se fundamentaram neste período, e utilizar o conhecimento técnico especializado para as questões ambientais, muitas delas no ambiente urbano, este se apresenta como um espaço propício aos estudos sobre as intervenções humanas sobre o relevo.

1.4.1.1 Geomorfologia Urbana

A Geomorfologia, segundo Guerra e Guerra (2005), pode ser definida como a ciência que estuda as formas de relevo, considerando a origem, a estrutura, a natureza das rochas, o clima da região e as diferentes forças endógenas e exógenas que responderão pela construção e destruição do relevo terrestre. Há algum tempo os estudos geomorfológicos passaram a incluir a ação humana como um dos processos de transformação do relevo (GOUVEIA, 2010).

No Brasil, segundo Suertegaray (1997), a inclusão do homem como agente de transformação das formas de relevo ocorre a partir da década de 1950, com alguns trabalhos de pesquisa que estudaram a ação humana sobre o modelado terrestre, entendendo essa ação em duas distintas intervenções: a erosão e a acumulação dessas formas.

A erosão antropogenética é uma das formas de erosão acelerada, que inclui a ação dos organismos sobre a superfície terrestre, acelerando os processos superficiais, ou mesmo modificando as formas apresentadas originalmente. A ação de acumulação ocasionada pela ação humana é compreendida como os aterros antropogênicos, definidos como depósitos artificiais de qualquer tipo de material removido pelo homem, para fins diversos (GUERRA e GUERRA, 2005). Nessas duas categorias de intervenção pode-se afirmar que a ação antrópica não é somente transformadora das formas de relevo, mas também criadora de novas superfícies.

Nesse sentido, o processo de urbanização é uma complexa ação humana que obrigatoriamente modifica a dinâmica da superfície, por preconizar a ocupação

do espaço, que nos padrões atuais visa o melhor aproveitamento dos terrenos e não a harmonia entre o relevo e as construções, ocasionando mudanças na dinâmica da superfície.

Essas mudanças na constituição de uma cidade são perceptíveis em uma escala de detalhe que foque as modificações nos perfis de vertentes, os aterros em vales e a mudança na hidrogeomorfologia. No entanto, o processo de ocupação e a expansão urbana de um município permitem, em alguns casos, identificar grandes modificações, através de obras de infraestrutura urbana que alteram a morfologia original, os processos morfogenéticos, podendo criar áreas anteriormente inexistentes ou eliminar morfologias originais.

Reconhecer e dimensionar as alterações nas formas de relevo, nos processos morfogenéticos e nos materiais de cobertura superficial decorrentes das intervenções urbanas é uma aplicação dos conceitos de geomorfologia urbana, com o intuito de propor padrões de uso e ocupação mais condizentes com as potencialidades do meio físico e com as intenções humanas para esse espaço. Para isso tornam-se necessários estudos específicos sobre essas modificações, entendendo as características intrínsecas à dinâmica natural e as mudanças proporcionadas pela intervenção humana.

1.4.1.2 Morfologia Original e Antropogênica

Com objetivo de analisar os processos, materiais e formas produzidas a partir da ocupação dos ambientes naturais pela sociedade, diversos estudos têm sido desenvolvidos, buscando identificar e mapear as alterações no ambiente que resultem da presença e da intervenção antrópica no meio natural (RODRIGUES, 2005).

A intervenção humana, ocasionada a partir do processo de ocupação, pode modificar as propriedades e a localização dos materiais superficiais, bem como interferir nos processos e gerar novas morfologias (MOURA, 2008). A localização e categorização dessas novas formas resultam em mapeamentos da morfologia antropogênica.

Para isso, observar as ações humanas como ações geomorfológicas consiste em destacar as transformações da superfície por elas ocasionadas. Assim,

recorre-se ao reconhecimento da gênese e evolução das formas (informações que podem ser obtidas através do mapeamento geomorfológico), à investigação das ações humanas e às modificações por elas geradas, como modo de avaliar o tipo de interferência ocasionada na dinâmica preexistente.

Segundo Rodrigues (2005) a cartografia geomorfológica, quando apoiada no estudo das formas, materiais e processos da superfície terrestre, permite a obtenção de produtos retrospectivos ou evolutivos. Quando a interferência humana está associada a esse processo, entendendo sua capacidade de modificar as propriedades e a localização dos materiais superficiais, bem como interferir nos processos e gerar novas morfologias, pode-se obter informações categorizadas como morfologia antropogênica.

Nos estudos de Rodrigues (1999, 2004) são propostas orientações para as pesquisas da intervenção antrópica no meio físico. Dentre elas cabe destacar: a observação das ações humanas como ações geomorfológicas; a investigação nas ações humanas de padrões significativos para a morfodinâmica e; a investigação da dinâmica e da história cumulativa das intervenções humanas.

A investigação da dinâmica e da história cumulativa das intervenções humanas propõe a reconstituição da morfologia original da área, a partir da análise das intervenções que ocorreram na superfície, identificando formas que sofreram modificações em sua dinâmica, podendo com isso identificar a situação anterior a elas; o período em que as modificações ocorreram e; a dinâmica instaurada após as modificações do relevo (MOURA, 2008). Com esses aspectos pode-se ter um melhor discernimento sobre a influência que a ocupação exerce sobre o espaço e a importância em incluí-la como um agente de modificação ambiental.

1.4.2 O Ambiente Urbano

No que concerne aos conceitos referentes ao ambiente urbanos, foram trabalhados assuntos como a expansão, os riscos e vulnerabilidade e o trânsito e mobilidade.

1.4.2.1 Expansão Urbana

A constituição das áreas denominadas como cidades foi amplamente impulsionada pelo fenômeno da industrialização, que possibilitou a concentração demográfica e a constituição das cidades como tal (VASCONCELOS, 1999). A partir das modificações socioeconômicas ocorridas com o advento da industrialização a população abandona as áreas antes ocupadas, vinculadas principalmente às atividades primárias e passa a se agrupar em áreas onde as possibilidades de trocas e atividades diversas estão concentradas.

A migração da população em busca das ofertas que as novas atividades promoveram marcou a transformação da ocupação do espaço. A formação das cidades, considerando as diferentes escalas, temporalidades e históricos de ocupação, promoveu a constituição de áreas complexas, com evolução social e econômica própria, cujos fatores que exercem influência são bastante variados, tais como os agentes sociais; as classes sociais; o cenário político; os movimentos sociais; o sistema institucional; o sítio urbano.

A expansão e evolução das cidades, de forma geral, foram marcadas pela velocidade de sua formação e o contexto histórico no qual estavam inseridas, conformando áreas distintas, as quais são passíveis de serem delimitadas e estudadas. Dessa forma, “a delimitação ‘de urbano’ conota uma unidade definida seja na instância ideológica, seja na instância político-jurídica, seja na instância econômica” (CASTELLS, 2000). A forma de analisar e os fatores a serem considerados auxiliarão na compreensão desses espaços.

Embora com formação distinta e representações múltiplas, a concentração da população em cidades é um fenômeno mundial. A urbanização há tempos se mostrou como tendência e atualmente é fato. No Brasil mais de 84% da população está em situação urbana (IBGE, 2013). A análise dos efeitos dessa concentração, da alteração dos espaços ocupados e das dinâmicas estabelecidas auxilia na compreensão e no planejamento desses espaços.

No Brasil, em razão de seu rápido e intenso processo de ocupação, cidades foram construídas de forma acelerada e com isso apresentam diversos problemas em suas estruturas e equipamentos. Seguindo o processo de urbanização, descrito por Santos e Silveira (2008) como período técnico-científico-informacional, a partir

da década de 1970 ocorre a construção e reorganização desses espaços, atribuindo a essas dinâmicas ciência, técnica e informação que remodelam o território. No Brasil, a população total cresce de forma acentuada até 1970. Nas décadas seguintes esse crescimento assume taxas menos expressivas, mas ainda positivas e, juntamente com o aumento populacional, as taxas de urbanização também crescem.

Neste sentido, as medidas necessárias para acompanhar a expansão urbana devem iniciar com a administração do desenvolvimento urbano, com vistas à manutenção do ambiente, atendendo às necessidades de todos os cidadãos, através da promoção de segurança pessoal, infraestrutura e serviços básicos. Com isso podem ser minimizados os problemas sociais, especialmente aqueles resultantes da concentração urbana e dos desastres, bem como oferecer alternativas à construção de moradias em áreas vulneráveis a desastres naturais ou provocados pela ação humana (UNFPA, 2011).

1.4.2.2 Riscos e Vulnerabilidades nas Áreas Urbanas

Considerando os espaços urbanizados como áreas de concentração populacional e de alta intervenção sobre o sítio no qual estão instalados, a avaliação, prevenção e gestão de riscos naturais nas cidades são pontos centrais da análise. Diante da acelerada urbanização e das condições socioeconômicas de muitas cidades questiona-se:

os riscos naturais, assim como as catástrofes que os traduzem em efeito, estão correlacionados à urbanização acelerada, a um ambiente degradado, à fragilidade da capacidade de resposta e, finalmente, ao subdesenvolvimento? (THOURET, 2007: 83)

Obviamente os conceitos de desenvolvimento e subdesenvolvimento tendo por base apenas os dados de Produto Interno Bruto não representa as reais condições socioeconômicas das cidades. O uso de outros indicadores sociais se faz necessário para uma visão mais próxima à vivida por essas populações.

Há tempos o conceito de ambiente passa a ser integrador e incluir em sua análise fatores naturais e sociais. Quando analisada a vulnerabilidade e os riscos

a fenômenos naturais, a inserção de questões de ordem social passa a ser determinante para uma correta previsão, prevenção e gestão.

Portanto, diante do crescimento da exposição de cidades aos fenômenos naturais, causadores de danos, não é possível apresentar como causa apenas uma das variáveis, dentre as anteriormente mencionadas. É preciso analisar a vulnerabilidade dos cidadãos, das construções, da infraestrutura e do sistema institucional e/ou político local, devido ao fato de serem principalmente essas as variáveis que fazem com que exista maior ou menor grau de perda diante desses eventos.

As cidades da América Latina ocupam o segundo lugar em relação à vulnerabilidade em termos mundiais, perdendo apenas para o sudeste asiático (THOURET, 2007), dado principalmente pelo sítio no qual estão localizadas, pois há concentração populacional em áreas costeiras e montanhosas, há ameaças de terremotos, ciclones, inundações e movimentos de massa. Somado a isso ressalta que os prejuízos econômicos ocasionados por eventos naturais comprometeriam a economia, já frágil, de muitas cidades.

A fragilidade do sítio e a potencialidade à ocorrência de fenômenos naturais que podem gerar danos associadas à concentração e à densidade urbana, à desigual mobilidade dos cidadãos e aos impactos das práticas de urbanismo desregrado fazem com o que o sistema urbano seja o cerne da vulnerabilidade. Não são as potencialidades do sítio que reforçam a vulnerabilidade, mas sim *“a expansão e segmentação do perímetro urbano, a qual é acompanhada no espaço e no tempo de modificações nos sítios perigosos à medida que se desenvolve espacialmente”* (THOURET, 2007: 87).

O conceito de sítio na Geografia está primeiramente associado aos fatores históricos da expansão urbana, como a segurança, a proximidade com fontes de abastecimento de água, passando posteriormente a ser descrito como as características físicas do terreno que condicionariam as ações realizadas na cidade (ABREU, 1994). Nos textos com viés naturalista esse termo é bastante explorado e remetido como determinante às ações humanas, nos estudos ambientais contemporâneos, o conceito de sítio é utilizado no sentido de estrutura, de morfologia do terreno, como um fator de interação, analisado em conjunto com os demais fatores presentes nas áreas urbanas.

Nas áreas urbanas é difícil separar os riscos naturais dos demais riscos existentes, como riscos industriais, ecológicos e sanitários, eles podem estar correlacionados e ligados à ação antrópica, através da degradação ambiental, da poluição e contaminação das águas, do ar, do solo. Os riscos urbanos têm efeitos cumulativos e reforçam a vulnerabilidade dos desprovidos.

Neste sentido, a pobreza é mencionada como um fator de risco principalmente por três razões: força as pessoas a viverem nas zonas menos caras, muitas vezes as mais perigosas; domina as preocupações cotidianas que são centradas na sobrevivência; e força a agressão à natureza para suprir suas necessidades. Porém a pobreza por si só não explicaria toda a vulnerabilidade no meio urbano, há uma diversidade de outros fatores que torna a população citadina mais vulnerável que as demais.

Assim, destacam-se as considerações de Castells (2000) sobre a necessidade de articular as questões naturais e as práticas sociais, pois os danos não ocorrem de forma igualitária. Para analisá-los deve-se considerar a realidade social. Dessa forma explicar-se-ia melhor por quais razões determinado evento afeta algumas parcelas da população e não outras.

O sistema político municipal, no qual está concentrada a gestão urbana, funciona como o causador de efeitos perversos através da frágil aplicação do código de urbanismo, ou sua inexistência; do custo proibitivo da terra; do desvio do sistema fiscal, mas também do clientelismo e da corrupção política.

Além das questões políticas, a estrutura urbana é considerada ativadora das vulnerabilidades, pois, segundo Thouret (2007), a cidade latino-americana é caracterizada pela segregação socioespacial das classes ricas, que vivem em áreas isoladas, das classes médias que habitam os bairros extensos, muito heterogêneos, e de uma maioria pobre que contribuem para a expansão de cinturões precários e heterogêneos, formando assim um tecido urbano segmentado pelas condições socioeconômicas e de poder, cuja base está no processo histórico de desenvolvimento dessas cidades. Ainda neste sentido, *“a segregação social e espacial cria uma exposição desigual aos riscos, que é reforçada pelas novas políticas nacionais e pelo contexto internacional”* (THOURET, 2007: 91).

A questão da moradia e a vulnerabilidade desta estar estratificada pela classe social remete ao seu entendimento como um bem, que como tantos outros

é produzido, tem sua qualidade, sua forma, seu status institucional (CASTELLS, 2000). Essas características da moradia vão determinar os papéis, os níveis e as filiações simbólicas de seus ocupantes, conseqüentemente sua vulnerabilidade diante de alguns eventos. Destaca-se que:

Frequentemente consideramos os gostos, as preferências e até mesmo a sensibilidade a certas configurações míticas como o determinante “escolha da moradia” e, conseqüentemente, a diversidade das formas de habitat, sua evolução, sua rentabilidade e, portanto, seu modo de distribuição. Se é inegável que as formas têm um influência ideológica segura, e portanto material, elas apenas forçam, e não suscitam, a organização mercantil deste bem peculiar que é a moradia. A problemática sociológica da moradia deve partir de uma inversão dos temas psicossociais habituais, para centralizar-se na análise do processo de produção de um certo bem durável, na sua diversidade de qualidades, de forma, de status, e em relação com o mercado econômico e, conseqüentemente, o conjunto social no qual ele se insere. (CASTELLS, 2000: 185)

Assumir o discurso da escolha e das preferências em residir em áreas que acarretam riscos, é contribuir para a manutenção de um sistema que nada modifica. A moradia, nas cidades, é escolha para alguns grupos e determinação para outros. Os eventos naturais possuem sua periodicidade e seus locais potenciais para a ocorrência, a manutenção dessas áreas e sua não ocupação, ou ocupação com segurança exige uma análise da moradia como mercadoria e da razão pela qual ela se estabelece nesses locais.

A avaliação das vulnerabilidades em alguns casos menciona a impossibilidade das populações de mais baixa renda de se instalarem em áreas mais seguras, devido à especulação fundiária, obrigando-as a ocuparem áreas de maior perigo. A classe média, no mesmo momento, opta por terrenos mais baratos, mas dispõe de medidas técnicas para minimizar os perigos, ainda que essas sejam duvidosas como terraplenagens. Essa situação reforça a importância da segregação socioespacial, das políticas públicas, e da economia como determinantes da vulnerabilidade (THOURET, 2007).

Nos métodos de avaliação e nas estratégias de prevenção dos riscos é preciso conciliar uma série de variáveis, pois existe a necessidade de integrar os fatores técnico, político, econômico e social, em um único plano estratégico. Dessa forma muitos planos podem ser considerados excelentes do ponto de vista técnico, mas não respondem às expectativas econômicas para a cidade.

Do ponto de vista teórico as soluções para atenuação ou a prevenção dos efeitos das catástrofes naturais são diversas, quais sejam: a ocupação racional do território e, principalmente, orientação da urbanização das zonas menos expostas e menos frágeis; a modificação das ações antrópicas geradoras de risco e adoção de normas de construção adequadas; realização de obras corretivas e de contenção (de encostas, por exemplo); instalação de sistema de monitoramento dos eventos; e organização de atores operacionais encarregados da proteção, do socorro e das ações de reabilitação.

No entanto, essas soluções enfrentam uma série de fraquezas nas cidades latino-americanas. As políticas de gestão dos riscos são pouco ou mal aplicadas, principalmente pela deficiência do sistema político em geral; pela incerteza dos poderes públicos e pelo contexto das economias nacionais (THOURET, 2007). Como exemplificação de que a vulnerabilidade é acentuada por um conjunto de decisões está a diferenciação entre eventos que atingem classes sociais distintas, como cita o autor:

Quando as classes médias e os abastados se sentem ameaçados ou sofrem um desastre, são tomadas medidas de gestão para diminuir o risco aceitável. Os custos aumentam, o orçamento alocado à prevenção cresce e as autoridades municipais, apoiadas pela população bem estabelecida, podem conduzir uma análise custo/benefício mais razoável e eficaz, que, no entanto, escapa aos cidadãos mais pobres. (THOURET, 2007:105)

Assim, segundo Thouret (2007), percebe-se que os obstáculos à prevenção e gestão dos riscos são de quatro tipos: técnicos, socioeconômicos, institucionais (políticos) e culturais. No entanto nem todos os tipos possuem o mesmo peso nas tomadas de decisões.

Essas questões retomam o peso do fator econômico na estruturação urbana, o sistema econômico influencia os demais, seja técnico, social, político ou cultural, pois vivemos em uma sociedade organizada em classes, que resulta em uma desigual ocupação do espaço. No entanto analisar apenas por esse viés, é ser reducionista, e excluir todas as demais variáveis, que são indispensáveis para o entendimento dos processos.

Diante do número de eventos com perdas e de pessoas afetadas deveria ser repensada a abordagem de riscos e principalmente uma mudança de paradigma nesta área, que já passou pelo primado da tecnologia, da resposta social e hoje se

encontra com o desenvolvimento sustentável. Foi perceptível que as soluções técnicas, por si só, não podem conter o crescimento das vulnerabilidades; as soluções sociais ressaltam a melhoria das capacidades de respostas aos fenômenos, mas não resolvem o problema.

O desenvolvimento sustentável, então, fundamentado no progresso técnico e na capacidade dos cidadãos e dos poderes públicos de dominar os efeitos da urbanização e da degradação ambiental, necessita da união entre o funcionamento social e político das sociedades afetadas e de suas relações com o meio natural, o que resulta em algo bastante complexo. Neste contexto, ressaltam-se dois fatores que até o momento não obtiveram o grau de importância necessário: o poder público e a sociedade civil.

O que se observa é que as práticas existentes nas cidades da América Latina são frequentemente fatores de ampliação da vulnerabilidade e dos riscos, agravados por atitudes individuais e coletivas. Tais atitudes não podem apenas ser tratadas como erradas e serem corrigidas, pois exprimem o funcionamento social:

O clientelismo político leva às invasões populares de zonas periurbanas expostas ou tolera a não aplicação de normas de construção em proveito imediato das classes mais favorecidas. O peso da pauperização dos mais populares, assim como das classes médias, combina troca de favores e corrupção. (THOURET, 2007: 110)

Somado a essas práticas, o funcionamento social das cidades é amplamente condicionado pela especulação imobiliária e pelo domínio da pressão fundiária. Assim a morte, a fatalidade, o convívio com o risco, a inundação e os movimentos de massa são entendidos como parte integrante da vida na sociedade latino-americana e não como algo que pode ser gerenciado e minimizado.

Como soluções possíveis destaca-se que é fundamental a participação do cidadão na prevenção e gestão do risco; o apelo às responsabilidades principalmente da gestão pública; e a compatibilização da prevenção ao potencial econômico, administrativo e social das sociedades latino-americanas, nas diferentes esferas da administração.

A complexidade dos problemas existentes nas cidades não pode ser empecilho às mudanças, embora não se possa, de forma imediata romper com o

sistema que está posto, algumas ações são possíveis de serem executadas. Em relação às áreas de risco é preciso, primeiramente assumir como postura que os eventos naturais ocorrem e continuarão ocorrendo e que a pobreza que conduz a vulnerabilidade não é significativa por si só, mas sim como conjunto de diversas situações sociais. A segregação urbana que difere áreas mais ou menos vulneráveis a determinados eventos é um fenômeno específico resultado de uma estrutura social admitida e mantida pelos atores, e não apenas reflexo da estratificação social.

1.4.2.3 Trânsito e Mobilidade no Ambiente Urbano

A segregação urbana e a distribuição das funções da cidade em distintos locais exige que sejam feitos deslocamentos entre essas áreas, para alguns mais longos, para outros mais curtos. A mobilidade urbana é entendida como:

um atributo associado às pessoas e aos bens; corresponde às diferentes respostas dadas por indivíduos e agentes econômicos às suas necessidades de deslocamento, consideradas as dimensões do espaço urbano e a complexidade das atividades nele desenvolvidas. (BRASIL, 2006)

A mobilidade urbana é, portanto, resultado da necessidade de ir e vir, inerente à dinâmica urbana. As origens e os destinos dos deslocamentos nas cidades estão intrinsecamente relacionados às atividades de trabalho, educação e lazer e, em geral, apresentarão reflexos das características socioeconômicas da população, seja em relação à distância percorrida, ao tempo de deslocamento ou ao meio de transporte utilizado.

Entender que em uma cidade existem áreas distintas umas das outras, segregadas, cuja população nelas concentrada apresenta semelhanças socioeconômicas, permite a compreensão das desiguais movimentações nas cidades. Dessa forma os deslocamentos são mais eficientes para aqueles que moram perto das atividades do seu cotidiano e apresentam-se mais complicados para aqueles que residem em áreas periféricas e necessitam acessar, seja a trabalho, estudo ou lazer, as áreas centrais (VILLAÇA, 2011).

Pela necessidade de se movimentar nas cidades, surgem os caminhos pelos quais se transita. Em sua constituição inicial, os caminhos estão associados às atividades econômicas desenvolvidas, às tecnologias existentes e ao sítio no qual as rotas eram traçadas. Com o incremento de novas técnicas, ciências e informações esses caminhos são aprimorados e outros são incorporados, constituindo-se então um sistema viário.

O sistema viário é resultado do histórico de ocupação e está em constante processo de construção, assim como a cidade. É através do sistema viário que se realizam os deslocamentos dentro dos municípios e entre estes, transpondo e influenciando os limites da cidade.

A existência da via, entendida como *“a superfície por onde transitam veículos, pessoas e animais, compreendendo a pista, a calçada, o acostamento, ilha e canteiro central”* (BRASIL, 1997) é fator primordial para o deslocamento. Como constituição histórica e social, as vias vão representar o local utilizado pela população para alcançar seu destino a partir de origens diversas e por essa razão seu uso e distribuição não são igualitários, tampouco controlados unicamente pela estrutura existente.

A mobilidade no ambiente urbano está pautada em diversos fatores, especialmente aqueles relacionados à renda, ao gênero, à idade, à ocupação e ao nível educacional (VASCONCELLOS, 2001). É preciso considerar que as diferenças na mobilidade são acompanhadas de diferenças no uso dos modos de transporte e que essas diferenças irão influenciar nos deslocamentos e na dinâmica urbana cotidiana, no qual o fator tempo e distância estão diretamente ligados à economia.

Segundo Vasconcellos (2001: 122) *“o tempo gasto ao deslocar-se – ‘o orçamento de tempo’ – é um instrumento poderoso para analisar o uso do transporte pelas pessoas e sua interação com o espaço”*. O investimento que se faz em tempo de viagem diariamente está relacionado ao padrão de origens e destinos, destaca-se que a origem da população de renda mais alta está usualmente mais próxima do seu destino que a origem da população de renda mais baixa (VILLAÇA, 2011), resultando em viagens mais extensas, que representam, portanto, um investimento de tempo mais elevado para as populações de mais baixa renda e viagens mais curtas para as populações de renda mais elevada.

Considerando a tendência à ocupação de áreas mais afastadas dos centros comerciais pela população de alta renda (além da população de baixa renda que continua ocupando e expandindo-se pelas áreas mais periféricas) e as demais excentricidades das áreas urbanas deve-se sempre analisar as outras variáveis que influenciam os deslocamentos. Neste sentido, as tecnologias e os meios de transporte utilizados para a realização dos deslocamentos irão repercutir diretamente no tempo gasto e no investimento financeiro necessário. Devido à concentração e ao crescente aumento da frota de veículos nas cidades, a melhoria do transporte coletivo e rotas alternativas têm sido de grande valia para a melhoria dos deslocamentos.

Mesmo assim, como condição necessária para a realização das atividades cotidianas, influenciada por diversos fatores sejam sociais, políticos, econômicos, estruturais, a mobilidade urbana pode ser entendida como uma das questões que influenciam a qualidade de vida e que é amplamente impactada pela constituição histórica e atual das cidades. Neste sentido a mobilidade satisfatória da população agrega valores ao espaço e contribui com as questões ambientais inerentes ao meio urbano.

Em contraposição, as obstruções nesses fluxos geram significativas perdas à população, assim como a construção das vias urbanas também acarreta em possíveis adaptações irregulares aos elementos físicos do local. Dessa forma as vias de um município tornam-se objetos de estudo interessantes, uma vez que podem, como intervenções antrópicas que são, alterar a dinâmica natural do local onde são instaladas e em decorrência de uma utilização não satisfatória, acarretar prejuízos aos usuários.

1.4.3 Drenagem Urbana e Controle de Enchentes

As enchentes e inundações são fenômenos que atingem com frequência áreas ocupadas, ocasionando, muitas vezes, perdas para a população atingida. No entanto, as enchentes são fenômenos de natureza hidrometeorológica que fazem parte da dinâmica natural e ocorrem com periodicidade nos cursos d'água, independente da ocupação ou não da bacia hidrográfica, sendo frequentemente

deflagrados por chuvas fortes e rápidas ou chuvas de longa duração (TOMINAGA et al, 2012).

As inundações e enchentes são eventos geoambientais derivados de fenômenos de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica. Esses eventos estão relacionados à precipitação atmosférica, conforme sua quantidade e intensidade, mas também ao escoamento superficial e subsuperficial sendo portanto a permeabilidade do solo, o grau de saturação e as características morfométricas e morfológicas da bacia de drenagem condicionantes ao fenômeno. Em condições naturais as planícies e fundos de vales estreitos apresentam lento escoamento superficial das águas das chuvas (TOMINAGA et al, 2012).

Esses fenômenos são intensificados pelas alterações ambientais e intervenções urbanas produzidas pelo homem, tais como a impermeabilização do solo, retificação dos cursos d'água e redução no escoamento dos canais devido a obras ou por assoreamento. Assim é nas cidades onde se concentram os problemas decorrentes de enchentes e inundações, devido principalmente ao modelo de urbanização, com ocupação de planícies e impermeabilização ao longo das vertentes (BRASIL, IPT, 2007).

O uso e ocupação da terra nas bacias hidrográficas não tem se adaptado às condições naturais do meio, mas sim tentado adaptar o meio às suas necessidades. Dessa forma ocorrem formas de ocupação incompatíveis com a dinâmica natural da área, até mesmo em cidades de topografia relativamente plana onde a infiltração seria favorecida, os resultados são catastróficos (TAVARES e SILVA, 2008).

Em termos conceituais, enchentes ou cheias é a denominação para os fenômenos deflagrados pelas águas da chuva, quando ao alcançarem um curso d'água, causam acréscimo na descarga d'água por certo período de tempo. Em alguns casos, durante a enchente, as vazões aumentam de forma que a calha do curso d'água não tem capacidade de descarga, ocorrendo o extravasamento da água para as áreas marginais, normalmente não ocupadas pelas águas. Este extravasamento caracteriza uma inundação, e a área marginal, que periodicamente recebe esses excessos de água denomina-se planície de inundação, várzea ou leito maior (BRASIL, IPT, 2007).

Além de enchente e inundação, outros conceitos são relevantes para a análise desses fenômenos, tais como alagamentos e enxurradas. O alagamento é

definido como o acúmulo momentâneo de águas em uma dada área por problemas no sistema de drenagem, podendo ter ou não relação com processos de natureza fluvial (BRASIL, IPT, 2007). Este é um fenômeno recorrente em áreas urbanas, já impermeabilizadas e aparece com frequência nas análises sobre o tema.

Segundo definição do Ministério das Cidades (BRASIL, IPT, 2007), a enxurrada é definida como o escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais. A ocorrência de enxurradas é recorrente ao longo de vias implantadas sobre antigos cursos d'água onde o gradiente hidráulico seja alto. Também é comum em terrenos com alta declividade natural.

Independente do fenômeno em análise sua ocorrência é uma questão espacial, trata de uma quantidade de água ocupando um espaço e sendo transportada nele. Portanto, é evidente que as alterações realizadas nas áreas, onde esses eventos ocorrem, irão modificar sua dinâmica ou favorecer sua ocorrência em áreas onde antes não existiam.

Dentre os fatores que condicionam a ocorrência de enchentes e inundações podem ser citados os naturais climáticos e geomorfológicos de um dado local; e condicionantes relacionados às intervenções antrópicas no meio físico. Os principais condicionantes naturais, segundo Tominaga et al (2012), são:

- Formas do relevo;
- Características da rede de drenagem da bacia hidrográfica;
- Intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas;
- Características do solo e o teor de umidade;
- Presença ou ausência da cobertura vegetal.

Os fatores elencados permitem a compreensão da dinâmica dos eventos de enchentes e inundações desde o evento da precipitação pluviométrica até sua relação com o solo. A vazão da água será influenciada pelas formas do relevo, pelo padrão de drenagem estabelecido e a capacidade de infiltração da superfície, possibilitando que, em decorrência dos ajustes entre esses fatores, ocorram eventos de enchentes e inundações no local.

Os condicionantes relacionados às intervenções antrópicas elencados por Tominaga et al (2012), como os principais são:

- Uso e ocupação irregular nas planícies e margens de cursos d'água;

- Disposição irregular de lixo nas proximidades dos cursos d'água;
- Alterações nas características da bacia hidrográfica e dos cursos d'água (vazão, retificação e canalização de cursos d'água, impermeabilização do solo, entre outras);
- Intenso processo de erosão dos solos e de assoreamento dos cursos d'água.

Com ocupação e a crescente expansão das áreas urbanas, as intervenções sobre o meio físico têm sido ampliadas e intensificadas. Atualmente as ações antrópicas modificam, criam e destroem estruturas naturais anteriormente constituídas e em equilíbrio com todo o sistema. A configuração das cidades, em sua maioria, implica a proximidade com fontes de água e em muitos casos a ocupação do leito maior, pois na maior parte do tempo essas áreas estão livres das águas e apresentam-se planas, favorável à ocupação. Em outros casos, verifica-se, a ocupação dos fundos de vale para a construção de caminhos que posteriormente configuram a malha viária de muitos municípios, o que implica a interferência em áreas potenciais às enchentes.

Essas intervenções nos municípios implicaram de forma geral, na retificação, canalização ou tamponamento dos cursos d'água, eliminando meandros, facilitando as construções nessas áreas e acelerando a vazão. Associado a isso, nas áreas urbanas é verificada a impermeabilização do leito maior e a modificação nos perfis das vertentes do entorno. Tudo isso ocasiona a aceleração dos escoamentos, o aumento consideravelmente dos picos de vazão e, em muitos casos, as inundações (CANHOLI, 2012).

Segundo Ministério das Cidades (BRASIL, IPT, 2007), as inundações causam diversos transtornos em áreas com ocupações consolidadas e não consolidadas. Por ser um evento de dinâmica relativamente lenta, as inundações geralmente apresentam pequena possibilidade de ocorrência de óbitos. No entanto, por atingir frequentemente extensas áreas, os transtornos à rotina da cidade são grandes, da mesma forma, as diversas perdas materiais e patrimoniais são significativas. Assim ressalta-se a necessidade de estudar esses eventos quanto aos seus condicionantes naturais e antrópicos.

1.4.4 Ferramentas Para os Estudos Ambientais

As ferramentas como a cartografia geomorfológica e o geoprocessamento, de forma mais abrangente, apresentam-se como recursos úteis para representação e processamento de dados em estudos ambientais, dessa forma, são apresentados alguns conceitos fundamentais no que tangem a esta pesquisa.

1.4.4.1 Cartografia Geomorfológica

Um dos grandes desafios das análises geomorfológicas sempre foi representar cartograficamente os seus resultados. Principalmente pelos estudos geomorfológicos abrangerem em um único produto informações temporais e escalares bastante distintas. Em um mapa geomorfológico é preciso representar a evolução da forma, a relação com a forma mais abrangente, as diferentes feições existentes e a dinâmica predominante (AB'SABER, 1969). Por isso os mapas geomorfológicos são produções complexas que devem estar fundamentados teoricamente e terem metodologias bem estabelecidas.

As análises geomorfológicas aqui apresentadas seguem a proposta de ordenamento dos estudos geomorfológicos idealizada por Ab'Saber (1969), procurando caracterizar e descrever as formas de relevo de acordo com os diferentes níveis de escala relacionados aos processos que operam na sua formação. Em seguida, procura articular geologia e geomorfologia de forma a sistematizar as informações sobre a cronogeomorfologia. Por fim, pretende compreender a dinâmica dos processos morfoclimáticos, pedogenéticos e da ação antrópica. Atingindo assim três etapas, que são:

1ª Compartimentação do Relevo – compreende a compartimentação topográfica, numa caracterização e descrição de todas as formas de relevo quanto possível na escala de observação;

2ª Estrutura Superficial da Paisagem – insere-se neste nível a preocupação com a articulação da geologia/geomorfologia de forma a sistematizar as informações sobre a cronogeomorfologia;

3ª Fisiologia da Paisagem – compreende a dinâmica dos processos morfoclimáticos, pedogenéticos e da ação antrópica.

Em nível conceitual, esse método encara a necessidade de um conceito abrangente das formas de relevo, considerando-as como decorrentes de processos endógenos e exógenos. A ação predominante das forças endógenas forma os elementos morfoestruturais que, para serem interpretados, devem ser analisados a partir dos condicionantes tectônicos. As morfoesculturas correspondem ao modelado de formas geradas sobre diferentes estruturas e sob a ação dos fatores exógenos.

Neste sentido, a proposição de Ross (1992) estabelece uma ordem taxonômica para o relevo terrestre, calcado nessas considerações de natureza conceitual, ressaltando que o estrutural e o escultural estão presentes em qualquer tamanho de forma, embora suas categorias de tamanho, idades, gêneses e formas são possíveis de serem identificadas e cartografadas separadamente e, portanto, em categorias distintas.

A proposta de classificação passa pela concepção de se expressar cartograficamente o relevo baseada na conceituação de morfoestrutura, para as unidades maiores, e de morfoescultura para as formas e tipos de relevo contidos em cada morfoestrutura existente. Na análise do quadro geomorfológico da área de estudo, bem como sua gênese e dinâmica morfogenética com base na compartimentação e na estruturação da paisagem local (AB'SABER, 1969), utiliza-se da proposta taxonômica de Ross (1992) esquematizada na Figura 2.

Primeiro Táxon – As características estruturais definem um padrão de formas grandes de relevo. Está ligado ao conceito de unidade morfoestrutural.

Segundo Táxon – Corresponde às unidades morfoesculturais geradas pela ação climática ao longo do tempo geológico na morfoestrutura.

Terceiro Táxon – Corresponde às unidades dos padrões de formas semelhantes do relevo, identificadas em função do índice de dissecação do relevo, formato dos topos, vertentes e vales. Podem existir várias unidades de padrões de formas semelhantes em cada unidade morfoescultural.

Quarto Táxon – Corresponde às formas de relevo individualizadas dentro de cada unidade de padrão de forma semelhantes. As formas de relevo tanto poder ser de agradação, como planícies, terraços, ou de denudação, como colinas, morros, cristas.

Quinto Táxon – Correspondem às vertentes ou setores de vertentes de gêneses distintas, pertencentes a cada uma das formas individualizadas do relevo.

Sexto Táxon – Correspondem às formas menores, produzidas por processos erosivos ou depósitos recentes. São exemplos às voçorocas, ravinas, cicatrizes de deslizamento, bancos de sedimentação atual, formas antrópicas como: cortes, aterros, desmonte de morros.

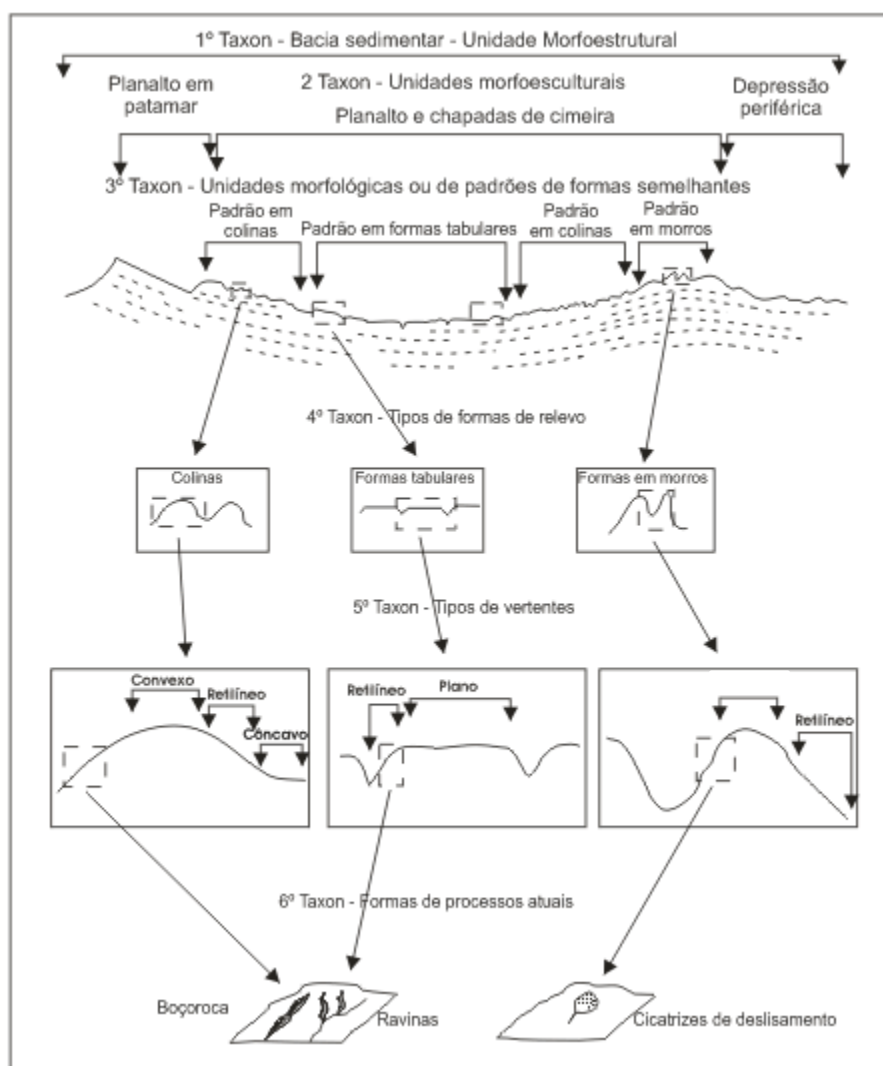


Figura 2: Diagrama esquemático sobre a taxonomia do relevo, adaptado. Fonte: Ross (1992: 22)

Com objetivos de representar a evolução das formas de relevo, sua conformação física e suas características morfométricas, os mapeamentos geomorfológicos são importantes instrumentos de ordenação territorial. Fundamentados no ordenamento dos estudos geomorfológicos idealizado por Ab'Saber (1969); na metodologia proposta por Ross (1992) e, na concepção do

homem como agente de modificação e criação de formas de relevo, os mapeamentos apresentados nesta pesquisa buscam elucidar as morfologias originais e antropogênicas da área de estudo.

1.4.4.2 Geoprocessamento

Durante muito tempo a coleta de informações sobre a superfície terrestre e sua sistematização foi feita através de documentos e mapas em papel. Esse fato dificultava a interpretação combinada de diferentes mapas e dados (CÂMARA et al, 2001). Através do desenvolvimento da Informática, tornou-se possível obter e armazenar esses dados de forma digital, contribuindo para o desenvolvimento do Geoprocessamento.

Segundo Câmara et al (2001), geoprocessamento pode ser definido como a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de cartografia, análise de recursos naturais, entre outras. As ferramentas disponíveis, chamadas de Sistema de Informações Geográficas (GIS), possibilitam a análise integrada de diversos dados e a produção de materiais diversos.

A Geomorfologia, como área do conhecimento que estuda as formas de relevo e seus processos, necessita de diversas informações que podem ser obtidas através do geoprocessamento. A obtenção de dados e elaboração de materiais para análise geomorfológica é amplamente favorecida pelo geoprocessamento.

Com auxílio de *software* de geoprocessamento pode-se obter a partir de uma base cartográfica, as curvas de nível, os pontos cotados, a hidrografia, entre outros elementos que podem gerar produtos como os mapas morfométricos (hipsométrico e clinográfico).

Os mapas citados podem ser gerados utilizando-se a estrutura de grade triangular, mais conhecida como TIN "*Triangular Irregular Network*", que é uma estrutura do tipo vetorial com topologia do tipo nó-arco possibilitando representar uma superfície por meio de um conjunto de faces triangulares interligadas.

Nesta pesquisa, os mapas hipsométrico e clinográfico permitem observar os limites e a distribuição das altitudes e declividades encontradas no município. A

declividade pode ser conceituada como a inclinação do terreno em relação ao plano horizontal e esta pode ser expressa em percentual ou em graus. Ela é calculada pela variação de altitude entre dois pontos do terreno (curvas de nível) em relação à distância que os separa.

Além desses, outros produtos podem ser gerados, como o mapeamento da hidrografia, da mancha urbana, do arruamento ou, ainda, analisados em conjunto com dados de outros estudos, permitindo uma análise integrada. O geoprocessamento apresenta técnicas de análise e representação que em muito colaboram para vencer os obstáculos da representação cartográfica dos estudos geomorfológicos.

Através do geoprocessamento é possível expressar graficamente as formas e as dinâmicas da superfície, bem como fatores de influência e modificação atrelados a diferentes variáveis. Nesse sentido os mapas geomorfológicos são produtos cartográficos de síntese, nos quais estarão representadas as formas de relevo e as informações relativas à morfologia, morfometria, morfogênese e a morfocronologia. Sua construção se apoia na revisão bibliográfica e cartográfica; elaboração dos mapas hipsométrico, clinográfico, elementos do relevo e da análise conjunta com os demais aspectos físicos e sociais da área de estudo.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E OPERACIONAIS

A metodologia para o desenvolvimento desta pesquisa fundamenta-se em três etapas principais: levantamento e análise de dados e materiais bibliográficos; processamento dos dados e elaboração de mapas e; análise e interpretação dos resultados (Figura 3). A descrição que se segue visa expor os principais procedimentos operacionais definidos nas etapas realizadas, assim como as ferramentas técnicas que auxiliaram no cumprimento dos objetivos da pesquisa.

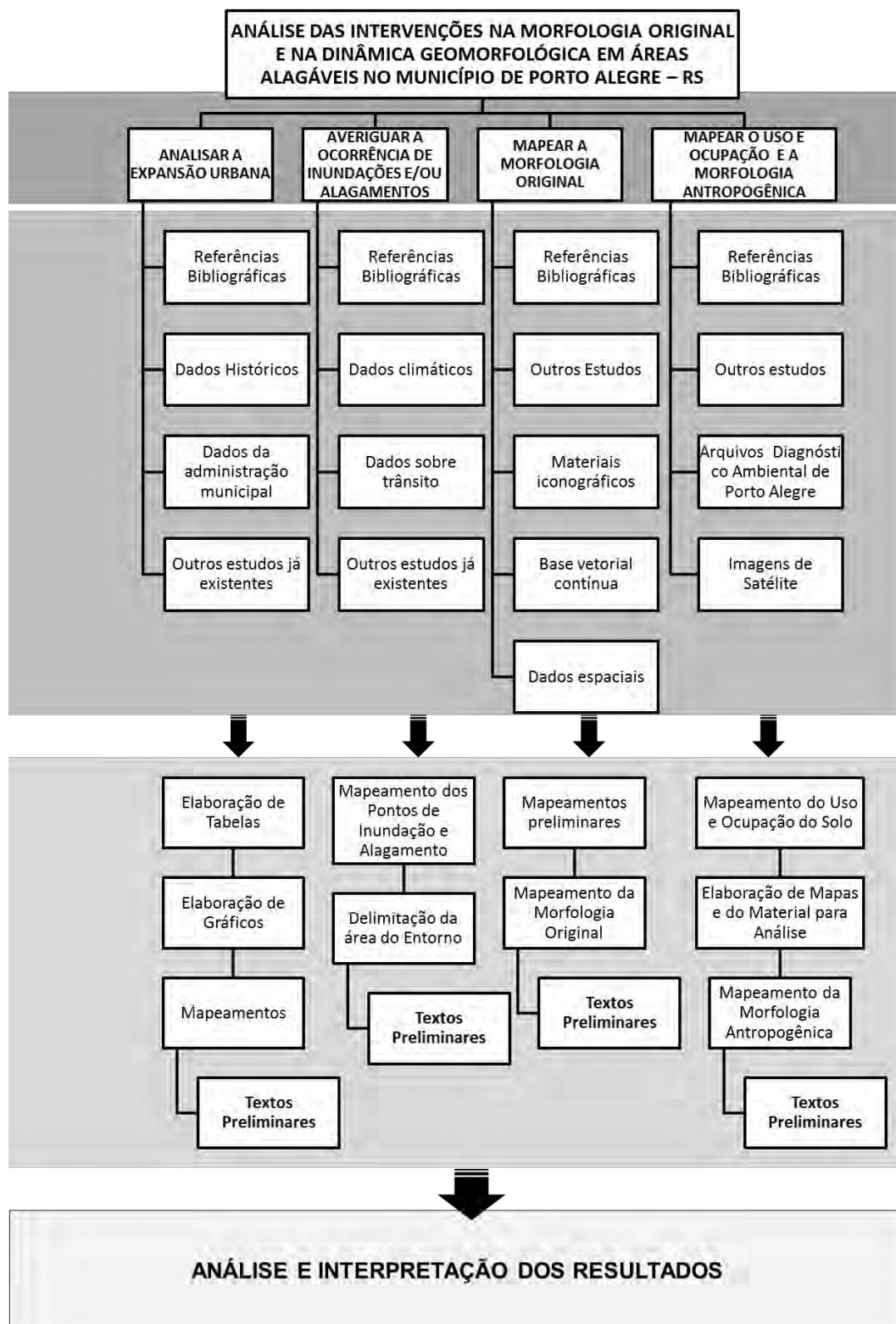


Figura 3: Organograma das etapas e atividades de pesquisa.

Nas três etapas definidas estão inclusos alguns tipos de atividades, tais como: levantamento bibliográfico e cartográfico; definição das vias a serem estudadas; redação dos textos preliminares; elaboração de material cartográfico;

trabalho de campo; elaboração dos produtos finais; elaboração das análises e considerações finais.

Com base nessas atividades principais foram desenvolvidos os produtos com intuito de alcançar os objetivos específicos anteriormente expostos, que de forma geral foram: a análise da expansão urbana do município de Porto Alegre; mapeamentos dos pontos de alagamento e inundação; mapeamento da morfologia original; análise do uso e ocupação da terra e mapeamento da morfologia antropogênica dessas áreas.

1.5.1 Levantamento de Dados e Materiais Bibliográficos

Nesta etapa, fez-se o levantamento de informações existentes sobre a área de estudo no contexto a ser analisado; a pesquisa e seleção dos materiais cartográficos disponíveis; a revisão bibliográfica dos materiais referentes ao município de Porto Alegre e aos conceitos e temas pertinentes à pesquisa; bem como a busca e seleção de dados junto às instituições de referência.

1.5.1.1 Área de Estudo

Com intuito de melhor caracterizar a área de estudo foram realizadas pesquisas gerais sobre o município, as principais bibliografias consultadas foram o Atlas Ambiental de Porto Alegre (MENEGAT et al, 1998), o Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre (HASENACK, 2008). Bem como seus arquivos espaciais digitais, que auxiliaram na formação do banco de dados cartográficos do município.

Em relação à base de dados gerais sobre o município de Porto Alegre, destacam-se a publicação Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre, os arquivos shapefile de uso e ocupação do solo, drenagem e solos. Também as informações disponibilizadas pelo Laboratório de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em especial a Base Altimétrica vetorial contínua de Porto Alegre na escala 1:1.000 (HASENACK, et al, 2010).

Os domínios eletrônicos de órgãos de referência em dados estatísticos e também os órgãos da administração pública foram importantes fontes de referência, tais como: o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A

Prefeitura Municipal de Porto Alegre e suas diversas secretarias, departamentos e empresas foram fonte de dados secundários e de materiais iconográficos e cartográficos, em especial a Secretaria Municipal de Urbanismo, o Departamento de Esgotos Pluviais, com o Plano Diretor de Drenagem Urbana, e a Empresa Pública de Transporte e Circulação.

Desta forma, foram obtidos materiais que permitiram caracterizar e também analisar o município, entendendo-o em seus mais diversos aspectos. O levantamento dos dados gerais não cessou nos primeiros meses de pesquisa, mas acompanhou-a conforme as demandas existentes.

1.5.1.2 Expansão Urbana do Município de Porto Alegre

Foram retomados trabalhos já realizados sobre essa temática como base referencial para caracterizar como, historicamente, a população de Porto Alegre ocupa as áreas do município. Como obras de referência foram utilizadas as publicações de Souza e Müller (2007); Hausman (1963), Franco (2006); Souza (2010) e Ab'Saber (1965), dentre outras obras de destacada relevância. Os arquivos disponibilizados pela administração municipal foram também avaliados, tais como materiais iconográficos e cartográficos, os planos diretores anteriores e o atual e demais materiais encontrados ao longo do trabalho que auxiliaram na pesquisa.

1.5.1.3 Pontos de Alagamento e Inundação em Porto Alegre

Eventos de inundação são recorrentes na história de Porto Alegre, sendo relatados em muitas das bibliografias consultadas para a obtenção de dados gerais sobre o município, em publicações específicas e, em textos diversos sobre drenagem urbana.

Para a determinação dos pontos de alagamento e inundação no município de Porto Alegre, já que esses são a especificidade das áreas do município a serem estudadas, foi considerada sua ocorrência sobre vias públicas e sua concentração em área. Atualmente, eventos desse tipo interferem diretamente no fluxo de veículos no ambiente urbano sendo relatados com frequência.

Sendo assim, o levantamento sobre a localização desses pontos foi realizado em dois momentos: primeiramente, foram listados os meses e dias que tiveram índices pluviométricos significativos, igual ou superior a 30 mm. Para isso foram fundamentais os dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a Prefeitura Municipal de Porto Alegre, em especial o Projeto Metroclima- Sistema de Vigilância Meteorológica de Porto Alegre.

A partir da definição das datas nas quais ocorreram esses eventos, foi contatada a Gerência de Fiscalização de Trânsito da Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC), a qual registra diariamente as ações realizadas. O dado disponibilizado por essa gerência refere-se a quais vias (e em que ponto da via), nas datas de referência, tiveram transtornos no trânsito por razão de alagamento na pista.

1.5.1.4 Morfologia Original e Antropogênica de Porto Alegre

A morfologia original foi mapeada apenas nas áreas do entorno das vias selecionadas, onde há concentração dos eventos de inundação e alagamentos. A geomorfologia (MOURA e DIAS, 2012) bem como a morfologia original do município de Porto Alegre (DIAS, 2011), já mapeadas, foram utilizadas como material base para essa pesquisa, sendo aprimoradas a partir do detalhamento das informações, com o aumento da escala de análise.

Compôs o levantamento de dados para esse produto também a revisão das metodologias e aplicações do tema em outros estudos existentes. Foram necessários materiais cartográficos, muitos deles organizados durante o levantamento de dados gerais sobre o município, e dados iconográficos pesquisados a partir da definição dos pontos específicos.

1.5.1.5 Uso e Ocupação das Áreas em Estudo

Para caracterização do uso e ocupação das áreas do entorno das vias selecionadas foram utilizados o Mapa de Uso e Ocupação do Solo (HASENACK, 2008), disponível em arquivo *shapefile*; e imagens de satélite de alta resolução,

através do *software* Google Earth Pro. Foram utilizados também materiais iconográficos disponíveis nos diversos canais de comunicação.

1.5.2 Processamento dos Dados e Elaboração de Mapas

Nesta etapa foram relacionados tecnicamente os dados obtidos na etapa anterior. Foram gerados os documentos que permitiram a análise posterior, tais como mapas, gráficos e tabelas. Foram também confrontadas informações e elaborados os textos preliminares.

1.5.2.1 Área de estudo

Esta etapa consistiu na aplicação de técnicas de geoprocessamento em bases georeferenciadas para obtenção de produtos cartográficos para toda a área do município, em especial os mapas de localização e situação. Foi utilizado o sistema de projeção UTM, com datum WGS84. Para tanto, foram utilizados materiais digitalizados e validados, visando seu uso em sistema de informação geográfica (*software* ArcGis), juntamente com os arquivos já existentes em formato digital.

As demais informações obtidas, que não foram espacializadas em forma de mapas, foram descritas e trabalhadas através de textos preliminares que possam contribuir ao desenvolvimento da pesquisa.

1.5.2.2 Expansão Urbana do Município de Porto Alegre

Os principais resultados obtidos no levantamento de dados e materiais foram reavaliados e organizados de maneira a caracterizar o histórico de expansão urbana do município de Porto Alegre e seu contexto atual. Foram reorganizados os materiais gráficos, incluindo tabelas, gráficos e mapas, com intuito de atender às demandas dessa pesquisa. Os textos foram atualizados com dados mais recentes e com as demais informações obtidas durante a pesquisa.

1.5.2.3 Pontos de Alagamento e Inundação em Porto Alegre

Os pontos de alagamento definidos a partir das datas dos eventos pluviométricos, nas vias onde houve registro de transtorno no trânsito efetuado pela empresa responsável, foram mapeados em escala compatível. Por se tratar de um estudo baseado nas interferências antrópicas sobre os elementos do meio físico e por ser a dinâmica hidrológica um dos importantes pontos da pesquisa, o entorno dos pontos selecionados foi delimitado pela sub-bacia hidrográfica na qual estavam inseridos.

Assim, tem-se um mapeamento com um banco de dados associado, possibilitando a identificação das áreas foco do estudo. Foi utilizado o sistema de projeção UTM, com datum WGS84. Os pontos de alagamento foram digitalizados e o limite da bacia hidrográfica foi fornecido pelo DEP, no Plano Diretor de Drenagem Urbana. Com o arquivo de pontos de alagamento e o arquivo com o limite das bacias hidrográficas do município, foi feita uma combinação para definir em quais bacias hidrográficas havia o maior número de pontos. Para tanto, foi utilizado o *software ArcGis*.

Como foi evidenciado que muitos pontos de alagamento se sobrepunham, para fins de visualização, foi gerado, também com o *software ArcGis*, um modelo de densidade, através do estimador por Kernel no conjunto de pontos (COELHO E GUASSELLI, 2008). O modelo gerado foi utilizado apenas para compor o *layout* final dos mapas, sem influência na seleção das áreas de estudo.

Nesta etapa foram elaborados os textos preliminares sobre os dados obtidos, com intuito de caracterizar as vias, seu entorno e os pontos de ocorrência de alagamento e inundação.

1.5.2.4 Morfologia Original

O mapeamento da morfologia original se baseou no estudo já existente de DIAS (2011), no entanto este se encontra em escala 1:50.000 e precisou ser revisado e detalhado para compatibilizar com a escala maior. Esse detalhamento foi realizado a partir do conjunto de materiais históricos obtidos. O mapeamento da

geomorfologia original foi elaborado com base na classificação metodológica anteriormente exposta.

Para tanto, foi digitalizado o traçado original da drenagem, a partir do georeferenciamento e análise da restituição aerofotogramétrica de 1939, em escala 1:10.000 fornecida pela Secretaria do Planejamento Municipal (SPM), da Planta Topográfica e Orográfica do 4º e 5º Distrito do Município de Porto Alegre, 1896, fornecida pelo Instituto Histórico e Geográfico do Rio Grande do Sul (IHGRGS, 2005) e demais materiais históricos disponíveis. Os dados foram apurados com os materiais auxiliares: fotografias, desenhos, relatos e descrições sobre esses setores do município.

Nesta etapa também foram elaborados os textos preliminares sobre os dados obtidos, para caracterizar o relevo e a morfologia original dos pontos de ocorrência de alagamento e inundação.

1.5.2.5 Uso e Ocupação das Áreas em Estudo

Com base no Mapa de Uso e Ocupação do Solo (HASENACK, 2008), disponível em arquivo *shapefile*; foram analisadas as áreas de estudo. As áreas foram especificadas através de análise de imagens de satélite de alta resolução (software Google Earth Pro), resultando em um mapeamento por quarteirões nas áreas de estudo. Esse mapeamento foi classificado conforme a densidade de construções existentes por lote e no quarteirão.

1.5.2.6 Morfologia Antropogênica das Áreas em Estudo

A geomorfologia de Porto Alegre, já mapeada (MOURA e DIAS, 2012), foi utilizada como material base para essa pesquisa. Esse mapeamento que representa os atuais compartimentos do relevo na escala 1:50.000 foi utilizado para a caracterização atual do relevo e revisado com detalhamento para compatibilizar com a escala maior.

Esperou-se com isso avançar ao quinto táxon das unidades taxonômicas definidas na metodologia descrita anteriormente (ROSS, 1992), que trata das formas de vertente. Entende-se que a compreensão da dinâmica de escoamento

da água está diretamente relacionada à forma das vertentes. Além desses foram mapeadas os elementos areolares e lineares (cortes e aterros, superfícies impermeáveis, canais de drenagem e degraus de corte) que caracterizam as modificações na morfologia original.

Realizou-se esse mapeamento em dois momentos: em gabinete, a partir da verificação de um modelo numérico do terreno a ser elaborado com as curvas de nível com equidistância de um metro, elencadas como material pesquisado na etapa anterior e imagens de satélite. O segundo momento foi o trabalho de campo para aferição dos dados.

1.5.3 Análise e Interpretação dos Resultados

Nesta etapa foi sistematizado o material coletado e analisado em forma de resultados. Compatibilizando os resultados com os objetivos propostos na etapa inicial do projeto. Após a análise da bibliografia, da cartografia, da geomorfologia original e antropogênica e da elaboração dos materiais de apoio, foram relatados os resultados obtidos a partir do confronto dos dados e realizadas constatações com base nesses materiais e nas observações realizadas em trabalhos de campo.

Nesta etapa foram finalizados os mapas, que possibilitaram uma visão espacial da pesquisa, e os textos de análise dos materiais obtidos. Considerações finais a respeito deste estudo objetivaram abranger a compatibilidade com os planos municipais e as perspectivas futuras de expansão do município.

2 EXPANSÃO URBANA DE PORTO ALEGRE

A caracterização histórica e socioeconômica do município de Porto Alegre é aqui apresentada, com intuito de elencar elementos que auxiliem na compreensão da expansão urbana do município e das intervenções antrópicas decorrentes da urbanização.

2.1 PROCESSO HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO DE PORTO ALEGRE

Entendendo que *“um núcleo urbano sofre modificações quantitativas e/ou qualitativas em sua população quando ocorrem modificações quantitativas e/ou qualitativas em suas funções”* (MULLER, 1974 apud SOUZA e MÜLLER, 2007: 11) o processo de urbanização de Porto Alegre sobre o sítio apresentou distintos momentos. É possível identificar essas fases a partir das variações evidenciadas nos fatores populacionais, econômicos, institucionais, locacionais e socioculturais. Sob esse modelo, são sistematizadas para Porto Alegre cinco fases de sua expansão, a saber: ocupação do território; trigo; imigração; industrialização e; metropolização, todas as fases buscam analisar o crescimento urbano (SOUZA e MÜLLER, 2007).

A primeira fase descrita como ocupação do território e formação do núcleo, abrange o período de 1680 a 1772, inicia com a ocupação dos luso-brasileiros, lagunistas e paulistas e com o aumento da população com a vinda dos açorianos. Ocorre em um momento em que Viamão é a capital da província, e se estabelece a pecuária e a agricultura. A região onde hoje é Porto Alegre torna-se então importante por ser um escoadouro da produção da região, em vista do seu porto natural (no lago Guaíba) e por estar localizada na confluência de rios. Soma-se em Porto Alegre a população da Sesmaria de Jerônimo de Ornelas e os açorianos. Sobrepondo-se à capital Viamão pela presença do porto, o núcleo que gerará Porto Alegre registra a sua elevação à freguesia no ano de 1772.

O incremento populacional, a mudança da Capital de Viamão para Porto Alegre, o desenvolvimento da região do Jacuí e o surgimento de novas cidades ao longo desta região, marcam as características da segunda fase, de 1772 a 1820. O crescimento da produção de trigo alavanca o desenvolvimento da economia urbana

de Porto Alegre. Em vista do escoamento da produção, Porto Alegre exerce funções portuária, administrativa e militar com a criação de serviços e equipamento de defesa. No ano de 1810, Porto Alegre é elevada à vila, o porto realizava exportações e importações oportunizadas pelo surgimento de um mercado nacional e pelo desenvolvimento da pecuária como atividade comercial (na Campanha gaúcha). O núcleo urbano ainda se reduzia à península de Porto Alegre, atual área central, sem as áreas de aterro atualmente existentes.

Uma terceira fase é marcada pelo aumento populacional a partir das migrações (1820 a 1890). A chegada e estabelecimento dos imigrantes alemães e italianos favoreceram o aumento da produção agrícola, do policultivo em resposta à decadência do trigo. Os imigrantes alemães se estabeleceram no vale do Jacuí, ao longo dos rios tributários de Porto Alegre e os italianos nos divisores de água dos rios Caí e Taquari. A criação desses novos núcleos favoreceu o desenvolvimento da navegação fluvial e a criação de estrada de ferro para a região colonial (a partir de 1869).

No entanto, durante a Revolução Farroupilha, o porto fica fechado iniciando um período de estagnação econômica, na qual a cidade passa a ser abastecida pela colônia, incentivando o surgimento de eixos de ligação internos. Porto Alegre passa por um aumento populacional, em 1822 torna-se cidade e sede da comarca, tem seus limites urbanos estendidos, mas em vista da situação de guerra, cria-se em 1835 um cerco à capital (muros). Ao final da Revolução Farroupilha, a partir de 1850, o porto retoma as atividades de exportação e importação e acelera-se o desenvolvimento urbano através de serviços e equipamento.

A quarta fase caracterizada pela industrialização (1890 a 1945) abrange o período no qual ocorreram as duas grandes guerras mundiais, favorecendo o desenvolvimento de manufaturas locais em detrimento das importações. A partir da especialização agrícola, do maior desenvolvimento, da expansão da estrada de ferro e da criação da agroindústria na colônia, deu-se o desenvolvimento de uma indústria voltada para o interior e do desenvolvimento comercial, com aumento de capital. A mão de obra passa da tradicional artesanal para a de imigrantes industriais (população alemã). Em virtude dessas modificações há um incremento nos equipamentos e serviços urbanos, mudando a fisionomia da cidade. O porto apresenta maior movimento que o porto de Rio Grande, sendo construído o novo

Porto Mauá (1918). São feitas grandes obras e Porto Alegre passa a exercer, além das funções já conquistadas, a função industrial, comercial e de prestação de serviços.

Um quinto e último período é marcado pela metropolização (de 1945 à atualidade), quando a expansão industrial busca caminhos de maior acessibilidade para a região sudeste do país. A instalação das indústrias acompanha esses caminhos, seguida pela ocupação urbana, configurando-se eixos através dos quais novos núcleos se desenvolvem. Assim as áreas de influência de Porto Alegre extrapolam seus limites político administrativos, exigindo estratégias de gerenciamento ainda desconhecidas. Cria-se um órgão metropolitano, tendo Porto Alegre como polo de centralidade dos municípios vizinhos. A industrialização diminui no município, apresentando tendências de se estabelecer na região metropolitana. O abastecimento da cidade é externo, amplia-se e se diversifica a prestação de serviços, há um crescimento da população e um aumento da população de baixa renda. Observa-se a zona norte e nordeste da cidade mais intensamente ocupada, caracterizada por uma população basicamente operária e comercial. A zona central densamente habitada dividindo, contudo, o seu território com o comércio. Configura-se a expansão para a zona sul, principalmente ao longo das margens do lago Guaíba.

As tendências para Porto Alegre apontam para que a função portuária – origem da cidade – permaneça válida, porém pouco significativa, em razão do predomínio do modal rodoviário, apoiado ainda que de forma incipiente pelo ferroviário. A prestação de serviços tende a se especializar, oferecendo pessoal técnico altamente especializado, em âmbito universitário e empresarial.

Pode-se observar, portanto, que a ocupação do município de Porto Alegre se deu principalmente em decorrência de um fator locacional: o porto. Ao analisar o processo histórico de ocupação de Porto Alegre percebe-se o aproveitamento das vantagens que o meio físico ofereceu, tais como a localização do porto e a ocupação da área de colinas, atual centro histórico, que permitiam um ponto de observação em relação ao porto. (AB'SÁBER, 1965).

Como a atividade humana modifica os aspectos naturais dos ambientes que ocupa, em Porto Alegre pode-se observar a apropriação desses espaços e as adaptações realizadas nos mesmos para atender às necessidades da cidade. À

medida que passaram a existir possibilidades técnicas para tais modificações, os elementos do meio físico ofertados no sítio urbano passam a ser amplamente demandados (HAUSMAN, 1963).

Em decorrência da expansão urbana algumas modificações merecem destaque, como as áreas de aterro sobre o lago Guaíba. As primeiras obras de aterro em Porto Alegre datam de 1855, com a ocupação da Ponta da Cadeia, para construção do cárcere, seguindo-se no mesmo ano o aterro para a abertura da rua Sete de Setembro. Além dessas, as obras de drenagem das áreas alagadiças e a canalização de arroios, a exemplo a da retificação e desvio do Riacho (arroio Dilúvio) nas primeiras décadas do século XX (HAUSMAN, 1963).

Com o aumento da população, as modificações na economia, os melhoramentos técnicos, e as novas necessidades que foram se desenhando no quadro urbanístico do município, diversas intervenções, em diferentes escalas, foram realizadas. Possibilitando, que nos quase 300 anos, desde o início da ocupação desse espaço, a população pudesse sair do confinamento das áreas de altitudes intermediárias (suficientes para não serem inundadas, entretanto com declividades possíveis de serem alcançadas), para alcançar morros de altitudes medianas e as diferentes planícies do município.

2.2 CRESCIMENTO URBANO E A DINÂMICA POPULACIONAL

Podem-se perceber momentos significativos da expansão urbana do município de Porto Alegre se analisados os dados do crescimento da população (Gráfico 1). Segundo os dados populacionais descritos por Hausman (1963), as primeiras ocupações de Porto Alegre, anteriores à posse de suas terras por Jerônimo de Ornelas (1740), consistiam em aproximadamente 400 pessoas, que formavam um agrupamento de pescadores na foz original do arroio Dilúvio, antiga praia do Riacho, atualmente Avenida Loureiro da Silva.

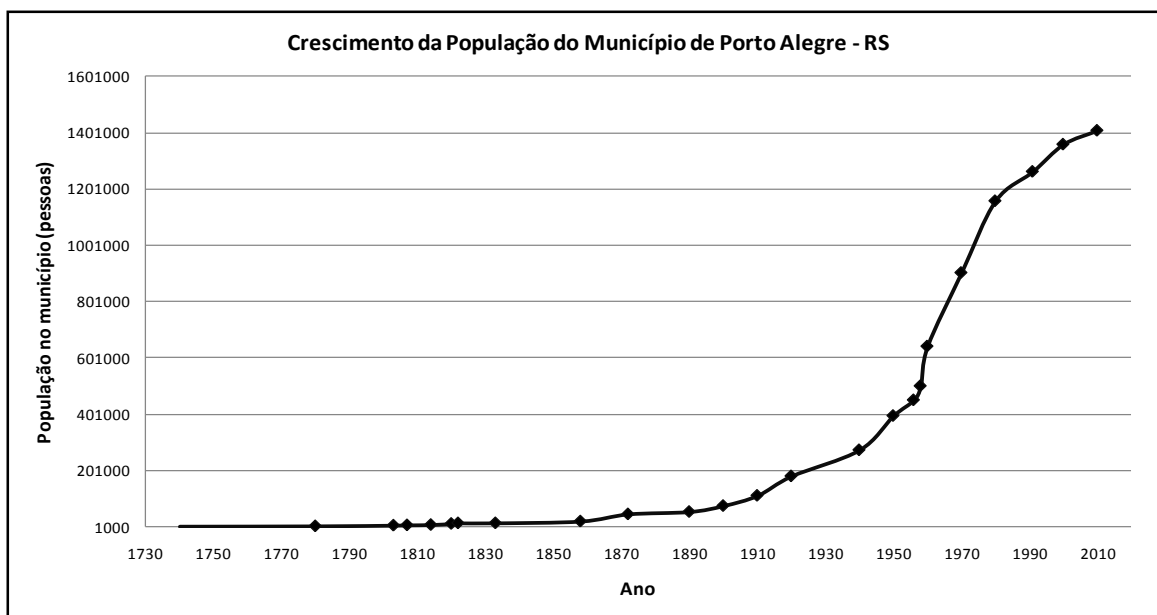


Gráfico 1: Crescimento da população do município de Porto Alegre no período de 1780 a 2010. Fonte dos dados: Hausman, 1963 e IBGE, 2013

Em 1780, o povoado sai da planície junto ao arroio Dilúvio e começa a alcançar cotas mais elevadas nas colinas da área central de Porto Alegre, com um total aproximado de 1.500 pessoas, e com a primeira indústria do município: a olaria. Por tornar-se um centro comercial, exportando os produtos das localidades próximas, houve o primeiro incremento populacional de maior magnitude, em 1803 a população passa dos 1.500 habitantes para 3.900 e logo para 5.000 em 1807.

Em 1814 a população era de 6.000, representando uma estagnação em relação ao acelerado crescimento dos anos anteriores. Em 1820 a população correspondia a 10.000 pessoas. Em suas descrições sobre o município Saint-Hilaire relata a construção dessas moradias sobre o compartimento do relevo com formas em colinas, ao descrever as casas da época afirma: “São pequenas, mas bem conservadas e sempre construídas sobre as elevações do terreno” (SAINT-HILAIRE, 1987: 27). Até 1833 a população aumentou de forma lenta. Naquele ano o número aproximado era de 12.200 habitantes, o que representa pouco mais de 2.000 habitantes em 13 anos.

A taxa de crescimento populacional permanece aquém dos períodos iniciais até 1858, quando a população era de 18.500, mantendo o crescimento lento e gradual. E embora esse aumento populacional ocorresse, não representava um grande crescimento em áreas ocupadas. Até 1845 o centro da cidade permanece

murado (defesa) e as áreas para expansão corresponderam à dinâmica de agregação de novas porções junto ao centro, através dos aterros que iniciam nesse período.

Em 1872, com o término da guerra com o Paraguai que eclodira em 1864 há um crescimento bastante acentuado da população, passando para 43.998 e em 1890 para 52.421, seguindo em 1900 para 73.674 (IBGE, 2013). Neste período além do término dos conflitos no território do Rio Grande há também o incremento populacional migrante. Com o aumento da população, a ocupação espacial começa a expandir-se, marcada sob forte influência da topografia. Conforme afirma Hausman (1963:14):

A topografia continua influenciando na expansão urbana. A assimetria das encostas continua a influir de forma marcante. O alongamento das cristas em direção Sw-Ne, apresenta um declive, em geral mais suave para norte, verificando-se aí o povoamento mais intenso nessas encostas.

Em 1910 a população é de 110.000, com uma espacialização mais desenhada, representando zoneamentos mais definidos. Devido a fatores econômicos e ao quadro político da época, a década seguinte (1920) foi marcada por um grande incremento na população: aproximadamente 180.000 habitantes ocupavam Porto Alegre. Nas décadas subsequentes esse aumento manteve-se elevado, em 1940 a população era de 272.232, em 1950 correspondia a 394.151, um aumento de praticamente 120.000 pessoas em uma década.

A partir da década de 1950 o crescimento urbano assume um ritmo bastante acentuado. Em 1956 a população passa a 450.000 habitantes, em 1958 a 500.000, chegando a 641.173 no ano de 1960. Marcando, a partir desse período, uma organização sobre a expansão urbana, definida através de diversas políticas de melhoramento da cidade, com o objetivo de obter infraestruturas que permitissem o seu crescimento espacial sobre áreas anteriormente não ocupadas devido a diversos fatores, tais como: acentuada declividade, recorrência de inundação, falta de acesso.

De acordo com os pressupostos descritos por Santos e Silveira (2008) como período técnico-científico-informacional, a partir da década de 1970 ocorre a construção e reorganização desses espaços, atribuindo a essas dinâmicas ciência, técnica e informação que remodelam o território. A população total cresce de forma

acentuada até 1970, quando a população de Porto Alegre conta com 903.175 habitantes. E nas décadas seguintes esse crescimento assume taxas menos expressivas, mas ainda positivas. A partir da década de 1980 a população urbana cresce e apresenta números expressivos, como em muitos outros municípios do país, o caráter urbano passa a prevalecer em relação ao rural. A população em 1980 era de 1.158.709, seguindo para 1.263.239 habitantes em 1991, 1.360.033 em 2000 e em 2010, Porto Alegre contava com 1.409.351 habitantes todos considerados em situação urbana.

2.3 A EXPANSÃO URBANA DE PORTO ALEGRE SOBRE OS COMPARTIMENTOS DO RELEVO

A partir do Mapeamento Geomorfológico de Porto Alegre (MOURA e DIAS, 2012) é possível conhecer os mecanismos de funcionamento dos diversos compartimentos do relevo, com intuito de contextualizá-los com a expansão urbana do município. Para tanto, os padrões de relevo podem ser divididos como modelados de dissecação e de acumulação. O modelado de dissecação inclui os padrões em forma de morros e colinas e o modelado de acumulação inclui os padrões em forma de planícies e patamares planos. Entende-se por modelados de dissecação aqueles nos quais predomina a morfodinâmica erosiva e modelados de acumulação aqueles nos quais ocorre predominantemente a morfodinâmica de deposição de sedimentos.

A morfodinâmica natural dos modelados de dissecação denota processos nos quais o escoamento superficial predomina em relação à infiltração (FUJIMOTO, 2008). Quando alterada pela urbanização a morfodinâmica passa a ser antropogênica, essa intensifica os processos que já ocorriam de forma natural e interfere naqueles que eram predominantes. Quando ocupadas, essas áreas sofrem o redirecionamento da drenagem, com diminuição significativa da capacidade de infiltração, em virtude da impermeabilização do solo. O escoamento superficial difuso é reduzido, intensificando o escoamento superficial concentrado, principalmente nas baixas vertentes.

A morfodinâmica natural dos modelados de acumulação tem predomínio dos processos de infiltração e escoamento subsuperficial. A ocupação dessas áreas

compacta, edifica e pavimenta as superfícies, levando a consequente impermeabilização pela ação antrópica. Essas ações diminuem a capacidade de infiltração, acelerando o processo de escoamento superficial neste modelado. Dessa forma passa a ocorrer de forma mais intensa o transporte de materiais. Junto aos cursos d'água podem acontecer solapamentos das margens e o transporte dos sedimentos que formarão bancos de deposição nas áreas mais baixas e nos fundos dos vales, interferindo na dinâmica fluvial.

Ao longo do processo de expansão urbana do município de Porto Alegre diversos compartimentos do relevo foram ocupados, conforme existisse a necessidade de novas áreas e técnicas que permitissem sua ocupação. Nesse sentido, acompanhando o crescimento do número de indivíduos na população a extensão da ocupação também aumentou, sendo possível verificar sobre quais modelados do relevo foi predominante em cada período, bem como as principais consequências para a morfodinâmica dessas áreas.

A população de Porto Alegre ocupou de forma gradativa seu território. A área efetivamente ocupada passou de menos de 1% no período de **1772 a 1820**, quando ainda representava apenas um agrupamento de habitantes na área da península (atual Centro Histórico), para mais de 45% da área municipal (Gráfico 2). Essa expansão configura-se como um marco sobre um sítio urbano considerado complexo e de difícil instalação.

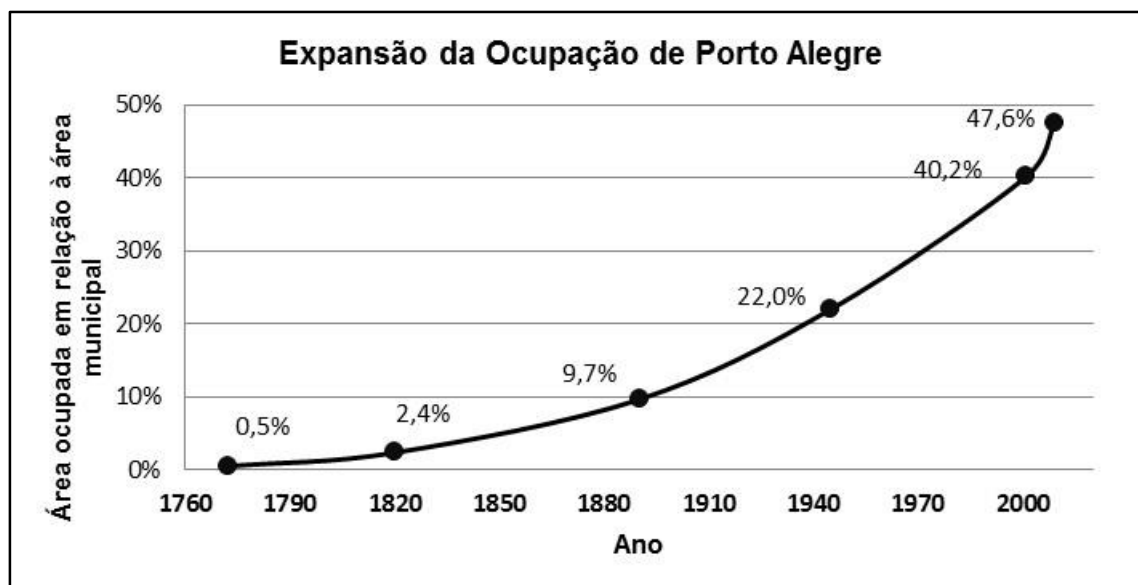


Gráfico 2: Expansão da ocupação no município, área ocupada em relação à área municipal.

Em vários textos da literatura a respeito do município a complexidade do sítio urbano é destacada. Evidenciando, em muitos, que a expansão urbana mostrava-se condicionada ao relevo. Como afirma Hausman (1963: 8) ao tratar da expansão dos bairros de Porto Alegre: *“Verifica-se a progressão mais ou menos igual dos bairros, em direção à periferia dos limites municipais, em forma de semicírculo, cujo avanço fica limitado às condições impostas pelo relevo”*. Ainda que com tendência determinista essa afirmação é recorrente e característica do período inicial da ocupação de Porto Alegre.

Segundo Ab'Saber (1965:07-08):

O povoamento urbano penetrou maciço a dentro, até encontrar a barreira representada pelos paredões mais íngremes da porção central do próprio maciço (220 – 300m), abrangendo nesta marcham planícies aluviais e morros de nível intermediário (80 – 130m) [...]

Ali, porém, onde as planícies rapidamente se afunilam ou desaparecem e, onde os morros mais elevados do nível intermediário cedem lugar às ladeiras dos altos morros, o povoamento foi obrigado a perder a continuidade, repartindo-se ou se digitando por entre os vales e “passos” que seccionam os altos morros, ou, insinuando-se pelos largos colos que dão ligação com outras unidades do relevo.

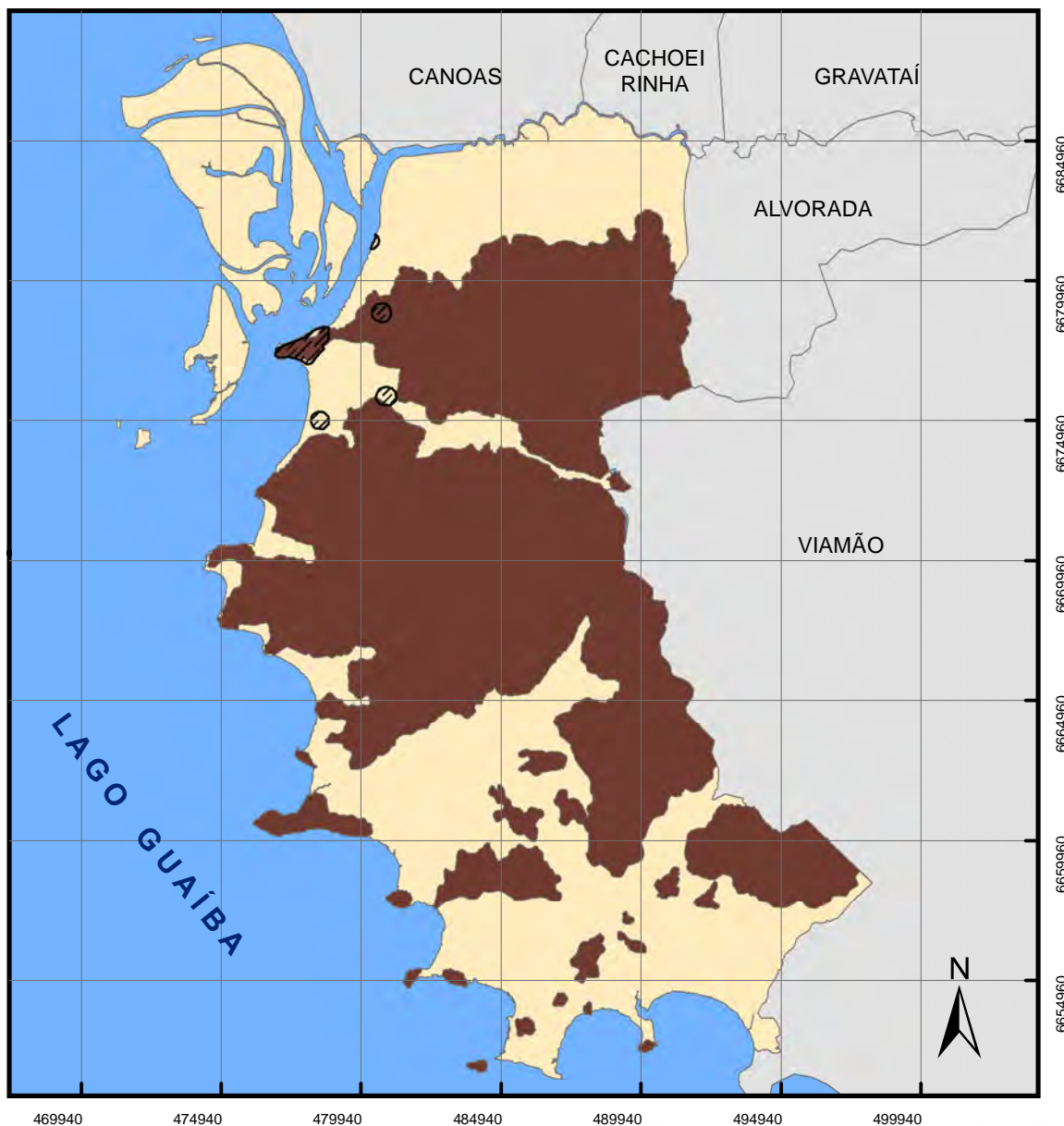
Essa expansão ocupava inicialmente apenas a área de península de Porto Alegre, conforme se pode analisar no Mapa 1. Ocupando uma área de cerca de 2,5 km² do município, correspondendo a menos de 1% de sua área total. A ocupação dava-se predominantemente nas áreas de modelado de Dissecação, especialmente no Padrão em Forma de Colinas, embora existissem alguns pequenos povoamentos, chamados de Arraiais nas imediações, ocupando por vezes, áreas de modelados de acumulação, esses ainda eram incipientes e desvinculados da área central do município. Com isso a distribuição da área ocupada em relação ao modelado do relevo, mostra o predomínio da localização sobre o modelado de dissecação, conforme se pode interpretar no gráfico do Mapa 1, sendo 38,0% da área ocupada localizada em padrões de relevo com ocorrência dos processos de acumulação e 62,0% nas áreas de dissecação do relevo.

A fase de **1820 a 1890** marca um período de expansão considerável, assumindo aproximadamente 10km² de área ocupada, representando mais de 2% da área do município, ligando os arraiais à área central. Neste período a diferença




entre a ocupação do modelado de acumulação e dissecação diminui, demonstrando um avanço da população sobre as áreas de planas do relevo, conforme observa-se no Mapa 2.

Com essa expansão urbana, dos aproximados 10 km² ocupados, 46,5% eram áreas de modelados de acumulação e 53,5% modelados de áreas de dissecação do relevo. Esse avanço sobre as áreas mais planas do relevo está relacionado à facilidade de acesso e a ligação entre os arraiais e a área central do município, que se dava predominantemente por caminhos seguindo o curso dos arroios, sendo então suscetíveis a ação das inundações e dos demais processos que operam nesse tipo de modelado.

No período seguinte, entre **1890 a 1945**, o incremento em tecnologias, principalmente vinculadas ao transporte, faz com que a população pudesse alcançar cotas mais elevadas do terreno, evidenciando que 38,9% das áreas ocupadas ocorriam em modelados de acumulação e 61,1% nos modelados de dissecação, retomando o padrão do primeiro período analisado (Mapa 3). De 1890 a 1945 a mancha urbana representa 45,42 km² do município, o que confere um percentual de áreas ocupadas superior a 9% da área total.

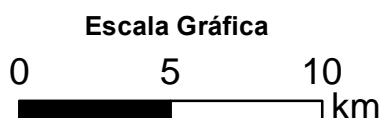


LEGENDA

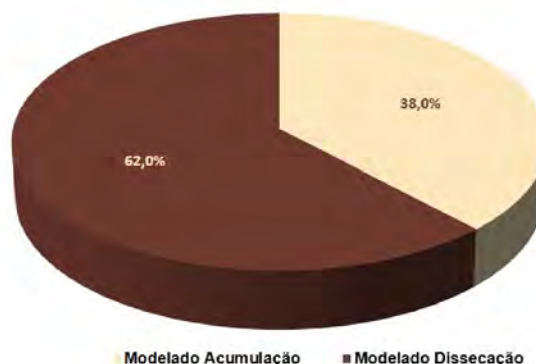
-  Ocupação Urbana de 1772 a 1820
-  Modelado de Acumulação
-  Modelado de Dissecação

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

-  Municípios Limítrofes*

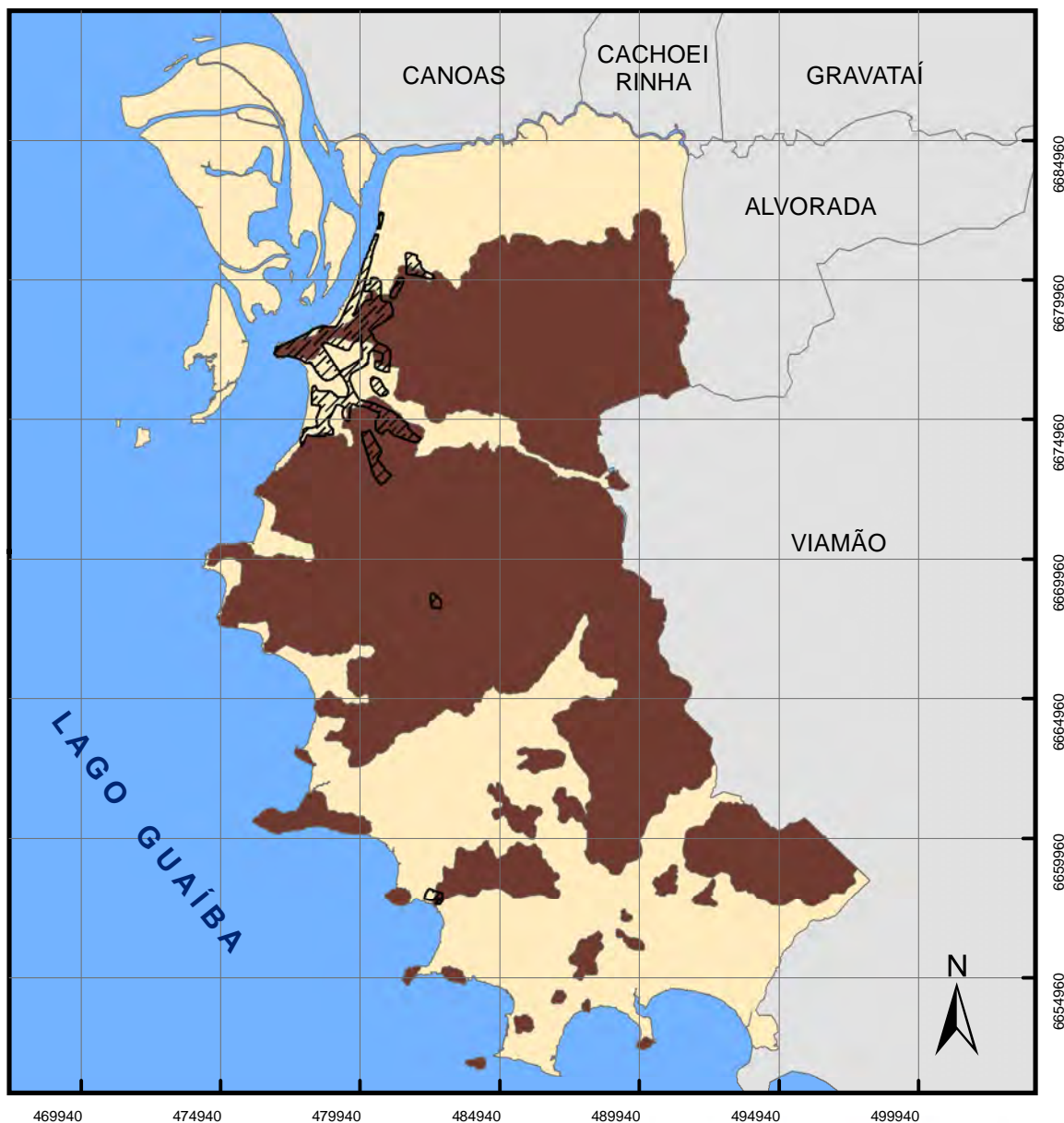


ÁREA OCUPADA EM RELAÇÃO AO MODELADO DO RELEVO - 1772 A 1820



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
**ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES NA MORFOLOGIA ORIGINAL E NA DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA
 EM ÁREAS ALAGÁVEIS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE – RS**

TÍTULO MAPA DA OCUPAÇÃO URBANA DE PORTO ALEGRE DE 1772 A 1820		MAPA 01	
Fonte: Moura e Dias, 2012; Dias, 2011; Hasenack, 2008; Souza e Müller, 2007; Menegat, 1998. Elaboração: Tielle Soares Dias * Limite Municipal Atual - Fonte: IBGE, 2010	Sistema Geodésico WGS 84 Projeção UTM Fuso 22S	DATA Out/2013	ESCALA 1:250.000



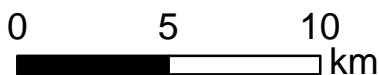
LEGENDA

- Ocupação Urbana de 1820 a 1890
- Modelado de Acumulação
- Modelado de Dissecação

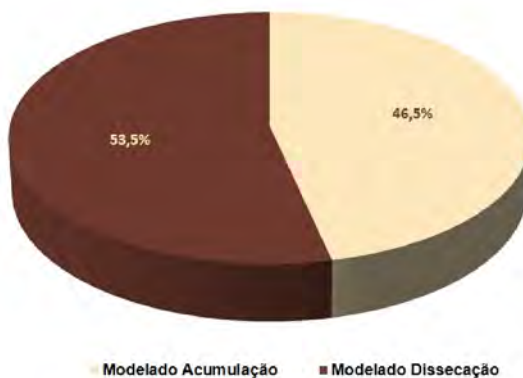
CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Municípios Limítrofes*

Escala Gráfica

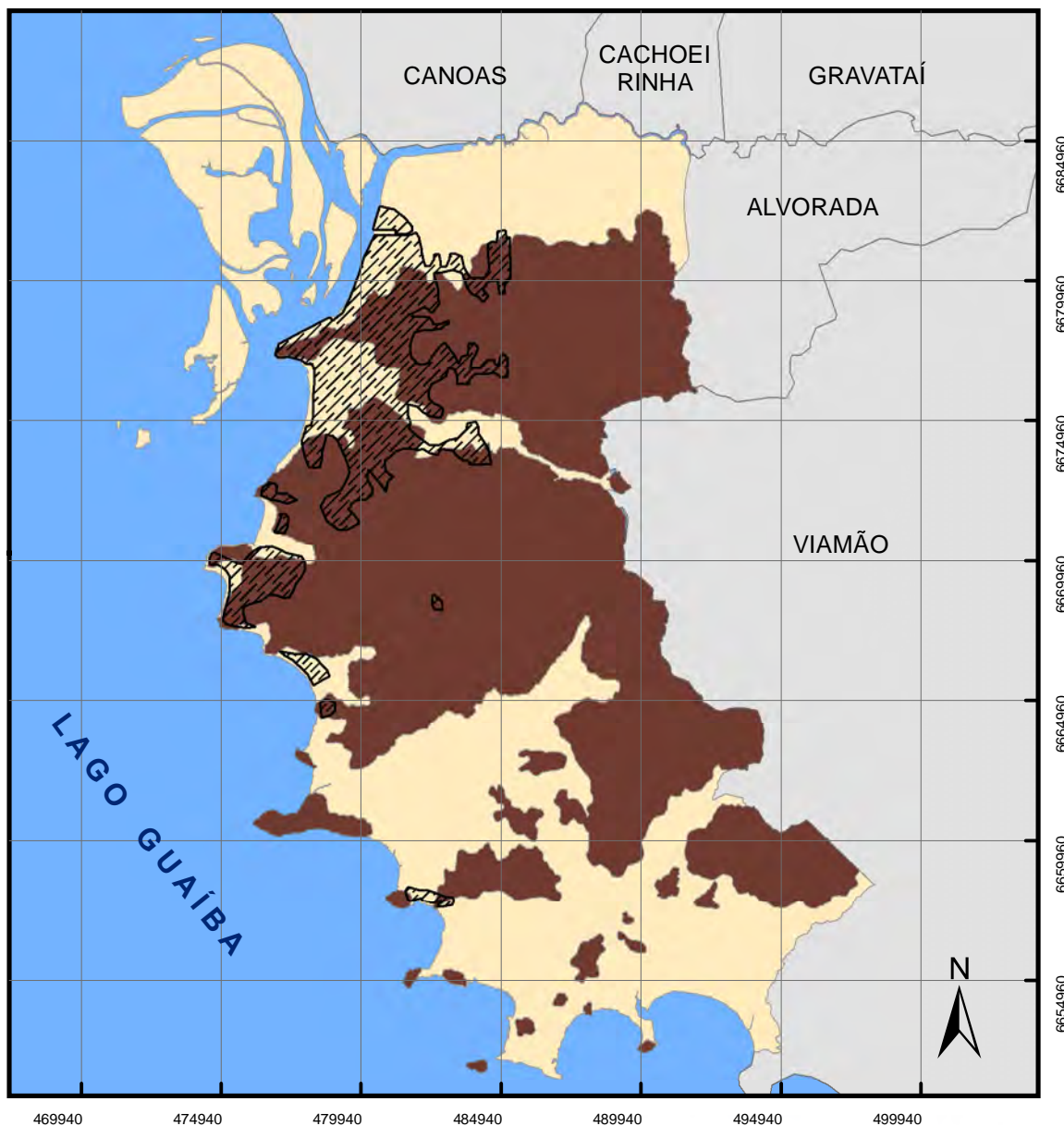


ÁREA OCUPADA EM RELAÇÃO AO MODELADO DO RELEVO - 1820 A 1890



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
**ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES NA MORFOLOGIA ORIGINAL E NA DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA
 EM ÁREAS ALAGÁVEIS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE – RS**

TÍTULO MAPA DA OCUPAÇÃO URBANA DE PORTO ALEGRE DE 1820 A 1890		MAPA 02
Fonte: Moura e Dias, 2012; Dias, 2011; Hasenack, 2008; Souza e Müller, 2007; Menegat, 1998. Elaboração: Tielle Soares Dias * Limite Municipal Atual - Fonte: IBGE, 2010	Sistema Geodésico WGS 84 Projeção UTM Fuso 22S	DATA Out/2013 ESCALA 1:250.000

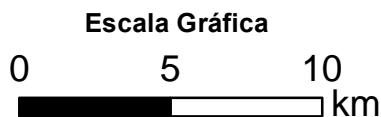


LEGENDA

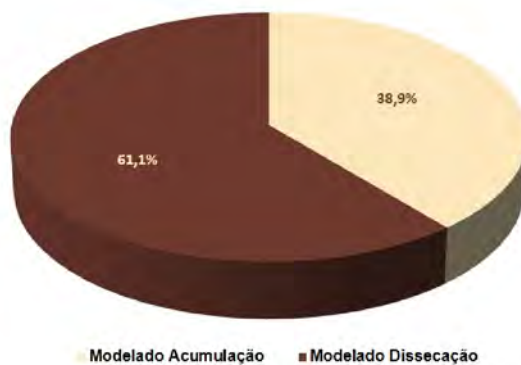
- Ocupação Urbana de 1890 a 1945
- Modelado de Acumulação
- Modelado de Dissecação

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Municípios Limítrofes*



ÁREA OCUPADA EM RELAÇÃO AO MODELADO DO RELEVO - 1890 A 1945



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
**ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES NA MORFOLOGIA ORIGINAL E NA DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA
 EM ÁREAS ALAGÁVEIS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE – RS**

TÍTULO MAPA DA OCUPAÇÃO URBANA DE PORTO ALEGRE DE 1890 A 1945		MAPA 03	
Fonte: Moura e Dias, 2012; Dias, 2011; Hasenack, 2008; Souza e Müller, 2007; Menegat, 1998. Elaboração: Tielle Soares Dias * Limite Municipal Atual - Fonte: IBGE, 2010		Sistema Geodésico WGS 84 Projeção UTM Fuso 22S	DATA Out/2013 ESCALA 1:250.000

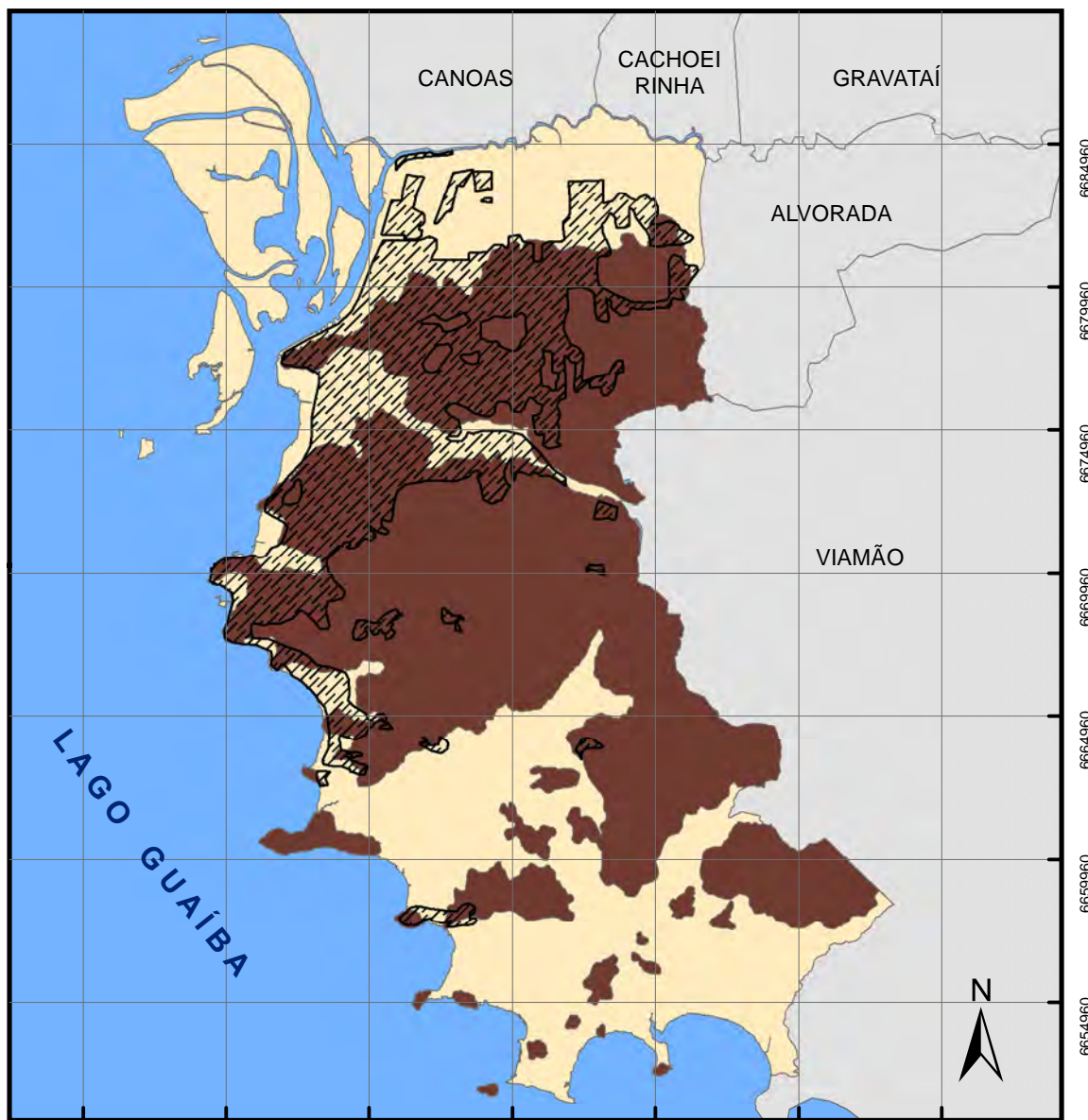
Segundo Hausman (1963) no ano de 1896 já eram encontradas ocupações de meia encosta, subindo até a cota dos 50m, o que representa um avanço significativo sobre as áreas de colinas do município, uma vez que essas apresentam altitudes médias nesta faixa (20 a 60m). As áreas mais planas e baixas do relevo ainda nesse período são suscetíveis as inundações fazendo com que haja a preferência pela ocupação das áreas mais elevadas. Os bairros começam a formarem-se pela conurbação dos arraiais, deixando entre eles áreas desocupadas, devido às altitudes e às inundações.

De **1945 até 1979** a mancha urbana é de 104 km², o que representa mais de 20% da área do município. Este período é caracterizado pelas grandes obras de infraestrutura que permitiram a ocupação efetiva de muitas áreas, antes impróprias, ou que apresentavam perigo à ocupação (Mapa 4).




O saneamento de áreas mais deprimidas do relevo permitiu a ocupação das planícies, que antes eram periodicamente inundadas durante o período de chuvas intensas. Essas áreas, segundo Hausman (1963), eram ocupadas esparsamente por populações de mais baixa renda, tornando-as vulneráveis a esses processos. No entanto, as políticas públicas para esses locais possibilitaram sua valorização e a efetiva ocupação dessas áreas.

Mesmo assim, o avanço sobre as áreas elevadas também foi evidente, além da expansão e consolidação da ocupação das colinas por serem áreas suavemente onduladas. Segundo Hausman (1963), os morros passaram a ser ocupados, predominantemente em suas cotas mais baixas (até 100m), mas por configurarem passagem para áreas mais ao sul do município, começaram a ter também suas encostas ocupadas.

A ocupação do modelado de dissecação permanece elevada em detrimento do modelado de acumulação, das áreas ocupadas do município 67,7% são áreas de dissecação do relevo, contra 33,3% de áreas de acumulação. Mesmo que não representativo nessas comparações, a reconfiguração da orla do lago Guaíba, com os sucessivos aterros e a canalização do arroio Dilúvio, possibilitaram a extensão da ocupação e melhoria da circulação no Centro da Capital.



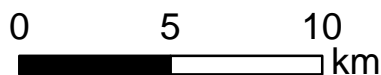
LEGENDA

-  Ocupação Urbana de 1945 a 1979
-  Modelado de Acumulação
-  Modelado de Dissecação

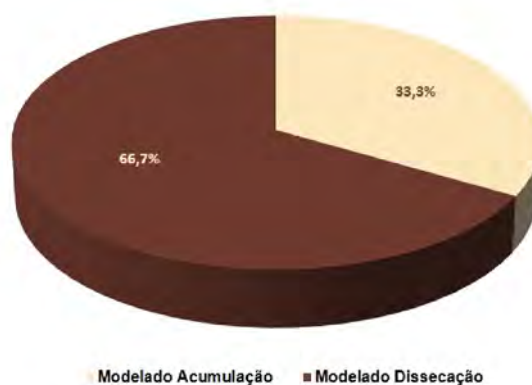
CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

-  Municípios Limítrofes*

Escala Gráfica



ÁREA OCUPADA EM RELAÇÃO AO MODELADO DO RELEVO - 1945 A 1979



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
**ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES NA MORFOLOGIA ORIGINAL E NA DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA
 EM ÁREAS ALAGÁVEIS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE – RS**

TÍTULO MAPA DA OCUPAÇÃO URBANA DE PORTO ALEGRE DE 1945 A 1979		MAPA 04	
Fonte: Moura e Dias, 2012; Dias, 2011; Hasenack, 2008; Souza e Müller, 2007; Menegat, 1998. Elaboração: Tielle Soares Dias * Limite Municipal Atual - Fonte: IBGE, 2010	Sistema Geodésico WGS 84 Projeção UTM Fuso 22S	DATA Out/2013	ESCALA 1:250.000

Segundo Hausman (1963: 17):

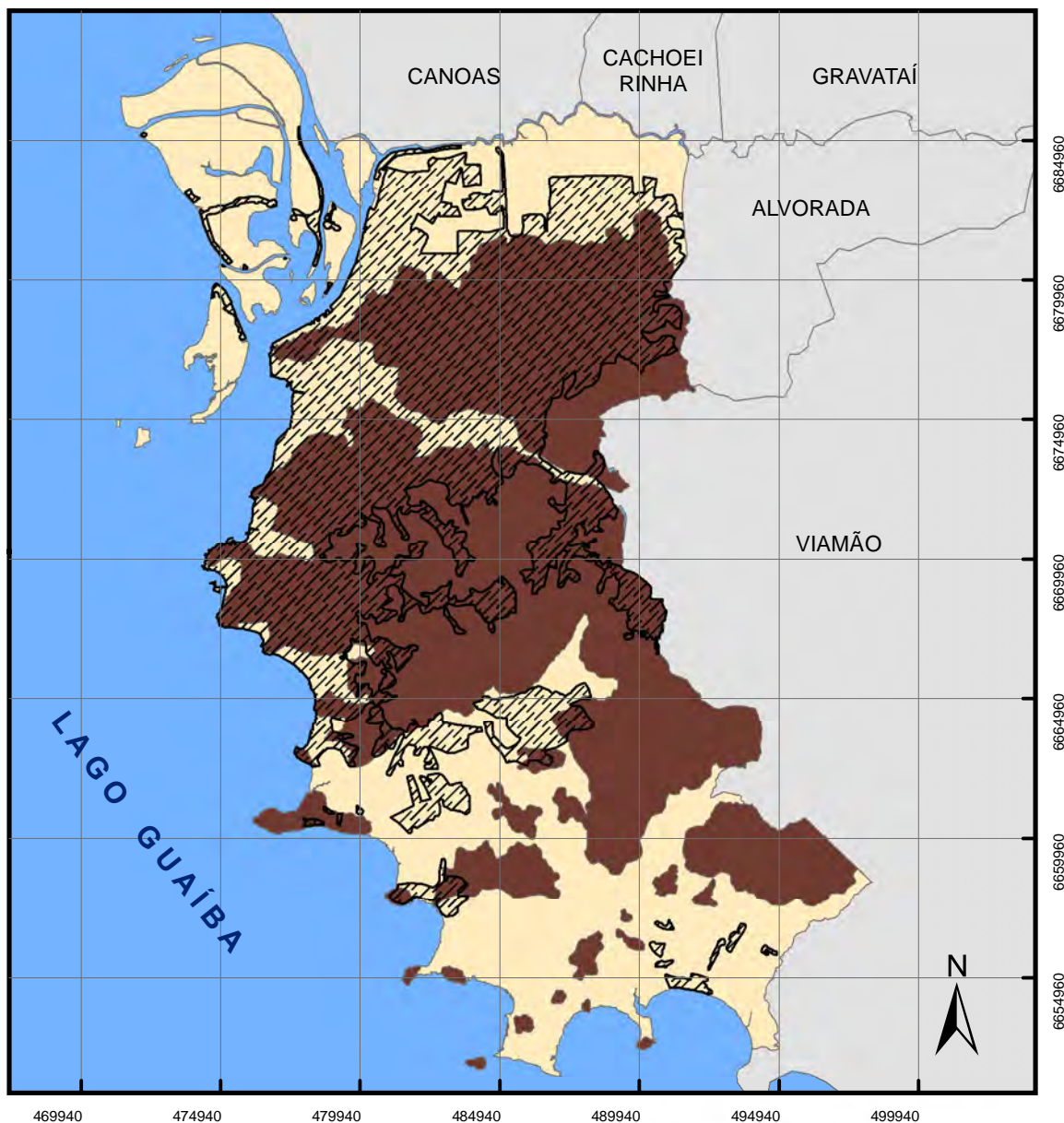
Com esses melhoramentos a expansão espacial da cidade acelera-se permitindo ao mesmo tempo a ocupação de terraços cada vez mais elevados, o que redundou em uma compactação da cidade pelo desaparecimento das áreas anacumênicas mais centrais. Ao mesmo tempo que sobem as colinas, a drenagem das partes baixas, principalmente pela retificação e desvio do Riacho, torna habitável uma extensa área de planície que passa a ser ocupada rapidamente.

Já com a formação concisa da área central e da ocupação do norte do município a população começa seus caminhos por entre os morros, na tentativa de alcançar a zona sul. Essa expansão ocorre, preferencialmente, pelas planícies e pelos morros de altitudes mais modestas, permanecendo os topos dos morros mais elevados e as áreas de declividades mais acentuadas, como áreas livres de ocupação.




De **1979 a 2001** a mancha urbana passou para cerca de 190 km², aproximadamente 40% da área do município (Mapa 5). Nessa área, 35,4% era representado por modelados de acumulação e 64,6% por modelados de dissecação. Caracterizando uma ocupação extensiva de praticamente todos os padrões de formas do relevo.

Importante destacar que o pequeno decréscimo na proporção de ocupação dos modelados de dissecação e o conseqüente aumento da proporção da ocupação dos modelados de acumulação referem-se a algumas mudanças significativas, que são: o aumento das áreas de planície através das áreas de empréstimo do lago Guaíba (aterros); a ocupação ainda que incipiente de alguns padrões de formas do relevo, tais como as planícies na zona sul do município e a planície deltaica.

No período mais recente, de **2001 a 2010**, a ocupação obteve um crescimento significativo, representando uma verticalização na sua curvatura de crescimento. Esse fenômeno é espacialmente medido pela mancha urbana que, atualmente representa 223,59 km² de áreas ocupadas no município, o que significa 46,94% da área de Porto Alegre (Mapa 6).

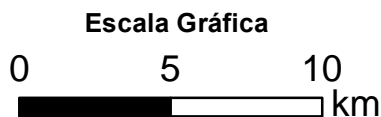


LEGENDA

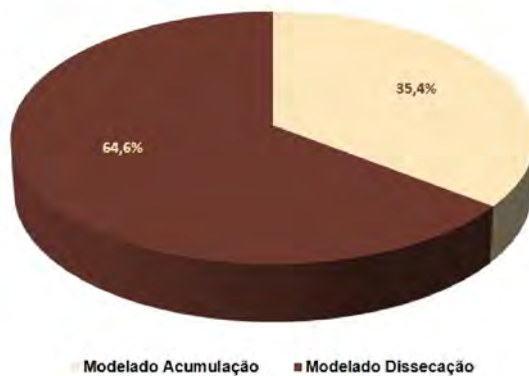
-  Ocupação Urbana de 1979 a 2001
-  Modelado de Acumulação
-  Modelado de Dissecação

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

-  Municípios Limítrofes*

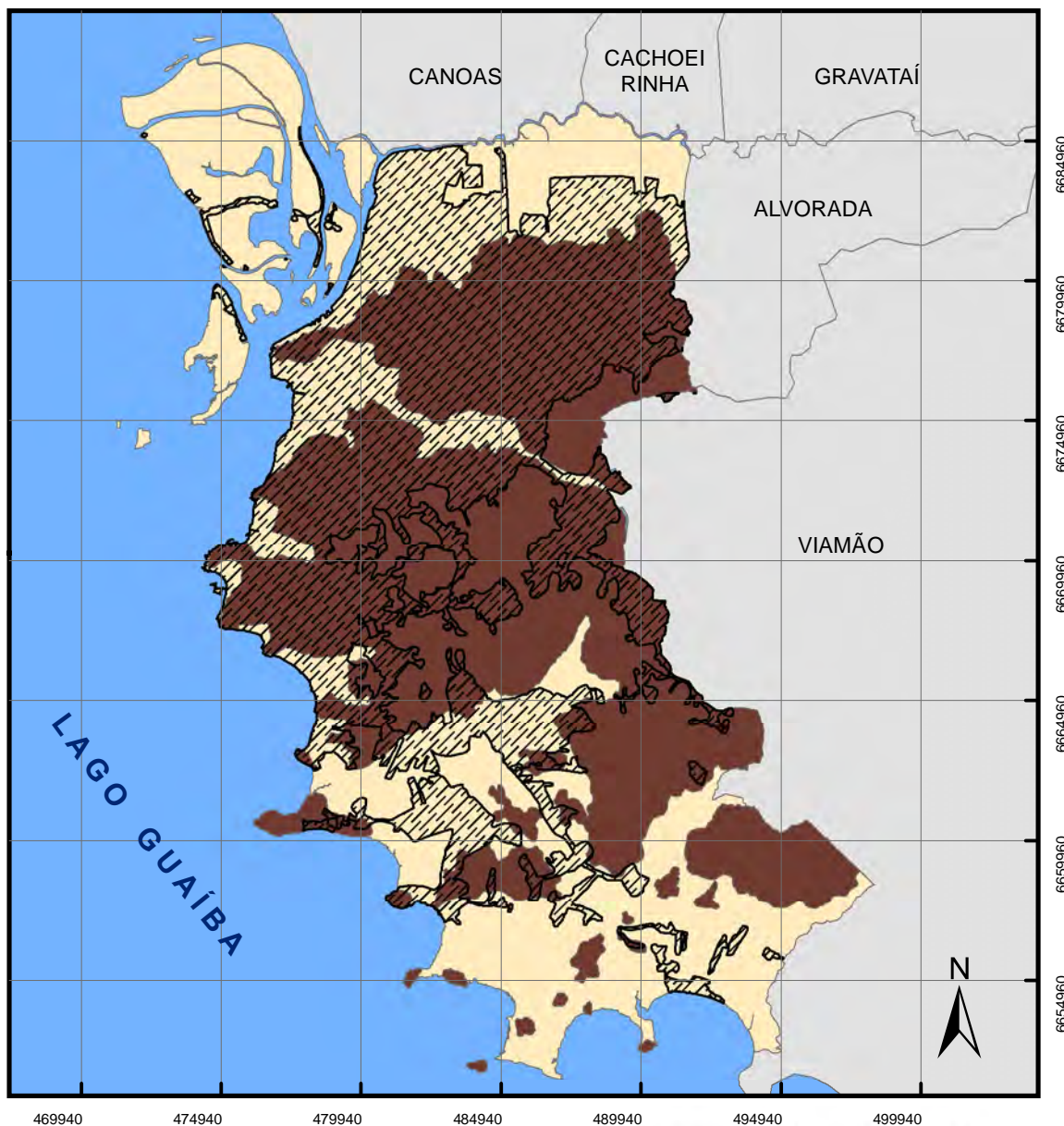


ÁREA OCUPADA EM RELAÇÃO AO MODELADO DO RELEVO - 1979 A 2001






UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
**ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES NA MORFOLOGIA ORIGINAL E NA DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA
 EM ÁREAS ALAGÁVEIS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE – RS**

TÍTULO MAPA DA OCUPAÇÃO URBANA DE PORTO ALEGRE DE 1979 A 2001		MAPA 05	
Fonte: Moura e Dias, 2012; Dias, 2011; Hasenack, 2008; Souza e Müller, 2007; Menegat, 1998. Elaboração: Tielle Soares Dias * Limite Municipal Atual - Fonte: IBGE, 2010	Sistema Geodésico WGS 84 Projeção UTM Fuso 22S	DATA Out/2013	ESCALA 1:250.000



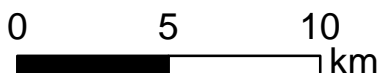
LEGENDA

-  Ocupação Urbana de 2001 a 2010
-  Modelado de Acumulação
-  Modelado de Dissecação

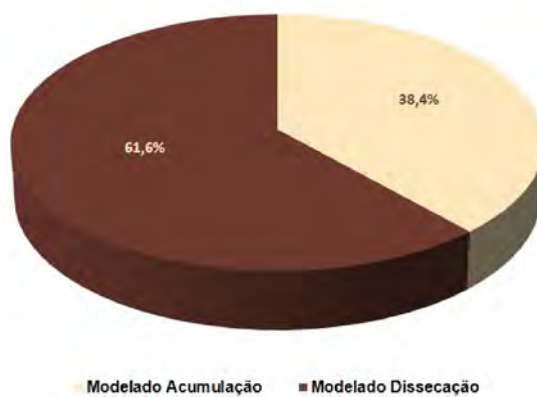
CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

-  Municípios Limítrofes*

Escala Gráfica



ÁREA OCUPADA EM RELAÇÃO AO MODELADO DO RELEVO - 2001 A 2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
**ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES NA MORFOLOGIA ORIGINAL E NA DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA
 EM ÁREAS ALAGÁVEIS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE – RS**

TÍTULO MAPA DA OCUPAÇÃO URBANA DE PORTO ALEGRE DE 2001 A 2010		MAPA 06	
Fonte: Moura e Dias, 2012; Dias, 2011; Hasenack, 2008; Souza e Müller, 2007; Menegat, 1998. Elaboração: Tielle Soares Dias * Limite Municipal Atual - Fonte: IBGE, 2010	Sistema Geodésico WGS 84 Projeção UTM Fuso 22S	DATA Out/2013	ESCALA 1:250.000

Os modelados ocupados seguem com o predomínio das áreas de dissecação com 61,6% das áreas ocupadas, sobre as áreas de acumulação com 38,4%. No entanto, permanece a tendência de aumento da ocupação das áreas planas e mais rebaixadas do terreno, representadas pelos modelados de acumulação. Uma vez que o predomínio da expansão urbana desse período ocorre rumo à zona sul do município.

Podemos analisar a expansão da ocupação urbana no município, ocorrendo do centro para a periferia de forma radial, sendo em alguns períodos freada pelo lineamento de morros que divide as zonas sul e norte de Porto Alegre. Por essa característica a zona norte do município é mais densamente ocupada, enquanto a zona sul apresenta uma urbanização que iniciou de forma dispersa, ocorrendo em alguns núcleos, mas que agora apresenta um avanço da urbanização, gerando um adensamento dessas áreas nos anos mais recentes.

De forma geral os modelados de dissecação são aqueles onde há e sempre houve o predomínio da ocupação de Porto Alegre. São as áreas onde dominam os padrões em forma de colinas, incluindo aquelas associadas com morros, somando praticamente 30% da área do município. Outros dois compartimentos de significativa relevância na distribuição municipal são os morros com 23,62% e as planícies fluvio-lagunares com cerca de 18% da área municipal

A ocupação efetiva do modelado de dissecação no ano de 2010 correspondia a 28,94% da área do município e 61,66% do total das áreas ocupadas. As intervenções realizadas sobre essas áreas redirecionam o fluxo em função da drenagem urbana, com destaque para a impermeabilização do solo e o consequente aumento do escoamento superficial.

Os degraus de cortes efetuados nas vertentes para a construção e a impermeabilização são as principais alterações evidenciadas, ocasionando uma mudança no padrão de drenagem e um aumento dos processos erosivos, uma vez que as instalações retiram a cobertura original e suas demais ações aumentam a velocidade do escoamento superficial, facilitando o transporte de materiais e fazendo com que cheguem mais rapidamente às áreas de acumulação.

Conforme podemos analisar no Gráfico 3, que sintetiza a expansão urbana sobre os modelados do relevo, em cada período histórico analisado há o incremento de áreas ocupadas, mantendo relativamente a proporção entre os modelados.

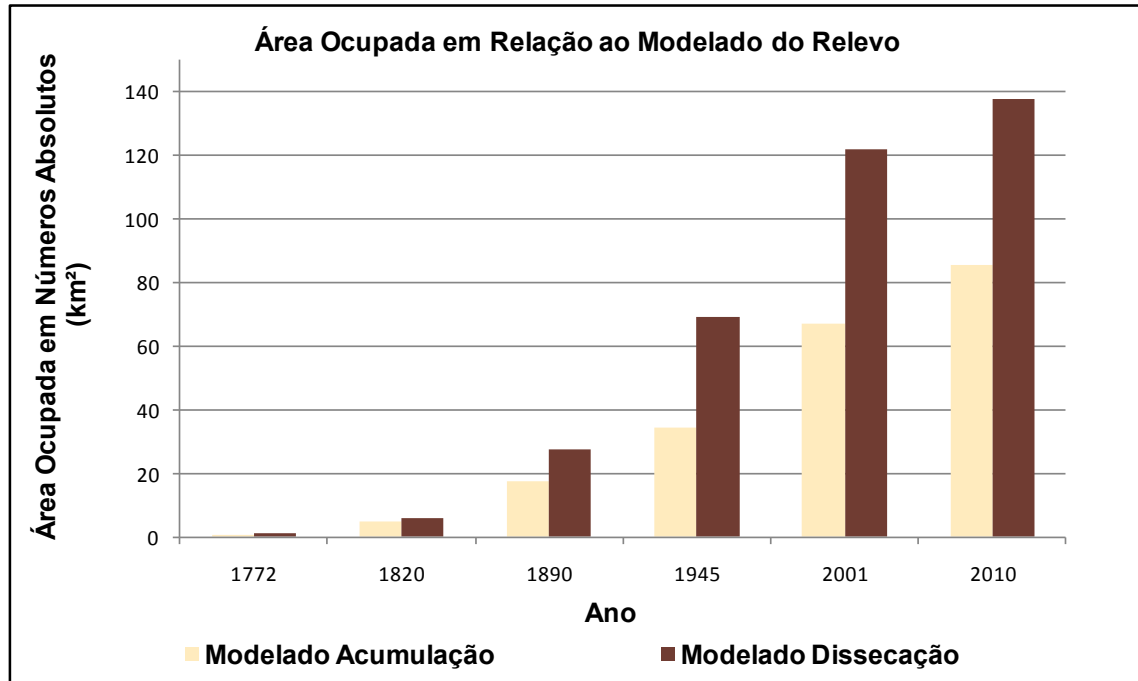


Gráfico 3: Área Ocupada em relação ao Modelado do Relevo nos períodos analisados por esse estudo.

O crescente avanço da ocupação sobre os modelados de acumulação acentua as modificações nos processos morfodinâmicos naturais. O processo de ocupação, através das construções, compactação e conseqüente impermeabilização do solo dificultam a infiltração, aumentando o escoamento superficial.

O redirecionamento dos fluxos hídricos ocasionado pelos cortes, aterros e canalizações nas formas de relevo, modifica o padrão de drenagem, aumentando o escoamento superficial já que há a diminuição da infiltração e do escoamento difuso. Segundo Fujimoto (2008: 102):

As alterações antrópicas sobre as formas de relevo proporcionam, em linhas gerais, uma diminuição do escoamento superficial difuso, do escoamento subsuperficial e da infiltração e, intensificação do escoamento superficial concentrado. O material remanejado pelas alterações antrópicas é transportado, de forma intensa, para outras unidades de vertentes até atingir o fundo dos vales.

Destaca-se o crescimento da ocupação de áreas de acumulação do relevo na zona sul de Porto Alegre que, durante muito tempo, permaneceu segregada e predominantemente destinada às atividades rurais, era uma área com acesso dificultado pela linha de morros que a separa da zona norte (mais densamente ocupada) e pela distância do centro do município. As facilidades de acesso existentes

hoje e as iniciativas governamentais e empresariais incentivam a ocupação dessa área que é formada, em sua maior parte, por planícies.

Dentre as iniciativas que contribuem para o aumento da ocupação da zona sul podem-se destacar as políticas assistencialistas do governo, principalmente os programas de moradia, que visam a obtenção de casas próprias e incentivam a construção de conjuntos habitacionais nessas áreas; também a realocação de diversas comunidades, antes residentes em áreas de interesse para o município e que são realocadas para a zona sul, ficando muitas vezes afastadas dos lugares onde moravam; e a construção de condomínios horizontais, atrelados a uma propaganda de proximidade com a natureza e qualidade de vida (MOURA et al, 2012, MOURA e DIAS, 2012).

As intervenções antrópicas ocasionadas pelo processo de expansão urbana estão modificando os processos morfodinâmicos do município. Destacando que algumas áreas de planície tem um potencial natural à inundações, as alterações causadas pelo processo de urbanização devem ser bastante controlados, pois ocorrendo de forma desregrada podem enaltecer esse potencial, devido às mudanças no padrão de escoamento.

2.4 A POPULAÇÃO E A OCUPAÇÃO URBANA DO MUNICÍPIO

A expansão da ocupação do município de Porto Alegre mostra-se em uma curva crescente. A partir do ano de 1820, início da terceira fase da expansão urbana anteriormente descrita, é possível perceber a mudança no comportamento da curva representativa das áreas ocupadas (Gráfico 2), esse período é marcado pelo início das migrações no município.

A partir de então a ocupação do município passa a atingir valores cada vez maiores, com destaque para 2009 e 2010, anos nos quais ocorre um aumento significativo da área ocupada, especialmente na zona sul do município, destacando uma recente tendência. Tendo em vista a saturação da ocupação da zona norte e a melhoria da mobilidade urbana que permite transpor a linha de morros localizada no centro do município, a zona sul desponta como uma área em pleno crescimento ocupacional.

Ainda pouco ocupada em relação à zona norte do município, sendo predominantemente plana, vem recebendo investimentos públicos e imobiliários,

despontando como uma área de expansão urbana recente de Porto Alegre. Observa-se que o crescimento urbano está promovendo uma mudança nessa área, passando a incorporar padrões diferenciados de ocupação, saindo de um modelo rarefeito para um padrão densamente edificado (BURKT e MOURA, 2009).

O incremento da ocupação na zona sul do município, decorre principalmente do adensamento de áreas já existentes, do deslocamento de populações realocadas das áreas mais centrais para essas áreas mais afastadas do centro, pelo crescimento dos condomínios horizontais e pelos programas habitacionais do governo federal. Essas atividades têm feito com que o crescimento sobre as áreas de Planícies Fluvio-lagunares seja de aproximadamente 80% na última década.

Essa mudança no padrão ocupacional de Porto Alegre é espacialmente constatada no mapeamento da mancha urbana, que para 2001 representava cerca de 40% da área municipal e atualmente representa mais de 45% do município. Tendo em vista o aumento populacional na década de 2000/2010 ter sido de aproximadamente 4% (IBGE, 2013), inferior aos percentuais obtidos anteriormente, verifica-se uma queda na densidade populacional por área efetivamente ocupada nesse período (Gráfico 4).

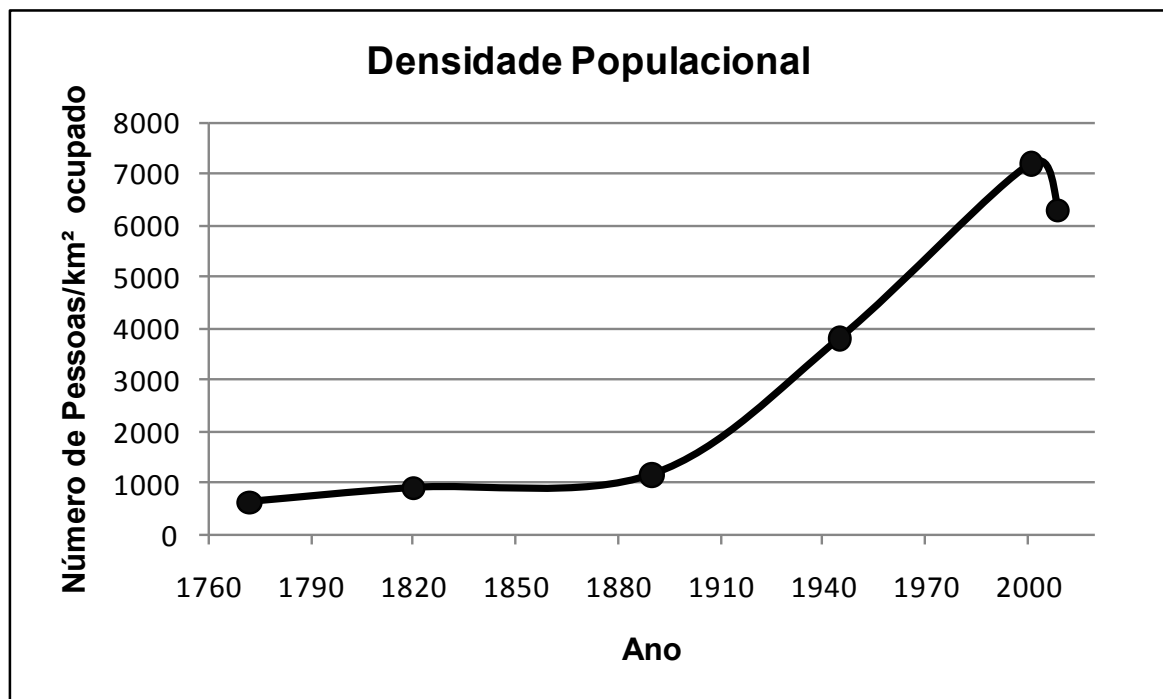


Gráfico 4: Densidade Populacional por área efetivamente ocupada no período de 1772 a 2010. Fonte dos Dados: Hausman, 1963 e IBGE, 2013.

O crescimento da construção civil na última década no município é também evidenciado quando analisados os números de empregos formais relacionados a essa

atividade, o que pode ser percebido através dos dados de 1985 a 2010 da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) do Ministério do Trabalho e Emprego (2011).

Esses dados apontam que os empregos formais nesse setor no município de Porto Alegre variaram de 15.533 em 1985 para 34.926 em 2010, sendo que o aumento proporcional foi de 24% até 1990, de 17% até 2000 e aumenta para mais de 55% de 2000 para 2010. Identificando um significativo crescimento dessa atividade no município.

É importante destacar que algumas alterações realizadas no relevo do município de Porto Alegre tinham como intuito principal, facilitar o acesso e a ocupação em áreas antes impróprias. Ainda que as alterações ocasionadas por essas obras na morfodinâmica das áreas modificadas tenham significativos impactos até o momento atual, essas obras foram resultado de políticas públicas para a resolução dos problemas relativos à urbanização. Atualmente percebe-se um afastamento entre a expansão da ocupação e a disponibilização de infraestrutura às moradias e aos acessos.

O relevo de Porto Alegre como conhecemos hoje é resultado das alterações humanas. Em detalhe é possível mapear inúmeras modificações na morfologia, sejam cortes e aterros para construção civil, a impermeabilização dos lotes ou mesmo pequenas retificações e canalizações para cursos d'água.

3 ALAGAMENTOS E INUNDAÇÕES EM PORTO ALEGRE

Com intuito de elucidar os eventos de alagamento e inundações em Porto Alegre, foram verificadas as ocorrências históricas, a conceituação referente ao tema e as ocorrências de inundações e/ou alagamentos no município de Porto Alegre, identificando áreas de concentração dos eventos que causem alteração no trânsito.

3.1 HISTÓRICO DE ALAGAMENTOS E/OU INUNDAÇÕES

Porto Alegre está em um área de clima subtropical úmido, segundo a classificação de Köppen (AYOADE, 1991), caracterizado por registrar valores de temperatura média no mês mais quente superior a 22°C e chuvas distribuídas durante o ano. Segundo Livi (1998), uma das características marcantes do clima em Porto Alegre é a intensa variabilidade dos elementos do tempo meteorológico ao longo do ano. Isso se deve ao fato de o município estar localizado em uma zona de transição climática em que massas de ar tropical marítimo (mT) alternam-se com massas de ar polar marítimo (mP), uma mais frequente no verão, outra no inverno, respectivamente.

Em razão das variações apresentadas pelos elementos do tempo meteorológico, dentre eles a precipitação, Porto Alegre está entre as cidades do Brasil que possuem um clima complexo, com frequentes alterações das condições atmosféricas. No passado, grandes enchentes provocaram calamidade, com a expansão da urbanização, os alagamentos e as inundações provocados por chuva intensa se tornaram a maior preocupação (METROCLIMA, 2012).

Considerando as enchentes do lago Guaíba há um histórico de recorrência desses eventos, aos quais cabe registrar principalmente pelas condições de enfrentamento dos problemas relacionados às inundações decorrentes desses episódios. Ainda que nos dias atuais, devido às medidas tomadas no passado, as enchentes do lago Guaíba não apresentem o que representaram no passado.

Sem dados específicos um dos primeiros eventos registrados remonta de 1823/1824, quando uma enchente destruiu grande parte das plantações ou cultivos do município. Dez anos mais tarde, em 1833 há relatos da época que indicam uma inundação de grandes proporções em setembro, tendo as águas atingindo a Rua Marechal Floriano (DEP, 2013).

Segundo o DEP (2013), na década de 1840 três eventos iriam impactar a cidade, a partir dos eventos de cheia do lago Guaíba. Em 1841 e 1847 os eventos ocorreram no mês de setembro e em 1848 a enchente ocorrida no mês de julho inundou partes da atual Avenida Voluntários da Pátria e a praça do Mercado Público de Porto Alegre. Em 1850, houve outra enchente, também no mês de julho. Dentre os impactos desse evento pode-se constatar os relacionados às pontes de Porto Alegre, a obstrução e dano à Ponte da Azenha e bloqueio da ponte de acesso ao Menino Deus, devido à correnteza.

Nos meses de setembro e outubro de 1873, devido ao alto índice pluviométrico registrado em toda a bacia hidrográfica do rio Jacuí, houve novos eventos de inundação. Neste evento, a rua dos Andradas e o Caminho Novo (Av. Voluntários da Pátria) registraram extensas áreas de alagamentos (DEP, 2013). Esse evento foi considerado uma das maiores inundações em Porto Alegre durante o século XIX, no qual o lago Guaíba atingiu a cota de 3,5 metros em relação ao nível normal. Como impacto foi registrada a interrupção do serviço de bondes em diversos locais.

Segundo o Departamento de Esgotos Pluviais (2013), em 1879 uma cheia afetaria a área do atual Bairro Arquipélago e em 1885 duas enchentes atingiram a cidade, sendo esse ano considerado muito chuvoso. Em 1897, em áreas que hoje compreendem os bairros Menino Deus, Azenha e Caminho do Meio foram fortemente atingidos por uma inundação ocorrida durante os meses de inverno. Devido à correnteza, a Ponte das Pedras no caminho da Azenha ruiu.

Em 1899, o último evento registrado para Porto Alegre naquele século, aponta para a ocorrência de chuva intensa no mês de outubro. Com intuito de exemplificar esses eventos os dados existentes foram sistematizados na Tabela 1.

DIMENSÃO DAS ENCHENTES EM PORTO ALEGRE – LAGO GUAÍBA

ANO DA ENCHENTE	PERÍODO REGISTRADO	COTA	TEMPO DE RECORRÊNCIA <i>(Probabilidade, em anos, para que um evento ocorra novamente)</i>
1823	-	Cota desconhecida	Sem registro
1824	-	Cota desconhecida	Sem registro
1833	Setembro	Cota desconhecida	Sem registro
1841	Setembro	Cota desconhecida	Sem registro

DIMENSÃO DAS ENCHENTES EM PORTO ALEGRE – LAGO GUAÍBA

ANO DA ENCHENTE	PERÍODO REGISTRADO	COTA	TEMPO DE RECORRÊNCIA <i>(Probabilidade, em anos, para que um evento ocorra novamente)</i>
1847	Setembro	Cota desconhecida	Sem registro
1848	Julho	Cota desconhecida	Sem registro
1850	Julho	Cota desconhecida	Sem registro
1873	Setembro e outubro	3,50 m	38 anos
1879	Junho a setembro	Cota desconhecida	Sem registro
1885	Junho a setembro	Cota desconhecida	Sem registro
1897	Junho a setembro	Cota desconhecida	Sem registro
1899	Outubro	Cota desconhecida	Sem registro
1905	-	Cota desconhecida	Sem registro
1912	-	Cota desconhecida	Sem registro
1914	Setembro	2,60 m	5,5 anos
1926	Setembro e outubro	3,12 m	-*
1928	Setembro	3,20 m	19 anos
1936	Outubro	3,22 m	20 anos
1941	Abril e maio	4,75 m	370 anos
1965	Agosto	Cota desconhecida	Sem registro
1967	Setembro	3,13 m	18 anos
1973	-	-	Sem registro
1983	Setembro	Alerta e monitoramento contínuo. Cota: 2,32 m	3,8 anos
2001		Alerta e monitoramento contínuo. Cota: 2,40 m	4,5 anos
2007	Setembro	2,48	-*
2013	Agosto	Alerta e monitoramento. Cota: 2,18m	-*

Tabela 1: Histórico da Dimensão das Enchentes em Porto Alegre. Adaptado de: Met-Sul Meteorologia e Guimarães (2013).

*Tempo de recorrência não foi calculado.

A partir do ano de 1900 outros eventos foram registrados, sendo o primeiro em 1905, seguido por outro em 1912. Em 1914 o lago Guaíba teve suas águas elevadas a 2,6 metros. Em 1926 ocorreu a enchente denominada de “enchente de São Miguel” (Foto 3), esse evento atingiu grandes proporções. Foram registrados 16 dias de chuvas consecutivas durante o final do mês de setembro e início do mês de outubro,

totalizando 317,7 milímetros, foi registrado o total de 103,6 milímetros em um único dia (28 de setembro de 1926).



Foto 3: Rua Ernesto da Fontoura durante a enchente de 1926 no bairro São Geraldo. Fonte: Porto Alegre: uma história fotográfica, 2013.

Como consequência desse evento foi registrada a inundação em mais de 40 ruas do Centro, da Zona Norte e do Menino Deus, indicando que em algumas era possível transitar com barcos. As águas invadiram o prédio da viação férrea, inundaram a Zona Norte do município e a Praia de Belas, impossibilitando a operação das grandes fábricas (GUIMARÃES, 2013).

Em setembro de 1928 (Foto 4 e Foto 5) registrou-se nova enchente, o lago Guaíba chegou a ficar 3,20 metros além da cota, após 14 dias de chuvas ininterruptas. Segundo informações à época, cem ruas foram inundadas e 30 mil pessoas estavam flageladas. Nesse evento as águas ocuparam a Usina do Gasômetro, ocasionando pane nas máquinas responsáveis pela geração de energia, deixando, dessa forma, muitos bairros sem abastecimento. As águas também provocaram avarias na hidráulica municipal, rompendo canos. Dessa forma a água que abastecia a cidade foi exposta à rede de esgotos, tendo como resultado a contaminação de cerca de 20 mil habitantes de Porto Alegre por tifo (GUIMARÃES, 2013).



Foto 4: Parte da rua Sete de Setembro em frente à Praça da Alfandega já com a água cobrindo o calçamento e invadindo a praça, em 1928. Fonte: Porto Alegre: uma história fotográfica, 2013.



Foto 5: Trecho da Rua Voluntários da Pátria totalmente coberto pelas águas, em 1928. Fonte: Porto Alegre: uma história fotográfica, 2013.

Em outubro de 1936 (Foto 6) houve uma nova enchente em Porto Alegre, o lago Guaíba atingiu a cota dos 3,22 metros, as chuvas foram registradas durante 16 dias e alagaram os bairros Navegantes, Ilhota, Menino Deus e a várzea do rio Gravataí. Apesar de recorrentes na história de Porto Alegre, as enchentes até então não tinham alcançado a proporção do que aconteceu no ano de 1941.



Foto 6: Trecho da Rua Voluntários da Pátria, em 1936. Fonte: Porto Alegre: uma história fotográfica, 2013.

Entre 10 de abril e 14 de maio de 1941 houve 22 dias de chuva em Porto Alegre, totalizando 619,4 milímetros (FRANCO, 2012), o equivalente à metade da média anual da cidade. Neste evento o lago Guaíba atingiu a cota de 4,75 metros. Como resultado foram 70 mil flagelados desprovidos de abastecimento de energia elétrica e água potável. O centro da cidade ficou inundado e os barcos se tornaram o principal meio de transporte de Porto Alegre em maio daquele ano (Foto 7).

A inundação de 1941 atingiu outros municípios do estado do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre foi acentuada pelo transbordamento dos rios Ca , Jacuí, Sinos e Gravataí, gerando um grande volume de água desaguando no lago Guaíba associado ao represamento de suas águas pelos ventos sudoestes sobre a Lagoa dos Patos. Os efeitos foram devastadores, tanto em infraestrutura quanto para os aspectos sociais e econômicos da cidade (GUIMARÃES, 2013).

Após o ano de 1941 muitas discussões sobre os possíveis mecanismos de defesa para a cidade foram realizadas, evidenciando a necessidade de minimizar o risco de eventos como a enchente de 41. Mesmo com o início de algumas obras para conten o das inunda es, alguns eventos ainda foram registrados. Em agosto de 1965 e posteriormente, em 1967, ocorreram novas enchentes.



Foto 7: Área central (Cais do Porto) inundada em 1941. Fonte: Porto Alegre – Secretaria do Planejamento Municipal, Mapoteca.

Nos anos subsequentes algumas medidas foram tomadas: o arroio Dilúvio foi canalizado, foi proposto pelo DNOS (Departamento Nacional de Obras e Saneamento) o Sistema de Proteção Contra as Cheias de Porto Alegre, em sua totalidade esse sistema de proteção é composto por 68 quilômetros de diques, sendo integrado pela avenida Castelo Branco e as avenidas Edvaldo Pereira Paiva e Diário de Notícias, esses diques são ligados pelo Muro da Mauá estrutura em concreto com 3 metros de altura e outros 3 de profundidade que resguarda a área central do município. Iniciou-se também a construção de um sistema de drenagem no município.

Eventos de chuva muito intensa nos anos de 1973, 1983 e 2001 voltariam a trazer preocupação, o lago Guaíba alcançou a cota de 2,32 metros em 1983 e 2,40 metros em 2001. Em evento mais recente, setembro de 2007, uma grande enchente atingiu as ilhas. Posteriormente em setembro de 2013 o lago Guaíba atingiu a cota de alerta (superior a 2,1 metros), houve inundações em bairros do município, especialmente naqueles junto à várzea do Gravataí e alguns moradores tiveram que deixar suas casas no bairro Arquipélago. É constatado que entre os eventos históricos registrados e atualmente, as chuvas concentradas e eventos prolongados continuam no cotidiano de Porto Alegre, trazendo prejuízos diversos (DEP, 2013).

3.2 INUNDAÇÕES URBANAS

Segundo Tucci (2003) as inundações urbanas são ocorrências tão antigas quanto qualquer aglomeração urbana. O conceito de inundação (BRASIL, IPT, 2007) está relacionado ao extravasamento da água para as áreas marginais ao leito de escoamento, normalmente não ocupadas pelas águas, isso ocorre durante a enchente, quando as vazões aumentam de forma que a calha do curso d'água não tem capacidade de descarga. A área marginal, que periodicamente recebe esses excessos de água denomina-se planície de inundação, várzea ou leito maior.

Quando a população utiliza essas áreas marginais ao leito de escoamento das águas para moradia, transporte (ruas, rodovias e passeios), recreação, comércio, indústria, entre outros as inundações ocorrem em áreas urbanas. Segundo Tucci (2003) estes eventos podem ocorrer devido ao comportamento natural dos rios ou serem intensificados pelo efeito de alteração ocasionada no meio físico durante o processo de urbanização, especialmente pela impermeabilização das superfícies e a canalização dos cursos d'água.

Para Tucci (op. cit.) as inundações urbanas podem ser classificadas em inundações ribeirinhas e inundações devido à urbanização (drenagem urbana). As inundações ribeirinhas são iniciadas diante de uma precipitação intensa e da incapacidade do solo em infiltrar essa água. Essa condição gera um grande volume de escoamento superficial, quando o excedente não consegue infiltrar, tampouco escoar contido nos canais de escoamento, extravasa e alcança a várzea inundando de acordo com a topografia das áreas próximas ao curso d'água. Estes eventos ocorrem de forma aleatória em função dos processos climáticos locais e regionais.

O processo de urbanização tende à impermeabilizar o solo e modificar a dinâmica descrita anteriormente. A infiltração é dificultada e muitas vezes coibida, intensificando o escoamento superficial em detrimento do subsuperficial. Os canais de drenagem naturais são, muitas vezes, substituídos por condutos e canais, fazendo com que a quantidade de água que chega ao mesmo tempo no sistema de drenagem aumente, produzindo inundações mais frequentes do que as que existiam quando a superfície era permeável e o escoamento se dava pelo processo natural (TUCCI, 2003), essas são inundações devido à urbanização.

Através do processo de urbanização não só a vazão é aumentada devido à impermeabilização do solo e às canalizações, como também há o aumento da carga

de resíduos sólidos transportada pela drenagem, aumento da carga de poluentes e redução da qualidade da água à jusante dos pontos de emissão de poluentes. Associado a esses aspectos estão ainda as doenças de veiculação hídrica que podem ser disseminadas em eventos nos quais haja o acúmulo de água contaminada.

Um dos grandes fatores apontados pelo discurso geral em relação ao acúmulo de água em áreas urbanas durante períodos de chuva são os resíduos sólidos. Com certeza estes são um complicador para o escoamento da água, mas não o único, o acúmulo desse tipo de material na rede de drenagem e/ou nos cursos d'água resultam em assoreamento que pode contribuir com os eventos de inundação. Da mesma forma que outras formas de diminuição da capacidade de vazão como pontes ou dutos podem potencializar esses eventos.

As inundações ribeirinhas ocorrem em áreas planas e rebaixadas do relevo, próximas aos curso d'água, normalmente áreas propícias para a ocupação humana. Como o tempo de recorrência das inundações pode ser longo, enquanto parece não haver risco essas áreas são ocupadas, no entanto quando há necessidade de as águas ocuparem esses espaços o prejuízo é bastante grande. A ocupação dessas áreas muitas vezes é possível através de obras como aterros, pontes e outras obstruções ao escoamento, assim o risco é aumentado. A ocupação da áreas de inundação dos cursos d'água é feita, normalmente no período seco e impactada no período úmido (Tucci, 2007).

Segundo Tucci (op. cit.) a urbanização que não segue critérios vinculados à dinâmica das águas pluviais pode potencializar os impactos em dois aspectos: ocupando áreas de várzea e impermeabilizando o solo. A partir da ocupação das várzeas poderá ocorrer o confinamento dos cursos d'água, os aterros, desmatamentos, erosão das margens e a redução dos espaços naturais destinados ao escoamento das águas nos momentos de enchentes.

Quanto à impermeabilização do solo poderá gerar a redução da infiltração das águas pluviais e o aumento e aceleração do escoamento superficial. Decorrentes dos impactos gerados por essas alterações na dinâmica do meio físico, as medidas tomadas nas cidades tendem a ser a canalização dos cursos d'água e a ampliação de sua capacidade, no entanto essas medidas apenas aceleram o escoamento, tornando o problema cíclico.

Dessa forma as medidas de controle não podem aumentar a velocidade de vazão das águas, deve ser pensada no conjunto de bacias, para que o problema não

seja apenas transferido para jusante. Para isso é necessário o zoneamento das áreas de risco e medidas de controle. Essas podem ser feitas através de ações em toda a bacia, que permitam esse retardo do escoamento da água ou diretamente sobre o curso d'água, são também propostas medidas que permitam a convivência com o fenômeno, como sistemas de alarme ou de proteção (TUCCI, 2007).

Para as inundações decorrentes do processo de urbanização podem ser propostas medidas de controle na fonte, através do aumento das áreas de infiltração ou mesmo o armazenamento das águas, com pavimentos permeáveis e planos de infiltração ou detenção. Podem também serem construídas áreas responsáveis pela micro drenagem, como banhados construídos ou demais áreas para detenção e retenção, usuais em loteamentos com até um quilômetro quadrado. Em áreas maiores é possível atuar com macrodrenagem, prevendo no planejamento urbano, espaços para a inundação, sejam eles praças ou bacias, segundo Tucci (op. cit.).

Embora existam medidas já desenvolvidas ou em desenvolvimento para a redução dos prejuízos causados pelas inundações urbanas, é ainda evidente que muito necessita ser melhorado. Segundo Tucci (2007), existem estágios no desenvolvimento de planos para gestão das águas pluviais, conforme Tabela 2:

ESTÁGIOS ATUAIS		
ESTÁGIO	DESCRIÇÃO	ONDE É VERIFICADO
Canalização e transferência de impactos para jusante	Tendem a tomar medidas que aumentam o escoamento superficial e transferem os impactos para as áreas à jusante da bacia hidrográfica.	Cenário dos países periféricos, presente em grande parte do Brasil.
Estágio de Amortecimento	Detenções e retenções sobre o volume e redução de cargas.	A maioria dos países centrais desde a década de 1970.
Estágio Sustentável	Manutenção das condições naturais e implantação de empreendimentos que obedeçam a drenagem natural.	Desde a década de 1990, em alguns países centrais.

Tabela 2: Estágios atuais do manejo das águas pluviais. Adaptado de: Tucci (2007).

Em Porto Alegre são verificadas tentativas de avanço em relação ao manejo das águas pluviais, a consolidação do Plano Diretor de Drenagem Urbana (DEP, 2005) reforça essa busca por uma gestão sustentada de longo prazo. Segundo Tucci (2007), para que essas ações realmente apresentem resultados é preciso reconhecer

que embora esporádico o impacto sobre a sociedade é alto, tanto em aspectos econômicos quanto sociais; as causas estão na ocupação dos espaços antes ocupados pelas águas e para isso existe necessidade de informação da sociedade sobre o problema, incluindo a população e os gestores, pois as inundações em áreas urbanas é um tema transversal, devendo extrapolar as divisões administrativas, principalmente em locais onde sua recorrência seja histórica. O sucesso dessas medidas, por serem de longo prazo, envolvem também a cobrança dos investimentos públicos e o conhecimento sobre o tema.

3.3 CONCENTRAÇÃO DOS EVENTOS DE ALAGAMENTOS E/OU INUNDAÇÕES EM PORTO ALEGRE

Como um dos resultados dessa pesquisa foi verificado a concentração dos eventos de alagamento e/ou inundação em Porto Alegre, através de uma análise histórica e dos registros efetuados no período selecionado. Dessa forma podem-se verificar as áreas onde se concentram esses eventos no município.

3.3.1 Análise Pluviométrica da Série Histórica 1970 a 2012

Para identificação das áreas onde se concentram os eventos de alagamento e/ou inundação que causam transtornos ao trânsito de veículos e pessoas em Porto Alegre foram primeiramente analisados os períodos de chuva no município. Para complementar a análise, foi considerado um período histórico a partir do qual é possível visualizar padrões de ocorrências, bem como relacionar os momentos selecionados para análise com outros da série histórica em questão.

Para avaliação da precipitação foram utilizados dados da estação meteorológicas de Porto Alegre do INMET – 8º DISME (Instituto Nacional de Meteorologia – 8º Distrito de Meteorologia). O total diário de precipitação da estação do INMET corresponde à soma das leituras das 18:00 UTC do dia anterior à observação, até às 12:00 UTC do dia informado (BRASIL, 1999). Os dados foram obtidos a partir do BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (INMET, 2013). São dados diários e foram analisados desde o ano de 1970 até o ano de 2012 (último ano cuja série era completa). Os meses nos quais havia alguma falha no registro foram complementados com os dados fornecidos pelo Laboratório de

Geografia Física do Departamento de Geografia da UFRGS, obtidos diretamente do 8º DISME.

A partir dos dados diários de precipitação da estação 83967 (Porto Alegre), rede do INMET, foi analisada a série 1970 a 2012), Gráfico 5.

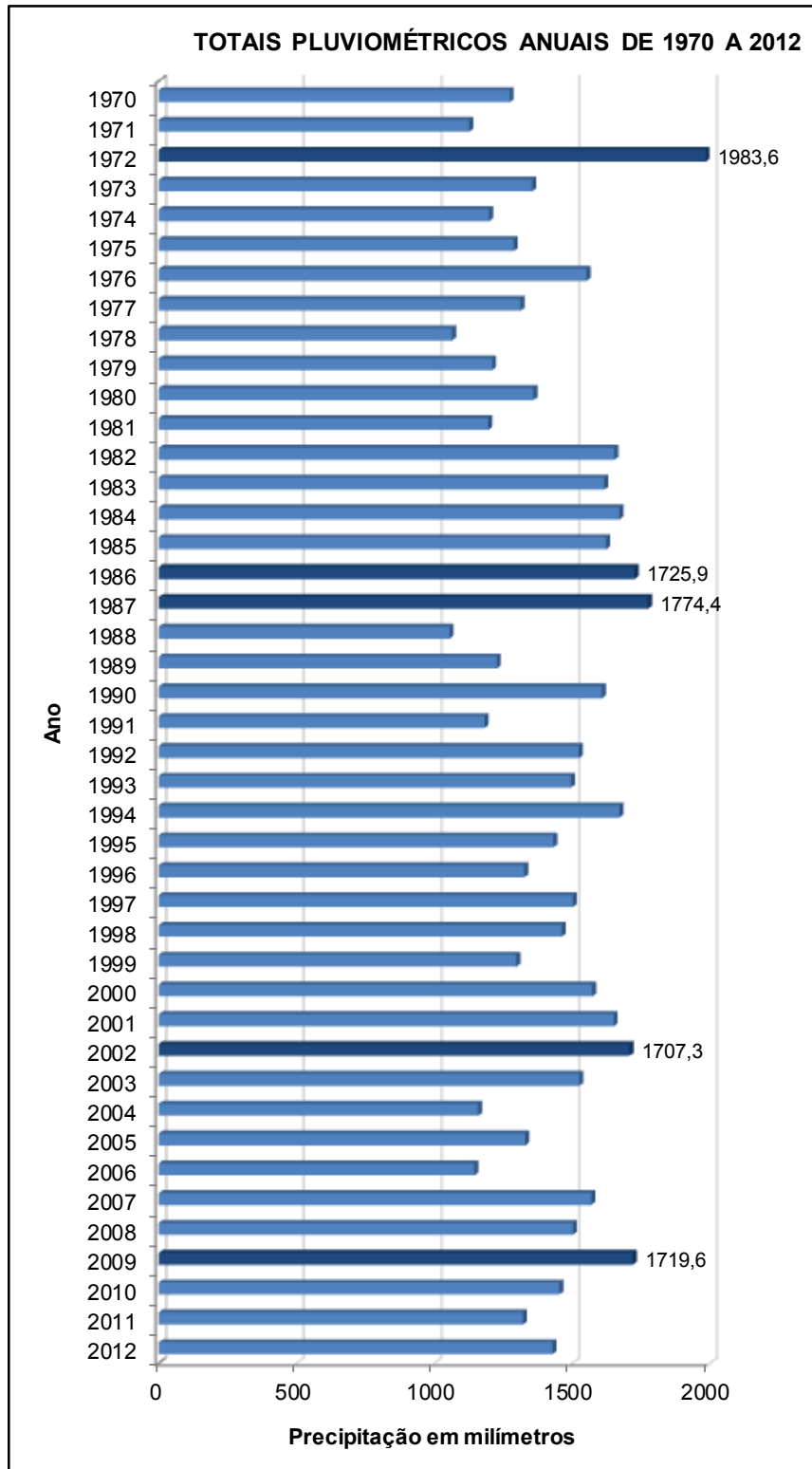


Gráfico 5: Totais pluviométricos anuais da série em análise - 1970 a 2012. Fonte: Dados da Rede do INMET, 2013.

Considerando a precipitação anual total do período, os anos com maiores totais pluviométricos foram 1972 (1983,6 mm); 1987 (1774,4 mm); 1986 (1725,9 mm), 2009 (1719,6 mm) e 2002 (1707,3 mm. O ano com menor total pluviométrico, na série analisada, foi 1988, com 1055,2 mm, o que representa 46,8% menos precipitação em relação ao ano de 1972.

A média do volume de chuva anual na série analisada é de 1438,0 mm, no entanto verifica-se que em 44,2% dos períodos o total pluviométrico foi superior a 1500 mm, superior à média. Os anos que tiveram os maiores totais pluviométricos foram selecionados e tiveram detalhados os totais pluviométricos mensais. Para o ano de 2012 foi verificado um total pluviométrico de 1428,2 mm, próximo à média para o período. Por ser esse o ano no qual os dados de trânsito eram completos, este foi inserido na análise e foi usado como base para a referência de busca nos registros de alagamento das vias.

Baseado no período analisado, a média mensal de chuvas para Porto Alegre pode ser considerada de aproximadamente 120 mm. Para o ano mais chuvoso da série, 1972, com total acumulado de 1983,6 mm, observa-se uma distribuição mensal das chuvas superior à média para a série em questão em 9 dos 12 meses do ano. A média mensal de precipitação para o ano de 1972 foi de 165,3 mm. Os meses com maior volume de chuvas foram junho, agosto, setembro e janeiro e os com menor foram dezembro e maio (Gráfico 6).

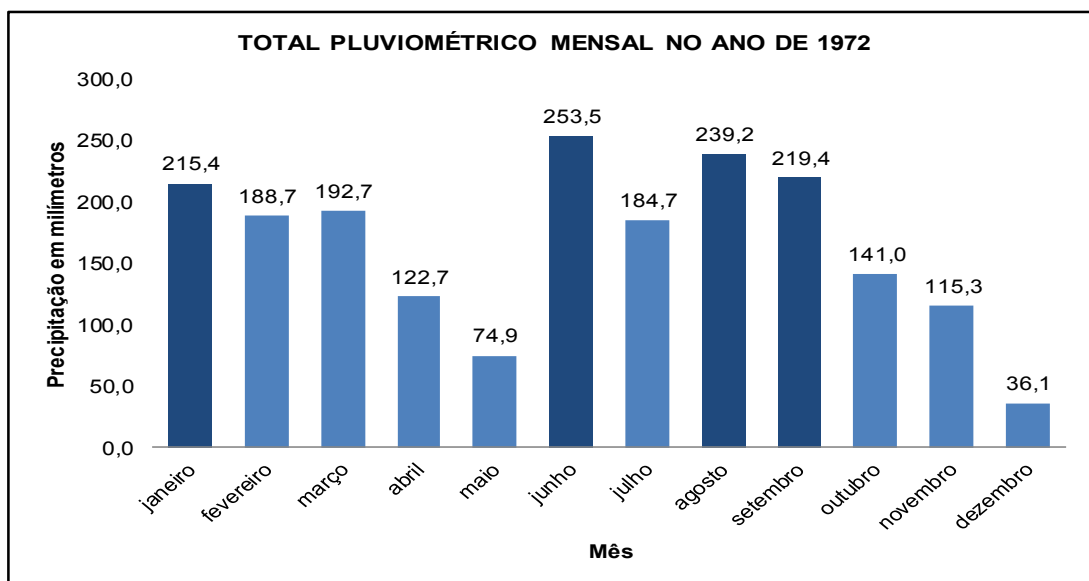


Gráfico 6: Totais pluviométricos mensais do ano de 1972. Fonte: Dados da Rede do INMET, 2013.

No ano de 1972 houve 116 dias chuvosos, considerando aqueles com ocorrência superior a 1 mm, em março apesar de não ser o mês com maior total

pluviométrico, choveu em 15 dias do mês, sendo este o mês com maior número de dias chuvosos, na sequência está o mês de janeiro com 13 dias chuvosos. Os demais meses variam entre 11 a 5 dias com chuvas. O dia que concentrou o maior total pluviométrico foi 08 de junho, com 89,4 mm, seguido por 11 de fevereiro e 16 de março, com 69,1 e 63,4 mm registrados, respectivamente.

O ano de 1987, o segundo mais chuvoso da série, concentrou um total pluviométrico de 1774,4 mm, concentrados nos meses de agosto, julho, maio e novembro. A média mensal para este ano foi de 147,8 mm. Os meses com menor total pluviométrico foram junho, março (Gráfico 7).

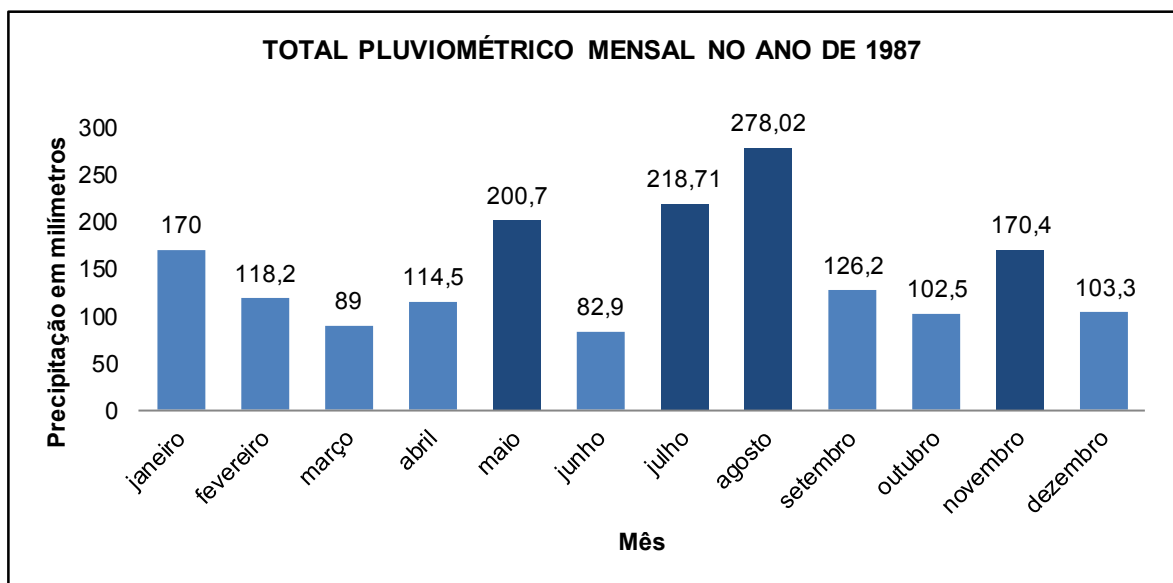


Gráfico 7: Totais pluviométricos mensais do ano de 1987. Fonte: Dados da Rede do INMET, 2013.

O ano de 1987 teve 125 dias chuvosos, considerando aqueles com ocorrência superior a 1 mm, em agosto, o mês com maior total pluviométrico, houve a maior concentração mensal de dias chuvosos, totalizando 15 dias e em julho foram registrados 14 dias. Os dias com maior volume de chuvas foram 13 de maio (60,8 mm), 11 de janeiro (53,4 mm) e 30 de agosto (50,7 mm).

O total pluviométrico de 1986 foi 1725,9 mm concentrados principalmente no mês de novembro, seguido pelos meses de março, maio e setembro. A média de chuvas nesse ano foi de 143,8 mm. O volume total verificado no mês mais chuvoso excedeu em praticamente 50% a média mensal do referido ano. Os meses com menores totais pluviométricos foram dezembro e junho, com 58,0 mm e 61,3 mm, respectivamente (Gráfico 8).

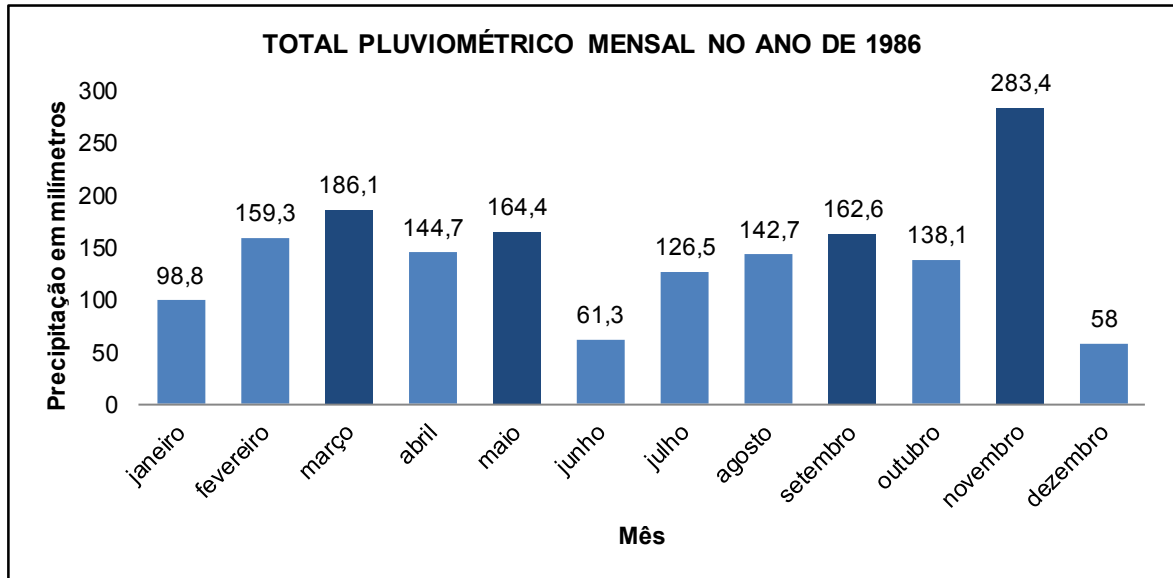


Gráfico 8: Totais pluviométricos mensais do ano de 1986. Fonte: Dados da Rede do INMET, 2013.

No ano de 1986 foram verificados 103 dias chuvosos, considerando aqueles com totais superiores a 1 mm. O mês com maior número de dias de chuva foi novembro, também neste mês houve o terceiro dia com maior total pluviométrico do ano, 05 de novembro, quando foi registrado 68 mm. O dia com maior total pluviométrico do ano foi 16 de março com 82,7 mm.

O total pluviométrico de 2009 foi 1719,60 mm, concentrados nos meses de setembro, novembro, agosto e janeiro. A média mensal de chuvas nesse ano foi de 143,3 mm. Os meses com menores totais pluviométricos foram abril, junho e julho (esses últimos com praticamente o mesmo total, 57,1 e 57,2 mm), quando choveu 89,4% (abril) e 80,5% (junho e julho) menos que no mês mais chuvoso (Gráfico 9).

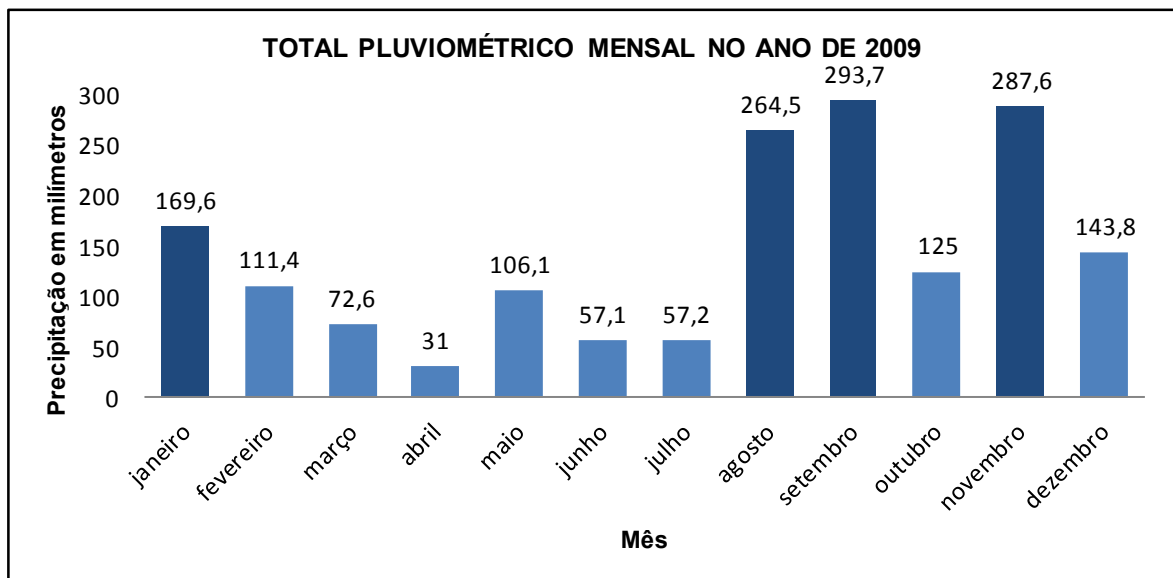


Gráfico 9: Totais pluviométricos mensais do ano de 2009. Fonte: Dados da Rede do INMET, 2013.

Em 2009 houve um total de 116 dias chuvosos, os meses com mais dias chuvosos foram setembro e novembro, ambos com 15 dias de chuva. O mês que apresentou o menor número de dias com chuvas foi abril, com 3. Os dias chuvosos que concentraram os maiores volumes de chuva foram 10 de agosto, 08 e 14 de novembro, com 78,8 mm, 72,1 mm e 67,4 mm, respectivamente.

Para o ano de 2002 foi registrado um total pluviométrico de 1707,30 mm. Os meses com maior volume registrado foram julho, junho, outubro e setembro, embora o ano tenha dito uma distribuição regular das chuvas ao longo dos meses. Os meses de janeiro e fevereiro são os que registram os menores totais pluviométricos. A média mensal de chuvas para esse ano foi de 142,3 mm (Gráfico 10).

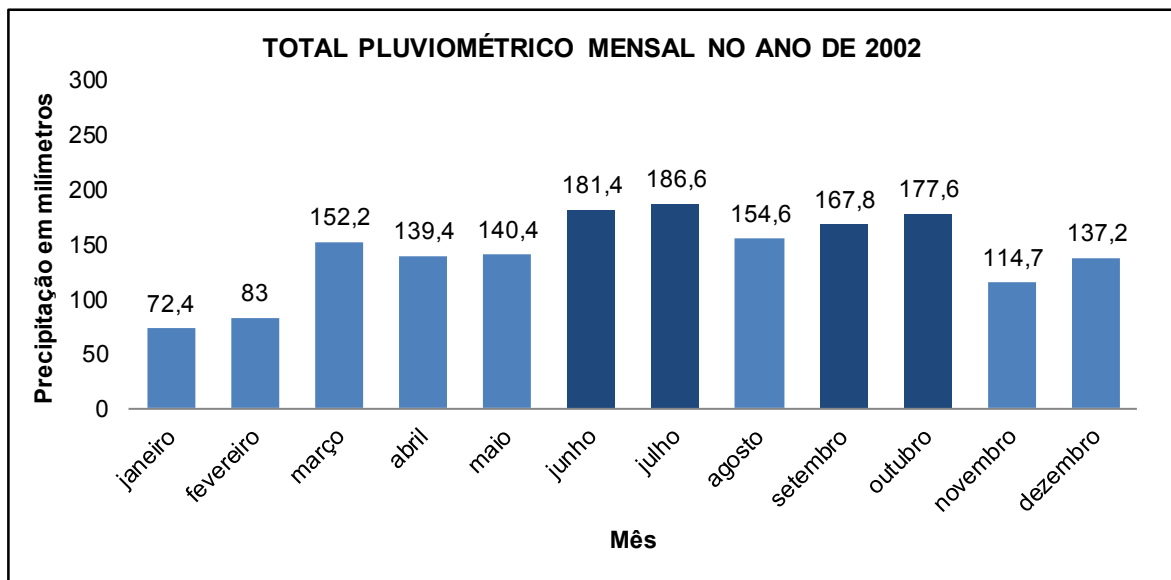


Gráfico 10: Totais pluviométricos mensais do ano de 2002. Fonte: Dados da Rede do INMET, 2013.

O ano de 2002 foi o segundo, entre os anos com maiores totais pluviométricos da série, em número de dias de chuva, totalizando 124. Os meses com maior número de dias de chuvas foram abril e outubro, ambos com 14 dias. O mês com menor número de dias de chuva foi maio, com 6. Os dias com maior total pluviométrico foram 27 de julho, 20 de maio e 03 de outubro, com 81,3 mm, 58 mm e 53,5 mm, respectivamente.

O ano de 2012, apesar de não estar entre os anos com maior total pluviométrico será detalhado para compatibilização com os dados de trânsito. Para esse período foi verificado um total pluviométrico de 1428,2 mm, com média mensal de 119,0 mm. É verificada a concentração das chuvas no mês de setembro, no qual o total pluviométrico supera em 130% a média mensal, e nos meses de dezembro, janeiro e julho, embora com totais mais modestos. O mês com menor total pluviométrico foi

novembro, equivalendo-se a apenas 10% do total verificado no mês de setembro do mesmo ano (Gráfico 11).

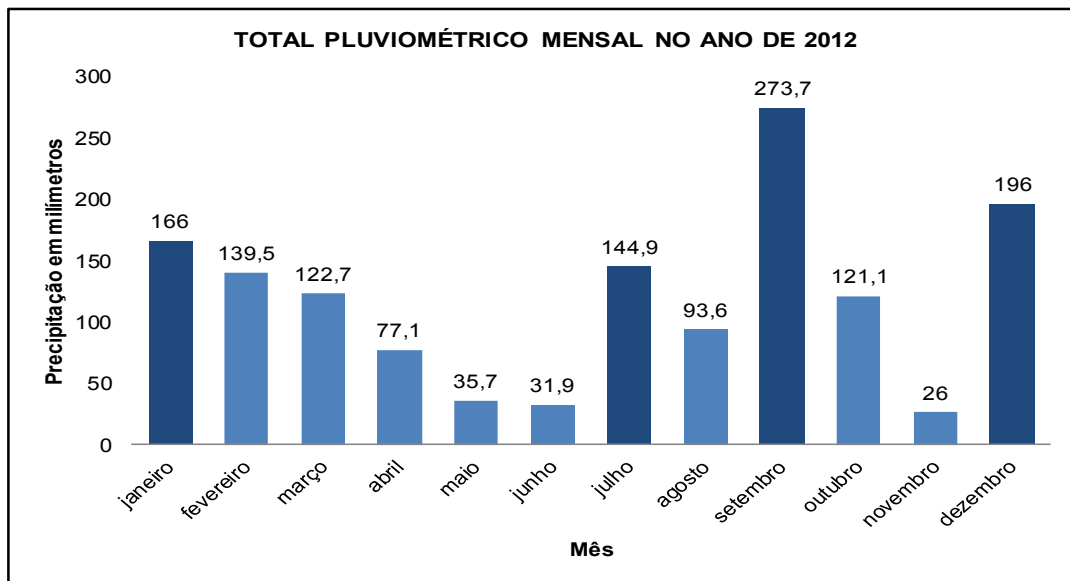


Gráfico 11: Totais pluviométricos mensais do ano de 2012. Fonte: Dados da Rede do INMET, 2013.

Foram verificados no ano de 2012, 78 dias chuvosos. O mês que concentrou o maior número de dias foi dezembro, com 10 dias, seguido por outubro, com 9. O mês com menor número de dias chuvosos foi maio com apenas 2 dias. Os maiores totais pluviométricos diários foram registrados em 18 de setembro (85,4 mm), 22 de fevereiro (79,0 mm) e 19 de setembro (77,1). Considerando os dias 18 e 19 de setembro, verifica-se um total pluviométrico de 162,5 mm em dois dias, total superior a média mensal do mesmo ano. Os dados diários e os eventos concentrados do ano de 2012 serão melhor detalhados com intuito de identificar as ocorrências de trânsito deste período.

Tendo em vista os dados obtidos observa-se que o mês de setembro está entre os quatro meses mais chuvosos em cinco dos seis anos selecionados. Seguido pelos meses de julho, agosto, novembro e janeiro que figuram entre os meses mais chuvosos em três dos seis anos selecionados. No ano de 2012, dentre os quatro meses mais chuvosos, observa-se a seguinte ordem: setembro, dezembro, janeiro e julho (Tabela 3).

MESES COM MAIORES ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS NOS ANOS EM ANÁLISE					
1972	1986	1987	2002	2009	2012
Junho (253,5 mm)	Novembro (283,4 mm)	Agosto (278,0 mm)	Julho (186,6 mm)	Setembro (293,7 mm)	Setembro (273,7 mm)
Agosto (239,2 mm)	Março (186,1 mm)	Julho (218,7 mm)	Junho (181,4 mm)	Novembro (287,6 mm)	Dezembro (196,0 mm)
Setembro (219,4 mm)	Maio (164,4 mm)	Maio (200,7 mm)	Outubro (177,6 mm)	Agosto (264,5 mm)	Janeiro (166,0 mm)
Janeiro (215,4 mm)	Setembro (162,6 mm)	Novembro (170,4 mm)	Setembro (167,8 mm)	Janeiro (169,6 mm)	Julho (144,9 mm)

Tabela 3: Meses com maiores índices pluviométricos nos anos em análise, em ordem cronológica.
Fonte: Dados da Rede do INMET, 2013.

Com base nos dados analisados, a ocorrência de eventos pluviométricos é constante, apresentando médias mensais elevadas nos meses mais chuvosos, e eventos concentrados recorrentes. Dessa forma a distribuição das chuvas no município é um fator capaz de gerar inundações e/ou alagamentos na área urbana, uma vez que ocorram em abundância e frequentemente.

Por essa razão, sabe-se que os eventos de inundação e/ou alagamento podem ocorrer devido a vários dias de chuvas consecutivos ou a dias com totais pluviométricos elevados. Podem ocorrer ainda inundações e alagamentos causados pela ocorrência conjunta desses dois eventos: prolongados e concentrados, conforme descrito anteriormente por Fujimoto (2001).

3.3.2 Eventos Prolongados e Concentrados no Ano de 2012

O ano de 2012, selecionado pela existência e organização dos dados de trânsito para compatibilização na pesquisa, teve uma análise pluviométrica mais detalhada, com intuito de identificar a ocorrência de dias com índice pluviométrico superior a 30 mm e períodos com dias de chuva consecutivos cujo volume total superasse o limite dos 30 mm. O limite foi considerado em 30 mm devido à pesquisas anteriores, tais como Martins (1999) e Moura et. al. (2013), também é a partir desse limite que inicia a ocorrência de registros de alagamentos, na mídia e nos registros de trânsito.

Para os dias de chuva consecutivos foi admitido um intervalo de até um dia entre um evento de precipitação e outro, dada à recorrência de dias em que o volume

total era elevado para ser desconsiderado por existir um dia sem chuva. Foram considerados apenas intervalos superiores a três dias consecutivos.

Considerando os dias, no ano de 2012, que tiveram índice pluviométrico superior a 30 mm, foram obtidas 14 datas, conforme Tabela 4. Dessas 9 estavam vinculadas a chuvas prolongadas (em destaque). O dia 18 de setembro foi o dia com maior volume de precipitação e de 16 a 19 de setembro choveu 214,6 mm, dos 273,7 mm registrados no mês.

DIAS DO ANO DE 2012 COM ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO SUPERIOR A 30 mm	
DATA	PRECIPITAÇÃO (mm)
18/09/2012	85,4
22/02/2012	79,0
19/09/2012	77,1
06/07/2012	62,8
15/03/2012	59,4
28/12/2012	58,5
21/12/2012	46,2
10/09/2012	42,1
15/01/2012	40,9
14/01/2012	39,3
07/07/2012	39,3
01/03/2012	34,9
25/01/2012	33,0
01/08/2012	31,9

Tabela 4: Dias do ano de 2012 com índice pluviométrico superior a 30 mm. Fonte: Dados da Rede do INMET, 2013

Com base nos registros de eventos de chuvas prolongadas foram obtidos 10 períodos, conforme Tabela 5. Em três desses, foram registrados totais pluviométricos superiores a 100 mm, em intervalos de 4 a 5 dias de chuva. Nos meses de janeiro, setembro e outubro foram identificados dois períodos de chuvas prolongadas durante o mês.

PERÍODO COM EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS PROLONGADOS NO ANO DE 2012			
INÍCIO	FIM	TOTAL (mm)	DIAS COM CHUVA NO PERÍODO
16/set	19/set	214,6	4
06/jul	11/jul	115,0	5

PERÍODO COM EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS PROLONGADOS NO ANO DE 2012			
INÍCIO	FIM	TOTAL (mm)	DIAS COM CHUVA NO PERÍODO
12/jan	15/jan	110,2	4
26/dez	29/dez	76,0	4
08/set	11/set	57,4	5
25/ago	29/ago	52,3	5
30/set	03/out	42,3	4
11/abr	15/abr	41,5	4
07/out	12/out	37,2	5
25/jan	27/jan	34,0	3

Tabela 5: Períodos no ano de 2012 com eventos pluviométricos prolongados. Fonte: Dados da Rede do INMET, 2013

3.3.3 Sub-bacias Hidrográficas com Concentração de Alagamentos e/ou Inundações

Para a determinação dos pontos de alagamento no município de Porto Alegre, foi considerada a ocorrência desse fenômeno em vias públicas durante os eventos pluviométricos concentrados e prolongados identificados no ano de 2012. Atualmente, eventos desse tipo interferem diretamente no fluxo de veículos no ambiente urbano sendo registrados pelas equipes de fiscalização de trânsito da Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC) devido à lentidão gerada ou à necessidade de bloqueio da pista.

Com base na análise pluviométrica foi identificada a ocorrência de 14 dias com índice pluviométrico superior a 30 mm e 10 períodos com dias de chuva consecutivos cujo total superasse o limite dos 30 mm, com no mínimo 3 dias chuvosos. A partir da definição das datas nas quais ocorreram esses eventos, foi contatada a Gerência de Fiscalização de Trânsito da EPTC, a qual registra diariamente as ações realizadas. O dado disponibilizado pela EPTC refere-se a quais vias, nas datas de referência, tiveram o trânsito interrompido por bloqueio por razão de alagamento na pista ou qualquer outro transtorno decorrente, tais como: carros flutuando, lentidão no trânsito, entre outros.

Os pontos de alagamento definidos a partir das datas dos eventos pluviométricos, nas vias onde houve algum registro de transtorno no trânsito pela EPTC foram mapeados em escala compatível. Por se tratar de um estudo baseado nas interferências antrópicas sobre os elementos do meio físico e por ser a dinâmica

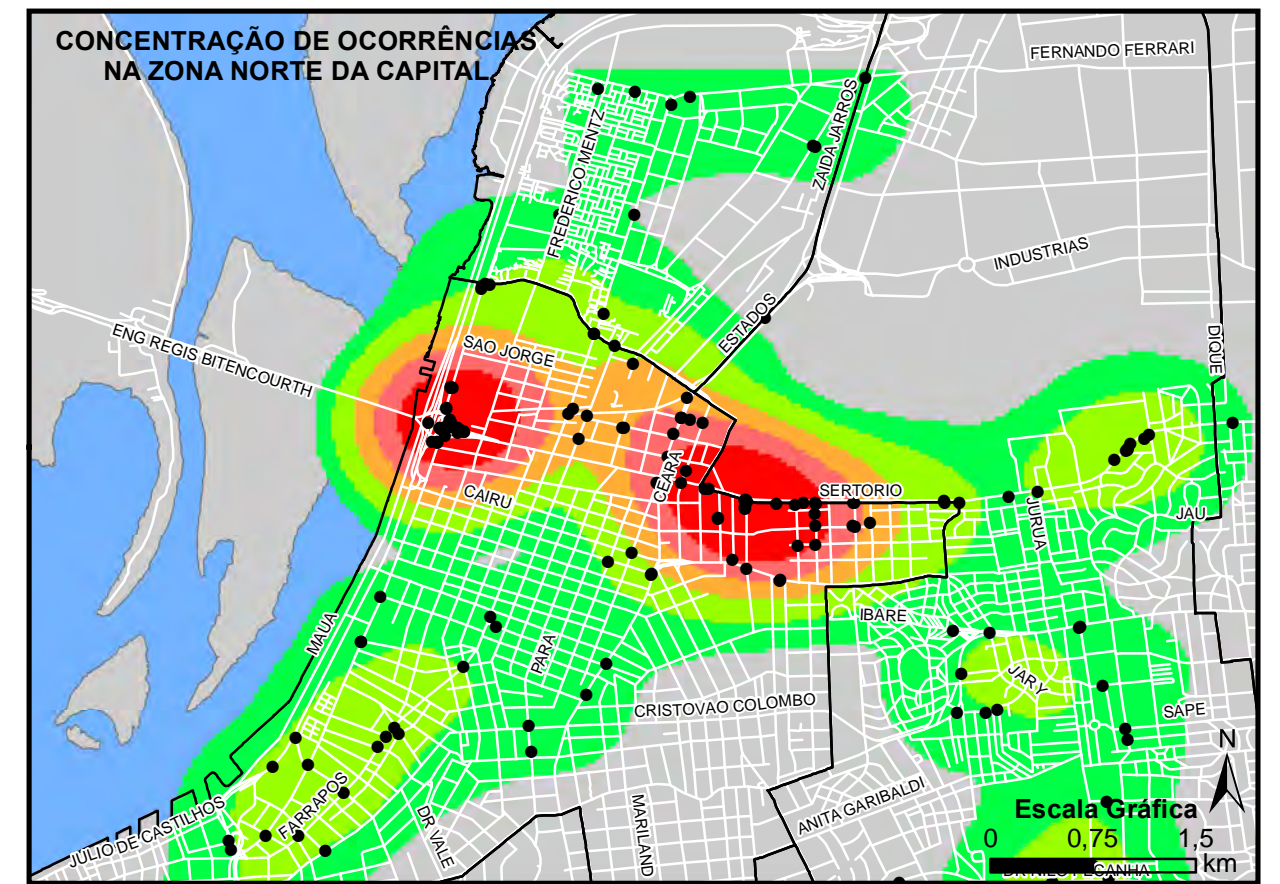
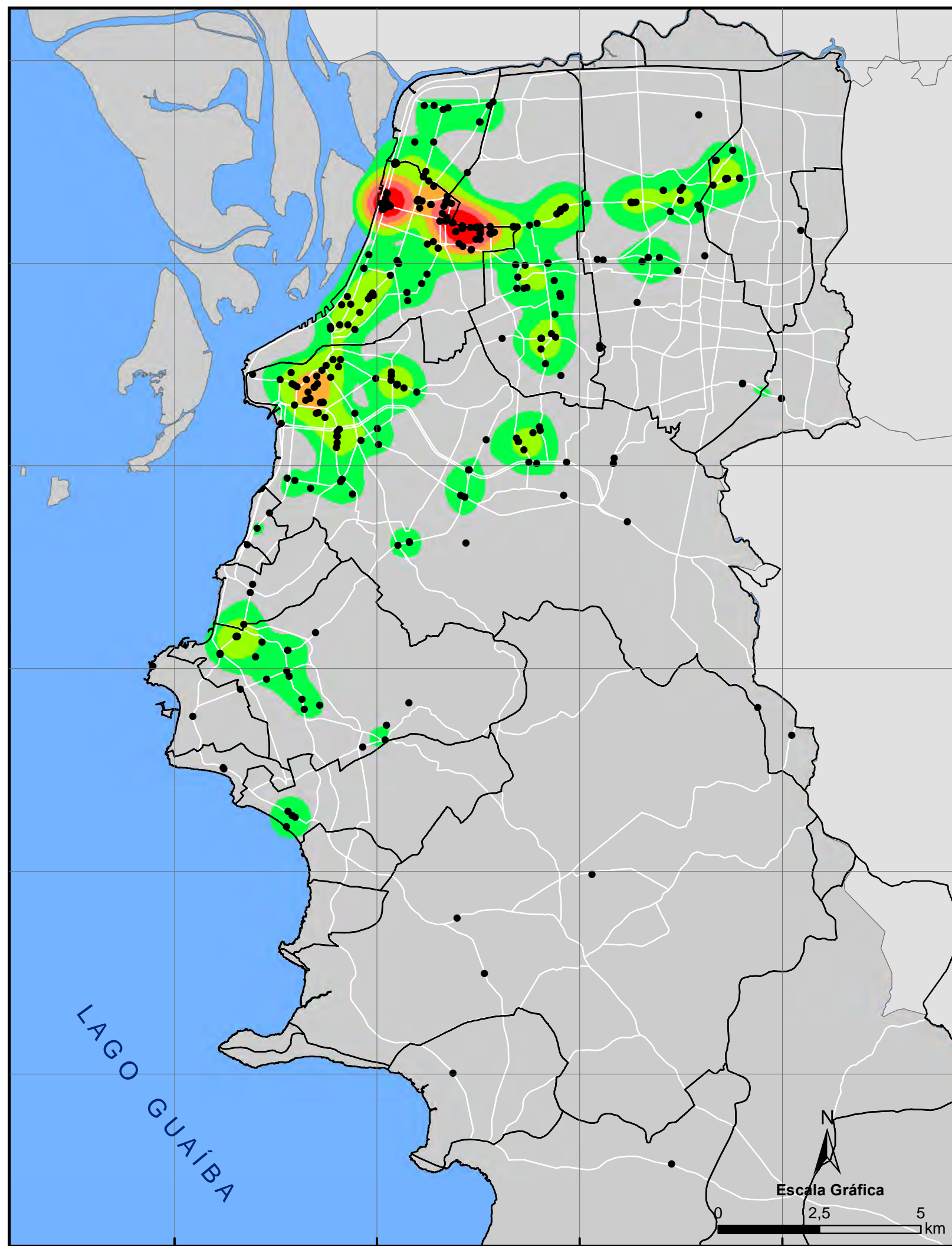
hidrológica um dos importantes pontos da pesquisa, para a determinação das áreas, foi considerado o entorno dos pontos identificados como a bacia hidrográfica na qual os pontos estão inseridos (Mapa 7).

Tendo em vista a sobreposição dos pontos de alagamento registrados, para fins de visualização, foi estimada a densidade dos registros de alagamento utilizando o estimador por Kernel. O raio considerado foi de 1 km e foi apresentada, através da escala de cores exposta no mapa de concentração, a ocorrência de alagamentos registrados pelas equipes de fiscalização de trânsito da EPTC.

Combinados os 338 registros de alagamento realizados no ano de 2012 com os limites das bacias hidrográficas do município, obteve-se como resultado que a concentração desses eventos está nas bacias dos arroios Almirante Tamandaré, Dilúvio e Areia, todos com percentual de ocorrência superior a 10% dos registros (Tabela 6).

OCORRÊNCIA DE ALAGAMENTOS NAS VIAS DE PORTO ALEGRE, NO ANO DE 2012, POR BACIA HIDROGRÁFICA	
BACIA	OCORRÊNCIA (%)
Almirante Tamandaré	33,4%
Arroio Dilúvio	24,9%
Arroio da Areia	11,5%
Arroio Cavalhada	8,3%
Passo das Pedras	8,0%
Humaitá	5,3%
Arroio Santo Agostinho	3,0%
Arroio Capivara	1,2%
Arroio do Salso	0,9%
Arroio Feijó	0,6%
Arroio Sanga da Morte	0,6%
Assunção	0,6%
Morro do Osso	0,6%
Arroio Guabiroba	0,3%
Belém Novo	0,3%
Ponto do Melo	0,3%
Santa Tereza	0,3%
Ilha da Pintada	0,0%

Tabela 6: Distribuição das ocorrências de alagamento registradas pela EPTC por bacia hidrográfica no município de Porto Alegre, no ano de 2012. Fonte dos dados: Gerência de Fiscalização de Trânsito - EPTC



LEGENDA

- Bacias Hidrográficas
- Vias
- Ocorrências de Alagamento

Densidade das Ocorrências de Alagamento

- Muito Baixa
- Baixa
- Média
- Alta
- Muito Alta

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Municípios Limítrofes
- Limite Municipal
- Hidrografia

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES NA MORFOLOGIA ORIGINAL E NA DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA EM ÁREAS ALAGÁVEIS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE – RS

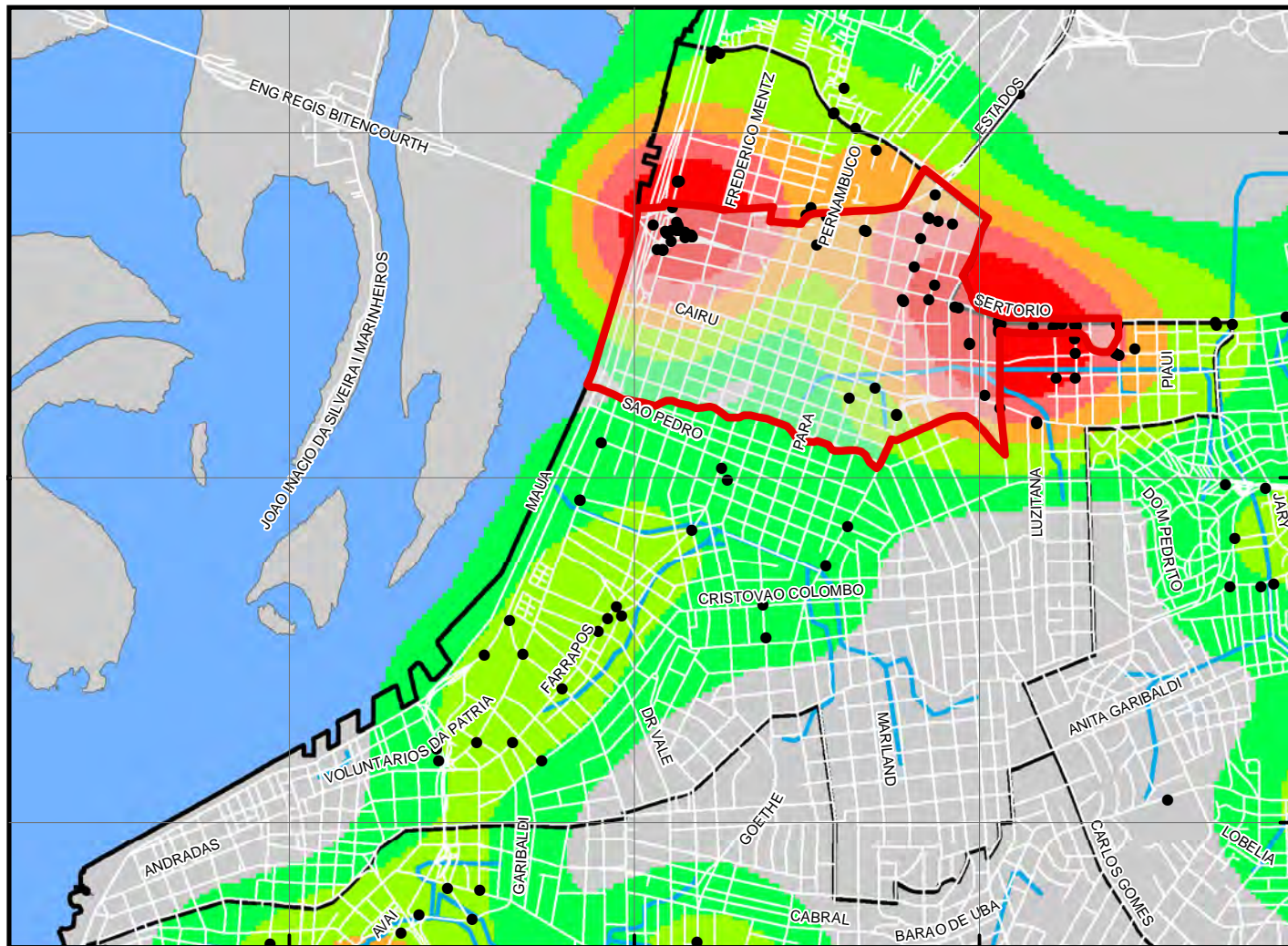
TÍTULO CONCENTRAÇÃO DOS PONTOS DE ALAGAMENTO REGISTRADOS PELA EPTC NO ANO DE 2012 EM PORTO ALEGRE		MAPA 07
Fonte: EPTC, 2013; Hasenack, 2008; IBGE, 2013. Elaboração: Tielle Soares Dias	Sistema Geodésico WGS 84 Projeção UTM Fuso 22S	DATA Nov/2013 ESCALA Indicada

Considerando as áreas total das bacias hidrográficas identificadas no município de Porto Alegre, elegeram-se como prioritárias as suas sub-bacias onde os registros de alagamento estivessem concentrados. O limite das sub-bacias foi obtido junto ao Departamento de Esgotos Pluviais – DEP, Prefeitura Municipal de Porto Alegre, decorrentes de estudos realizados por esse Departamento para os Planos Diretores de Drenagem Urbana (DEP, 2005). Por critério de compatibilização com os dados dos referidos Planos Diretores, foram mantidos os limites tal qual apresentados pelo DEP, ainda que áreas de divisor de águas ficassem contidas em sub-bacias excluídas dessa análise.

Dessa forma, para análise das intervenções na morfologia das áreas onde há concentração dos registros de alagamento, foi selecionada da bacia hidrográfica com maior recorrência do fenômeno, no ano em questão, as sub-bacias com maior incidência de registros de alagamento das vias, assim foi selecionada uma sub-bacia do arroio Almirante Tamandaré (Mapa 8). Para contemplar as diferentes áreas de ocupação do município e abarcar a área onde há uma crescente expansão da ocupação, selecionou-se a primeira bacia em número de ocorrências localizada na zona sul do município, a saber: bacia do arroio Cavalhada e dela obteve-se as sub-bacias com a maior concentração dos registros de alagamento (Mapa 9).

De tal modo, foi realizada uma combinação entre os pontos onde houve o registro de alagamento e a área das sub-bacias hidrográficas, resultando em um mapeamento, com um banco de dados associado. Esse mapeamento permitiu identificar as áreas onde estão concentrados os registros de alagamento e aqueles pontos registrados em eventos concentrados, em eventos prolongados e pelas datas de ocorrência. Para a realização dessas análises, foi utilizado o software ArcGis.

Considerando as análises feitas, as bacias hidrográficas selecionadas, concentraram mais de 40% das ocorrências registradas para o período. A sub-bacia pertencente à bacia do arroio Almirante Tamandaré selecionada concentrou 26,0% das ocorrências de alagamento de vias, no ano de 2012, sua área total é de 2,83km². As sub-bacias pertencentes à bacia do arroio Cavalhada selecionadas, concentraram 4,1% das ocorrências de alagamento de vias, no ano de 2012, sua área total é de 4,40 km².



LEGENDA

Densidade das Ocorrências de Alagamento

- Muito Baixa
- Baixa
- Média
- Alta
- Muito Alta

● Ocorrências de Alagamento

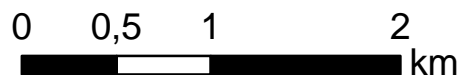
- Sub-bacia selecionada
- Bacias Hidrográficas
- Vias

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Municípios Limítrofes
- Limite Municipal
- Hidrografia



Escala Gráfica



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
**ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES NA MORFOLOGIA ORIGINAL E NA DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA
 EM ÁREAS ALAGÁVEIS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE – RS**

TÍTULO SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DA BACIA DO ARROIO ALMIRANTE TAMANDARÉ SELECIONADA PARA ESTUDO			MAPA 08
Fonte: EPTC, 2013; Hasenack, 2008; DEP, 2013; IBGE, 2013. Elaboração: Tielle Soares Dias	Sistema Geodésico WGS 84 Projeção UTM Fuso 22S	DATA Nov/2013	ESCALA 1:40.000

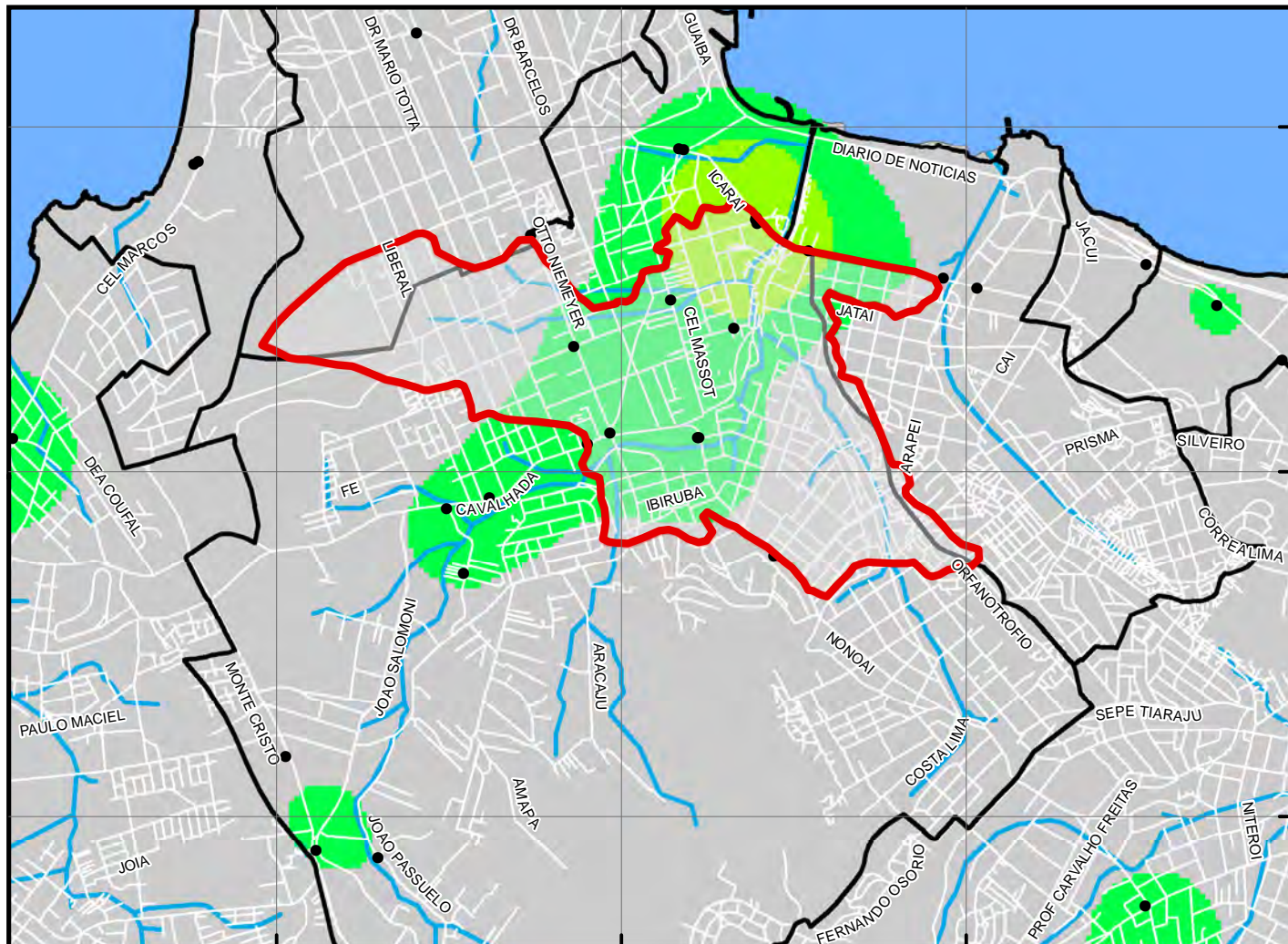
Do total de registros para as sub-bacias, 16,2% correspondem a registros realizados durante eventos de chuvas prolongadas, os registros feitos em dias que tiveram um total pluviométrico superior a 30 mm foram elencados como registros relacionados a eventos de chuvas concentradas. Foram contados apenas os registros de alagamento realizados em dias com total pluviométrico inferior a 30 mm, mas que no total de dias chuvosos consecutivos totalizaram esse volume.

Devido ao elevado número de registros de alagamento das vias na sub-bacia do arroio Almirante Tamandaré não será apresentada uma análise pontual, no entanto alguns padrões são possíveis de serem verificados. A concentração de registros de alagamentos durante eventos de chuvas prolongadas se deu no cruzamento da Av. Sertório com Av. Voluntários da Pátria, sob as alças de acesso à ponte do lago Guaíba. O mesmo ponto é também onde se concentram os eventos registrados durante dias de chuvas concentradas (Foto 8).



Foto 8: Alagamento registrado no cruzamento da Av. Sertório com Av. Voluntários da Pátria, bairro Marcílio Dias, sob as alças de acesso à ponte do lago Guaíba no dia 18 de setembro de 2012. Fonte: Jornal do Comércio, 2013.

Outro ponto com elevada concentração de registros de alagamento durante chuvas concentradas é o cruzamento da Av. Sertório com a rua Dona Sebastiana. Além desse ponto, observa-se a concentração dos registros nas quadras localizadas no polígono formado entre a Av. Farrapos, rua Lauro Müller, rua Augusto Severo e Av. Sertório.



LEGENDA

Densidade das Ocorrências de Alagamento

- Muito Baixa
- Baixa
- Média
- Alta
- Muito Alta

• Ocorrências de Alagamento

Sub-bacias selecionadas

Bacias Hidrográficas

Vias

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

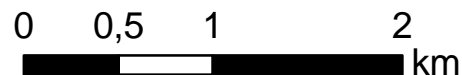
Municípios Limítrofes

Limite Municipal

Hidrografia



Escala Gráfica



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
**ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES NA MORFOLOGIA ORIGINAL E NA DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA
EM ÁREAS ALAGÁVEIS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE – RS**

TÍTULO

**SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DA BACIA DO ARROIO CAVALHADA
SELECIONADAS PARA ESTUDO**

MAPA

09

Fonte: EPTC, 2013; Hasenack, 2008; DEP, 2013;
IBGE, 2013.

Elaboração: Tielle Soares Dias

Sistema Geodésico WGS 84
Projeção UTM
Fuso 22S

DATA

Nov/2013

ESCALA

1:40.000

Nas sub-bacias do arroio Cavalhada em análise os registros de alagamento nas vias durante eventos de chuvas prolongadas foram feitos em 12 de janeiro e 17 de setembro. Os referidos registros foram realizados em áreas distintas dentro da sub-bacia, dois deles paralelos ao arroio Cavalhada (cruzamento das ruas Tamandaré com Coronel Timóteo e cruzamento da Av. Icarai com a rua Coronel Claudino), outro registro foi localizado no cruzamento da Av. Otto Niemeyer com a Travessa Escobar. Os demais registros, na mesma área foram feitos nos meses de setembro, julho e março.

Os alagamentos registrados durante períodos de chuvas concentradas ocorreram nos dias 18 e 19 de setembro (este registro coincide com um período de chuvas prolongadas, no entanto dia 18 foi o dia do ano com maior volume pluviométrico), 06 de julho e 15 de março.

Dos registros realizados os locais onde houve concentração de mais de um evento foram os cruzamentos da rua Santa Flora com Av. Cavalhada, Av. Otto Niemeyer com Av. Cavalhada e o cruzamento da Av. Icarai com a rua Coronel Claudino, neste último foram registradas alagamento em três datas distintas (Foto 9).



Foto 9: Alagamento registrado no cruzamento da Av. Icarai com rua Coronel Claudino, bairro Cristal, no dia 18 de setembro de 2012. Fonte: Zero Hora, 2013.

Importante destacar que os eventos aqui elencados foram tratados como alagamento da via, exatamente como aparecem nos registros de ocorrência de trânsito. A análise pontual, a partir dos mapeamentos das sub-bacias em estudo permitirão a diferenciação desses eventos. Mesmo assim, a análise da distribuição espacial desses registros no município de Porto Alegre possibilita a compreensão da

dimensão dos impactos causados por esse tipo de evento e a identificação de áreas foco. Considerando a recorrência dos fenômenos de alagamento em vias do município de Porto Alegre, a identificação dessas áreas auxiliarão na compreensão sobre o tipo de intervenções realizadas no ambiente que podem estar gerando ou potencializando esses eventos.

4 CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

Considerando que a ocupação humana, através das intervenções realizadas sobre o sítio, modifica a morfologia original e a dinâmica geomorfológica (FUJIMOTO, 2002), é imprescindível identificar as condições anteriores ao processo de urbanização (GOUVEIA, 2010). Dessa forma foram realizados e são aqui apresentados o mapeamento e a caracterização das morfologias originais ou pré-intervenção.

Segundo Rodrigues (2005: 103):

Entende-se por morfologia original, ou pré-intervenção, aquela morfologia cujos atributos como extensão, declividades, rupturas e mudanças de declives, dentre outros, não sofreram alterações significativas por intervenção antrópica direta ou indireta. Modificação significativa é aquela que já implica em dimensões métricas nos atributos mencionados.

Para a identificação da morfologia original foram utilizados arquivos iconográficos datados preferencialmente antes da intensificação do processo de urbanização na área de estudo. Dentre eles para essa pesquisa pode-se identificar os levantamentos aerofotogramétricos e as plantas topográficas elaboradas baseadas nesses levantamentos; a cartografia histórica, através de plantas e levantamentos topográficos do século XIX. Foram também utilizados para reconstituição da caracterização do relevo das áreas de estudo relatos e textos históricos, bem como fotografias da época.

Assim, pode-se traçar um panorama da morfologia original e da dinâmica geomorfológica das áreas de estudo, identificando potencialidades já manifestadas antes da ocupação, tais como as áreas de inundação.

A descrição da compartimentação das formas de relevo a seguir está fundamentada na proposta taxonômica de Ross (1992). No âmbito da morfoestrutura o município de Porto Alegre apresenta duas unidades: o Escudo Uruguaio Sul-rio-grandense que tem como unidade morfoescultural o Planalto Uruguaio Sul-rio-grandense e; a Bacia Sedimentar de Pelotas, representada pela morfoescultura denominada Planície e/ou Terras Baixas Costeiras (MOURA e DIAS, 2012).

O Planalto Uruguaio Sul-rio-grandense destaca-se pelos caracteres tectônicos e litológicos de sua formação e por seus diferentes graus de dissecação, cujas altitudes médias na região metropolitana de Porto Alegre estão predominantemente em torno de 50m a 100m. Apresenta-se com uma diversidade morfológica em grande

parte em formas de morros e colinas de dimensões variadas situados no centro do município, formando uma faixa alongada de direção Ne-Sw predominantemente.

No geral os morros possuem topos convexos, ocorrendo isoladamente morros de topos aguçados configurando cristas. As vertentes são íngremes, apresentando manto de alteração pouco espesso e algumas áreas de rocha exposta. Devido à influência estrutural-litológica possuem linhas de falha e a presença de suítes graníticas.

As áreas da Planície ou Terras Baixas Costeiras representam à parte emersa da Bacia Sedimentar de Pelotas, unidade morfoestrutural formada durante os eventos geotectônicos que deram origem ao Atlântico Sul. A Planície se desenvolveu ao longo do Quaternário através do acúmulo de sedimentos provenientes das terras altas adjacentes e de sistemas deposicionais marinhos, os quais foram retrabalhados em ambientes transicionais.

O relevo da Planície e Terras Baixas Costeiras está associado, predominantemente, à deposição marinha e lagunar, configurando-se em uma área plana, homogênea, sem dissecação, onde dominam os modelados de acumulação representados de modo geral pelas planícies, patamares planos e terraços. Tais compartimentos possuem baixa altitude e pequena declividade e localizam-se predominantemente nos limites norte, sul e oeste do município.

4.1 MORFOLOGIA ORIGINAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DA BACIA DO ARROIO ALMIRANTE TAMANDARÉ

Para a caracterização da morfologia original da área de estudo considera-se os elementos históricos disponíveis, bem como estudos anteriores, com intuito de identificar como eram as condições geomorfológicas anteriores às intervenções realizadas durante a expansão urbana.

4.1.1 Caracterização Histórica da Área

O Gravataí se guia por uma baixada muito aberta e larga, encostada ao norte às últimas coxilhas de arenito, ao sul, à raiz do granito com depósitos permianos. A consequência disso é que a zona de inundação abrange quase todo o percurso, avolumando-se mais e mais em sentido à barra. A margem direita, até cerca da ponte da rodovia Porto Alegre-Gravataí, por ser mais alta, mostra apenas transgressões locais da água; a margem esquerda, porém, baixa, pantanosa, alaga-se por completo, afogando o parque palustre dos

maricás e as plantações de arroz. Mais para o oeste, onde as lombas areníticas recuam em direção a Canoas, a massa líquida se espraia para ambos os lados, inundando a vila de Niterói e os campos rasos de São João. [...] Do ponto de vista humano, o extravasamento do Gravataí é o mais funesto de toda a zona atingida pelas enchentes: impedido de se escoar livremente na bacia comum, o rio manda as suas águas para as zonas densamente habitadas de Niterói, São João e Navegantes, inundando o campo de aviação da Varig, afogando as moradias muitas vezes pobres dos operários, interceptando o tráfego pelas duas únicas estradas que ligam a capital ao interior. (RAMBO, 2000: 213)

A sub-bacia hidrográfica em estudo está localizada nas proximidades da foz do rio Gravataí e margeada, em sua morfologia original, pelo lago Guaíba. Essa proximidade com os corpos d'água que drenam áreas mais elevadas do estado, no caso do Gravataí, e que recebem grandes quantidades de água vinda dos rios que nele desaguam, no caso do lago Guaíba, aliada à configuração de um relevo bastante plano faz com que a área de estudo seja frequentemente mencionada em textos históricos como uma área de inundação.

Atualmente a área de estudo está localizada entre os bairros Navegantes, São João, São Geraldo e Marcílio Dias. Em diversos estudos a área do bairro Navegantes, a de maior representatividade dentro da sub-bacia hidrográfica em questão, é retratada podendo assim agregar informações à caracterização dessa porção do município de Porto Alegre. Como menciona Harnisch (1952: 36):

A 1º de maio pretendo dar um pulo até Navegantes, onde, com meu colega de esporte a vela, sr. Rodolfo Gerson, quero visitar o Clube dos Veleiros do Sul. Mas o bonde já nos descarrega muito antes do fim da viagem. A Rua Voluntários da Pátria está inundada.

Observa-se tanto nas representações cartográficas quanto no discurso à época a inexistência de menções à presença de cursos d'água superficiais na região, afora o rio Gravataí e o lago Guaíba. No entanto, são sempre mencionados episódios de inundações e alagamentos e as tratativas por melhorias no saneamento e drenagem dessa área. Na Figura 4 pode-se observar o arruamento insipiente e a ausência de outras informações na área.

Segundo Franco (2006), o primeiro arruamento do Bairro Navegantes, foi instituído quando essa porção do município ainda não tinha essa denominação, em 1870, excetuando o então chamado Caminho Novo (atual Avenida Voluntários da Pátria) que foi aberta desde o princípio do século XIX.



Figura 4: Planta do Litoral Norte de Porto Alegre em 1877. Com destaque para a área de estudo, aproximadamente. Fonte: IHGRGS. Cartografia Virtual Histórica-Urbana de Porto Alegre. 2005. 1 CD ROM.

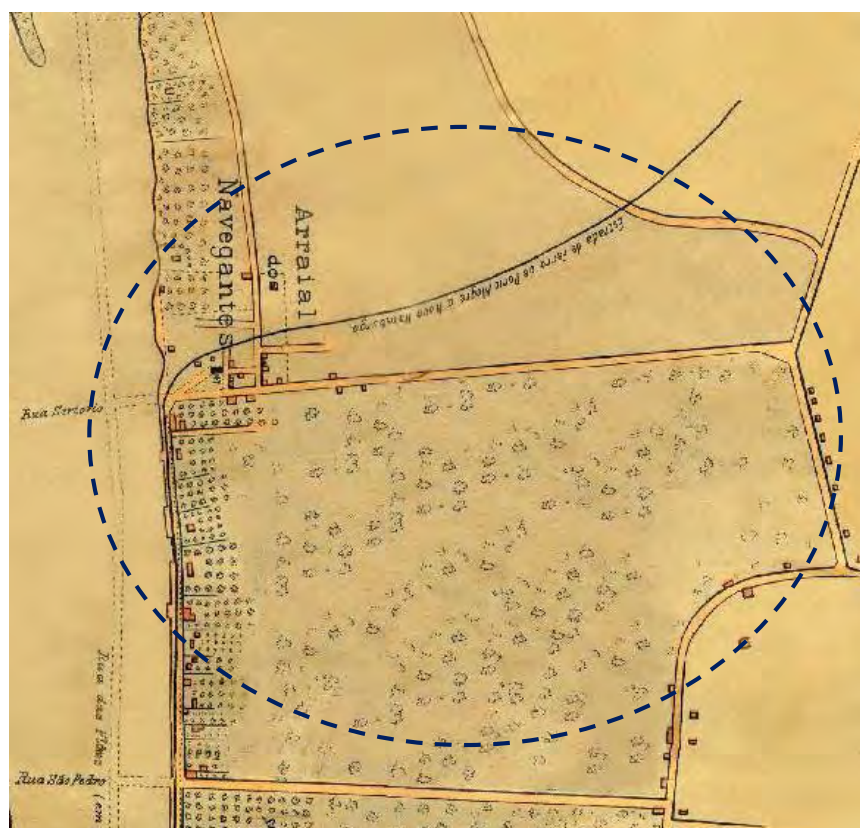


Figura 5: Planta de Porto Alegre. Organizada e Desenhada pelo Capitão de Artilharia e Engenharia Militar João Candido Jacques, 1888. Norte orientado para a parte superior da página. Com destaque para a área de estudo, aproximadamente. Fonte: IHGRGS. Cartografia Virtual Histórica-Urbana de Porto Alegre. 2005. 1 CD ROM.

Em outra Planta de Porto Alegre, agora de 1888, evidencia-se a baixa declividade da área em estudo pela ausência da representação de curvas de nível, existente na mesma planta para áreas mais elevadas (Figura 5). A proximidade com o lago Guaíba e a representação de áreas de cultivo nesta porção do município, remetem à condições de um relevo plano e alagadiço. Mesmo em imagens de datas mais recentes (Figura 6), com ampla ocupação da área, não estão representados cursos d'água superficiais.



Figura 6: Mapa Topográfico do Município de Pôrto Alegre, Executado pelo Sindicato Condor Ltda, Secção Aerofotogramétrica, de acordo com o contrato lavrado em 5 de julho de 1939. 1939 - 1941. Norte orientado para a parte superior da página. Com destaque para a área de estudo, aproximadamente. Fonte: Porto Alegre - Secretaria do Planejamento Municipal, Mapoteca.

A representação mais próxima da existência de algum curso d'água na área se dá na Planta de Porto Alegre, datada de forma imprecisa como sendo do século XX, sem mencionar o ano. Nessa imagem (Figura 7) pode-se observar a existência de alguns arroios que nascem nas áreas mais elevadas, do atual bairro São João, e não apresentam a continuidade do traçado na área de estudo.

Além dos registros cartográficos as memórias de moradores mais antigos do bairro Navegantes auxiliam na identificação das dinâmicas geomorfológicas anteriores ao intenso processo de ocupação dessa área. Esses relatos, sistematizados na pesquisa de Mello (2008) reforçam a ocorrência de alagamentos constantes e das condições planas e alagadiças do terreno.



Figura 7: Planta de Porto Alegre, século XX. Norte orientado para a parte superior da página. Com destaque para a área de estudo, aproximadamente. Fonte: IHGRGS. Cartografia Virtual Histórica-Urbana de Porto Alegre. 2005. 1 CD ROM.

Outra coisa marcante foi o aterro da praça, pois a praça era um lodaçal: quando vinham as chuvas de verão, ficava todo mundo dentro do banhado mesmo. (...) Esse aterro foi uma coisa fantástica: tinha a linha férrea, então eles tinham que passar o tubo por baixo da linha férrea. Naquele tempo, se fazia captação do Guaíba e eram tubos de 50 ou 60 centímetros de diâmetro, e a draga empurrava. Na prática, o terminal era móvel, conforme a região que faltava aterro. Só que naquele tempo, não havia grade. Então vinham muito peixe. A gurizada vinha com balde e tudo... Todo mundo era solidário. Ali nos fundos da igreja, junto ao trem, já havia uns cinco ou seis casebres, acho que foram os primeiros de Porto Alegre. Isso foi em 1928. Aquela comunidade era muito pobre, viviam quase na mendicância, e quando houve esse período, foi muito interessantes porque todo mundo, nós, os guris, todo mundo ajudava a botar os peixes na lata: era cascudo, lambari, pintado... Isso a gente não esquece. (Henrique) (MELLO, 2008: 36)

Ainda que o relato caracterize um período do princípio da ocupação da sub-bacia hidrográfica em estudo, pode-se observar a preocupação com a drenagem da

área para possibilitar essa ocupação. Na fala do entrevistado, o local ocupado pela Igreja de Nossa Senhora de Navegantes e a praça do seu entorno, eram áreas úmidas que em eventos de chuvas acumulavam água e as retinham, sendo necessário já na década de 1920 realizar obras de aterro. A referida área é atualmente onde está localizado um dos acessos à Travessia Régis Bittencourt (Ponte do Guaíba) (Foto 10), local onde se verificou a maior concentração dos eventos de alagamento registrados pela EPTC no ano de 2012.



Foto 10: Foto atual da área do entorno da Igreja Nossa Senhora de Navegantes. Av. Sertório. Bairro Navegantes. Dezembro de 2013.

Ainda no estudo de Mello (2008) as descrições sobre a área são muito semelhantes, embora para locais mais afastados da área de Igreja, como descreve uma moradora da rua Ernesto da Fontoura: *“Dona Neca se lembra de como a região onde moram era um grande banhado. Dona Nina menciona as reformas na casa, onde o aterro, estreito e comprido, permitiu que a casa antiga, localizada no meio do terreno, fosse ampliada para frente”* (MELLO, 2008: 57). Dessa forma, pode-se perceber que anteriormente às intervenções humanas realizadas nesses espaços a existência de extensas áreas alagáveis, descritos nos relatos de antigos moradores como banhados e lodaçal, eram verificadas.

4.1.2 Geomorfologia Original

O mapeamento da geomorfologia original busca resgatar as formas de relevo da área de estudo e espacializá-las conforme os materiais iconográficos e mapeamentos históricos a descreviam. Com isso foi possível elaborar o Mapa da Geomorfologia Original (Mapa 10) datado como referente ao início do século XIX em virtude de que as intensas alterações que ocasionaram mudanças no relevo passaram a ser implantadas a partir desse período.

Os compartimentos do relevo identificados no mapeamento da sub-bacia hidrográfica da bacia do arroio Almirante Tamandaré foram: padrão em forma de colinas relativo às áreas morfoesculturais do Planalto Uruguaio Sul-rio-grandense, e padrão em forma de planícies fluvio-lagunares com banhado, relativo às áreas morfoesculturais da Planície e Terras Baixas Costeira. Quase a totalidade da área de estudo é composta por áreas planas e com menores altitudes correspondentes ao padrão de planícies.

A descrição dos padrões e tipos de formas de relevo contempla características morfológica, morfométricas e suas relações com a litologia, conforme se pode verificar no mapa da morfologia original (Mapa 10). A descrição foi elaborada de acordo com os mapeamentos realizados e utilizando como informações base os resultados de pesquisas anteriores (MOURA e DIAS, 2012; DIAS, 2011).

Planalto Uruguaio Sul-rio-grandense

O Planalto está representado na sub-bacia hidrográfica da bacia do arroio Almirante Tamandaré pelo padrão em forma de colina.

O **padrão em forma de colinas** (Foto 11) é formado por rochas graníticas da formação Granito Independência. De estrutura maciça esse granito pode apresentar, na área de estudo, cobertura dos sedimentos quaternários da bacia do rio Gravataí (HASENACK, 2008).

Os solos são classificados como Argissolos Vermelhos e Argissolos Vermelho-amarelos, caracterizados como solos profundos que apresentam horizontes A, B e C, de ocorrência predominante em relevo ondulado ou levemente ondulado. De idade Cenozóica este padrão é formado por colinas de topos convexos e vertentes com segmento predominantemente côncavo-convexo.

Embora a área de estudo contenha apenas as vertentes das colinas, pode-se analisar que as essas se configuram como colinas de interflúvios amplos e vales aberto (em fundo chato). Apresentam altitudes predominantes entre 5 e 25 metros e declividades entre 10 a 20%. A área de colinas corresponde a 3,6% da área total atual da sub-bacia hidrográfica em estudo.



Foto 11: Foto atual do padrão em forma de colinas na área de estudo. Rua Carlos Von Koseritz, bairro São João. Dezembro de 2013.

Planície e Terras Baixas Costeiras

A Planície está representada na sub-bacia hidrográfica da bacia do arroio Almirante Tamandaré pelo padrão em forma de planícies fluvio-lagunares com banhado.

Quanto à formação o **padrão em forma de planícies fluvio-lagunares com banhados** (Foto 12) foi isolado em depressão pelo sistema deposicional Laguna-barreira IV, ficando representado pelo Sistema Lagunar Guaíba-Gravataí. A posterior sedimentação trazida pelos rios transformou essa depressão em um ambiente de sedimentação fluvial, lagunar e paludal e, posteriormente, importantes depósitos turfáceos se desenvolveram.



Foto 12: Foto atual do padrão em forma de planície flúvio-lagunar com banhado. Rua Arabutan, bairro Navegantes. Dezembro de 2013.

Este conjunto de formas de relevo é constituído por depósitos do Sistema laguna-barreira IV, caracterizado como depósitos de planície associado a canais fluviais, apresenta areias grossas e conglomeráticas. Os solos são classificados como Gleissolos e Planossolos localizados em áreas de acumulação de água, são caracterizados como um ambiente que evidencia a ausência de oxigênio propiciando processos de acumulação de material orgânico e intensa redução química (MENEGAT, 1998).

De idade Holocênica este padrão configura-se em uma extensa área plana, apresenta predominância de cotas altimétricas inferiores aos 5 m e com declividades menores que 2%. A rede de drenagem é representada pelos banhados. Esse compartimento representa cerca de 91,2% da área da sub-bacia hidrográfica em estudo.

Com a presença de banhados, essa área era originalmente encharcada com água parada que podia, periodicamente, apresentar-se seca (GUERRA e GUERRA, 2005). É uma área mal drenada, com pontos de acumulação e retenção de água, influenciados pelos eventos de cheia dos cursos e corpos d'água do entorno: rio Gravataí e lago Guaíba.

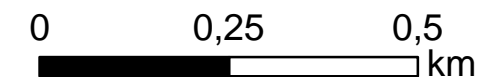


CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS







-  Hidrografia
-  Limite Municipal
-  5 Curvas de Nível
-  Vias



Escala Gráfica



480000 480500 481000 481500 482000 482500 6680000 6680500 6681000 6681500

		TIPOS DE FORMAS DO RELEVO	ELEMENTOS DA VERTENTE E DA PLANÍCIE
MORFOESTRUTURA BACIA SEDIMENTAR DE PELOTAS ESCUDO URUGUAIO SUL-RIO-GRANDENSE	MORFOESCULTURA PLANÍCIE E/OU TERRAS BAIXAS COSTEIRAS PLANALTO URUGUAIO SUL-RIO-GRANDENSE	 COLINAS	 Retilínea  Côncava  Convexa
		 PLANÍCIES FLUVIO-LAGUNARES COM BANHADO	 Banhados

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES NA MORFOLOGIA ORIGINAL E NA DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA EM ÁREAS ALAGÁVEIS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE – RS

TÍTULO MORFOLOGIA ORIGINAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DA BACIA DO ARROIO ALMIRANTE TAMANDARÉ SELECIONADA PARA ESTUDO		MAPA 10
Fonte: EPTC, 2013; Hasenack, 2008; Moura e Dias, 2012; DEP, 2013; IBGE, 2013. Elaboração: Tielle Soares Dias	Sistema Geodésico WGS 84 Projeção UTM Fuso 22S	DATA Nov/2013 ESCALA 1:10.000

A partir do mapeamento da morfologia original da área de estudo pode-se observar que a maior parte da sub-bacia hidrográfica em análise apresenta compartimentos de relevo nos quais dominam a dinâmica de acumulação, representados pelo padrão em forma de planície. Em menor proporção estão as áreas de modelado de dissecação do relevo, representadas pelo padrão em colinas (Tabela 7). O total dos compartimentos não totaliza a área total atual da sub-bacia hidrográfica, por terem sido acrescidas áreas a essa durante seu processo de ocupação, através de aterros.

GEOMORFOLOGIA ORIGINAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DA BACIA DO ARROIO ALMIRANTE TAMANDARÉ	
UNIDADE	PERCENTUAL EM RELAÇÃO À ÁREA TOTAL ATUAL DA BACIA HIDROGRÁFICA
Planície flúvio-lagunar com banhado	91,2
Colinas	3,6

Tabela 7: Proporção das áreas ocupadas pelos compartimentos do relevo em relação à área atual da sub-bacia hidrográfica da bacia do arroio Almirante Tamandaré.

4.2 MORFOLOGIA ORIGINAL DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DA BACIA DO ARROIO CAVALHADA

Da mesma forma como foram apresentados para a sub-bacia hidrográfica da bacia do arroio Almirante Tamandaré, para a sub-bacia do arroio Cavahada são apresentados os elementos históricos e estudos anteriores que propiciam um mapeamento do quadro geomorfológico anterior às intervenções antrópicas no local.

4.2.1 Caracterização Histórica da Área

As sub-bacias hidrográficas pertencentes à bacia do arroio Cavahada, na zona sul de Porto Alegre, que estão em análise nessa pesquisa, apresentam por sua vez um quadro natural e dinâmica de expansão urbana bastante diferenciados do registrado para a sub-bacia hidrográfica da zona norte do município de Porto Alegre em estudo.

A área de estudo era uma das enseadas que compunham a orla de Porto Alegre. Rodeado de morros e colinas estende-se uma área plana, ocupada por cursos d'água, sendo o de maior nível na hierarquia fluvial, o arroio Cavalhada. A foz do referido arroio, era anteriormente muito próxima à atual área de estudo, no entanto obras de aterramento da margem expandiram o limite do município, subtraindo áreas de lago Guaíba e deslocando a foz do arroio Cavalhada para a área mais à jusante.

A paisagem dessa área do município está presente no relato dos viajantes, como menciona Saint-Hilaire (1987: 43): “*a lagoa se estende obliquamente para o sul, orlada de colinas pouco elevadas, confunde-se no horizonte com as nuvens*”. A lagoa no relato refere-se ao lago Guaíba e a descrição embora genérica retrata a vista da zona sul de Porto Alegre a partir da área central (Figura 8).



Figura 8: Enseada vista de norte para o sul a partir da Ponta do Melo na década de 1920. Fonte: Acervo Haroldo Azambuja, negativo recuperado por Sérgio Lima. In: Huyer, 2010.

Observa-se que independente do ponto de vista, se de norte para o sul ou de sul para o norte, a área de estudo configurava-se em uma enseada circundada por áreas mais elevadas. A área da enseada, composta por planícies e terraços era vasta e abrigava no início do século XX poucas construções, conforme evidenciado na Figura 9. Na Figura 10 pode-se observar as baixas declividades das áreas de planície e/ou terraços da área de estudo.



Figura 9: Enseada vista de sul para norte, vista panorâmica do Cristal em 1917. Fonte: Brigada Militar. Álbum comemorativo, 1922. In: Huyer, 2010.



Figura 10: Campos do Cristal, em 1910. Local em parte ocupado atualmente pelo Jockey Club, excetuando a área de aterro ainda inexistente. Fonte: Brigada Militar. Álbum comemorativo, 1922. In: Huyer, 2010.

Através dos materiais cartográficos históricos pode-se analisar e mapear a morfologia original da área de estudo, com destaque para a rede de drenagem, ainda sem intervenções antrópicas, como canalizações e retificações e a faixa de orla, ainda sem aterros. Conforme pode ser constatado na Figura 11, o arroio Cavallhada apresenta-se sinuoso, exemplificado em seu trecho final que vai em direção à Ponta do Dionísio e, antes de desaguar no lago Guaíba faz uma volta, tendo sua foz mais ao norte, onde já na época do mapeamento existia um trapiche, representado na planta.

Na Planta de Porto Alegre, datada do século XX (Figura 12) algumas convenções cartográficas apontam o uso e ocupação da terra na área, auxiliando na identificação de áreas mais baixas e planas do relevo, onde existiam campos e áreas

úmidas. Bem como nas áreas mais elevadas, as áreas de nascentes e a vegetação nas vertentes dos morros e colinas.

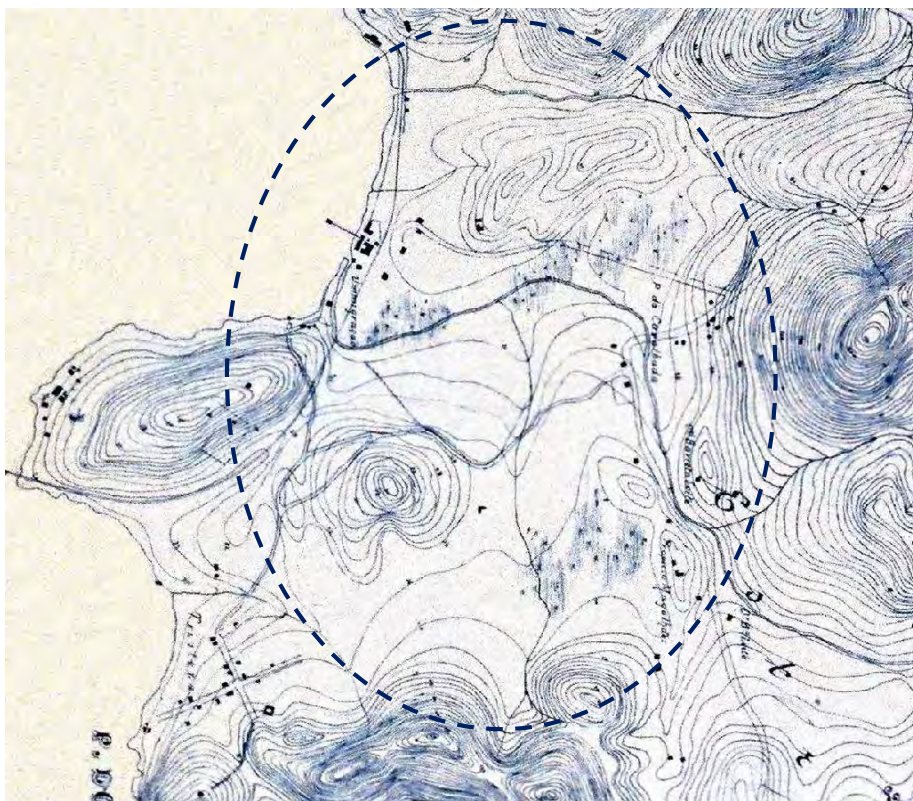


Figura 11: Planta Topográfica e Orográfica do 4º e 5º Distrito do Município de Porto Alegre, 1896. Norte orientado para a parte superior da página. Com destaque para a área de estudo, aproximadamente. Fonte: IHGRGS. Cartografia Virtual Histórica-Urbana de Porto Alegre. 2005. 1 CD ROM.



Figura 12: Planta de Porto Alegre, século XX. Norte orientado para a parte superior da página. Com destaque para a área de estudo, aproximadamente. Fonte: IHGRGS. Cartografia Virtual Histórica-Urbana de Porto Alegre. 2005. 1 CD ROM.

Com a concentração da ocupação, na década de 1930 (Figura 13), é possível acompanhar o traçado dos arroios através da existência de pontes, ainda que alguns apresentem modificações no traçado, em relação a plantas mais antigas da área. Da mesma forma que nas anteriores a indicação do uso e ocupação da terra, através das convenções cartográficas adotadas, permite inferir informações sobre a dinâmica geomorfológica local.



Figura 13: Mapa Topográfico do Município de Pôrto Alegre, Executado pelo Sindicato Condor Ltda, Seção Aerofotogramétrica, de acordo com o contrato lavrado em 5 de julho de 1939. 1939 - 1941. Norte orientado para a parte superior da página. Com destaque para a área de estudo, aproximadamente. Fonte: Porto Alegre - Secretaria do Planejamento Municipal, Mapoteca.

4.2.2 Geomorfologia Original

Como mencionado anteriormente, o mapeamento da geomorfologia original busca resgatar as formas de relevo da área de estudo e espacializá-las conforme os materiais iconográficos e mapeamentos históricos a descreviam. Assim, é apresentado o mapa da geomorfologia original da área de estudo (Mapa 11) datado como referente ao início do século XX em virtude de que as intensas alterações que ocasionaram mudanças no relevo passaram a ser implantadas a partir desse período, mais tardio se comparado à zona norte e ao centro do município.

Os compartimentos do relevo identificados no mapeamento das sub-bacias hidrográficas da bacia do arroio Cavalhada foram: padrão em forma de morros e de morros associados com colinas relativos às áreas morfoesculturais do Planalto Uruguaio Sul-rio-grandense; e padrão em forma de patamar plano fluvio-coluvionar, padrão em forma de terraço fluvial e padrão em forma de planície fluvial, relativos às áreas morfoesculturais da Planície e Terras Baixas Costeiras. Mais de 50% da área de estudo é composta por áreas planas e com menores altitudes correspondentes ao padrão de planícies, patamares planos e terraços.

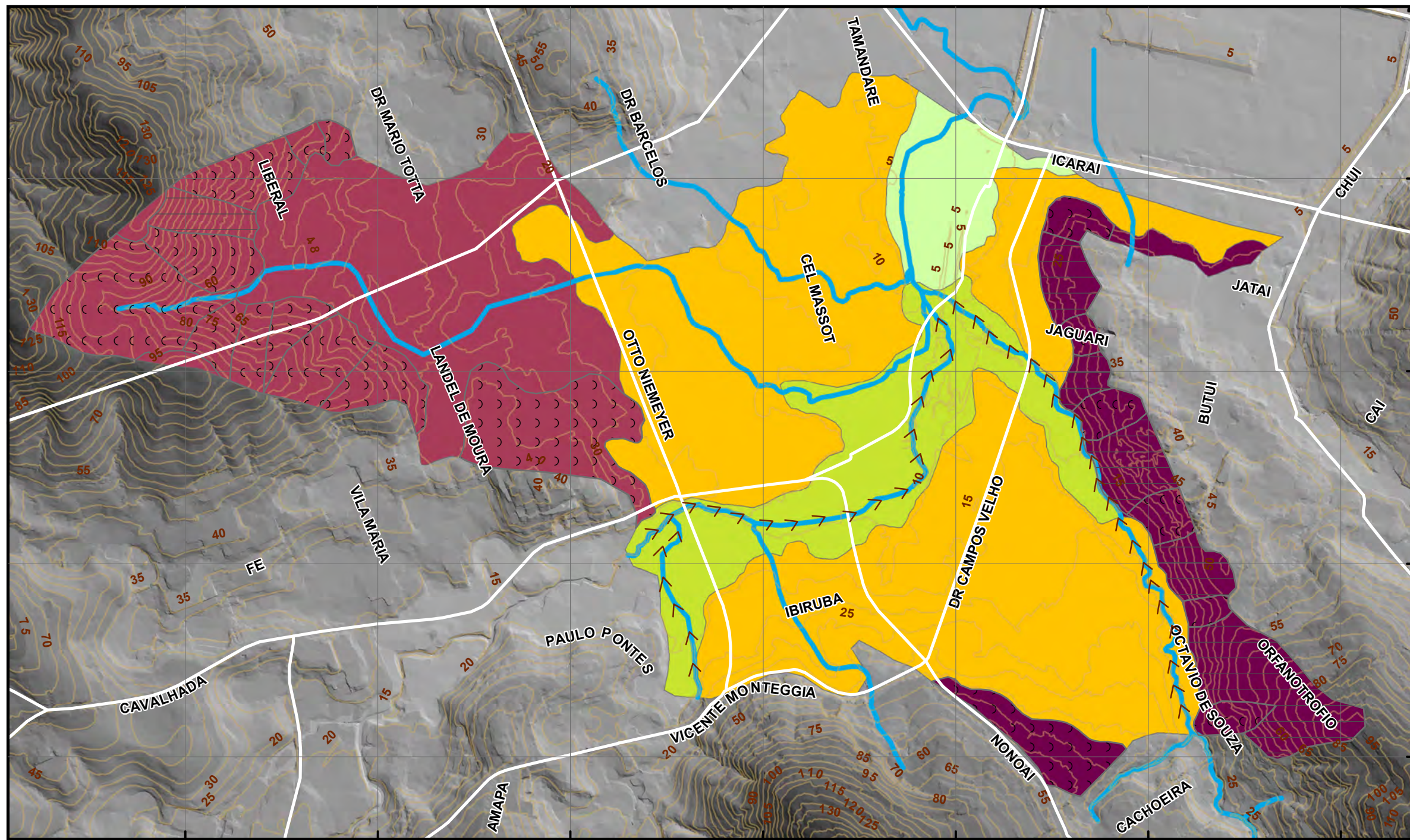
A descrição dos padrões e tipos de formas de relevo contempla características morfológica, morfométricas e suas relações com a litologia, conforme se pode verificar no mapa da morfologia original (Mapa 11). A descrição foi elaborada de acordo com os mapeamentos realizados e utilizando como informações base os resultados de pesquisas anteriores (MOURA e DIAS, 2012; DIAS, 2011).

Planalto Uruguaio Sul-rio-grandense




O Planalto está representado na sub-bacia hidrográfica da bacia do arroio Cavalhada por padrões de formas semelhantes que são: padrão em forma de morros e padrão em forma de morros associados com colinas.

O **padrão em forma de morros** (Foto 13) é constituído por rochas graníticas geradas durante os estágios de evolução do Cinturão Orogênico Dom Feliciano. Esse cinturão foi originado pela colisão entre dois antigos continentes, um sul-americano e outro africano, que está representado por uma associação de rochas alongadas de direção predominante Ne-Sw.

Na área de estudo, as rochas graníticas constituintes dos morros são oriundas das formações Granito Santana e Granito Ponta Grossa, formando um conjunto de morros com topos convexos com direção de Ne-Sw. Contido na área da sub-bacia hidrográfica em análise, está uma porção da vertente sul desse lineamento de morros, os topos dos morros não estão representadas na área de estudo. Portanto, apresenta altitudes predominantes entre 20 e 60 m e declividades entre 10 a 20%. As vertentes apresentam segmento predominantemente retilíneo.

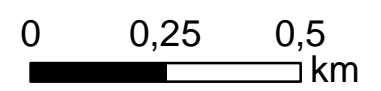


CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS



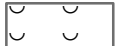

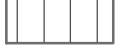




-  Hidrografia
-  20 Curvas de Nível
-  Limite Municipal
-  Vias



Escala Gráfica



6668400 6669000 6669600 6670200 6670800 6671400 6672000

		TIPOS DE FORMAS DO RELEVO	ELEMENTOS DA VERTENTE E DA PLANÍCIE
MORFOESTRUTURA ESCUDO URUGUAIO SUL-RIO-GRANDENSE	MORFOESCULTURA PLANALTO URUGUAIO SUL-RIO-GRANDENSE	 MORROS  MORROS ASSOCIADOS COM COLINAS	 Côncava  Convexa  Retilínea
		 PATAMAR PLANO FLUVIO-COLUVIONAR  TERRAÇO FLUVIAL  PLANÍCIE FLUVIAL	 Vales entalhados em "V"

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES NA MORFOLOGIA ORIGINAL E NA DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA EM ÁREAS ALAGÁVEIS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE – RS

TÍTULO MORFOLOGIA ORIGINAL DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DA BACIA DO ARROIO CAVALHADA SELECIONADAS PARA ESTUDO		MAPA 11
Fonte: EPTC, 2013; Hasenack, 2008; Moura e Dias, 2012; DEP, 2013; IBGE, 2013. Elaboração: Tielle Soares Dias	Sistema Geodésico WGS 84 Projeção UTM Fuso 22S	DATA Nov/2013 ESCALA 1:14.000

Este conjunto de formas de relevo é constituído basicamente por rochas graníticas e de sedimentos procedentes do granito. Na área de estudo há uma concentração de diferentes tipos de solo, os mais recorrentes nesse compartimento do relevo são Argissolos Vermelhos ou Argissolos Vermelho-Amarelos com Cambissolos Háplicos, são solos relativamente profundos, encontrados, predominantemente, na baixa vertente (HASENACK, 2008).

Nesse modelado predomina os processos de dissecação do relevo, como as baixas vertentes apresentam predominantemente elementos convexos, há um favorecimento da tendência à dispersão de água por escoamento superficial difuso e por consequência um favorecimento à erosão laminar. A área de morros corresponde a 10,7% da área total atual da sub-bacia hidrográfica em estudo.



Foto 13: Foto atual do padrão em forma de morros na área de estudo, vista do morro para a área de terraço fluvial. Rua Dona Cristina esquina com rua Orfanatório, divisa dos bairros Nonoi e Cristal. Dezembro de 2013.

O **padrão em forma de morros associados com colinas** (Foto 14) é constituído também por rochas graníticas, da formação Granito Ponta Grossa, geradas durante os estágios de evolução do Cinturão Orogênico Dom Feliciano. No entanto, em alguns segmentos desse compartimento são encontradas significativas rampas coluvionares com declividades médias de 2 a 5%, as quais se caracterizam por depósitos originados por processos gravitacionais e/ou originados de alteração in situ do embasamento cristalino.

Este padrão é formado por um conjunto de morros com topos convexos associados com formas em colinas com topos predominantemente convexos, cujas altitudes médias estão entre os intervalos de 20 a 40m. As declividades médias estão predominantemente nas classes de 5 a 20%.

Os solos são classificados como Argissolos Vermelhos ou Argissolos Vermelho-Amarelos encontrados, predominantemente, na baixa vertente. Nas altas e médias vertentes é verificada a ocorrência de associação de Cambissolos Háplicos com Neossolos Litólicos ou Neossolos Regolíticos (HASENACK, 2008).

Caracteriza-se pela associação de morros e colinas de difícil delimitação entre essas duas feições. As vertentes apresentam segmento predominantemente convexo-côncavo, favorecendo à dispersão das águas e o escoamento superficial. Esse padrão representa 28,5% da área total atual da sub-bacia hidrográfica em estudo.



Foto 14: Foto atual do padrão em forma de morros associados com colinas na área de estudo. Rua Bazilio Pellin Filho nas proximidades da rua Víctor Silva, bairro Camaquã. Dezembro de 2013.

Planície e Terras Baixas Costeiras

A Planície está representada na sub-bacia hidrográfica da bacia do arroio Cavalhada por padrões de formas semelhantes que são: padrão em forma de patamar plano, padrão em forma terraço fluvial e padrão em forma de planície fluvial.

O **padrão em forma de patamar plano fluvio-coluvionar** (Foto 15) é constituído, de modo geral, por depósitos coluvionares oriundos dos morros e colinas graníticos do entorno e depósitos aluviais oriundos dos materiais carregados e depositados pelos cursos d'água. Este padrão apresenta uma superfície levemente inclinada em forma de patamares aplainados, de largura variada.

O padrão em forma de patamar plano apresenta como constituintes geológicos depósitos coluvionares com origem pedogenética, a partir da erosão das rochas graníticas adjacentes. Sendo verificado também depósitos aluviais e ainda aqueles decorrentes da deposição de sedimentos do Sistema Laguna-Barreira II e III. Os solos desse compartimento são classificados como Planossolos Hidromórfico, Gleissolos Haplicos e Plintossolos Argilúvicos (HASENACK, 2008).

A altitude predominante nesse compartimento é menor que 20 metros, apresenta a maior parte de sua área até a cota de 17 metros. A declividade predominante está entre 2 e 10%. A área de patamar plano fluvio-coluvionar corresponde a 43,7% da área total atual da sub-bacia hidrográfica em estudo, sendo o compartimento com maior representatividade.



Foto 15: Foto atual do padrão em forma de patamar plano fluvio-coluvionar na área de estudo. Rua São Sebastião do Caí, ao fundo rua Tamandaré, bairro Camaquã. Dezembro de 2013.

O **padrão em forma de terraço fluvial** (Foto 16) é constituído, de modo geral, por depósitos aluviais oriundos dos materiais carregados e depositados pelos cursos

d'água. Este padrão apresenta uma superfície levemente inclinada, de largura variada junto aos vales dos principais cursos d'água identificados na área de estudo e à planície fluvial.

O terraço fluvial é composto principalmente por depósitos aluviais (HASENACK, 2008) e os solos desse compartimento são classificados como Planossolos Hidromórfico, Gleissolos Haplicos e Plintossolos Argilúvicos (HASENACK, 2008).

A altitude predominante é menor que 20 metros, sendo que a maior parte da área ocupa cotas de até 12 metros. A declividade predominante está entre menor que 2% até 5%.

A área de terraço fluvial corresponde a 11,5% da área total atual da sub-bacia hidrográfica em estudo. Neste compartimento estão os vales de alguns dos afluentes do arroio Cavalhada, alguns deles configuram vales bem entalhados em forma de "V", caracterizados pela elevada velocidade dos cursos d'água.



Foto 16: Foto atual do padrão em forma de terraço fluvial na área de estudo. Av. Cavalhada, bairro Cavalhada. Dezembro de 2013.

O **padrão em forma de planície fluvial** (Foto 17) consiste em uma área plana de idade Holocênica, com declividades inferiores a 2%, situada junto ao trecho final do arroio Cavalhada, considerando seu traçado original. São áreas com sedimentos

decorrentes da erosão e deposição fluvial que possuem altitudes predominantes inferiores a 5 metros.

Este conjunto de formas de relevo é constituído por depósitos aluviais, com areias grossas e conglomeráticas. Os solos são classificados como Planossolos Hidromórfico, Gleissolos Haplicos e Plintossolos Argilúvicos, originados de sedimentos fluviais, compõem uma estratificação de granulometria variável, apresentam horizontes A-C, com a presença irregular de matéria orgânica (HASENACK, 2008). A área de planícies fluviais corresponde a 3,4% da área total atual da sub-bacia hidrográfica em estudo.

Nessas áreas, onde por definição os processos de acumulação superam os de dissecação, a drenagem está associada ao curso final do arroio Cavalhada, que em sua constituição original era um arroio meandrante, com o entorno composto por áreas úmidas. Dessa forma a planície fluvial configura-se em uma área relativamente plana, com presença de cursos d'água, que em sua forma original, apresentava fundo chato e baixa velocidade de escoamento, formando meandros e áreas alagadas no entorno.



Foto 17: Foto atual do padrão em forma de planície fluvial na área de estudo. Vista do arroio Cavalhada a partir da Av. Icaraí, bairro Cristal. Dezembro de 2013.

A partir do mapeamento da morfologia original da área de estudo pode-se observar que a maior parte da sub-bacia hidrográfica em análise apresenta compartimentos de relevo nos quais dominam a dinâmica de acumulação,

representados por padrões em planície, em patamares planos e terraços. Em menor proporção estão as áreas de modelado de dissecação do relevo, representadas pelo padrão em morros e morros associados com colinas (Tabela 8). O total dos compartimentos não corresponde à área total atual da sub-bacia hidrográfica em estudo, por terem sido acrescidas áreas a essa durante seu processo de ocupação, através de aterros.

GEOMORFOLOGIA ORIGINAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DA BACIA DO ARROIO CAVALHADA	
UNIDADE	PERCENTUAL EM RELAÇÃO À ÁREA TOTAL ATUAL DA BACIA HIDROGRÁFICA
Morros	10,7%
Morros Associados com Colinas	28,5%
Patamar Plano Fluvio-Coluvionar	43,7%
Terraço Fluvial	11,5
Planície Fluvial	3,4%

Tabela 8: Proporção das áreas ocupadas pelos compartimentos do relevo em relação à área atual da sub-bacia hidrográfica da bacia do arroio Cavalhada.

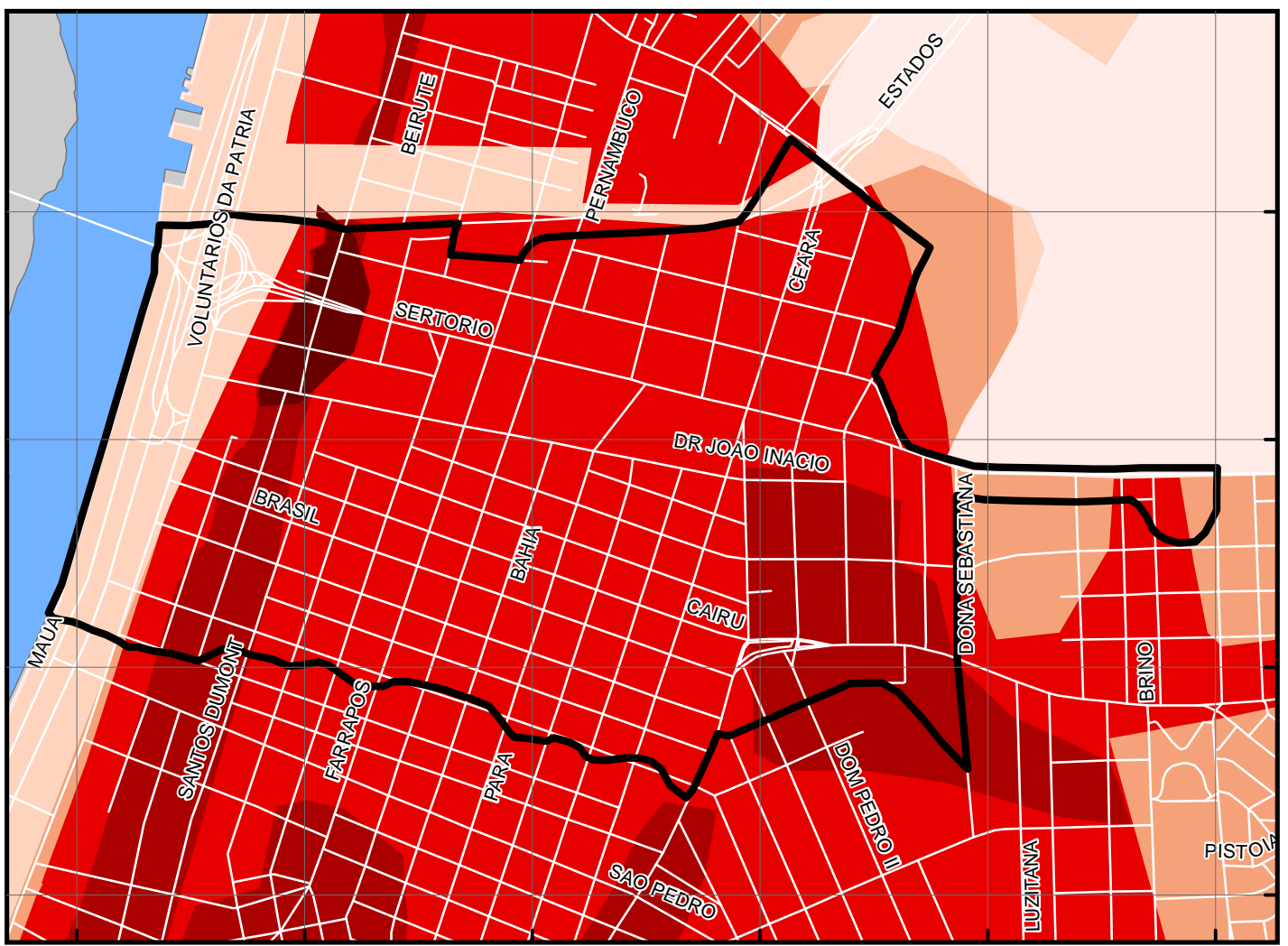
5 SÍNTESE DA EXPANSÃO URBANA NAS ÁREAS DE ESTUDO

Nas cidades, o uso e ocupação da terra – passível de mapeamentos e análises – é resultado do constante processo de expansão das áreas urbanas. O recorte temporal feito para uma pesquisa caracteriza um momento desse processo, evidenciando, de acordo com os objetivos da mesma, alguma categorização do uso que se faz do sítio urbano. Sendo assim, com base em estudos anteriores (Dias, 2010) foi analisada a expansão da mancha urbana de Porto Alegre nas sub-bacias hidrográficas em estudo.

Essa breve análise, apresenta apenas a extensão em área ocupada pela mancha urbana e não o uso em cada período, mesmo assim, permite analisar a expressiva ocupação desses espaços e os compartimentos do relevo que foram paulatinamente sendo ocupados e conseqüentemente modificados. A partir disso pode-se perceber a completa ocupação das áreas de estudo pela mancha urbana, o que subsidia a análise do uso e ocupação da terra dessas áreas.

A sub-bacia hidrográfica da bacia do arroio Almirante Tamandaré em análise tem registro de ocupação desde o primeiro período analisado (1772 a 1820), pois nesta área estava localizado um dos primeiros arraiais do município: o arraial de Navegantes. Neste período, a mancha urbana respondia a 2,7% da área da sub-bacia. No período seguinte (1820 a 1890) a urbanização se intensificou, representando uma área de 17,2% da sub-bacia, conforme Gráfico 12.

No período seguinte, de 1820 a 1890 a área ocupada na sub-bacia hidrográfica teve um grande incremento, passando a corresponder a 86,9% desta. Tendo já praticamente toda a área ocupada, essa porção do município passou pelo período seguinte com um incremento pequeno, de 86,9% para 88,7%, em pouco mais de três décadas. No período de 1979 a 2001, 99,1% de sua área passou a ser ocupada e nos anos mais recentes, a área de estudo alcançou a totalidade de sua ocupação pela urbanização (Mapa 12).



LEGENDA

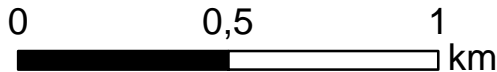
- Ocupação Urbana de 1772 a 1820
- Ocupação Urbana de 1820 a 1890
- Ocupação Urbana de 1890 a 1945
- Ocupação Urbana de 1945 a 1979
- Ocupação Urbana de 1979 a 2001
- Ocupação Urbana de 2001 a 2010

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Sub-bacia do arroio Almirante Tamandaré
- Limite Municipal
- Hidrografia
- Vias



Escala Gráfica



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
**ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES NA MORFOLOGIA ORIGINAL E NA DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA
 EM ÁREAS ALAGÁVEIS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE – RS**

TÍTULO MAPA SÍNTESE DA EXPANSÃO URBANA NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DA BACIA DO ARROIO ALMIRANTE TAMANDARÉ SELECIONADA PARA ESTUDO (1772 A 2010)		MAPA 12
Fonte: EPTC, 2013; DEP, 2013; DIAS, 2011. Elaboração: Tielle Soares Dias	Sistema Geodésico WGS 84 Projeção UTM Fuso 22S	DATA Dez/2013
		ESCALA 1:18.000

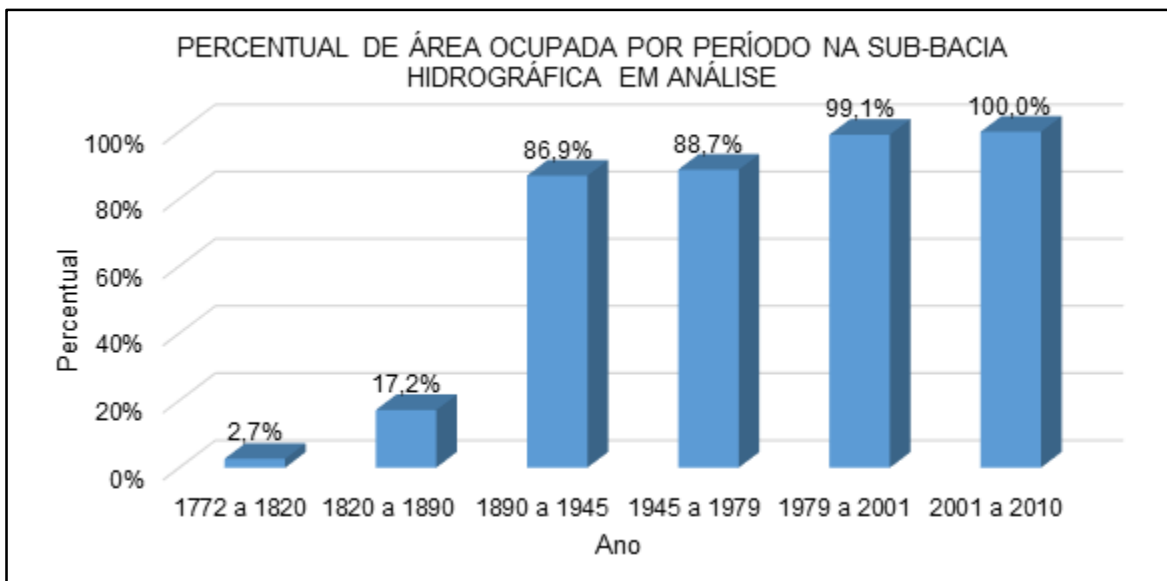


Gráfico 12: Percentual de área ocupada por período da expansão urbana analisado na sub-bacia hidrográfica da bacia do arroio Almirante Tamandaré, área de estudo dessa pesquisa.

Nesse período, diferentes compartimentos do relevo foram sendo apropriados, conforme demonstra o Gráfico 13. A ocupação existente nos primeiros anos da análise estava concentrada em sua totalidade na planície fluvio-lagunar com banhado, forma de relevo que por ser a mais expressiva dentro da sub-bacia hidrográfica, desponta em área como aquela com maior ocupação urbana. As áreas de colina já no período de 1820 a 1890 foram totalmente ocupadas, ainda que essa ocupação tenha se modificado e adensado com o passar do tempo, não só para essa área, como para toda a sub-bacia.

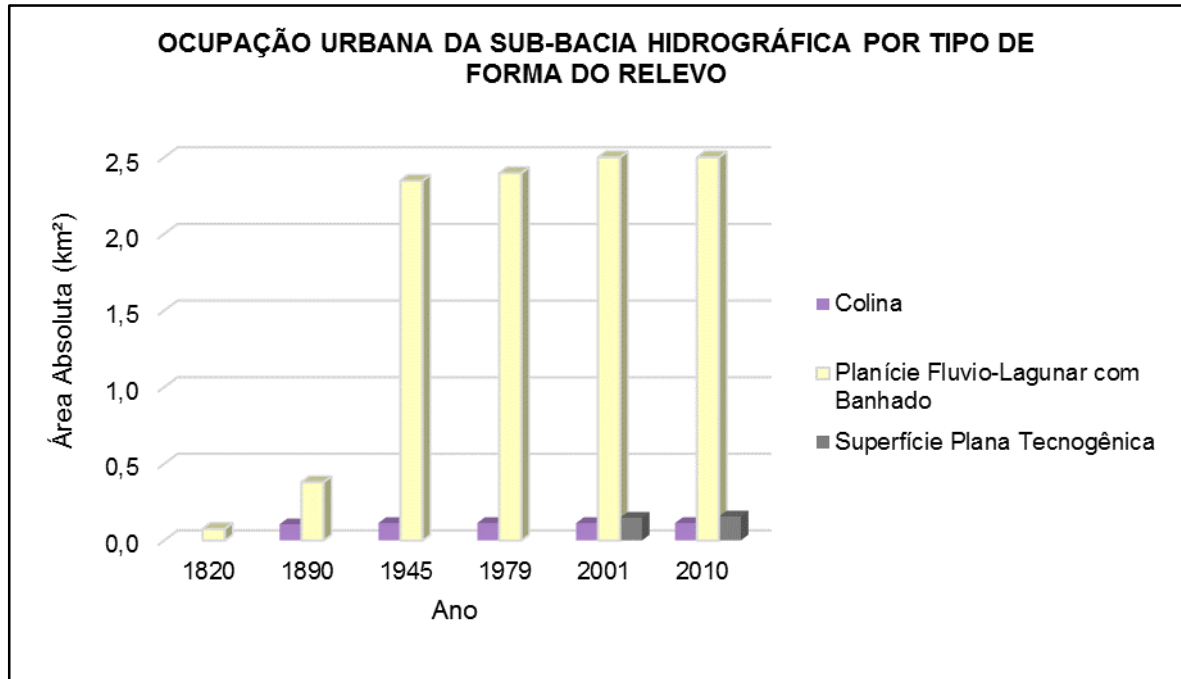


Gráfico 13: Ocupação urbana da sub-bacia hidrográfica da bacia do arroio Almirante Tamandaré, área de estudo desta pesquisa, por tipo de forma de relevo.

As sub-bacias hidrográficas da bacia do arroio Cavalhada em análise têm registro de ocupação a partir do período de 1890 a 1945 (Mapa 13), quando registra a ocorrência de mancha urbana em sua área, ocupando o total de 35% desta. No período seguinte, com grande incremento da ocupação dessa porção do município, esse percentual aumenta para 93%. No período mais recente, de 1979 a 2001 a ocupação urbana alcançou a totalidade da área das sub-bacias e esse total se manteve nas últimas décadas (Gráfico 14).

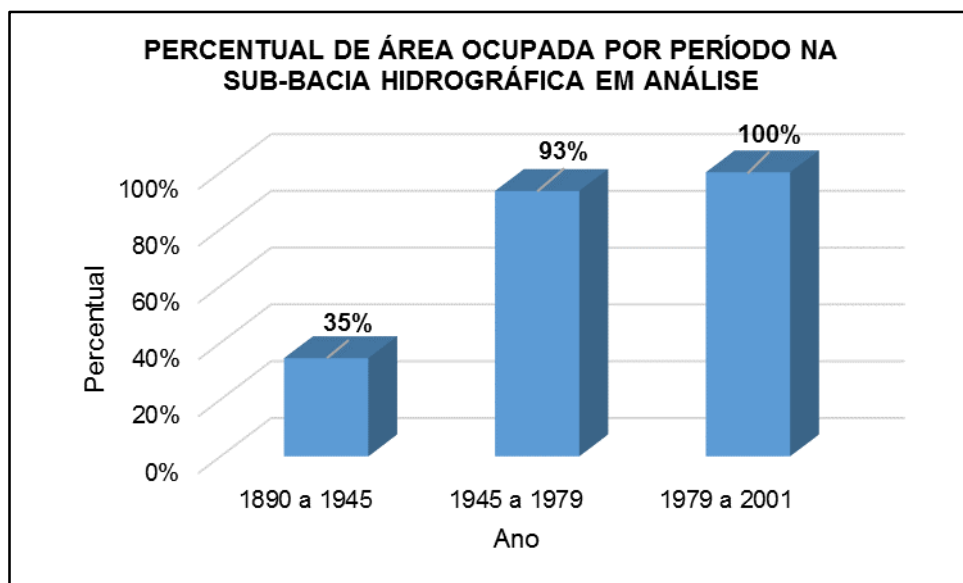


Gráfico 14: Percentual de área ocupada por período da expansão urbana analisado nas sub-bacias hidrográficas da bacia do arroio Cavalhada, área de estudo desta pesquisa.

Durante o período de expansão da mancha urbana nesta área, diferentes compartimentos do relevo foram sendo apropriados. No primeiro período analisado as áreas de morros associados com colinas despontam como aquelas preferenciais à ocupação urbana, sendo a mais representativa em área. No período subsequente há ainda um incremento da ocupação desse compartimento de relevo, mas onde a ocupação mais cresce são nas áreas de patamares planos. No período seguinte essa proporção se mantém, ocorrendo um incremento da ocupação das áreas de aterro, quando da total ocupação das áreas dessas sub-bacias hidrográficas (Gráfico 15).

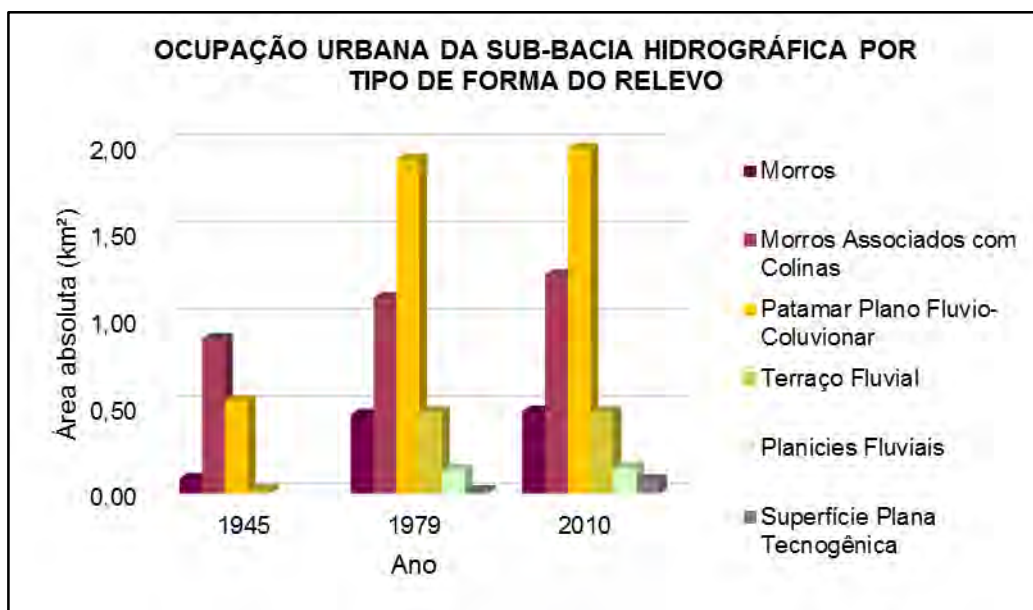
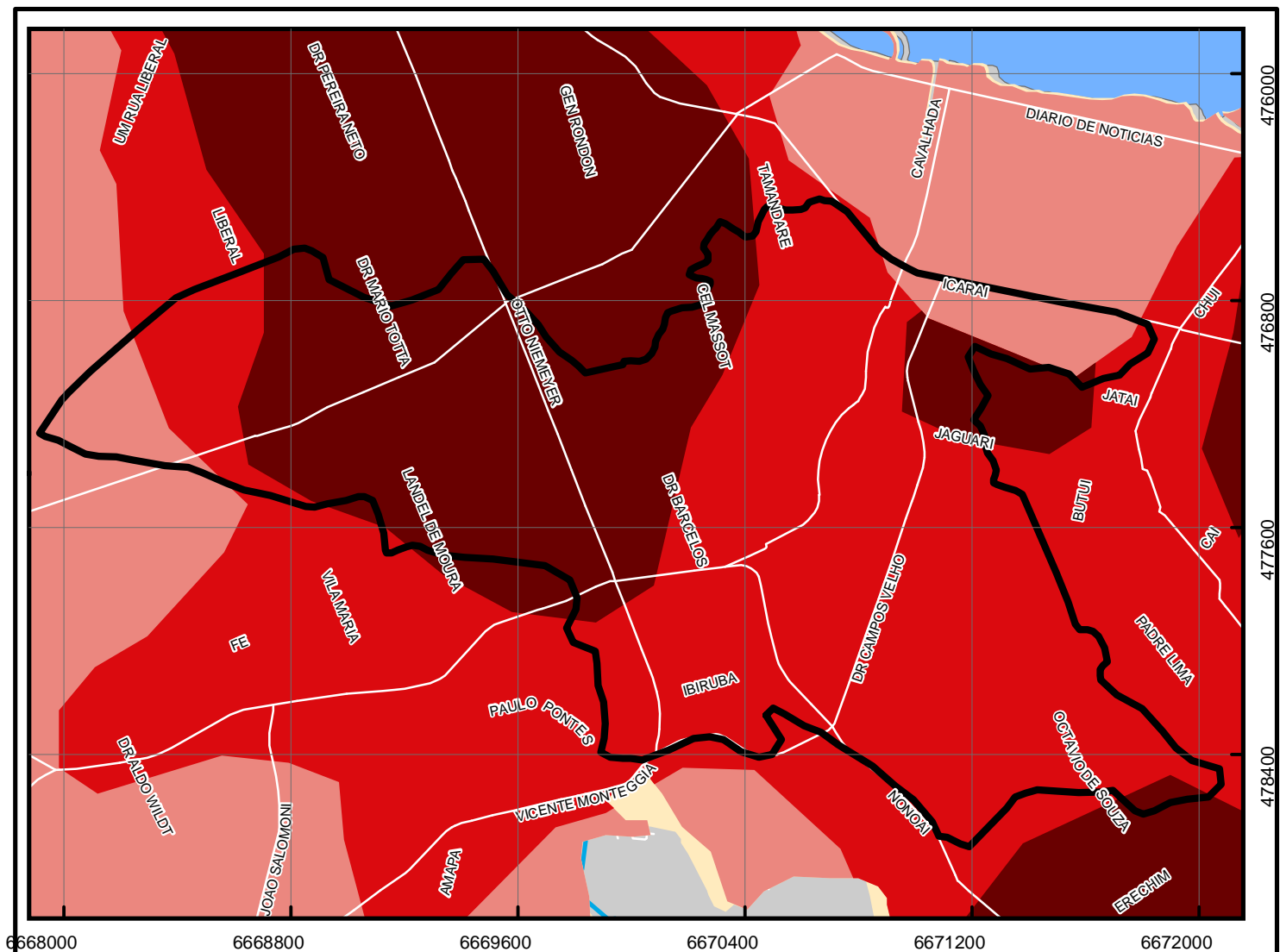


Gráfico 15: Ocupação urbana da sub-bacia hidrográfica da bacia do arroio Almirante Tamandaré, área de estudo dessa pesquisa, por tipo de forma de relevo.

Dessa forma, verifica-se que desde a última década as áreas de estudo configuram-se como áreas totalmente ocupadas pela mancha urbana, tendo tido nos primeiros momentos dessa ocupação compartimentos do relevo preferenciais para a ocupação. No entanto, atualmente a forma generalizada como a área é ocupada implica em adaptações às condicionantes impostas pelo relevo.

Assim, a análise do uso e ocupação da terra, com especificidade na densidade dessa ocupação, pode auxiliar na interpretação das alterações antrópicas sobre o relevo e na dinâmica geomorfológica, conforme será tratado a seguir.



LEGENDA

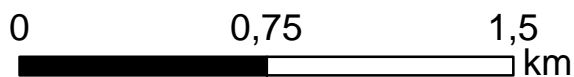
- Ocupação Urbana de 1890 a 1945
- Ocupação Urbana de 1945 a 1979
- Ocupação Urbana de 1979 a 2001
- Ocupação Urbana de 2001 a 2010

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Limite Municipal
- Sub-bacias arroio Cavalhada
- Hidrografia
- Vias



Escala Gráfica



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
**ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES NA MORFOLOGIA ORIGINAL E NA DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA
 EM ÁREAS ALAGÁVEIS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE – RS**

TÍTULO MAPA SÍNTESE DA EXPANSÃO URBANA NAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DA BACIA DO ARROIO CAVALHADA SELECIONADAS PARA ESTUDO (1890 A 2010)		MAPA 13
Fonte: EPTC, 2013; DEP, 2013; DIAS, 2011. Elaboração: Tielle Soares Dias	Sistema Geodésico WGS 84 Projeção UTM Fuso 22S	DATA Dez/2013 ESCALA 1:23.000

5.1 USO E OCUPAÇÃO DA TERRA

No mapeamento da Vegetação e Ocupação de Porto Alegre, apresentado no Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre (HASENACK, 2008), o enfoque principal da caracterização do uso da terra foi dado à vegetação existente no município, caracterizada em detalhe, visando subsidiar estudos técnicos que demandassem esse tipo de material. Para a realização de um mapeamento completo, foram também especificados os tipos de ocupação existentes, recobrando dessa forma toda o limite político-administrativo do município de Porto Alegre.

Assim, foram apresentados pelo Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre os tipos de ocupação existentes nas áreas alteradas, onde a cobertura vegetal foi removida ou muito descaracterizada, dando lugar a algum uso antrópico. Essas áreas alteradas foram divididas em rural e urbana. A cobertura antrópica urbana corresponde à área urbanizada do município, nesta, a subdivisão apresentada caracteriza padrões de urbanização ou áreas com estrutura urbana similar. Segundo a mesma pesquisa, do ponto de vista ambiental, essa caracterização permite estimar a rugosidade/verticalidade, a impermeabilização e a proporção de espaços verdes públicos e privados urbanos (Hasenack, 2008).

O Mapa de Vegetação e Ocupação (HASENACK, 2008) foi utilizado como base para as análises de uso e ocupação da terra das sub-bacias hidrográficas em estudo, no entanto, foram feitas novas interpretações de imagens de satélite buscando atualizar e refinar a classificação anteriormente posta. De modo geral as classes de uso foram reorganizadas a fim de adaptação aos objetivos desta pesquisa.

As adaptações realizadas resultaram na classificação das áreas de ocupação urbana de acordo com a densidade de ocupação dos lotes e no detalhamento do arruamento, que devido à escala de trabalho ser maior, pode ser refinado. Resultando em uma análise quadra a quadra.

Para fins de comparação foram mantidas as classes de uso, abrangendo as seguintes categorias: (1) Cobertura Vegetal. Para atender aos objetivos da pesquisa foram mapeadas as áreas verdes na área de estudo independente do porte da vegetação e classificadas como áreas verdes de uso público e de uso privado. (2) Edificações. Refinadas em: área densamente construída, área densamente construída com áreas verdes no interior dos lotes, área parcialmente construída e área

com construções esparsas. (3) Áreas não edificadas: solo exposto e malha viária (Quadro 1).

As edificações foram agrupadas conforme a sua densidade de ocupação e consequente resposta à permeabilidade, conforme já realizado em pesquisas anteriores (MOURA e DIAS, 2010). As áreas não edificadas correspondem a áreas de solo exposto, com solo sem cobertura vegetal (aterros, terraplanagem, mineração), as vias públicas e demais áreas pavimentadas.

USO E OCUPAÇÃO DA TERRA		
CATEGORIA	TIPO DE OCUPAÇÃO	DEFINIÇÃO
COBERTURA VEGETAL	ÁREA VEGETADA	São as áreas ocupadas por vegetação, independente do porte. Foram classificadas como de uso público e de uso privado, uma vez que as áreas vegetadas de uso público tendem a ser mantidas, sendo áreas permeáveis de grande importância no espaço urbano. Já as áreas de uso privado podem ser alteradas conforme os objetivos do proprietário.
EDIFICAÇÕES	ÁREA DENSAMENTE CONSTRUÍDA	São áreas densamente ocupadas por edificações, praticamente sem áreas permeáveis visíveis.
	ÁREA DENSAMENTE CONSTRUÍDA COM ÁREAS VERDES NO INTERIOR DOS LOTES	São áreas com lotes densamente ocupados ou com extensas áreas impermeáveis, com ocorrência de algumas áreas verdes no interior ou na calçada.
	ÁREA PARCIALMENTE CONSTRUÍDA	São área com grande número de lotes ocupados, mas com presença de áreas verdes e/ou terrenos desocupados. Quando ocupados muitos lotes apresentam calçada com áreas permeáveis. São também características desse tipo de ocupação as áreas compostas por edifícios com áreas verdes expressivas em seu interior.
	ÁREA COM CONSTRUÇÕES ESPARSAS	Lotes com baixa densidade de ocupação e predomínio das áreas vegetadas e ou solo exposto.
ÁREAS NÃO EDIFICADAS	SOLO EXPOSTO	Áreas de solo exposto.
	MALHA VIÁRIA	Área ocupada por vias e demais áreas pavimentadas.

Quadro 1: Especificações das categorias apresentadas nos Mapas de Uso e Ocupação da Terra das bacias hidrográficas em estudo.

Com base nessa classificação, foram analisados os tipos de ocupação existentes nas sub-bacias hidrográficas em estudo.

5.1.1 Uso e Ocupação da Terra da Sub-Bacia Hidrográfica da Bacia do Arroio Almirante Tamandaré

A sub-bacia hidrográfica em estudo ocupa áreas dos bairros Marcílio Dias, Humaitá, Navegantes, São Geraldo, São João e Santa Maria Goretti, sendo a maior parte da área inserida no bairro Navegantes. Na área de estudo existem 5.364 domicílios particulares permanentes e uma população de 13.652 habitantes (IBGE, 2010), estes valores são estimados, uma vez que a área da sub-bacia hidrográfica difere das áreas dos setores censitários.

Com base no número de domicílios e na população da área pode-se afirmar que a densidade de ocupação dos domicílio é de 2,5 habitantes por domicílio, valor esse inferior à média do município de Porto Alegre que é 2,8. Esse fator se evidencia na caracterização da área, predominantemente comercial, industrial e de serviços.

Segundo Hasenack (2008) a ocupação da área da sub-bacia hidrográfica da bacia do arroio Almirante Tamandaré é predominantemente de ocupações antrópicas do tipo pavilhões (comercial, industrial e de serviços urbanos), seguido pelas áreas pavimentadas (vias). Em menor proporção foram identificadas áreas de solo exposto, uso residencial com edifícios e casas, campo manejado e áreas de uso residencial com edifícios.

A partir da reclassificação e atualização do uso da terra realizadas para essa área do município de Porto Alegre (Mapa 14), é possível afirmar que o predomínio dentre os tipos de ocupação que abrangem áreas edificadas é de áreas densamente construídas, sendo essas aquelas nas quais os lotes apresentam-se praticamente impermeabilizados (Foto 18), essas áreas correspondem a 40,9% do total da sub-bacia (Tabela 9).



Foto 18: Áreas densamente ocupadas com lotes praticamente impermeabilizados na avenida Sertório, bairro Navegantes. Dezembro de 2013.

TIPO DE OCUPAÇÃO	PERCENTUAL EM RELAÇÃO À ÁREA TOTAL DA SUB-BACIA
Área densamente construída	40,9%
Área densamente construída com áreas verdes no interior dos lotes	35,1%
Malha viária	20,0%
Área vegetada	2,5%
Solo exposto	1,5%

Tabela 9: Distribuição dos tipos de ocupação na sub-bacia hidrográfica da bacia do arroio Almirante Tamandaré.

O segundo tipo de ocupação, em área na sub-bacia hidrográfica refere-se às áreas construídas com presença de áreas verdes no interior dos lotes (35,1%), essas são também porções da bacia onde há uma densa ocupação por edificações, no entanto muitas dessas apresentam jardins e/ou calçadas com áreas permeáveis (Foto 19).



Foto 19: Áreas densamente ocupadas, mas com áreas permeáveis no interior dos lotes e/ou na calçada, na rua Arabutan, bairro Navegantes. Dezembro de 2013.

Na sequência, tem-se a malha viária (Foto 20) com ocupação de 20% do total da área da sub-bacia, esse tipo de ocupação apresenta um incremento em relação à estudos anteriores, tanto pela escala de análise que inseriu a totalidade do arruamento, independente do modal de transporte, quanto pela efetiva ampliação desse uso, através de obras viárias. Em menor proporção são verificadas as áreas vegetadas de uso público (Foto 21) e de uso privado (Foto 22), além de áreas de solo exposto (Foto 23).



Foto 20: Cruzamento das ruas Carlos Von Koseritz com Dona Leopoldina, bairro São João, exemplos das vias que compõem a malha viária da área de estudo. Dezembro de 2013.



Foto 21: Praça localizada na avenida Pátria com avenida Farrapos, bairro São Geraldo, exemplo de área verde de uso público na sub-bacia hidrográfica. Dezembro de 2013.



Foto 22: Exemplo de área verde de uso privado na sub-bacia hidrográfica, localizada em um lote na rua Arbutan, bairro Navegantes. Dezembro de 2013.



Foto 23: Solo exposto e acúmulo de materiais, localizados na área do Porto, junto à avenida Mauá, bairro Marcílio Dias. Dezembro de 2013.



FOTO 3: área vegetada de uso público - canteiros junto a avenida Mauá



FOTO 4: área densamente construída



FOTO 5: área vegetada de uso público - praça

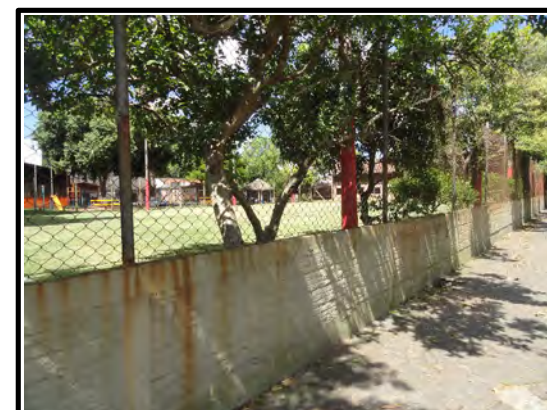


FOTO 6: área vegetada de uso privado



FOTO 7: área densamente construída com área verde no interior do lote



FOTO 2: solo exposto

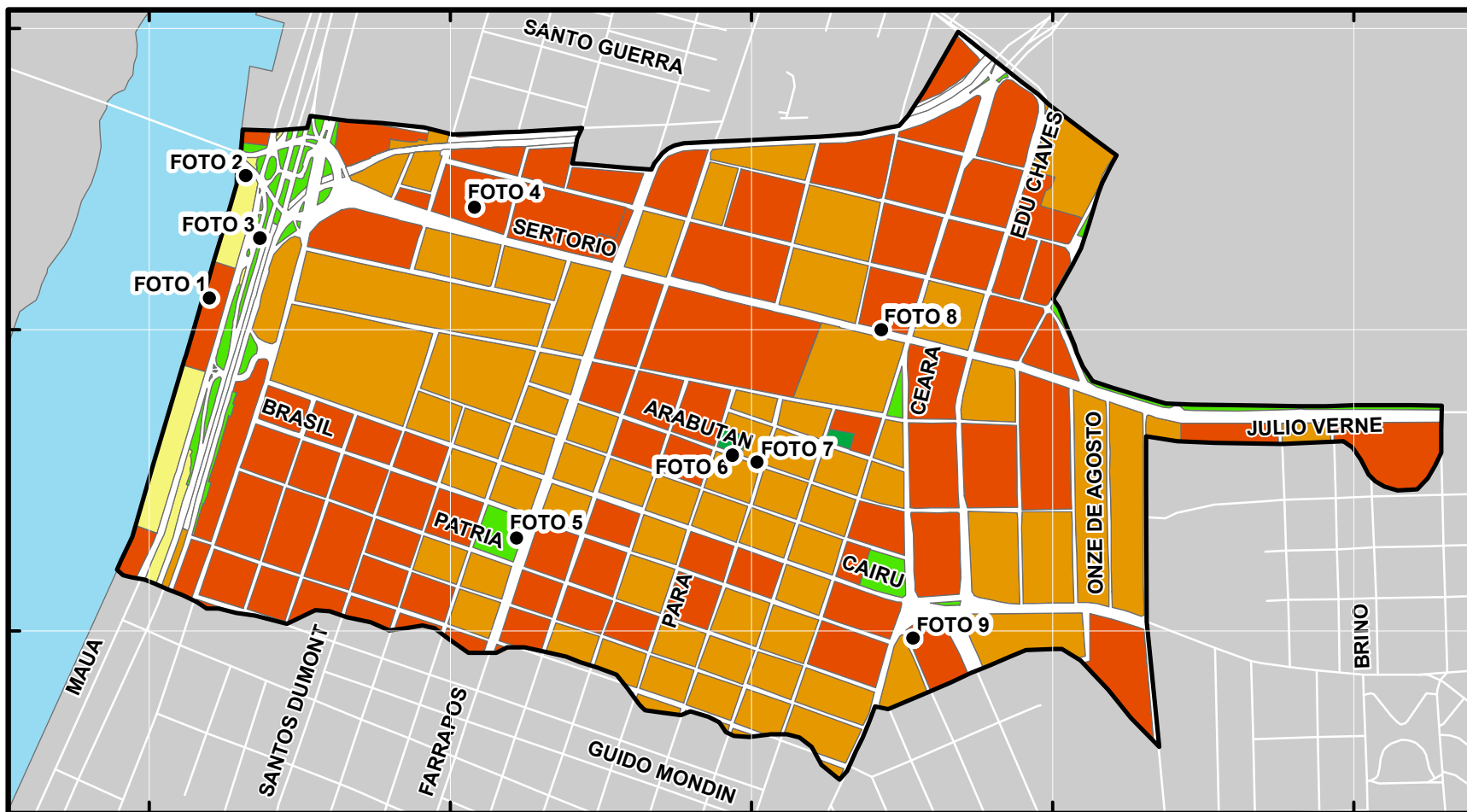


FOTO 8: malha viária



FOTO 1: área densamente construída



FOTO 9: área densamente construída

LEGENDA

- Área Densamente Construída
- Área Densamente Construída com Áreas Verdes no Interior dos Lotes
- Área Vegetada de Uso Público
- Área Vegetada de Uso Privado
- Malha Viária
- Solo Exposto

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Sub-bacia do arroio Almirante Tamandaré
- Limite Municipal
- Vias



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES NA MORFOLOGIA ORIGINAL E NA DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA EM ÁREAS ALAGÁVEIS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE – RS

TÍTULO
MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DA BACIA DO ARROIO ALMIRANTE TAMANDARÉ SELECIONADA PARA ESTUDO MAPA 14

Fonte: EPTC, 2013; DEP, 2013; HASENACK, 2008. Elaboração: Tielle Soares Dias	Sistema Geodésico WGS 84 Projeção UTM Fuso 22S	DATA Dez/2013	ESCALA 1:15.000
---	--	------------------	--------------------

5.1.2 Uso e Ocupação da Terra das Sub-Bacias Hidrográficas da Bacia do Arroio Cavalhada

As sub-bacias hidrográficas em estudo ocupam áreas dos bairros Camaquã, Cavalhada, Cristal, Ipanema, Nonoai e Santa Teresa, sendo a maior parte da área inserida nos bairros Nonoai, Cavalhada e Camaquã. Na área de estudo existem 21.090 domicílios particulares permanentes e uma população de 60.526 habitantes (IBGE, 2010), estes valores são estimados, uma vez que a área das sub-bacias hidrográficas difere das áreas dos setores censitários.

Com base no número de domicílios e na população da área pode-se afirmar que a densidade de ocupação dos domicílio é de 2,8 habitantes por domicílio, valor esse igual à média do município de Porto Alegre. A área de estudo se caracteriza por ser predominantemente residencial.

Segundo Hasenack (2008) a ocupação da área das sub-bacias hidrográficas da bacia do arroio Cavalhada é predominantemente de ocupações antrópicas do tipo edifícios, seguido por pavilhões e campo manejado. Em menor proporção foram identificadas áreas de solo exposto, mata degradada, afloramento rochoso, ocupações espontâneas, bosques, pavimentos, mata e campo nativos. Com pouca representação em área, mas ainda representado na área das sub-bacias hidrográficas, estão a vegetação arbustiva, os edifícios e casas, as casas isoladas e água.

A partir da reclassificação e atualização do uso da terra realizadas para essa área do município de Porto Alegre (Mapa 15), é possível afirmar que o predomínio dentre os tipos de ocupação que abrangem áreas edificadas é de áreas densamente construídas com áreas verdes no interior do lotes (40,2%), Foto 24.



Foto 24: Áreas densamente ocupadas com áreas permeáveis no interior dos lotes e/ou na calçada, rua Upamaroti, bairro Cristal. Dezembro de 2013.

O segundo tipo de ocupação com maior ocorrência em área na sub-bacia hidrográfica são as áreas parcialmente construídas, com 25,8% do total (Tabela 10). Esse tipo de ocupação caracteriza-se por ter quadras com grande número de lotes ocupados, mas com presença de áreas verdes e/ou terrenos vazios no interior (Foto 25). Os lotes ocupados frequentemente apresentam calçadas com áreas permeáveis, são também agrupados nesse tipo de uso os edifícios com áreas verdes expressivas no interior do lote que ocupam.



FOTO 3: malha viária



FOTO 4: área vegetada de uso privado



FOTO 5: área densamente construída com áreas verdes no interior do lote



FOTO 6: área densamente construída - ocupação irregular



FOTO 7: área vegetada de uso público



FOTO 2: área parcialmente construída

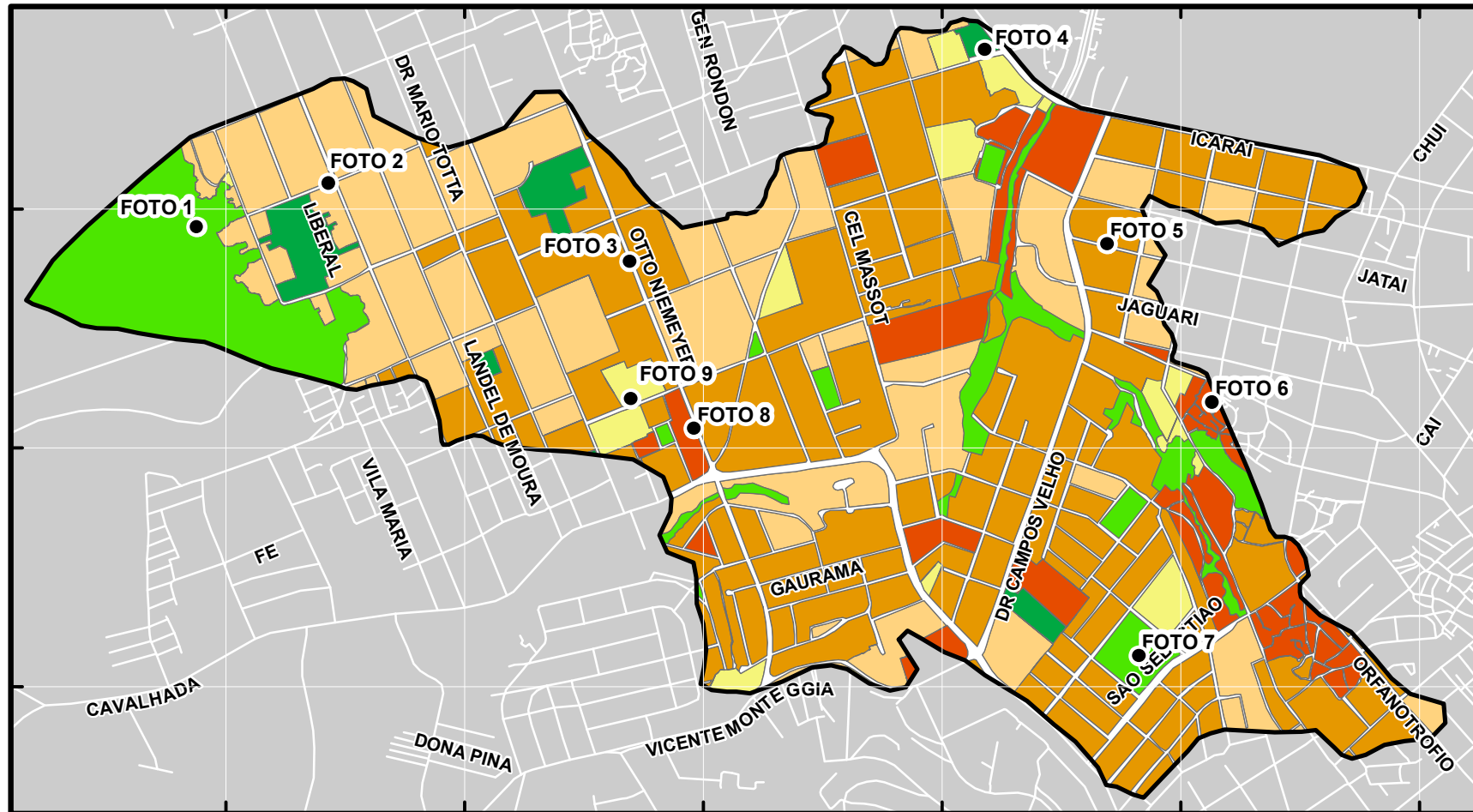


FOTO 8: área densamente construída - pavilhões



FOTO 1: área vegetada de uso público

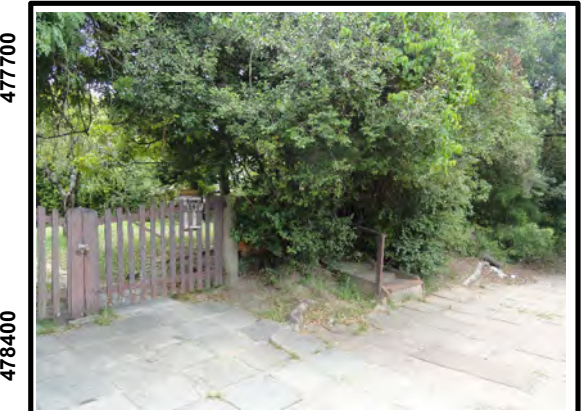


FOTO 9: área com construções esparsas

LEGENDA

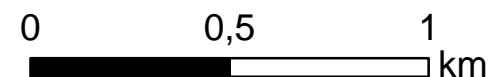
- Área Densamente Construída
- Área Densamente Construída com Áreas Verdes no Interior dos Lotes
- Área Parcialmente Construída
- Área com Construções Esparsas
- Área Vegetada de Uso Público
- Área Vegetada de Uso Privado
- Malha Viária

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Sub-bacias do arroio Cavalhada
- Limite Municipal
- Vias



Escala Gráfica



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES NA MORFOLOGIA ORIGINAL E NA DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA EM ÁREAS ALAGÁVEIS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE - RS

TÍTULO MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DA SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DA BACIA DO ARROIO CAVALHADA SELECIONADAS PARA ESTUDO		MAPA 15
Fonte: EPTC, 2013; DEP, 2013; HASENACK, 2008. Elaboração: Tielle Soares Dias	Sistema Geodésico WGS 84 Projeção UTM Fuso 22S	DATA Dez/2013 ESCALA 1:19.000



Foto 25: Lotes vazios junto à Av. Otto Niemeyer, bairro Cavalhada, exemplo de áreas parcialmente construídas. Setembro de 2013.

TIPO DE OCUPAÇÃO	PERCENTUAL EM RELAÇÃO À ÁREA TOTAL DA SUB-BACIA
Área densamente construída com áreas verdes no interior dos lotes	40,2%
Área parcialmente construída	25,8%
Área vegetada	12,8%
Malha viária	10,4%
Área densamente construída	7,5%
Área com construções esparsas	3,3%

Tabela 10: Distribuição dos tipos de ocupação nas sub-bacias hidrográficas da bacia do arroio Cavalhada.

Na sequência, 12,8% da área em estudo é ocupada por áreas vegetadas, independentemente de seu porte, sendo áreas vegetadas de uso público (Foto 26) e de uso privado (Foto 27), desde que dissociadas de áreas de jardins e passeios vegetados e 10,4%, pela malha viária (Foto 28). Em menor proporção são encontradas áreas densamente construídas (7,5%), essas áreas se caracterizam por ocupações do tipo pavilhão (Foto 29), típicas de áreas comerciais e também por áreas de ocupação irregular, na qual os lotes são completamente ocupados por diversos domicílios (Foto 30). São também verificadas na área de estudo as áreas de construções esparsas (3,3%) (Foto 31).



Foto 26: Praça localizada na avenida São Sebastião com rua Coelho da Costa, exemplo de área vegetada de uso público, bairro Nonoai. Dezembro de 2013.



Foto 27: Área vegetada localizada em um lote na esquina da avenida Icarai com a rua Coronel Claudino, bairro Cristal, exemplo de área vegetada de uso privado. Dezembro de 2013.



Foto 28: Cruzamento das avenidas Icaraí e Dr. Campos Velhos, bairro Cristal, exemplos da malha viária na área de estudo. Setembro de 2013.



Foto 29: Exemplo de áreas densamente construídas, estabelecimentos comerciais na avenida Cavalhada, bairro Cavalhada. Dezembro de 2013.



Foto 30: Exemplo de áreas densamente construídas, ocupadas por domicílios aglutinados, localizadas ao norte da área de estudo, bairro Cristal. Dezembro de 2013.



Foto 31: Exemplo com ocupações esparsas, área localizada na rua Silvio Silveira Soares, bairro Camaquã. Dezembro de 2013.

As diferenças encontradas entre o mapeamento apresentado pelo Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre e a reclassificação e atualização feitas para essa pesquisa, devem-se principalmente à escala de análise e a data das imagens de satélite utilizadas, tendo sido essa área do município intensamente modificada na última década devido às tendências de expansão urbana de Porto Alegre.

De forma geral, para ambas as áreas de estudo, é verificado que o tipo de ocupação predominante, refere-se às edificações, ainda que em diferentes densidades de ocupação dos lotes. Para a sub-bacia hidrográfica localizada na zona norte do município (arroio Almirante Tamandaré) as edificações correspondem a quase totalidade da área, agravado pelo fato de serem verificadas apenas as duas categorias com maior densidade de ocupação dos lotes.

Para a sub-bacia hidrográfica localizada na zona sul do município (arroio Cavalhada) embora as categorias identificadas como predominantes sejam as de menor densidade de ocupação dos lotes e existirem áreas verdes com área significativa dentro da sub-bacia, o crescimento da expansão urbana para essa zona do município, pode acarretar no aumento da densidade de ocupação dos lotes.

Entendendo que a ação antrópica sobre a superfície uma bacia hidrográfica provoca transformações no sistema hidrológico, a introdução de superfícies impermeáveis diminui a infiltração e reduz a superfície de retenção. A mesma impermeabilização causa um aumento no escoamento superficial que, combinado com o aumento da velocidade produzida pela drenagem artificial, resulta em maiores vazões de pico com tempo de ocorrência mais rápido, provocando as enchentes e/ou inundações em áreas urbanas (TUCCI, 2002).

5.2 MORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA

O mapeamento das alterações geradas pela intervenção antrópica sobre o relevo segue as orientações metodológicas definidas em diversas pesquisas, tais como Rodrigues (1999 e 2005), Fujimoto (2001 e 2002), Caccia-Gouveia (2010). Em todas as referências é mencionada a necessidade de superação das análises que enfatizam exclusivamente os elementos naturais e colocam a importância de serem analisadas as intervenções antrópicas.

Segundo Fujimoto (2001), morfologia antropogênica são as superfícies que sofreram intervenções antrópicas de forma total ou generalizada. Fazem parte dessa categoria as superfícies com formas de processo atuais criadas pelas atividades humanas, podendo ser classificadas como alterações areolares ou lineares.

A partir das atividades humanas são verificadas mudanças nos atributos das formas, mudança nas propriedades e posicionamento dos materiais e também nas taxas, balanços magnitude, frequência e localização de processos superficiais

(RODRIGUES, 2004). As modificações criadas na morfologia original podem ser definidas como formas de processos atuais que foram criadas ou construídas em decorrência da atividade humana, as quais são possíveis de serem mapeadas e representadas cartograficamente, na escala adotada na pesquisa (FUJIMOTO, 2001). Dessa forma as ações quando concentradas ou efetivadas em formas visíveis e passíveis de mapeamento tornam-se os elementos da morfologia antropogênica.

Para a questão das inundações e alagamentos, é importante destacar que *“as mudanças antropogênicas decorrentes da urbanização, quer sejam através da modificação das formas ou da substituição de materiais superficiais, modificam de maneira radical e irreversível o ciclo hidrológico e, conseqüentemente, os processos morfodinâmicos no sistema físico [...]”* (CACCIA-GOUVEIA, 2010: 273). Assim o mapeamento e definição das intervenções antrópicas existentes nas áreas com ocorrência de alagamentos e/ou inundações podem sinalizar as modificações no padrão de escoamento das águas potencializadores da retenção dessas em locais diferentes dos naturais.

De acordo com Tucci (1999), as enchentes, e considerando a área de estudo, também os alagamentos, aumentam a sua frequência e magnitude devido à ocupação do solo com superfícies impermeáveis e rede de condutos de escoamentos. As alterações mencionadas pelo autor são intervenções antrópicas sobre o relevo, sendo mencionadas ainda, pelo mesmo os aterros, pontes, condutos e drenagens inadequadas como atividades que podem obstruir o escoamento das águas.

Assim, são apresentadas as principais morfologias antropogênicas mapeadas nas áreas de estudo, buscando a relação entre a forma identificada e a alteração na morfodinâmica gerada por esta. A análise fundamental dessa pesquisa refere-se a questão dos alagamentos e inundações, no entanto sabe-se que diversas outras interpretações sobre cada alteração antrópica evidenciada no relevo poderiam ser elencadas.

5.2.1 Morfologia Antropogênica da Sub-Bacia Hidrográfica da Bacia do Arroio Almirante Tamandaré

Os elementos da morfologia antropogênica identificados na área de estudo são elementos areolares como: degraus de corte e aterros, superfícies planas, áreas

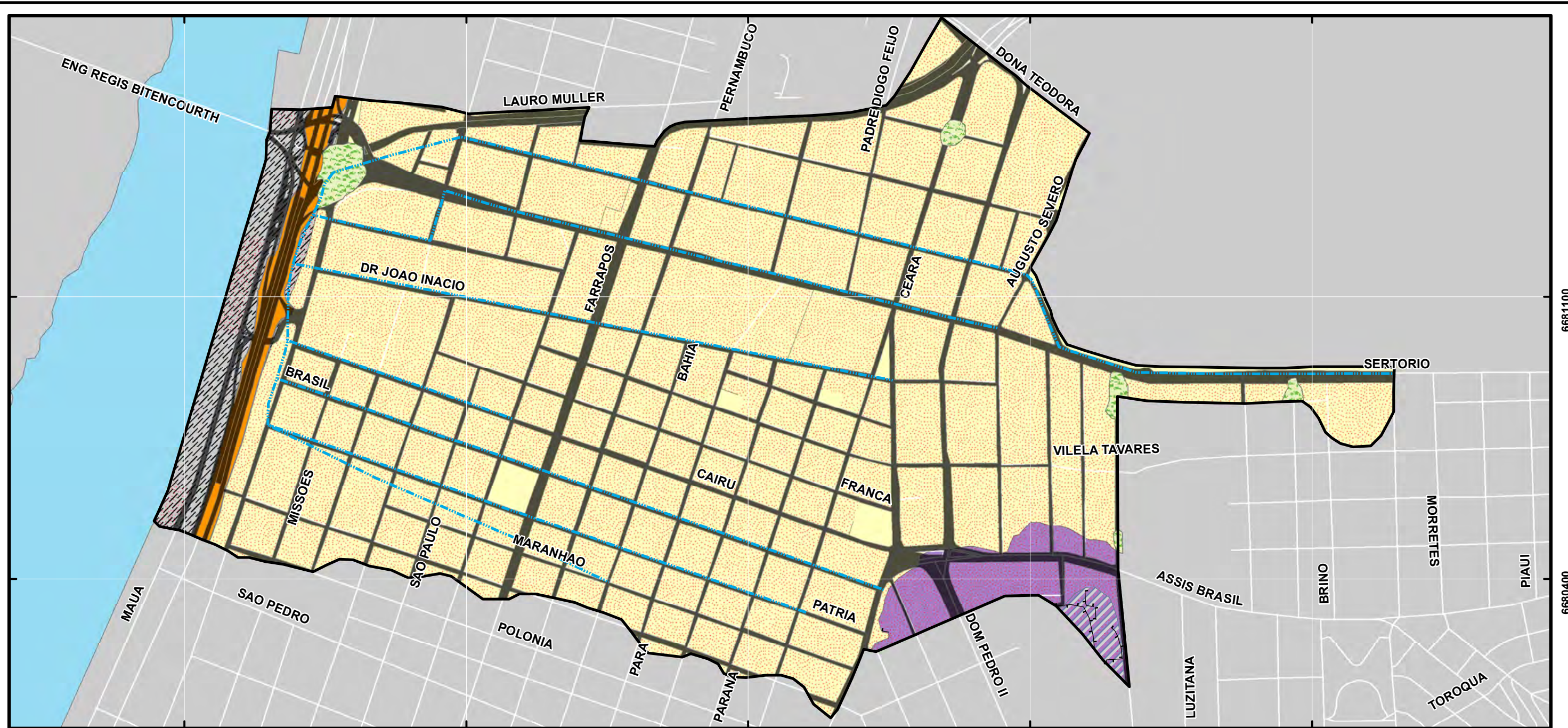
rebaixadas alagáveis e superfícies impermeáveis e elementos lineares tais como: arruamento, dique, canais de drenagem e degraus de corte (Mapa 16).

Dentre os elementos areolares mapeados destacam-se as **superfícies impermeáveis** (Foto 32), criadas a partir da impermeabilização do solo pela ocupação humana, através de áreas densamente construídas. Essa intervenção decorrente da compactação e da edificação das superfícies originais pode acarretar no acréscimo de escoamento superficial e na aceleração desse pela redução das rugosidades naturais da superfície.

Uma das principais consequências da criação de superfícies impermeáveis é o aumento da velocidade de escoamento dos fluxos e da quantidade de água em superfície que chega nas áreas mais rebaixadas do terreno durante eventos de precipitação. A água, impossibilitada de infiltrar no solo, tende a escoar mais rapidamente pela superfície e como não há a mesma capacidade de infiltração, a quantidade de água que chega nas áreas mais rebaixadas será maior.



Foto 32: Exemplo de superfícies impermeabilizadas por edificações e pelo arruamento. Avenida Sertório, bairro Navegantes. Dezembro de 2013.



LEGENDA

479800

480500

481200

481900

482600

TIPOS DE FORMAS DO RELEVO	
MORFOESTRUTURA ESCUDO URUGUAIO SUL-RIO-GRANDENSE	COLINAS
MORFOESTRUTURA PLANALTO URUGUAIO SUL-RIO-GRANDENSE	
MORFOESTRUTURA PLANICIE E/OU TERRAS BAIXAS COSTEIRAS	PLANÍCIES FLUVIO- LAGUNARES COM BANHADO

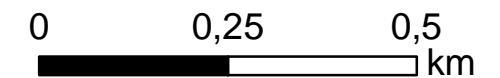
ELEMENTOS DA MORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA	ELEMENTOS AREOLARES
CORTES E ATERROS	DEGRAUS DE CORTES E ATERROS NOS LOTES
	SUPERFÍCIE PLANA TECNOGÊNICA
	ÁREAS REBAIXADAS ALAGÁVEIS
	SUPERFÍCIES IMPERMEÁVEIS (densamente construídas)
	ARRUAMENTO (cortes e aterros de pequenas dimensões)
	DIQUE
	CANAIS DE DRENAGEM (em subsuperfície)
	DEGRAUS DE CORTE

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Sub-bacia Hidrográfica
- Limite Municipal
- Vias



Escala Gráfica



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES NA MORFOLOGIA ORIGINAL E NA DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA EM ÁREAS ALAGÁVEIS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE - RS

TÍTULO MAPA DA MORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DA BACIA DO ARROIO ALMIRANTE TAMANDARÉ SELECIONADA PARA ESTUDO		MAPA 16
Fonte: EPTC, 2013; DEP, 2013; HASENACK, 2008. Elaboração: Tielle Soares Dias	Sistema Geodésico WGS 84 Projeção UTM Fuso 22S	DATA Dez/2013 ESCALA 1:10.000

6681100

6680400

Os cortes e aterros foram considerados no mapeamento em dois elementos distintos: degraus de cortes e aterros nos lotes e superfície plana tecnogênica. O primeiro, **degraus de cortes e aterros nos lotes** (Foto 33), refere-se às modificações feitas nos perfis de vertentes das áreas de colinas decorrentes da ocupação humana. São elementos evidenciados em áreas residenciais e de serviços, as quais, para sua instalação efetuam cortes na vertente da colina e criam patamares planos no lote para a construção das edificações.

Esses lotes aplainados e com degrau entre um e outro no sentido do topo para a base da colina tendem a modificar o padrão de escoamento das águas. Essas áreas são também impermeabilizadas, portanto há o favorecimento do escoamento superficial.



Foto 33: Exemplo de degraus de cortes e aterros nos lotes. Rua Honório Silveira Dias, bairro São João. Dezembro de 2013.

As **superfícies planas tecnogênicas** (Foto 34) mapeadas na área de estudo referem-se a uma forma construída a partir do aterramento e retificação da orla. As áreas de aterro, abrangidas da avenida Voluntários da Pátria até a área do Cais do Porto, inclusive, foram construídas pela deposição de material e pelo remanejamento de material do próprio local. A sua construção teve início em 1888 com algumas pequenas faixas de terra e concluídas na década de 1950. Este elemento da morfologia antropogênica é composto por uma alongada faixa plana criada, constituída por depósitos tecnogênicos (predominantemente de depósitos arenosos).



Foto 34: Área de aterro localizada entre a avenida Castelo Branco e a área do Porto. Av. Mauá, bairro Marcílio Dias. Dezembro de 2013.

As **áreas rebaixadas alagáveis** (Foto 35) são pequenas diferenças de nível encontradas no terreno, associadas à malha viária. Essas áreas configuram-se como pequenas depressões, dada a cota mais elevada do seu entorno. Estes pontos estão demarcados em algumas vias do município que têm cruzamento com vias arteriais localizadas em cota mais elevada, tendo visível diferença de nível entre elas. Também a ocupação dos lotes do entorno é mais elevada, deixando uma área rebaixada.

Por estar em uma cota mais baixa, essas áreas recebem a água do escoamento superficial do entorno, dependendo da capacidade da rede de drenagem para que haja o escoamento e por serem pavimentadas, as retêm. Dessa forma, são frequentemente elencadas como pontos de alagamento, decorrente da retenção e da dificuldade de escoamento das águas durante eventos pluviais.



Foto 35: Área onde está a maior concentração dos pontos de alagamento registrados pela EPTC no ano de 2012, no destaque área deprimida, característica das áreas rebaixadas alagáveis. Cruzamento das avenidas Voluntários da Pátria e Sertório, bairro Marcílio Dias. Dezembro de 2013.

Os elementos lineares da morfologia antropogênica mapeados na área de estudo foram o arruamento, o dique, os canais de drenagem subsuperficiais e os degraus de corte.

O arruamento (Foto 36) é entendido como uma morfologia antropogênica por influenciar o comportamento hidromorfodinâmico, quando concentra no leito carroçável das vias os fluxos de água. Dada a existência de sistema de drenagem das águas pluviais, as vias em geral possuem o leito carroçável abalado com presença de sarjetas para concentrar o escoamento da água.

Nas áreas mais elevadas da sub-bacia hidrográfica, caracterizadas como áreas de colinas, é verificado o predomínio de vias que acompanham o declive da vertente, desrespeitando as curvas de nível e deixando cortes e aterros no terreno para sua execução. Essas vias tendem a permitir o acelerado escoamento superficial das águas, que neste caso ao chegar na avenida Benjamin Constant, localizada na base da colina desacelera e acumula, sendo frequentes os eventos de alagamento e inundações neste ponto.



Foto 36: Rua Carlos Von Koseritz, bairro São João, exemplo de arruamento na área de colinas. Observa-se o desnível com a parte mais baixa e a via seguindo a inclinação da vertente. Dezembro de 2013.

O **Dique** Navegantes localizado na área de estudos faz parte do Sistema de Proteção Contra as Cheias de Porto Alegre. Os diques impedem não só as possíveis inundações decorrentes da elevação do nível das águas do lago Guaíba como também parte do escoamento das águas do município para o lago. Dessa forma existem ao longo da orla de Porto Alegre casas de bombas responsáveis pelo bombeamento das águas para o lago Guaíba. Na área de estudo a casa de bombas 4 é a responsável por toda a drenagem da área, devido a inexistência de canais superficiais.



Foto 37: Vista da área do porto em direção à avenida Castelo Branco (elevada), bairro Marçílio Dias. Dezembro de 2013.



Foto 38: Portão de ferro abaixo da avenida Castelo Branco para ser fechado em caso de cheia do lago Guaíba. Bairro Marçílio Dias. Dezembro de 2013.

Os **canais de drenagem** embora localizados em subsuperfície são considerados como elementos da morfologia antropogênica uma vez que correspondem à única forma de escoamento das águas. Esses canais construídos, a rede coletora, drenam a água para fora da bacia através da casa de bombas 4,

localizada junto ao Dique na avenida Castelo Branco (Foto 39). Segundo o DEP (2005), essa casa de bombas opera no limite de sua capacidade, considerando-se somente a água que consegue chegar ao poço de entrada.

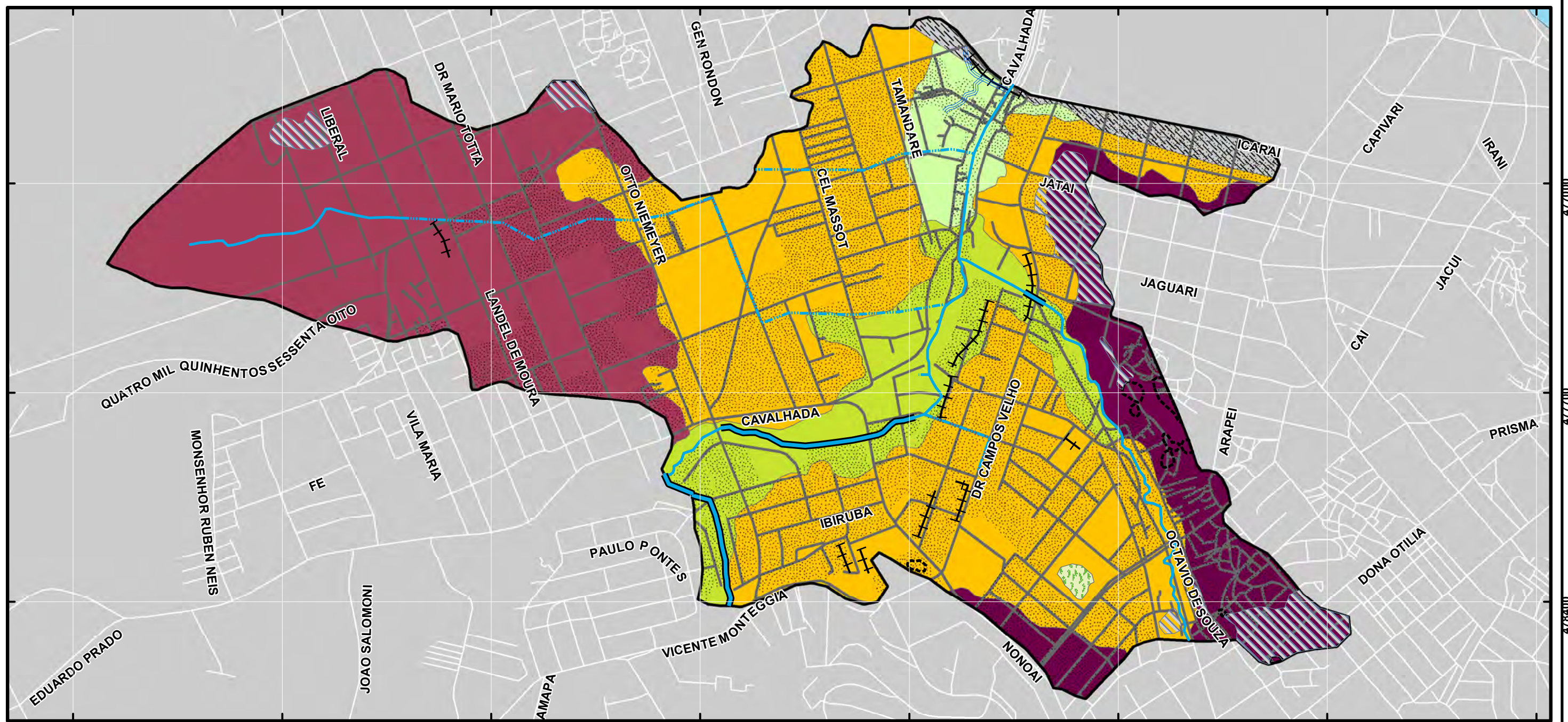


Foto 39: Casa de Bombas nº 04, localizada junto à avenida Castelo Branco, bairro Marcílio Dias. Dezembro de 2013.

Os **degraus de corte** são lineamentos decorrentes do corte do relevo para instalação de edificações e/ou outras intervenções antrópicas. Na bacia hidrográfica esses lineamentos são encontrados na área de colinas e estão no interior das quadras ocupadas pelas edificações. Esses degraus geram mudanças no perfil das vertentes, acarretando nos diversos processos associados a essas alterações, dentre eles no padrão de escoamento das águas em superfície.

5.2.2 Morfologia Antropogênica das Sub-Bacias Hidrográficas da Bacia do Arroio Cavalhada

Os elementos da morfologia antropogênica identificados na área de estudo são elementos areolares como: degraus de cortes e aterros no lotes, cicatrizes de mineração, superfície plana tecnogênica, áreas rebaixadas alagáveis e superfícies impermeáveis e elementos lineares tais como: arruamento, canais de drenagem, curso d'água retificado e/ou canalizado, canal de drenagem em superfície e degraus de corte (Mapa 17).



6667800 6668500 6669200 6669900 6670600 6671300 6672000 6672700

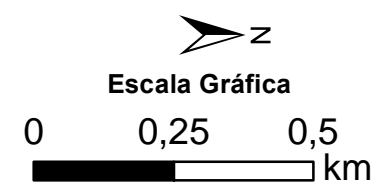
LEGENDA

TIPOS DE FORMAS DO RELEVO	
MORFOESTRUTURA BACIA SEDIMENTAR DE PELOTAS	ESCUDO URUGUAIO SUL-RIO-GRANDENSE
	MORFOESCULTURA PLANALTO URUGUAIO SUL-RIO-GRANDENSE
MORFOESTRUTURA PLANÍCIE E/OU TERRAS BAIXAS COSTEIRAS	MORROS
	MORROS ASSOCIADOS COM COLINAS
	PATAMAR PLANO FLUVIO-COLUVIONAR
TERRAÇO FLUVIAL	
PLANÍCIE FLUVIAL	

ELEMENTOS DA MORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA	
ELEMENTOS AREOLARES	DEGRAUS DE CORTES E ATERROS NOS LOTES
	CICATRIZES DE MINERAÇÃO
	SUPERFÍCIE PLANA TECNOGÊNICA
ÁREAS REBAIXADAS ALAGÁVEIS	
SUPERFÍCIES IMPERMEÁVEIS (densamente construída)	
ELEMENTOS LINEARES	ARRUAMENTO (cortes e aterros de pequenas dimensões)
	CANALIS DE DRENAGEM (em subsuperfície)
	CURSO D'ÁGUA RETIFICADO e/ou CANALIZADO
	CANAL DE DRENAGEM EM SUPERFÍCIE
	DEGRAUS DE CORTE

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Limite Municipal
- Sub-bacia Hidrográfica
- Cursos D'água
- Vias



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ANÁLISE DAS INTERVENÇÕES NA MORFOLOGIA ORIGINAL E NA DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA EM ÁREAS ALAGÁVEIS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE - RS

TÍTULO MAPA DA MORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DA BACIA DO ARROIO CAVALHADA SELECIONADAS PARA ESTUDO	FIGURA MAPA 17
Fonte: EPTC, 2013; DEP, 2013; HASENACK, 2008. Elaboração: Tielle Soares Dias	ESCALA 1:13.500
Sistema Geodésico WGS 84 Projeção UTM Fuso 22S	DATA Dez/2013

Assim como na bacia do arroio Almirante Tamandaré, dentre os elementos areolares mapeados destacam-se as **superfícies impermeáveis** (Foto 40), embora nessa bacia hidrográfica a ocupação apresente densidades mais baixas que a bacia hidrográfica analisada na zona norte do município. Essas superfícies existem e foram criadas a partir da impermeabilização do solo pela ocupação humana, através de áreas densamente construídas.

Essa intervenção decorrente da compactação e da edificação das superfícies originais pode acelerar o escoamento superficial, pois a impermeabilização não permite a infiltração da água no solo. Da mesma forma como anteriormente exposto uma das principais consequências da criação de superfícies impermeáveis é o aumento da velocidade de escoamento dos fluxos e da quantidade de água em superfície que chega nas áreas mais rebaixadas do terreno durante os eventos de precipitação.

Assim, conforme já mencionado, a água impossibilitada de infiltrar no solo, tende a escoar rapidamente pela superfície criada para áreas mais rebaixadas do terreno, como não há a mesma capacidade de infiltração de água no solo, a quantidade de água a chegar nas áreas mais rebaixadas será maior.



Foto 40: Avenida Otto Niemeyer, área densamente ocupada por edificações e pavimentação asfáltica, com pouca ou nenhuma área permeável, bairro Camaquã. Dezembro de 2013.

Os **degraus de cortes e aterros** (Foto 41) no lotes ocorrem em áreas de encostas nas quais para serem construídas edificações são realizadas intervenções no terreno, aplainando e/ou aterrando a fim de obter um terreno plano para a

construção. Analisados em conjunto esses lotes formam áreas onde as encostas apresentam seu perfil de vertente completamente alterado, apresentando escalonamento de patamares planos.

Esses lotes aplainados e com degrau entre um em outro no sentido do topo para a base dos morros e colinas da área de estudo tendem a modificar o padrão de escoamento das águas. Essas áreas são também impermeabilizadas, portanto há o favorecimento do escoamento superficial.



Foto 41: Edificações da rua Upamaroti, bairro Cristal, exemplos de adaptação do relevo à construção, criando patamares entre os lotes na área de morros da área de estudo. Dezembro de 2013.

As **cicatrices de mineração** (Foto 42) existem em vários locais do compartimento de morros, cuja formação é composta principalmente pelas formações Granito Santana e Granito Ponta Grossa. As áreas de mineração foram abandonadas sendo atualmente áreas de ocupação irregular. Na morfodinâmica local esse elemento possui um degrau de corte e modifica o perfil da vertente de forma drástica, tendo o padrão de escoamento das águas superficiais e subsuperficiais alterado. As cicatrizes de mineração deixam a rocha exposta e promovem a movimentação de materiais superficiais.



Foto 42: Cicatriz de mineração localizada da área de estudo, ao norte da bacia hidrográfica junto ao compartimento de morros com ocupação irregular, bairro Cristal. Dezembro de 2013

A **superfície plana tecnogênica** (Foto 43) é pouco representativa na área de estudo, mas refere-se a uma unidade maior, uma área de aterro construída em 1959 acompanhando a área da várzea do cristal, para construção do Jockey Club do Rio Grande do Sul. As áreas de aterro foram construídas pela deposição de material e pelo remanejamento de material do próprio local.

As áreas de aterro, abrangidas no limite oeste da área de estudo, fazem parte das grandes obras de aterro de Porto Alegre. Este elemento da morfologia antropogênica é composto por uma alongada faixa plana criada, constituída por depósitos tecnogênicos (predominantemente de depósitos arenosos).



Foto 43: Área ocupada sobre a superfície plana tecnogênica, ao fundo o muro do Hipódromo, rua Dr. Raul Moreira, bairro Cristal. Dezembro de 2013.

O elemento denominado de **áreas rebaixadas alagáveis** (Foto 44) foi encontrado em um ponto das sub-bacias hidrográficas em análise. Esse ponto é uma praça, na qual há uma área de retenção de águas, uma superfície deprimida em relação ao seu entorno, ocupada pela vegetação. Entende-se que em eventos de chuvas intensas e/ou prolongadas essa área servirá como reservatório.



Foto 44: Área deprimida no interior da praça localizada na Av. São Sebastião, bairro Nonoai. Dezembro de 2013.

Os elementos lineares da morfologia antropogênica mapeados na área de estudo foram o arruamento, os canais de drenagem, os cursos d'água retificados e/ou canalizados, os cursos d'água criados e os degraus de corte.

O **arruamento** (Foto 45) assim como anteriormente descrito, é entendido como uma morfologia antropogênica por influenciar o comportamento hidromorfodinâmico, quando concentra no leito carroçável das vias os fluxos de água. Na área de estudo são evidenciadas vias pavimentadas e não pavimentadas, nessas últimas o escoamento concentrado das águas acentua os processos erosivos formando sulcos. Essas vias estão localizadas principalmente na área de morros das sub-bacias hidrográficas em análise.

Devido à diversidade de compartimentos geomorfológicos da área de estudo, é possível observar a dinâmica gerada pelo arruamento tanto nas áreas mais elevadas e com declive mais acentuado, nos quais as vias seguem a declividade da vertente, acelerando o escoamento das águas e conseqüentemente os processos erosivos, quanto nas áreas planas de patamar, terraço e planície, nos quais a concentração dos fluxos nesses espaços torna-se evidente e gera os alagamentos em questão nesta pesquisa.



Foto 45: Via localizada em um loteamento ao norte da sub-bacia hidrográfica, no compartimento de morros, bairro Cristal. Evidencia-se a concentração dos fluxos no escoamento superficial, com processo erosivo formando sulco. Dezembro de 2013.

Os **canais de drenagem** existentes em alguns trechos das sub-bacias hidrográficas correspondem, em parte, a antigos cursos d'água, mapeados na morfologia original ou são construídos em áreas onde não existiam cursos d'água naturais. Esses canais, em subsuperfície, têm por finalidade drenar a água de algumas porções da área de estudo para um canal principal.

Os **cursos d'água retificados e/ou canalizados** (Foto 46) encontram-se na intersecção do curso d'água com a malha viária, no entanto essas retificações do traçado são evidenciadas predominantemente devido à construção de edificações junto ao arroio, cujas paredes acabam delimitando a margem do curso d'água, e a construção de diques e vias junto aos mesmos.

As modificações nos canais dos cursos d'água altera a dinâmica fluvial, estreitando a área de influência dos cursos d'água e diminuindo a sua sinuosidade, para a questão a médio curso é positivo, pois acelera o escoamento das águas. No entanto para as áreas à jusante isso significa uma maior quantidade de água chegando por período (aumento da velocidade do escoamento), o que pode provocar inundações.

Na área de estudo, por se tratarem de arroios, que em sua maioria, têm fundos chatos e recebem grande carga de material sólido e efluentes pode haver o assoreamento dos mesmos, em caso de chuva intensa ou constante, em decorrência da diminuição da seção transversal do curso d'água, esse pode não dar vazão e transbordar.

A planície fluvial na qual está inserido o arroio Cavahada, caracteriza-se por ser uma área úmida, com ocorrência de retenção de água. Neste local, há um pequeno **canal de drenagem em superfície** (Foto 47) a partir da escavação de uma área frequentemente alagada. Segundo relato do Sr. Antônio Santos Magano, residente na rua Tamandaré desde 1958, esse pequeno curso d'água não existia: *“isso era tudo um banhado, cheio de Maricá, quando fizeram a Termolar abriram esse valão pra drenar a água”*.

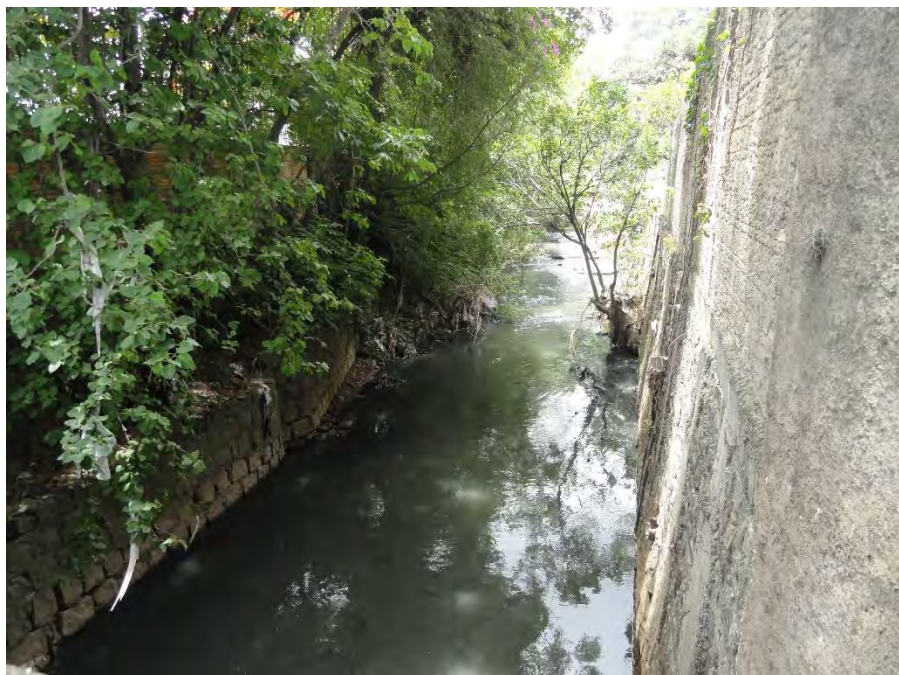


Foto 46: Arroio localizado na intersecção com a avenida Cavahada, bairro Cavahada. Com muro construído à margem direita e edificações delimitando a margem esquerda do curso d'água. Dezembro de 2013.

Assim, entende-se que a partir do processo de ocupação de uma área úmida, com intuito de concentrar em apenas um ponto as águas e permitir a ocupação do entorno, foi sendo escavado um canal artificial que atualmente tem fluxo contínuo desaguando no arroio Cavahada (Foto 48). Acredita-se que a construção da avenida Icará possa ter contribuído para esse processo, pois ela está em um patamar mais elevado que a área em questão, formando um dique, que pode estar auxiliando na concentração desse fluxo de água, que tem sentido paralelo à avenida.



Foto 47: Canal de drenagem em superfície, formado a partir da escavação e concentração do fluxo de água, bairro Cristal. Setembro de 2013.



Foto 48: Canal de drenagem em superfície desaguando no arroio Cavalhada, bairro Cristal. Dezembro de 2013.

Na área de estudo são verificados diversos **degraus de corte** (Foto 49) alguns no interior de lotes devido aos aplainamentos das áreas para construções, mas principalmente degraus junto às vias. Esses degraus estão distribuídos de forma independente à forma do relevo na sub-bacia hidrográfica, são encontrados nas áreas

de morros, morros associados com colinas, nos patamares planos. Essa formas geram mudanças no perfil das vertentes, acarretando nos diversos processos associados a essas alterações, dentre eles no padrão de escoamento das águas em superfície.



Foto 49: Degrau de corte localizado paralelo à avenida Dr. Campos Velhos, bairro Cavalhada. Dezembro de 2013.

5.2.3 Considerações Sobre a Morfologia Antropogênica e a Ocorrência de Alagamentos nas Áreas de Estudo

As alterações realizadas pela ocupação na dinâmica geomorfológica podem influenciar na ocorrência e localização dos eventos de alagamento. Segue uma breve análise das consequências das morfologias antropogênicas para a drenagem das áreas de estudo.

Na sub-bacia hidrográfica da bacia do arroio Almirante Tamandaré, localizada na zona norte do município de Porto Alegre, os eventos de alagamento já eram relatados desde o princípio de sua ocupação, sendo mencionadas algumas áreas próximo à Igreja de Nossa Senhora de Navegantes como banhado. Além desta, outras áreas da sub-bacia são referidas pelos moradores como áreas que alagavam, sendo necessárias obras de intervenção como os aterros. Quando analisada a ocorrência de alagamentos nesta sub-bacia, a concentração dos registros se dá nas proximidades

da referida igreja e em outros pontos, alguns desses também mencionados em registros históricos.

Dessa forma pode-se analisar que a ocorrência de alagamentos faz parte da dinâmica geomorfológica original dessa área, uma vez que a sub-bacia está localizada em uma planície fluvio-lagunar com banhados. Assim, são evidentes as deficiências de drenagem da área. Não existem cursos d'água em superfície, a drenagem depende de canais artificiais e de casa de bomba. Associada a uma extensa e densa ocupação, com lotes praticamente impermeabilizados na maior parte da sub-bacia e a escassa existência de áreas verdes e outras áreas permeáveis, os alagamentos se perpetuam e se acentuam.

Nesta área o arruamento se transforma na área propícia para concentração dos fluxos de água nos eventos de chuva, por serem cortes lineares no terreno, as vias se tornam o caminho preferencial das águas, quando o sistema de drenagem não dá vazão e a água se acumula no leito das vias. Portanto, nesta sub-bacia hidrográfica os registros analisados realmente se referem a alagamentos, dada as deficiências de drenagem já existentes em um ambiente natural e com características ressaltadas pela intervenção antrópica.

Além de serem intervenções lineares no terreno, as vias apresentam algumas áreas deprimidas, rebaixadas em relação ao entorno mais elevado, sejam vias que desembocam em outras mais elevadas, sejam os lotes do entorno, construídos em cotas mais altas. Esses pontos deprimidos, criados a partir da ocupação, tornam-se áreas rebaixadas propícias ao acúmulo das águas em eventos de chuva. A via localizada na base da área de colina localizada na sub-bacia hidrográfica em questão (avenida Benjamin Constant), forma um verdadeiro degrau entre a área de colina e a área de planície, concentrando o escoamento superficial das águas que vêm aceleradas pelas superfícies impermeáveis construídas a partir da ocupação da colina, incluindo as vias construídas em desrespeito às curvas de nível e pavimentadas. Esse ponto é frequentemente registrado como área de alagamento.

Além das deficiências de drenagem naturais da área de estudo, existe ainda o dique, avenida Castelo Branco, essa obra objetiva resguardar a cidade de inundações decorrentes das cheias do lago Guaíba. De fato, para a área de estudo, ele é uma barreira física que impede o contato com o curso d'água, atualmente, com a área de aterro construída na margem. A aproximação com o curso d'água, fez parte da história da ocupação da área de estudo que estava vinculada às atividades pesqueiras e

portuárias, atualmente sua inexistência devido às barreiras, dentre elas também os trilhos do metrô, modificou a paisagem local.

Embora a área já tenha solos caracterizados como mal drenados, a intensa impermeabilização dessa sub-bacia hidrográfica é um fator agravante para o acúmulo de água durante os períodos de chuva. A área é densamente ocupada, com lotes praticamente impermeabilizados, sendo a infiltração da água no solo bastante prejudicada. Dessa forma tem-se uma área com tendência à ocorrência de alagamentos, praticamente impermeabilizada, na qual o escoamento superficial será favorecido e, durante os períodos de chuva, mais acelerado, levando uma quantidade maior de água para as áreas mais deprimidas em menor tempo.

Para as sub-bacias hidrográficas do arroio Cavalhada, localizadas na zona sul do município, os registros de alagamentos verificados no ano de 2012, para esta pesquisa, referem-se predominantemente às áreas de inundação dos arroios locais. Com a existência de vários cursos d'água em superfície, muitos deles com intervenções no seu traçado, especialmente na intersecção com vias, nas quais as pontes tendem a diminuir a seção do curso d'água, associado com uma considerável área impermeabilizada, o transbordamento dos mesmos é uma possibilidade frequente.

As áreas impermeabilizadas pela ocupação nas sub-bacias em questão, estão localizadas preferencialmente nas áreas de patamares planos, terraços e planície fluvial, área que concentra o fluxo de água vindo das áreas mais elevadas ao redor. Além das modificações nos cursos d'água e da impermeabilização é notório que a presença de degraus de corte no terreno tenda a concentrar água no patamar mais baixo, fato perceptível no degrau formado pela avenida Icaraí, a qual represa água especialmente nas áreas de planície fluvial.

Ainda que a ocorrência de inundações seja algo evidente nesta área de estudo, alguns dos pontos de acúmulo de água evidenciados são gerados apenas pela incapacidade de drenagem. Esses se formam pelo escoamento das águas das áreas mais elevadas (morros associados com colinas) em direção às áreas mais rebaixadas do relevo (terraço), no caminho do escoamento superficial da água existem algumas vias, que formam uma superfície plana, interrompendo o escoamento e por consequência formando áreas de acúmulo.

Afora as áreas mencionadas no parágrafo anterior, existe mais um ponto cujo registro de alagamento foi feito e não é encontrado nenhum curso d'água em

superfície que caracterize uma inundação. Refere-se ao ponto de alagamento da avenida Coronel Massot, nessa a área do entorno é bastante plana, a drenagem atualmente é feita por canais de drenagem. No entanto, analisando a morfologia original da área, pode-se perceber que nas proximidades do ponto havia um curso d'água superficial.

Ao analisar as intervenções realizadas na morfologia original e sua estreita relação com a ocorrência de alagamentos e inundações na área de estudo ressalta-se que a questão da drenagem urbana parece não ser tratada de maneira integradora. As soluções apresentadas para as deficiências de drenagem são, em geral, pontuais, e não integram as bacias hidrográficas como um todo, acarretando na transposição do problema de montante para jusante.

Todas as soluções locais, sejam elas retificações, canalizações vão acelerar o escoamento e minimizar os problemas para aquela área, transferindo o problema para jusante, onde a água chegará com maior velocidade, portanto com uma quantidade maior em um curto período de tempo.

Aliado a isso há o histórico uso dos vales para construção das vias, subtraindo o leito maior dos cursos d'água para a ocupação urbana, aumentando a impermeabilização do solo. Em eventos nos quais haja um aporte maior de água o curso d'água vai requerer suas parcelas suprimidas, causando inundações nas áreas ribeirinhas (CANHOLI, 2005).

Dessa forma percebe-se que o planejamento da drenagem urbana deve estar intrinsecamente ligado ao parcelamento do solo urbano e às demais formas de planejamento, pois o contrário mostrou-se estratégia inválida, cedo ou tarde as águas ocupam os seus espaços. O município de Porto Alegre, através do seu Departamento de Esgotos Pluviais (DEP) apresenta propostas para as áreas de estudo no Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU), as quais no que tange à morfologia antropogênica, serão analisadas a seguir.

5.3 PERSPECTIVAS FUTURAS – ANÁLISE DO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA

Para a bacia do arroio Almirante Tamandaré, área mais densamente ocupadas da cidade, o Plano Diretor de Drenagem Urbana - PDDrU (DEP, 2005), afirma que o

crescimento populacional e a ocupação do solo, sem planejamento da drenagem para suportar os acréscimos de vazões escoadas, trouxeram problemas em diversos pontos da bacia. Como já mencionado anteriormente, essa bacia é caracterizada por ser drenada exclusivamente por um conjunto de Casas de Bombas.

Nos estudos que compõem o PDDrU foram realizadas simulações que permitiram identificar a situação da bacia hidrográfica considerando a ocupação atual e a ocupação futura prevista no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental de Porto Alegre - PDDUA (Porto Alegre, 2000). Dessa forma foram identificados os principais problemas existentes na bacia hidrográfica e analisadas as alternativas de controle, visando solucionar as deficiências na rede (DEP, 2005).

A área de estudo dessa pesquisa é a sub-bacia hidrográfica drenada pela Casa de Bombas 04, a análise das simulações revela a presença de poucos trechos deficientes para a situação atual, mas agravando-se para o cenário futuro (PDDrU, 2002). Nesta sub-bacia é previsto no PDDUA o adensamento da urbanização gerando o aumento de escoamento superficial.

Atualmente a CB 04 opera no limite de sua capacidade. Para a ampliação no cenário futuro, é considerável o aumento das vazões de pico, que atingem mais que o dobro da vazão atual. Para suportar os acréscimos de vazão gerados pela ocupação da sub-bacia hidrográfica são necessárias obras de ampliação da rede coletora e da CB. Os custos preliminares levantados para a ampliação da rede resultaram em aproximadamente 20% do gasto total estimado para toda a bacia hidrográfica do arroio Almirante Tamandaré, incluindo a ampliação da casa de bombas.

Dado ao cenário futuro, aliado às alternativas de controle propostas no PDDrU, um conjunto de ações devem ser adotadas, sendo medidas não-estruturais e estruturais. Dentre as medidas não-estruturais, são sugeridas regulamentações de redução das vazões acrescidas por novas edificações, planejamento da operação da casa de bombas e da produção de materiais sólidos.

As medidas estruturais sugeridas para esta bacia, restringiram-se basicamente à ampliação da rede de drenagem e casa de bombas; mas devem passar por uma avaliação global, para adequá-las a possíveis condicionantes externos não identificados no PDDrU. A criação de bacias de contenção chegou a ser cogitada, no entanto foi descartada pelo fato de a bacia hidrográfica apresentar poucas áreas possíveis de transformação em detenções, e ainda as praças existentes não possuem cota adequada para tal.

MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS

Contenção do aumento da vazão

A regulamentação do PDDUA contempla a implantação de medidas que visam controlar na fonte o impacto da urbanização sobre a drenagem urbana em reservatórios de retenção nos lotes ou loteamentos, criando bases para evitar o aumento da vazão. Esta regulamentação estabelece a redução das vazões acrescidas por qualquer lote ou loteamento, que deverão ser mantidas nos valores de pré-ocupação, como requisito para a aprovação de qualquer projeto junto à Prefeitura. A regulamentação proposta é apresentada no volume I do Plano Diretor de Drenagem Urbana (DEP, 2005).

A bacia hidrográfica do arroio Almirante Tamandaré não apresenta muitos espaços livres para novos empreendimentos. No entanto por apresentar ocupações bastante antigas, há a possibilidade de criar-se a tendência à renovação das construções. Caso se concretize, nos projetos das novas edificações deverá ser exigido a instalação de dispositivos de controle da vazão. A tal fim, a bacia deverá ser definida como região crítica, aos fins do artigo 97 do PDDUA.

Operação das casas de bombas

Há necessidade de ampliação da casa de bombas, portanto deverá ser realizada uma análise conjunta das características das bombas existentes, das bombas a serem instaladas e dos níveis operacionais recomendados, para definir as ampliações a serem feitas e com regras operacionais que garantam o funcionamento adequado das redes de drenagem. Por enquanto, os níveis operacionais recomendados devem ser adotados como níveis alvo, ou seja, a operação das casas de bombas deve ser feita de maneira tal de manter o nível no poço de chegada tão próximo quanto possível (em função das características das bombas) do nível recomendado. Deve-se ressaltar que, por se tratarem de áreas planas, o nível de jusante interfere à montante.

Produção de material sólido

As construções na bacia hidrográfica devem apresentar planejamento para sua drenagem local durante a construção, visando reduzir a quantidade de sedimentos transportado para a rede de drenagem pluvial; e deve ser realizada a revisão da coleta de lixo da bacia, identificando produção não coletada.

MEDIDAS ESTRUTURAIS

Ampliação da rede coletora da CB 04

Para o cenário atual, os pontos mais críticos encontram-se junto à Ponte do Guaíba e na Av. Sertório, próximo à esquina da Av. Ceará onde é recorrente a presença de lâmina de água nas vias durante eventos de chuva. Para a situação prevista no PDDrU a bacia hidrográfica começa a ficar ainda mais comprometida. Praticamente todos os trechos devem ser ampliados para permitir a drenagem adequada. Com a vazão que chega à CB 04 após a ampliação da rede, seriam necessárias obras de expansão da capacidade das bombas, pois a mesma estaria com a capacidade no limite mesmo antes da ampliação.

Afora as medidas anteriormente postas o PDDrU aborda outra questão importante para a capacidade da rede de drenagem e o funcionamento das casas de bombas, trata-se da produção de resíduos sólidos. O tipo de resíduo que atua fortemente na obstrução da drenagem são as garrafas plásticas do tipo PET e latas de refrigerante entre outros, sendo que esses detritos ficam retidos nas grades do poço de entrada das Casas de Bombas. Deve-se considerar também que além do sistema de coleta tradicional de resíduos existe a coleta informal para seleção e venda de materiais recicláveis. No entanto, a parte que não interessa do material pode parar no sistema de drenagem por deposição em terrenos e rede de canais abertos. Como a coleta dos resíduos já é feita de forma ampla no município, resta serem realizadas campanhas educativas com a população.

A bacia hidrográfica do arroio Cavalhada possui áreas de grande declividade a montante, tornando-se extremamente plana a jusante e, de acordo com o PDDrU, apresenta ocupação urbana de jusante para montante. A maior densidade urbana encontra-se próximo ao lago Guaíba, onde ficam os bairros Cristal, Camaquã, Vila Assunção e Tristeza e a área ocupada da bacia é predominantemente residencial.

Portanto, as sub-bacias em questão são as que apresentam a maior densidade populacional dentre as sub-bacias da bacia do arroio Cavalhada. No entanto, algumas partes ainda encontram-se sem ocupação urbana, principalmente ao sul onde se localizam áreas de preservação ambiental (Parque Natural Morro do Osso).

O PDDrU, através da análise do cenário atual apresenta os trechos da bacia hidrográfica do arroio Cavalhada que atualmente apresentam deficiência de

drenagem, conforme Figura 14. Observa-se que os trechos com maior deficiência de drenagem são as sub-bacias em análise nesta pesquisa. Dada a já diagnosticada má drenagem dessas áreas são evidenciados os pontos de alagamentos que definiram as áreas de estudo. É prioritária a realização de intervenções nas sub-bacias em análise neste trabalho para mitigar os alagamentos registrados na região.

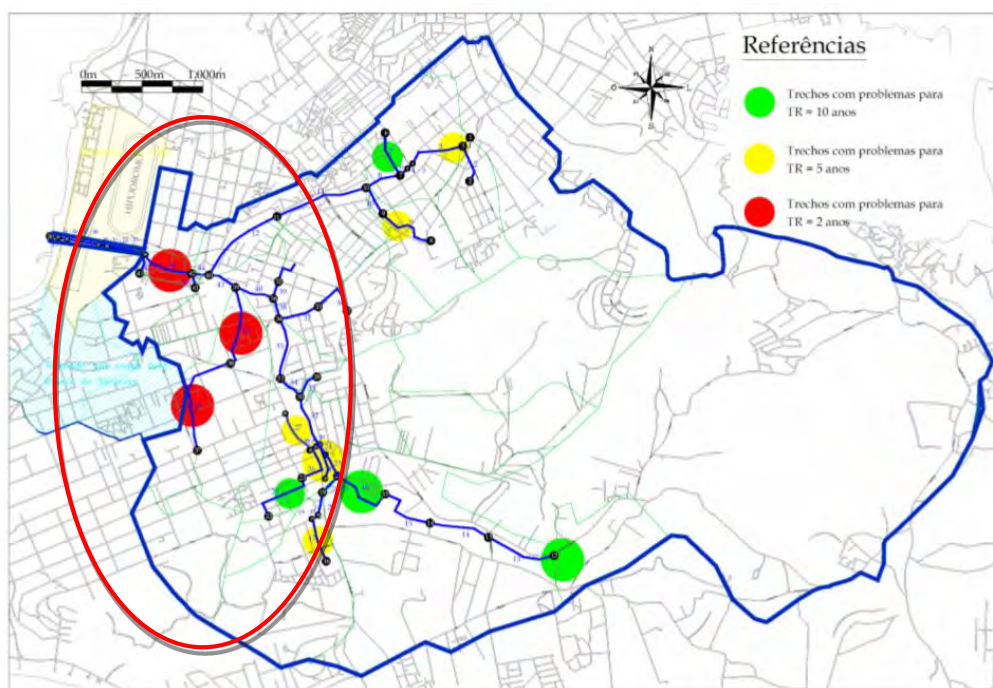


Figura 14: Trechos com capacidade insuficiente para drenar as águas, com destaque para a área de estudo desta pesquisa. Fonte DEP, 2005.

Traçando um cenário futuro para a bacia hidrográfica, verifica-se que a maioria dos trechos da rede atualmente existente na bacia têm capacidade insuficiente para escoar as águas no cenário previsto no PDDUA. Neste cenário a rede atualmente existente falha para tempo de retorno menor ou igual a 2 anos. Assim, a situação limite apresentada pelo PPDUA indica sérios riscos para a população nas margens dos cursos d'água na bacia.

O aumento da ocupação urbana nessas áreas acarreta na sobrecarga na condução do escoamento da área e na ocorrência de inundações localizadas na bacia em pontos de estrangulamento internos; também influencia no aumento da produção de resíduos o que normalmente impacta o sistema de drenagem.

Portanto, o plano de ação previsto pelo PDDrU possui medidas não estruturais, tais como contenção do aumento da vazão e produção de material sólido e as medidas estruturais.

MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS

Contenção do aumento da vazão

O PDDUA apresenta regulamentação para a redução das vazões acrescidas dos lote ou loteamento na aprovação dos projetos junto a Prefeitura. Desta forma, será possível manter as condições atuais de escoamento e mesmo evitar que atinja o nível previsto no Plano Diretor de Drenagem.

A bacia do arroio Cavalhada promete problemas futuros muito mais graves com a ocupação prevista no PDDUA, mesmo com as medidas de detenção sugeridas, o que torna indispensável a cobrança imediata do controle na fonte nos empreendimentos novos e até mesmo em antigos que necessitem de qualquer tipo de autorização da prefeitura para ampliação de área impermeável.

Produção material sólido

Recomenda-se que as construções na bacia apresentem planejamento para a drenagem durante a execução visando reduzir a quantidade de sedimentos transportada para a drenagem.

MEDIDAS ESTRUTURAIS

Como medidas estruturais o PDDrU indica a construção de áreas de detenção na bacia hidrográfica em questão. Afirmando que esta é a melhor alternativa tanto econômica quanto hidráulica e ambiental para a área. A opção pelo uso das áreas de praças próximas aos pontos escolhidos para detenção (conforme consta no PDDrU) ou da desapropriação de terrenos para este fim deve ser analisada cuidadosamente, e se necessárias novas simulações devem ser realizadas.

Deve-se acrescer ainda a complementação deste sistema sugerido com a inserção de um controle efetivo em nível de lote, utilizando micro reservatórios e estruturas de implemento de infiltração, de forma a promover uma melhoria nas condições de funcionamento das obras maiores, principalmente dos condutos forçados, que sem este tipo de controle trabalharão em sobrecarga com muita frequência, reduzindo a sua vida útil e necessitando de maior periodicidade de manutenção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, os alagamentos e as inundações fazem parte do cotidiano das grandes cidades. A maneira de lidar, tratar e resolver esse impacto depende das medidas tomadas pela esfera pública e da conscientização da população em relação ao problema.

Durante o desenvolvimento dessa pesquisa, algumas pessoas foram questionadas sobre as inundações, muitas não sabiam o que é uma bacia hidrográfica. Caso ocupassem áreas à montante das áreas inundadas, desconheciam a influência que a ocupação onde viviam exercia à jusante. Afirmavam que estão longe do problema.

Grande parte das reportagens veiculadas pela mídia durante os eventos de inundação, nesse período em Porto Alegre, apontavam o lixo como o grande vilão, houve reportagens inteiras sobre o tema, comoção nas redes sociais. No entanto, sobre outras intervenções antrópicas na bacia hidrográfica muito pouco foi comentado. Novamente, assim como em grande parte das campanhas que envolvem a questão ambiental, a culpa e a responsabilidade são transferidas ao cidadão, repassadas ao individual.

O objetivo dessa pesquisa partiu da combinação entre a concentração de alagamentos no município durante eventos pluviométricos, a constante expressão “a cidade parou”, com as indagações de que não poderia haver influência apenas pontual, mas sim de um conjunto de transformações pelas quais o espaço urbano passa ao longo do seu processo de urbanização.

Para tanto decidiu-se analisar as intervenções realizadas pelo uso e ocupação da terra na morfologia original e na dinâmica geomorfológica do entorno de vias do município de Porto Alegre onde são identificados eventos de inundação ou alagamento que causam interferências no trânsito.

A pesquisa apontou a extensa ocupação urbana do município de Porto Alegre, a paulatina ocupação das áreas de vale e das planícies fluviais/fluvio-lagunares ao longo da história. A definição das áreas de estudo, a partir da distribuição dos pontos de alagamento registrados pela fiscalização de trânsito, delimitou duas distintas áreas.

Uma das áreas selecionadas, a mais afetada por esse tipo de evento, localizada na zona norte do município, tem um relevo já propício à ocorrência de alagamentos e apresentou ao longo de sua história de ocupação a recorrência desses eventos e a

adaptação da população para conviver com essa realidade, na maioria das vezes através de aterros.

Os alagamentos registrados nessa área do município, especialmente nas proximidades dos acessos à ponte do Guaíba e ao longo da avenida Sertório, são responsáveis por grandes transtornos para o deslocamento da população. São áreas naturalmente mal drenadas e atualmente dependentes da drenagem artificial, que segundo o Plano Diretor de Drenagem Urbana já se encontra no limite de sua capacidade.

Dada a recorrência desses fenômenos e a perspectiva de longa espera até que haja uma ampliação do sistema de drenagem da área é necessário o monitoramento e a conscientização de que essas são áreas com problemas de drenagem, sendo necessárias medidas preventivas ao problema: em eventos de chuva capazes de gerar alagamentos são necessárias intervenções no trânsito da região, por exemplo.

No caso dessa bacia hidrográfica, na qual há a dependência da drenagem artificial, a deposição inadequada de resíduos sólidos pode prejudicar a eficiência da casa de bombas e comprometer a drenagem da área. No entanto, é preciso relativizar as ocorrências de alagamentos à deposição inadequada dos resíduos, tendo em vista a comprovada potencialidade à ocorrência desses fenômenos e a intensa modificação da dinâmica geomorfológica acarretada pela ocupação urbana na área.

Para a área selecionada na zona sul do município, não havia um registro significativo de ocorrências de trânsito mencionando alagamentos, no entanto era a área que mais tinha esses registros na zona sul do município. Uma área com uma diversidade maior de compartimentos de relevo, em relação à zona norte, caracterizada por um conjunto de morros e morros associados com colinas no entorno de uma área plana, formada por patamares planos, terraços e planícies fluviais.

Nessa área a maioria dos eventos registrados referia-se a inundações de algum cursos d'água. Alguns na proximidade das pontes, onde os arroios intersectam importantes vias do município de Porto Alegre. A ocorrência dessas inundações está intrinsecamente relacionada às modificações causadas na hidromorfodinâmica da área, seja pela impermeabilização ou pela mudança nas seções dos canais dos cursos d'água.

Há uma concentração de pontos de alagamento junto à avenida Icaraí, avenida essa que forma em alguns pontos um degrau de corte e divide a área de planície, terraço fluvial e patamares planos com a extensa área de aterro criada na orla. Esses

eventos comprometem a mobilidade dessa área do município, que carece de investimentos, sejam eles em alternativas de transporte público quanto em obras de qualificação da malha viária.

O município de Porto Alegre apresenta uma positiva posição em relação ao tema, uma vez que já foi desenvolvido o Plano Diretor de Drenagem Urbana para ambas as áreas de estudo, incluindo de forma mais abrangente, toda a bacia hidrográfica e não apenas as sub-bacias aqui analisadas. Nesse plano foram desenvolvidos diagnósticos para as áreas, com projeções futuras, as quais apontaram a necessidade de intervenções dada a capacidade da rede atual. A bacia do arroio Almirante Tamandaré opera atualmente no limite da capacidade e tem uma área consolidada, amplamente ocupada e impermeabilizada. Na zona sul, a bacia do arroio Cavalhada apresenta capacidade atual satisfatória, no entanto, com a perspectiva de incremento da ocupação urbana da bacia, com a densificação das áreas construídas e consequente impermeabilização, o sistema de drenagem atual será insuficiente.

As alternativas estruturais futuras apresentadas no Plano Diretor de Drenagem Urbana envolvem basicamente o incremento da rede de drenagem e a construção de áreas de retenção, para a bacia da zona sul. As alternativas não-estruturais apresentadas pelo plano envolve a obrigatoriedade do cumprimento do que consta no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental de Porto Alegre quanto à redução das taxas de vazão, aplicando medidas de retenção de águas no lote ou nos loteamentos. Além de medidas de conscientização a respeito do efeito da deposição inadequada de resíduos sólidos para o funcionamento da rede de drenagem e das casas de bombas.

Cabe destacar que o referido plano diretor de drenagem data de 2001 e ao longo do ano de 2013 foram recorrentes os eventos de alagamento e inundações com promessas de melhorias no sistema de drenagem urbana da cidade para até o ano de 2016. Nesses mesmos eventos a mídia insistentemente associava as ocorrências, principalmente, à deposição inadequada de resíduos sólidos.

A compreensão da dinâmica natural, dos elementos do meio físico, associada às transformações causadas pela ocupação urbana, pode gerar resultados satisfatório através de construções menos impactantes para a drenagem das áreas, como por exemplo, adaptando às construções ao relevo e não o oposto e garantindo a retenção de água no lote ou nos loteamentos, através da manutenção de áreas permeáveis ou mesmo de retenção.

Na esfera pública, por já existir a compreensão técnica desses fenômenos e o diagnóstico da situação atual e perspectiva futura para diversas áreas do município, espera-se o cumprimento dessas diretrizes e das intervenções propostas. Além da manutenção constante e de medidas à curto prazo, enquanto as grandes intervenções estruturais não podem ser colocadas em prática.

Como medida emergencial para a mobilidade da população sugere-se a divulgação das áreas com recorrência de alagamentos do município, para que quando possível sejam evitadas. Naquelas vias onde é possível a proposição de desvios do trânsito de veículos, é necessário que sejam planejados e efetuados em ação conjunta com os órgãos municipais responsáveis pela previsão meteorológica.

Diante do exposto e das projeções futuras, as alterações realizadas pelo uso e ocupação da terra na morfologia original e na dinâmica geomorfológica mostram-se intrinsecamente relacionadas à ocorrência de alagamentos e inundações, mesmo quando a área apresenta potencial natural ao fenômeno.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. O sítio urbano de Porto Alegre – Estudo geográfico. Boletim Paulista de Geografia. São Paulo, nº9 42. Julho de 1965.
- AB'SABER, A. N. Um conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas do Quaternário. Revista do Instituto de Geografia 4, São Paulo, 1969, 1-23p.
- ABREU, A. A., A Teoria Geomorfológica e sua Edificação: análise crítica. Revista do Instituto Geológico, v. 4, p. 5-23, 1983.
- ABREU, M. A. O estudo geográfico da cidade no Brasil: evolução e avaliação. Contribuição à história do pensamento geográfico brasileiro. In: CARLOS, Ana Fani Alessandri. Os caminhos da reflexão sobre a cidade e o urbano. São Paulo: Edusp, 1994, p. 199-322.
- AYOADE, J.O. Introdução à Climatologia para os trópicos. 3ª ed. São Paulo: Bertrand Brasil, 1991
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. Caderno de Ciências da Terra, n. 13, p. 1-27, 1971
- BRASIL, Lei nº 9.503, de 23 de Setembro de 1997 – Código de Trânsito Brasileiro. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9503.htm>. Acesso em 07 dez 2012.
- BRASIL. 1999: Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instituto Nacional de Meteorologia. Manual de Observações Meteorológicas. Brasília: INMET. 3ª EDIÇÃO, 1999.
- BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES. Caderno MCidades 6 - Política Nacional de Mobilidade Urbana Sustentável. 2006. Disponível em <<http://www.capacidades.gov.br/biblioteca/detalhar/id/128/titulo/Cadernos+MCidades+6+-+Politica+Nacional+de+Mobilidade+Urbana+Sustentavel#!prettyPhoto>>. Acesso em 04 dez 2012.
- BRASIL. Ministério das Cidades - Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. Disponível em < <http://www.infraestrutura.salvador.ba.gov.br/downloads/Mapeamento%20de%20Riscos%20em%20Encostas%20e%20Margens%20de%20Rios.pdf>>. Acesso em 04 jan 2013.
- BURKT, L. G. ; MOURA, N. S. V. . A Cidade real supera a cidade legal? Um estudo sobre a bacia hidrográfica do arroio do Salso, Porto Alegre/RS. In: 12º Encontro de Geógrafos da América Latina, 2009, Montevideo. 12º Encontro de Geógrafos da América Latina. Montevideo, 2009.
- CÂMARA, G., DAVIS, C., MONTEIRO, A. M.V. Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos, INPE, 2001 (2a. edição, revista e ampliada); p 01-05.
- CANHOLI, A. P. Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. São Paulo. Oficina de Textos, 2012
- CASTELLS, M. A estrutura urbana. In: CASTELLS, M. A questão urbana. São Paulo: Paz e Terra, 2000 [1972], p. 179-345.

COELHO, F. F e GUASSELLI, L.A. Análise espacial dos focos de calor, no período entre 2000 e 2006, no Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: < <http://mar.te.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.13.18.31/doc/5151-5158.pdf>> Acesso abril de 2013.

DAVIS, W. M. The Geographical Cycle. *Geographical Journal*, vol. 14, p.481–504, 1899. Disponível em < http://ugb.org.br/home/artigos/classicos/Davis_1899.pdf>. Acesso em 08 jan. 2013

DEP, Departamento de Esgotos Pluviais. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre (2005). UFRGS/IPH. Volumes V, VI e IX., 2005.

DEP, Departamento de Esgotos Pluviais. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Características topográficas e cheias na cidade. Disponível em <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=65> Acesso em out. 2013.

DETRAN. Saldo de Veículos em Circulação por Município. Disponível em <<http://www.detran.rs.gov.br/index.php?action=estatistica&cod=29>>. Acesso em 01 fev. 2013

DIAS, T. S. A expansão da ocupação urbana sobre o relevo do município de Porto Alegre. Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2011. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação). Disponível em < <http://hdl.handle.net/10183/32726>>. Acesso em 08 dez. 2012

FRANCO, S. C. Porto Alegre: guia histórico. Porto Alegre, Editora da UFRGS, 2006.

FRANCO, S. C. Porto Alegre Ano a Ano: cronologia histórica 1732-1950. Porto Alegre, Letra&Vida, 2012.

FUJIMOTO, N. S. V. M. Análise ambiental urbana na área metropolitana de Porto Alegre - RS: sub-bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio. Tese, Universidade de São Paulo. 2001

FUJIMOTO, N. S. V. M. Implicações Ambientais na Área Metropolitana de Porto Alegre - RS: Um Estudo Geográfico com Ênfase na Geomorfologia Urbana. GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, N° 12, 2002.

GONÇALVES, N. M. S. Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano de Salvador. In: MENDONÇA, F., MONTEIRO, C. A. F. (Org.) *Clima Urbano*, São Paulo: Contexto, 2011, p. 69 - 92

GOUVEIA, I. C. M. Da Originalidade do sítio urbano de São Paulo às formas antrópicas: aplicação da abordagem da Geomorfologia Antropogênica na Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí, na Região Metropolitana de São Paulo. 2010. 363 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

GRIGORIEV, A. A. The theoretical fundaments of modern physical geography. In: *The interection of Sciences in the Study of the earth*. Moscou. 1968

GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. *Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico*. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2005.

GUIMARÃES, R. *A Enchente de 41*. Porto Alegre: Libretos, 2013.

HARNISCH, W. H. O Rio Grande do Sul: A Terra e o Homem. Livraria do Globo. Porto Alegre, 1952

HASENACK, H (cord.) Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre: Geologia, Solos, Drenagem, Vegetação/Ocupação e Paisagem. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. Porto Alegre, 2008.

HASENACK, H.; WEBER, E.J.; LUCATELLI, L.M.L. 2010. Base altimétrica vetorial contínua do município de Porto Alegre-RS na escala 1:1.000 para uso em sistemas de informação geográfica. Porto Alegre, UFRGS-IB-Centro de Ecologia. ISBN 978-85-63843-03-6. Disponível em <<http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>>. Acesso em 14 jan. 2013

HAUSMAN, A. Aspectos da Geografia Urbana de Pôrto Alegre: Crescimento Urbano. In: Boletim Geográfico do Estado do Rio Grande do Sul. Ano VIII, nº 13 jan-dez, 1963.

HUYER, A. A Ferrovia do Riacho: um caminho para a urbanização da zona sul de Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional. Dissertação de Mestrado, 2010

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Disponível em < <http://www.ibge.gov.br/censo2010>>. Acesso em 09 dez. 2012

INMET. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Dados da Rede do INMET, 2013. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>

INSTITUTO HISTÓRICO E GEOGRÁFICO DO RIO GRANDE DO SUL. Cartografia virtual histórica-urbana de Porto Alegre. Porto Alegre: IHGRGS, 2005. 1 CD ROM.

JORNAL DO COMÉRCIO. CLIMA: Chuva forte causa transtornos no trânsito de Porto Alegre 18/09/2012. Disponível em: < <http://jcrs.uol.com.br/site/noticia.php?codn=103969>> Acesso em out. 2013.

LIVI, F. P. Elementos do clima: os contrastes de tempos frios e quentes. In: MENEGAT, R. (Coord). Atlas Ambiental de Porto Alegre. Porto Alegre: UFRGS, 1998

MARTINS, D. P. Uma análise geográfica sobre os impactos da chuva no município de Porto Alegre. Trabalho de Conclusão. UFRGS, 1999.

MELLO, L., Etnografia no bairro Navegantes (Porto Alegre-RS) : transformações na paisagem e negociações da memória nos ritmos espaciais e temporais vividos no cotidiano dos habitantes. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Filosofia e Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação em Antropologia Social Dissertação de Mestrado, 2008.

MENDONÇA, F. A Geografia (Física) Brasileira e a Cidade no Início do Século XXI: algumas contingências e desafios. In: SEVERO, A. e FOLETO, E. (org). Diálogos em Geografia Física. Santa Maria, ed. Da UFSM. 2011

MENEGAT, R. (Coord). Atlas ambiental de Porto Alegre. Porto Alegre, ed. UFRGS, 2ed, 1998.

MERCERJAKOV. J.P. Lesconcepts de morphostruture et de morphoesculture: un nouvelinstrument de l'anlysegeomorphologique. Annales de Geographie, 77 années, 423, Paris, 539-552, 1968

METROCLIMA, Sistema de Vigilância Meteorológica da Cidade de Porto Alegre. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/metroclima/default.php?p_secao=26> Acesso em dez de 2012.

METROCLIMA, Sistema de Vigilância Meteorológica da Cidade de Porto Alegre. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Histórico das enchentes de Porto Alegre. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/metroclima/default.php?reg=7&p_secao=12> Acesso em out. de 2013.

MONTEIRO, C. M., LADEIRA, M. C. M. Porto Alegre - avaliação do sistema viário principal: segurança viária , mobilidade e acessibilidade. Goiânia: Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito – ANTP, 2005. Disponível em <http://www.cbtu.gov.br/estudos/pesquisa/antp_15congr/pdf/TU-031.pdf>. Acesso em 08 jan. 2013

MOURA, N. S. V. Alterações Ambientais na Região Metropolitana de Porto Alegre – RS: um estudo geográfico com ênfase na geomorfologia urbana. In: NUNES, J. O. R.; ROCHA, P. C. (Org.) Geomorfologia: aplicação e metodologias. São Paulo: Expressão Popular: UNESP, 2008. 95-115p.

MOURA, N. S. V. ; Dias, T. S. Compartimentos de relevo do município de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul - Brasil. In: 12º Encontro de Geógrafos da América Latina, 2009. 12º Encontro de Geógrafos da América Latina. Montevideo, 2009.

MOURA, N. S. V. ; Dias, T. S. . Estudo sobre a suscetibilidade à inundação do Setor Sul do Município de Porto Alegre-RS: Bacia Hidrográfica do Arroio do Salso. In: VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2010, Recife - PE. VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2010.

MOURA, N. S. V. ; BASSO, L. A.; STROHAECKER, T. M.. Indicadores Ambientais Referentes às Áreas Suscetíveis à Inundação na Bacia Hidrográfica do Arroio do Salso, Município de Porto Alegre - RS. In: IX Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2012, Rio de Janeiro. Geomorfologia e Eventos Catastróficos: passado, presente e futuro, 2012. v. 01. p. 1-5.

MOURA, N.S.V.; DIAS, T.S. Elaboração do mapa geomorfológico do município de Porto Alegre - RS. Ciência e Natura, Edição especial, p. 219-233. 2012.

MOURA, N.S.V.; BASSO, L. A.; SANCHES, N. D. Áreas Suscetíveis à Inundação na Bacia Hidrográfica do Arroio do Salso, Porto Alegre-RS: Características das Chuvas e sua Influência na Qualidade das Águas Superficiais. GEOgraphia (UFF), 2013.

PORTO ALEGRE, Secretaria do Planejamento Municipal – Mapoteca Restituição Aerofotogramétrica, 1939. Fotografias aéreas. Escala 1:10 000.

PORTO ALEGRE: UMA HISTÓRIA FOTOGRÁFICA. Disponível em <<http://ronaldofotografia.blogspot.com.br/2011/05/as-enchentes-em-porto-alegre.html>> Consultado em out 2013.

RAMBO, B. A Fisionomia do Rio Grande do Sul: ensaio de monografia natural. 3 ed. Ed. Unissinos. São Leopoldo, 2000.

- ROCHE, J., Porto Alegre, Metrópole do Brasil Meridional, in Boletim Paulista de Geografia n.19. São Paulo, Associação dos Geógrafos Brasileiros, 1966
- RODRIGUES, C. . On Anthropogeomorphology. In: Regional Conference on Geomorphology, 1999, Rio de Janeiro. Anais do Regional Conference on Geomorphology, 1999
- RODRIGUES, C. . Geoindicators of Urbanization Effects in Humid Tropical Environment: São Paulo (Brazil) Metropolitan Area. In: 32nd International Geological Congress, 2004. Proceedings of 32nd International Geological Congress, 2004.
- RODRIGUES, C. Morfologia Original e Morfologia Antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: um exemplo na metrópole paulista. Revista do Departamento de Geografia (USP), v. 17 p. 101-111, 2005.
- ROSS, J. L. S. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. Revista da Pós-Graduação de USP, n.6. São Paulo; 1992, 17-29p.
- SAINT-HILAIRE, A. Viagem ao Rio Grande do Sul. Martins Livreiros. Porto Alegre, 1987.
- SANTOS, M., SILVEIRA, M. L. O Brasil: território e sociedade no início do século XXI. Rio de Janeiro: Record, 2008. p. 28, 47-48, e 287.
- SOUZA, C. F. Plano Geral de Melhoramentos de Porto Alegre: o plano que orientou a modernização da cidade. Porto Alegre: Armazém Digital, 2010
- SOUZA, C. F., MÜLLER, D. M. Porto Alegre e sua evolução urbana. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2007
- SUERTEGARAY, D. M. A. Geomorfologia: novos conceitos e abordagens. In VII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Curitiba, 1997, p. 24-30
- TAVARES, A.C; SILVA, A.C.F. 2008. Urbanização, chuvas de verão e inundações: uma análise episódica. Climatologia e Estudos da Paisagem. Rio Claro. Vol. 3, n.1, 2008.
- THOURET, J-C. Avaliação, prevenção e gestão dos riscos naturais nas cidades da América Latina. In: VEYRET, Y. (org). Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. Contexto, São Paulo, 2007
- TOMINAGA, L. K; SANTORO, J.; AMARAL, R. do (org.) Desastres Naturais: Conhecer para prevenir. Instituto Geológico/Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2012. Disponível em <<http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf>>. Acesso em jan. 2013
- TRICART, J. Ecodinâmica. FIBGE, Rio de Janeiro, 1977.
- TUCCI, C.E.M. 1999. Aspectos Institucionais no Controle de Inundações. I Seminário de Recursos Hídricos do Centro- Oeste. Brasília.
- TUCCI, C.E.M. 2002. Gerenciamento da Drenagem Urbana, RBRH V7 N.1 p-5-25.
- TUCCI, C. E. M. Inundações e Drenagem Urbana. In: TUCCI, C. E. M; BERTONI, J. C (Org.). Inundações Urbanas na América do Sul. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

TUCCI, C. E. M. Inundações Urbanas. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2007.

UNFPA - Fundo de População das Nações Unidas, Relatório sobre a Situação da População Mundial 2011. Disponível em <<http://www.un.org/files/PT-SWOP11-WEB.pdf>>. Acesso em 23 jan. 2013.

VASCONCELOS, P. A. O pensamento sobre a cidade no período da institucionalização da Geografia (1870-1913). In: VASCONCELOS, P. A. Dois séculos de pensamento sobre a cidade. Ilhéus: Editus, 1999, p. 49-95.

VASCONCELLOS, E. A. Transporte Urbano, espaço e equidade: Análise das políticas públicas. São Paulo: Annablume, 2001 .

VILLAÇA. F. A Problemática do Transporte Urbano no Brasil. In: SILVEIRA, M. R. (org.). Circulação, transportes e logística: diferentes perspectivas. São Paulo: Outras Expressões, 2011.

ZERO HORA. FOTOS: Chuva Forte Causa Alagamentos pelo Estado 18/09/12. Disponível em: <<http://zerohora.clicrbs.com.br/br/fotos/chuva-forte-causa-alagamentos-em-porto-alegre-18-09-2012-33549.html>> Acesso em out. 2013.