

## **IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS NA ÁREA METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE - RS: UM ESTUDO GEOGRÁFICO COM ÊNFASE NA GEOMORFOLOGIA URBANA**

Nina Simone V Moura Fujimoto \*

### **RESUMO**

Este trabalho consiste em uma análise ambiental urbana que busca apreender os efeitos e respostas do ambiente ao processo de urbanização. Para isso procura, de forma integrada, conhecer a dinâmica da natureza e da sociedade e suas articulações. O estudo é realizado em uma sub-bacia pertencente à bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio situada na Região Metropolitana de Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul. A análise ambiental engloba várias etapas: análise das características morfoestruturais regionais, caracterização geomorfológica e do material de cobertura superficial, análise dos condicionantes climáticos e hidrológicos, análise das qualidades das águas superficiais, caracterização do processo histórico de urbanização, análise das questões sócio-econômicas, a partir do estudo da evolução da cobertura vegetal e uso da terra e dos efeitos dos aspectos jurídicos na organização do espaço urbano. Como resultado da pesquisa, foram produzidos dados ambientais que expressam as alterações do ambiente devidas ao processo de urbanização na área de estudo.

### **PALAVRAS-CHAVE:**

Análise ambiental, urbanização, geomorfologia urbana, mudança ambiental, região metropolitana.

### **ABSTRACT**

This work consists of a study on the urban environment in a sub-basin of Dilúvio Stream's Hydrographic Basin located in Porto Alegre City Metropolitan Region, state of Rio Grande do Sul, Brazil for apprehending the effects on and responses of the environment to the urbanization process in such area. Accordingly, a comprehensive knowledge of nature and society dynamics and how they articulated is envisaged. The environment analysis is divided into the following stages: analysis on the region morphostructural characteristics; geomorphological and superficial covering material characterization; climatological and hydrological conditioners analysis; superficial water quality analysis; characterization of the historical urbanization process; analysis on the socio-economic features from the study on the vegetal covering and soil use evolution and effects of the juridical aspects on the urban space arrangement. As a result of the research carried out environment data were generated revealing the changes on the environment caused by the urbanization process on the mentioned area.

### **KEYWORDS:**

Environmental data analysis, urbanization, urban geomorphology, change environmental, metropolitan region

---

\* Professora do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
e-mail: nina.fujimoto@ufrgs.br

## Introdução

O processo de urbanização que caracteriza o século XX é marcado pelo surgimento de grandes aglomerações urbanas. Os problemas ambientais que surgem nas grandes cidades mostram as formas predatórias das relações do homem com a natureza, tornando-se ainda mais graves em áreas mais densamente ocupadas, como nas regiões metropolitanas.

Nos países periféricos, o crescimento urbano não acompanhou o crescimento econômico, favorecendo o surgimento de cidades com grandes deficiências em equipamentos, empregos e serviços e uma acentuada degradação ambiental.

O rápido crescimento urbano característico dessas grandes cidades trouxe vários problemas como: falta de transporte coletivo adequado, saneamento básico ineficiente, favelização, desemprego, alterações climáticas, poluição atmosférica, desmatamento, inundações e outros problemas sócio-ambientais comuns às cidades brasileiras. No entanto, os problemas decorrentes do acelerado crescimento urbano não atingiram todos com a mesma intensidade, pois o que determina essa diferenciação é a posição sócio-econômica que cada indivíduo ocupa na sociedade.

Os problemas ambientais urbanos têm sido um tema muito debatido, principalmente porque é nas cidades que ocorre a maior concentração populacional, a qual tem ocasionado degradação ambiental, comprometendo a qualidade de vida dessa população.

Na construção de cidades é introduzida uma grande quantidade de novos materiais e equipamentos que acom-

panham o seu crescimento populacional e suas atividades econômicas, articuladas com o espaço urbano. Entre as principais alterações introduzidas no espaço construído, as mais comuns são: retirada da cobertura vegetal, construção de novas formas de relevo, aumento da edificação, acréscimo de escoamento superficial, rugosidade da superfície, lançamento concentrado e acúmulo de partículas e gases na atmosfera e produção de energia artificial, modificando elementos naturais, como o clima, o ar, a vegetação, o relevo e a água.

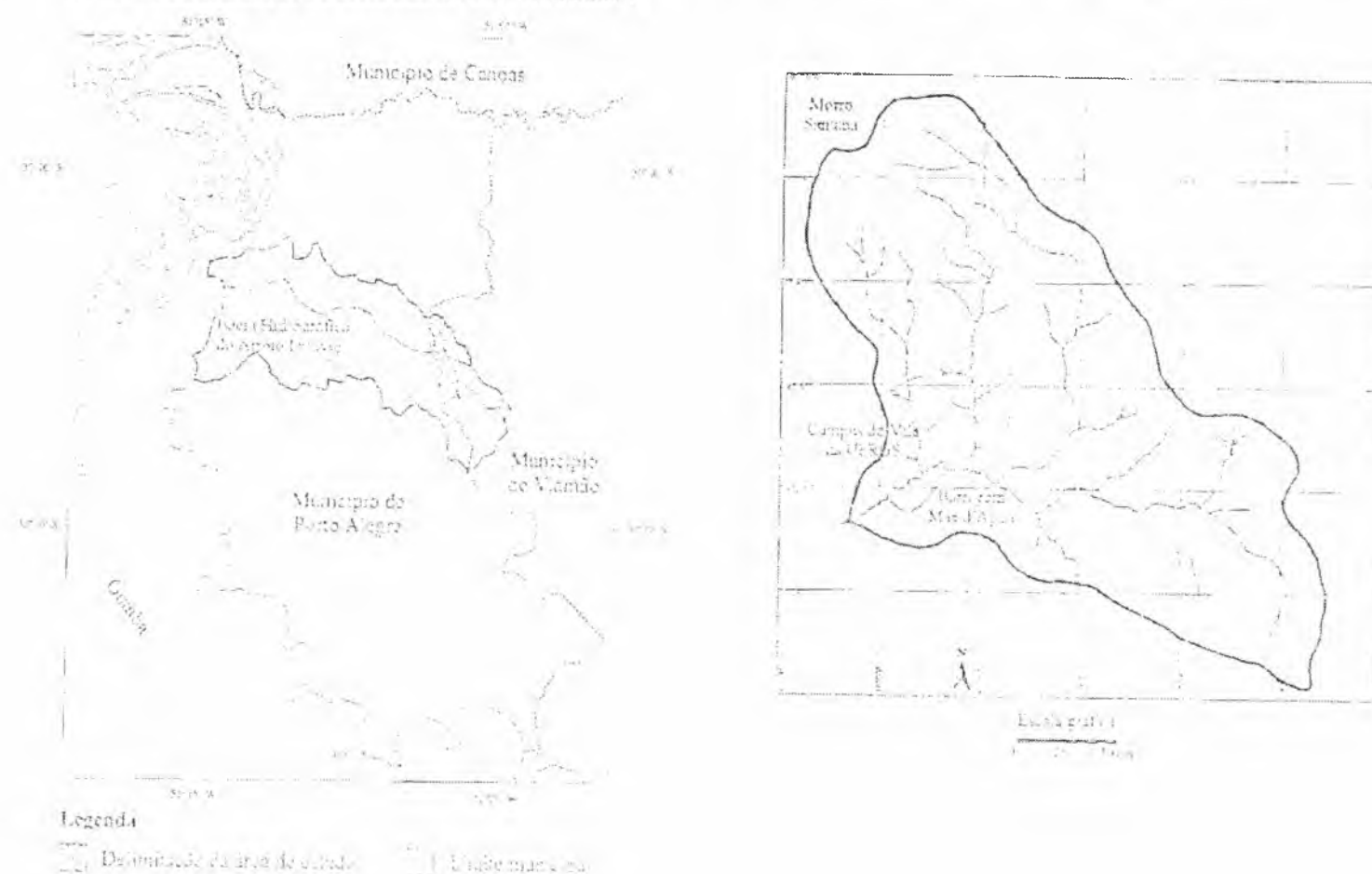
O presente estudo apresenta uma análise ambiental urbana que busca apreender os efeitos e respostas do ambiente ao processo de urbanização em uma sub-bacia hidrográfica pertencente à bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio situada na Região Metropolitana de Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul, mais precisamente entre os municípios de Porto Alegre e Viamão. A área que pertence ao município de Porto Alegre, dentro da bacia hidrográfica em estudo, refere-se basicamente ao Campus do Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A maior parte da bacia hidrográfica está situada no município de Viamão e, nesse sentido, muito relacionada ao processo de formação desse município que, por sua vez, insere-se no contexto de formação da Região Metropolitana de Porto Alegre (Figura 01).

O objetivo principal desse trabalho é efetuar uma pesquisa com foco na análise ambiental, com o propósito de analisar, na referida bacia hidrográfica, as alterações do ambiente decorrentes do processo de urbanização. Para isso procura, de forma integrada, conhecer a dinâmica da natureza e da sociedade e suas articulações.

A análise ambiental em um contexto mais amplo engloba várias etapas, que começa pelo conhecimento do histórico da área, seu desenvolvimento, a dinâmica da natureza e da sociedade. Conhecer os atributos da natureza e da sociedade e como se articulam é parte fundamental nessa análise. A abordagem desenvolvida está fundamentada numa proposta de

análise integrada, onde os elementos e processos do ambiente são inter-relacionados e interdependentes. Para isso incluiu em sua análise uma abordagem histórica das formas de relevo, do uso da terra e dos processos geomorfológicos, bem como uma abordagem sócio-econômica para caracterizar os processos geomorfológicos.

Figura 1 - Localização da área de estudo na bacia hidrográfica do arroio Dilúvio nos municípios de Porto Alegre e Viamão (à direita a delimitação da bacia hidrográfica em estudo).



## 2. A Região Metropolitana de Porto Alegre e os Problemas Sócio-Ambientais

Em 1973, foi definida a área da Região Metropolitana de Porto Alegre. Esse fato refletiu a nova situação do município, cujo planejamento urbano passou a levar em conta toda uma região da qual a capital é o centro. Porto Alegre ultrapassava os limites físicos e administrativos e sua interação com os municípios vizinhos revelava uma necessidade de iniciativa conjunta.

Segundo ALMEIDA (1993), a concentração populacional reflete a concentração econômica, reforçando os desequilíbrios regionais característicos da história de ocupação do Estado nacional. Esse processo é próprio da industrialização moderna que se instala no País, a partir de uma economia monopolista, tendo o capital estrangeiro como alavanca principal, assim como o Estado. As novas indústrias exigiam grandes áreas e promoveram ainda mais a concentração espacial, pois necessitavam proximidade de centros urbanos, capazes de fornecer força de trabalho, facilidades de meios de transporte, proximidade de infra-estrutura e serviços complementares.

Após 1970, o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Porto Alegre foi ampliado para atender o crescimento rápido da cidade, recebendo viadutos, elevados, túneis, terminais de ônibus. Com o novo planejamento, a capital foi zoneada, definindo funções. Algumas áreas adquiriram características basicamente residenciais, comerciais, industriais, de lazer, de serviços e administrativas (LOSS & KNIJNIK, 1994).

A abertura de vias (estradas, grandes avenidas, auto-estrada, entre outras) foi importante no desenvolvimento de certas áreas da cidade de Porto Alegre, pois possibilitou a criação de fortes vínculos funcionais com muitos municípios, como Cachoeirinha, Gravataí, Alvorada e Viamão, favorecendo o crescimento desses municípios. Nesta situação tornou-se evidente o papel do planejamento urbano na definição dos caminhos da expansão da cidade. No entanto o planejamento esbarrou na relação entre o poder econômico da exploração imobiliária e as conivências políticas do poder público. A exploração imobiliária tem administrado a expansão da malha urbana, mantendo áreas vazias à espera do momento mais oportuno para sua comercialização.

Ao mesmo tempo em que ocorre a expansão metropolitana, vinculada ao crescimento industrial e residencial, evidencia-se o crescimento dos núcleos carentes. Junto ao núcleo original da cidade e nas margens das principais avenidas concentram-se todos os serviços de infra-estrutura, densidade populacional e atividades de comércio e serviços. Para a periferia desses eixos, foram empurradas as áreas de habitação popular e os bolsões de subabitação.

Segundo ALMEIDA (1993), no espaço urbano das cidades capitalistas, em especial as cidades brasileiras, é observado o consumo diferenciado do espaço habitacional. Isso reflete as condições dos diferentes segmentos sociais de pagarem o seu valor aos detentores do capital imobiliário. Tem-se, dessa forma, uma ocupação diferenciada do espaço, com áreas de grande homogeneidade interna e forte disparidade de qualidade espacial. As classes sociais de maior poder aquisitivo

podem escolher o melhor local para sua moradia, porém às classes de mais baixa renda restam as terras mais baratas ou moradias fora do mercado de terras, provocando as invasões.

Em 1970, a Região Metropolitana apresentava uma população total de 1.531.254 habitantes, representando 23% da população total do Estado. Em 1985 já atingia 31,5%. Em 1970, Porto Alegre detinha 61,75% da população urbana da região, configurando uma forte concentração na Capital.

Na década seguinte, as mais altas taxas demográficas anuais são consta-

tadas nos municípios de Gravataí, Cachoeirinha e Alvorada, entre 7 e 9%, seguidos de Viamão e Guaíba com 5 a 7%, configurando um acelerado crescimento da periferia imediata.

No período 1980-1991, a população de Porto Alegre cresceu 12,1%, com uma taxa de 1,055% ao ano; e a Região Metropolitana cresceu 32,4%; com uma taxa anual de 2,583%. O Rio Grande do Sul cresceu 17,5%, com taxa de 1,4% ao ano (Tabela 1). Os dados do Censo de 1991 mostram que a imigração para Porto Alegre diminuiu, deslocando-se para a Região Metropolitana.

**Tabela 1: Taxa Anual de Crescimento da População dos Municípios da Região Metropolitana de Porto Alegre (%)**

Alvorada	4,090	Nova Hartz	9,314
Cachoeirinha	3,079	Novo Hamburgo	3,788
Campo Bom	3,198	Parobé	10,884
Canoas	2,169	Porto Alegre	1,055
Dois Irmãos	4,977	São Leopoldo	4,952
Eldorado do Sul	5,098	Sapiranga	5,407
Estância Velha	6,414	Sapucaia do Sul	2,579
Esteio	2,997	Triunfo	2,370
Glorinha	0,990	Viamão	3,370
Gravataí	5,230		
Guaíba	5,778	RMPA	2,583
Ivoti	5,693	Rio Grande do Sul	1,478

Fonte: IBGE (1991) apud LOSS & KNIJNIK (1994).

Esse processo de urbanização regional revela um território marcado pela segregação espacial de suas áreas habitacionais. As áreas de periferia imediata de Porto Alegre contêm, predominantemente, os segmentos sociais de renda mais baixa da região. A expansão da periferia realiza-se com a contribuição sistemática das políticas públicas no setor habitacional. A oferta de grande número

de unidades habitacionais que não encontravam comprador no mercado, aliada a uma crescente demanda, resulta no surgimento de invasões, predominantemente na periferia de Porto Alegre (PANIZZI, 1993). Em Porto Alegre a partir da Tabela 2 pode-se observar o crescimento das áreas de subabitação durante o período de 1951 até 1989.

Observa-se que ocorreram a

maiores taxas de crescimento médio anual da população moradora em subabitações no período de 1951 a 1965 e ao longo da década de 80.

Segundo BONIN (1993), no primeiro período, a população como um todo possuía uma taxa de crescimento elevada, e o fator principal do crescimento das subabitações foi a migração campo-cidade decorrente da mudança do modelo agrícola brasileiro. Na década de 80, o fator migração campo-cidade foi superado pela redução das oportunidades de trabalho, que forçou a população que antes morava de aluguel e que fora

marginalizada da produção econômica, procurar uma alternativa na ocupação irregular da cidade.

Essa constatação é corroborada pela análise do rendimento familiar mensal realizado pela Fundação de Planejamento Metropolitano e Regional - METROPLAN, em 1980 e 1990, pela qual se percebe que houve um aumento considerável das famílias com rendimento mensal menor do que dois salários mínimos (passou de 20% para 27%), com especial incremento daquelas que recebiam menos de um salário mínimo (de 6% para 10%).

**Tabela 2: O Crescimento da Subabitação em Porto Alegre**

<i>Ano</i>	<i>Número Vilas</i>	<i>Número Subabit.</i>	<i>Subabitação %</i>	<i>População Subabit.</i>	<i>População Porto Alegre</i>
1951	41	3.965	3,9	16.303	394.151
Taxa *	2,2	9,2		10,4	3,9
1965	56	13.588	8,1	65.595	778.878
Taxa*	10,4	5,0		6,1	2,5
1972/73	124	20.152	9,5	105.833	950.142
Taxa*	2,0	8,2		6,2	2,1
1980/81	145	38.093	15,2	171.419	1.125.951
Taxa*	3,4	9,6		9,6	2,3
1987	183	72.580	24,7	326.608	1.323.315
Taxa*	7,6	10,2		8,0	1,4
1989	212	88.184	28,0	380.956	1.360.800

Fonte: SPM - Porto Alegre apud BONIN (1993)

Taxa\*: Taxa média de crescimento anual (%)

A situação da Região Metropolitana, segundo pesquisas realizadas pela METROPLAN de 1981 a 1991, revelou que a população marginalizada, excluído o município de Porto Alegre, cresceu a uma taxa de 9,7% ao ano, ou seja, a população estimada nas favelas, com exceção das existentes em Porto Alegre, correspondia a 8,6% da população total; em 1991, esse valor passou a 13,5%. Segundo o mesmo estudo, existem 722 favelas no conjunto

da Região Metropolitana, sendo 217 em Porto Alegre e 505 nos demais municípios. A população total desses núcleos corresponderia a 387.778 habitantes nas favelas de Porto Alegre em 1990 e 237.451 habitantes nos demais municípios em 1991.

Nos anos 1980 e início de 1990, Porto Alegre só tem visto agravarem-se

seus problemas sociais que cresceram no mesmo ritmo que a cidade foi-se tornando uma metrópole de país periférico, onde só uma minoria usufrui dos benefícios da urbanização.

Diante deste rápido crescimento populacional, em sua maioria sem condições de moradia satisfatória, a habitação passou a ser um dos problemas sociais mais relevantes na Região Metropolitana. Na quase total inexistência de uma política de uso e ocupação do solo, a expansão urbana vai ocorrer, em grande parte, em áreas impróprias ou de forma inadequada, tendo como conseqüências inúmeros problemas ao meio físico, à própria população assentada e aos poderes públicos responsáveis pelos serviços de infra-estrutura nessas áreas.

Em trabalho realizado pela METROPLAN (ORLANDO FILHO & GUIGNO, 1994) com o objetivo de diagnosticar os principais problemas relacionados ao meio físico da Região Metropolitana de Porto Alegre, foi constatado que a grande maioria dos problemas relacionados ao meio físico é decorrente da forma como tem ocorrido o seu uso, tanto pela ocupação de áreas inadequadas, como pela falta de cuidados frente a determinadas áreas que requerem atenção especial quando de sua ocupação. Dentre as áreas, cabe salientar aquelas com altas declividades ou cabeceiras de drenagem, fundos de vale, várzeas, vertentes altamente suscetíveis a movimentos de massa, entre outras. Não apenas a intervenção direta destas áreas provocam problemas ambientais, mas também a geração de resíduos e de efluentes e sua conseqüente necessidade de disposição final.

Entre os problemas diagnosticados pela METROPLAN, foram caracterizados aqueles com maior abrangência espacial e intensidade, erosão, movimentos de massa, inundação, assoreamento, poluição dos recursos hídricos e degradação paisagística decorrente da mineração.

### **3. Caracterização Geológica e Geomorfológica**

Em termos regionais, a área de estudo situa-se no atual Planalto Uruguaio Sul-Rio-Grandense, representados por morros e colinas que formam uma faixa alongada de direção NE-SW predominantemente. Esses morros e colinas são formados por rochas graníticas geradas durante estágios de evolução de um cinturão orogênico, conhecido como Cinturão Dom Feliciano (FRAGOSO-CESAR, WERNICK e SOLIANI Jr., 1982 a,b), que reflete a atividade do Ciclo Brasileiro no sul do Brasil. O granito Viamão e o granito Santana são os tipos de rochas graníticas, geradas durante a formação do cinturão, que sustentam as formas de relevo da área de estudo, segundo PHILIP (1998).

O Granito Viamão está representado na área de estudo por um relevo em padrões de colinas com vales entalhados. Este granito formou-se após a segunda colisão continental, durante a evolução final do Cinturão Dom Feliciano, que foi marcado pelo desenvolvimento de grandes falhas transcorrentes por volta de 650 milhões de anos atrás. O Granito Viamão apresenta uma série de características, sobretudo texturais e estruturais, as quais condicionaram a formação do relevo e caracterizam este granito como um rocha com grandes facilidades para a percolação de águas e, conseqüentemente, propício à

intensificação dos processos de intemperismo e de entalhamento fluvial.

O Granito Santana foi formado após o desenvolvimento de grandes falhas transcorrentes que proporcionaram a formação do Granito Viamão. Esse granito formou-se quando passaram a predominar os esforços extensionais, originando novas falhas e reativando as antigas e, durante essa reativação, alojaram-se ao longo das suturas magmas graníticos mais novos, como o Granito Santana, a cerca de 550 milhões de anos atrás. Esse corpo granítico constitui o padrão em morros na área de estudo e possui uma forma alongada de direção NE-SW, sendo controlado por uma zona de cisalhamento dúctil de direção NE-SW. Sendo este granito mais novo que o Granito Viamão, sofreu menos todas as tensões tectônicas que caracterizam a formação do cinturão orogênico.

O Planalto Uruguaio Sul-Rio-Grandense destaca-se pelos caracteres tectônicos e litológicos de sua formação e por seus diferentes graus de dissecação. Apresenta-se com uma diversidade morfológica marcadamente em formas de morros e colinas de dimensões variadas. Na área de estudo, o Planalto está representado por Unidades Morfológicas ou Padrões de Formas Semelhantes que são:

A). *Padrão de Formas em Morros com Topos Convexos*: esse padrão é formado por morros de topos estreitos convexizados e vertentes com segmentos predominantemente retilíneos com declividades médias entre 30-40% e elementos côncavos com declividades médias entre 20-30%. As altitudes vão desde 80-100m em média até o ponto máximo cotado em 293m. Os topos

convexos apresentam prolongamento no sentido NE-SW, associado ao condicionamento geológico estrutural, com declividades médias na classe 2-5% predominantemente. O Padrão em Morros é constituído por sedimentos procedentes dos granitos, em geral alterados com pequena cobertura de material arenoso, transicionando para um material tipicamente saibroso. As análises granulométricas indicaram a existência de um material constituído predominantemente de silte e argila seguido das frações de areia.

No Padrão de Formas em Morros, principalmente nos setores das altas e médias vertentes, bem como no topo do morro, observam-se cicatrizes de mineração que apresentam a rocha exposta e rupturas de declive por corte na rocha. Nos setores de baixa vertente com altitudes inferiores a 100m encontram-se as superfícies planas criadas pela ocupação urbana através do uso essencialmente residencial. Essas superfícies planas são criadas por remanejamento dos materiais superficiais, limitadas ou não por degraus de cortes, por rupturas de declive e por rampas de aterros. O material remanejado é posteriormente transportado para outras unidades de vertente atingindo o fundo dos vales.

Os degraus de corte realizados nas unidades de vertentes dos morros para a criação das superfícies planas são de grande dimensão. Além das alterações na geometria das vertentes pela criação das superfícies planas, observa-se a impermeabilização destas áreas decorrente principalmente da compactação do material superficial para construção dos arruamentos e das moradias e posteriormente das edificações. Como resultado da ocu-



pação, ocorre a instalação de pequenos sulcos erosivos no arruamento após um evento chuvoso, principalmente em vias que acompanham o declive da vertente.

Nas Formas em Morros existem evidências de intemperismo físico-químico através da esfoliação esferoidal retrabalhando os matacões e as rochas expostas. Nesse compartimento ocorre uma tendência a menor infiltração nos segmentos retilíneos, predominando o escoamento superficial difuso nas altas e médias vertentes, passando a concentrado na baixa vertente. Nos elementos côncavos a tendência é o predomínio do escoamento superficial concentrado e subsuperficial associados à infiltração.

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.

*B). Padrão de Formas em Colinas de Topos Convexos e Colinas de Topos Planos e Amplos:* esse padrão é formado por um conjunto de colinas de topos convexizados e topos planos e amplos com vales bem fechados (em V) com altitudes médias predominantes entre 50-80m e declividades médias nas classes de 10-20% e 20-30%. As unidades de vertentes representadas pelas colinas demonstram uma variedade de formas geométricas, de altitudes e declividades. As unidades identificadas são: retilíneas, côncavas e convexas. É constituído por sedimentos procedentes dos granitos, muito alterado, representado por um material tipicamente

saibroso. As análises granulométricas indicaram a existência de um material constituído predominantemente de silte e argila seguido das frações de areia.

Em praticamente todo o Padrão de Formas em Colinas encontram-se superfícies planas criadas pela ocupação urbana através das moradias e do sistema viário. As superfícies planas são limitadas ou não por degraus de cortes, por rupturas de declive e por rampas de aterros. Além das alterações na geometria das vertentes pela criação das superfícies planas, observa-se a impermeabilização destas áreas decorrentes principalmente da compactação do material superficial para construção dos arruamentos e das moradias e posteriormente das edificações. Ocorre a instalação de pequenos sulcos erosivos no arruamento após eventos chuvosos, principalmente quando o arruamento acompanha o declive da vertente.

Nos topos planos os degraus de corte, as rupturas de declive e as rampas de aterros possuem dimensões pequenas quando comparadas aos topos convexos e demais unidades de vertentes, visto que as formas de relevo em topos planos favorecem a criação das superfícies planas para a instalação das moradias e do arruamento. No entanto, a geometria de um elemento convexo requer uma retirada maior de material para a construção de uma superfície plana. Nesse sentido, em vertentes com elementos convexos encontram-se, em geral, degraus de corte e rupturas de declive com dimensões maiores que as encontradas nas outras unidades de vertente.

As mudanças na geometria das vertentes provocam alterações na disposição dos materiais superficiais, expondo-os

aos impactos da chuva. O material remanejado é posteriormente transportado para outras unidades de vertente atingindo o fundo dos vales.

Os fundos de vale podem ser abertos ou fechados (em V) e ocupam as áreas marginais aos arroios e algumas nascentes, com pouco desenvolvimento lateral e muito longitudinalmente. O material superficial é predominantemente arenoso. Existe a ocorrência de material grosseiro proveniente das vertentes, cujas características o identificam como material tecnogênico. São sedimentos grosseiros com presença de cascalhos, vidros, plásticos, tecidos, borrachas, entre outros. A ocupação antrópica nos fundos de vale modifica a geometria do terreno a partir dos aterros e pequenos cortes. Em alguns trechos pode-se observar que moradias encontram-se sobre os depósitos tecnogênicos.

Os cortes, os aterros, as canalizações de águas que surgem em ambientes urbanos redirecionam os fluxos hídricos existentes e criam novos padrões de drenagem. Essas alterações proporcionam, por um lado, uma diminuição do escoamento superficial difuso, do escoamento subsuperficial e da infiltração e, por outro, uma intensificação do escoamento superficial, pois não permitem a infiltração da água no solo e criam verdadeiros leitos pluviais nas ruas durante eventos chuvosos.

C). *Padrão em Formas de Áreas Planas*: esse padrão compreende uma série de áreas planas perfeitamente individualizadas e dispostas, predominantemente, ao longo dos cursos d'água com altitudes médias predominantes entre 55m a 65m com declividades muito baixas. A

configuração marcante é apresentar áreas planas em forma de alvéolos dispostos nos setores alto, médio e baixo dos cursos d'água. Os alvéolos caracterizam-se por apresentarem formas alongadas, sendo que secundariamente possuem forma semi-circular. É constituído predominantemente de sedimentos areno-siltico-argilosos decorrentes das influências dos processos por movimentos de massa e fluviais na sua formação. Dentro desse Padrão de Formas, pode-se distinguir quatro Formas de Relevo: Formas em Alvéolos Planos Colúvio-Aluvionares, Formas em Alvéolos com Terraços Fluviais, Forma em Alvéolo de Planície Lacustre e Formas em Alvéolos com Planícies em Anfiteatros de Nascentes.

Os alvéolos planos encontram-se dispostos predominantemente nas confluências fluviais, em geral em torno de 50 a 60m de altitude. Esses alvéolos planos compreendem uma seção alargada do vale, entulhada de sedimentos transportados, predominantemente pelos movimentos de massa e pela ação fluvial que foram depositados nesses locais devido à existência de condicionantes estruturais que proporcionaram o estrangulamento a jusante dos cursos d'água.

Os Alvéolos Planos são setores que possuem tendência à infiltração d'água e espessamento do solo. No entanto a ocupação destas formas ocorre através de pequenos cortes e/ou aterros na morfologia original, da impermeabilização decorrente da compactação, da edificação e da pavimentação das superfícies, acentuando-se o escoamento superficial, pois a impermeabilização não permite a infiltração da água no solo.

Em geral as margens dos cursos

d'água que entalham os alvéolos planos encontram-se sem cobertura vegetal e com alterações em sua morfologia original em função das intervenções por moradias. Nesse caso, surgem processos erosivos por solapamento nas margens dos cursos d'água em função do entalhamento profundo dos arroios, dos sedimentos essencialmente arenosos e das alterações na morfologia original. Próximo ou não aos eventos de erosão por solapamento nas margens dos arroios, também é possível observar bancos de deposição de material tecnogênico nas áreas mais baixas no fundo dos vales e a instalação de moradias sobre os depósitos tecnogênicos.

As Formas em Alvéolos com Terraços Fluviais encontram-se nas desembocaduras de dois arroios e estão adjacentes às Formas em Planícies Fluviais Tecnogênicas. Assim como as Formas em Alvéolos Planos, esse compartimento situa-se ao longo de um seção alargada do vale, preenchida de sedimentos transportados predominantemente pelos movimentos de massa e pela ação fluvial. No entanto os sedimentos se espraiam até atingir a planície fluvial adjacente que se encontra em posição altimétrica inferior, caracterizando-se como um terraço fluvial, em geral a uma altitude inferior a 50m.

Assim como os Alvéolos Planos Colúvio-Aluvionares, os Alvéolos com Terraços Fluviais possuem tendência à infiltração d'água e espessamento do solo; bem como ocorrem processos erosivos por solapamento em alguns trechos dos cursos d'água em função do entalhamento profundo dos arroios, dos sedimentos essencialmente arenosos e das alterações na morfologia original em decorrência da ocupação urbana. Observa-se por vezes, a deposição de material tecnogênico nas

áreas mais baixas junto ao fundo do vale. A ocupação destas formas ocorre através de pequenos cortes e/ou aterros na morfologia original, da impermeabilização decorrente da compactação, da edificação e da pavimentação das superfícies, acentuando-se o escoamento superficial, pois a impermeabilização não permite a infiltração da água no solo.

A Forma em Alvéolo de Planície Lacustre configura-se em uma grande área plana com dificuldades de escoamento e com altitudes entre 55 a 60m. É uma área plana cercada por vertentes de variada morfologia e altitudes de até 80m, cujas declividades podem chegar a 30%. De acordo com suas características morfológicas e pela análise do material de cobertura, indicam uma deposição tipicamente de fundo de lago. Nessa forma de relevo, as intervenções antrópicas estão relacionadas às implantações de aterros e às construções de canalizações e/ou valas, pois a área encontra-se associada a períodos de inundação e situa-se dentro do nível de água máximo, onde o lençol freático é praticamente aflorante. O processo de ocupação altera o nível do terreno, elevando acima do nível natural das inundações, e modifica o fluxo hídrico através da construção das canalizações e/ou valas para a drenagem das águas acumuladas.

As Formas em Alvéolos com Planícies em Anfiteatro de Nascentes encontram-se nas nascentes de alguns arroios por vezes ao redor de lagos de nascente. Essa forma de relevo configura-se em anfiteatros circundados por vertentes com elementos predominantemente côncavos. Essas formas de relevo possuem cobertura

vegetal de mata ciliar e de gramíneas quando ocorrem ao redor dos lagos de nascentes. Quando ocorre na nascente sem a ocorrência de um lago, a ocupação urbana se dá apenas parcialmente, nas áreas adjacentes às vertentes com elementos côncavos que circundam este compartimento. O restante da área plana é coberta por remanescente de mata ciliar associado a cultivos arbóreos introduzidos mais recentemente.

D). *Padrão em Formas de Planícies*: esse padrão estende-se ao longo do arroio Mãe d'Água com altitudes inferiores a 50m e forma uma extensa área plana representada por uma bacia de inundação ao longo do referido arroio, onde foi construída a barragem Mãe D'Água (Figura 01). Esse padrão caracteriza-se por uma configuração morfológica existente originalmente na área até a construção da barragem Mãe d'Água, inaugurada em 1962.

Após a construção da referida barragem, duas novas formas de relevo, distintas na sua formação, passam a compor praticamente todo o padrão em planície, são elas: Formas em Planície Flúvio-Lacustre Tecnogênica e Forma em Planície Fluvial Tecnogênica.

O Padrão em Forma de Planícies Fluviais pode ser caracterizado a partir do Levantamento Topográfico e dos Perfis de Sondagem realizados pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) para a construção da referida barragem em 1957. Também constituem registros das características originais da planície fotos antigas e depoimentos de moradores e funcionários da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

O Levantamento Topográfico de 1957 representa a bacia de inundação que

foi preenchida pelo lago da barragem. Nesse trabalho, o arroio Mãe d'Água encontrava-se, em praticamente toda a extensão representada, cobertura vegetal caracterizada por mata ciliar, confirmado pelo depoimento do Professor José Leite de Souza<sup>1</sup> "...vegetação muito pequena chamada ciliar que acompanha as duas margens do arroio. Essa vegetação foi destruída quando começou a barragem, foi toda cortada para evitar o apodrecimento e trazer inconvenientes para a rigidez das águas da barragem,..."

A evolução da ocupação relacionada ao aumento populacional, predominantemente nas décadas de 70 e 80, e as diversas modalidades de intervenção na bacia hidrográfica, proporcionaram uma transformação nas suas características originais. Esta intervenção teve como conseqüências a diminuição da qualidade do meio natural, a modificação do relevo, surgimentos de novos processos morfodinâmicos e a criação de depósitos tecnogênicos.

No Padrão em Formas de Planícies a ação antrópica altera a dinâmica geomorfológica a partir da construção da barragem e, posteriormente, pela intensificação da dinâmica fluvial associada à deposição lacustre do lago artificial. Os processos fluviais e lacustres são intensificados e superam em muito os processos naturais. Nesse sentido surgem duas formas de relevo que foram criadas e induzidas pela ação antrópica que são: Formas em Planícies Flúvio-Lacustres Tecnogênicas e Formas em Planícies Fluviais Tecnogênicas.

As Planícies Flúvio-Lacustres Tecnogênicas ocupam uma ampla área plana ao redor do lago da Barragem Mãe d'Água, formada por um intenso processo

de colmatação. A deposição de sedimentos é resultado, em um primeiro momento, da sedimentação lagunar, que ocorre com a diminuição da velocidade de escoamento, e, mais recentemente, de sedimentos provenientes das vertentes transportados pelos processos fluviais.

Os sedimentos depositados por processos lagunares de deposição caracterizam-se principalmente por siltes e argilas e em menor parte por areias. Esses sedimentos encontram-se a cerca de 50cm de profundidade ao redor do lago da barragem Mãe d'Água. Os sedimentos que recobrem os depósitos lagunares, desde sua superfície até cerca de 0,50m de profundidade, estão associados aos processos fluviais com aporte de material das vertentes. Esses materiais geralmente estão relacionados aos episódios chuvosos mais críticos, compreendendo materiais grosseiros, geralmente associados ou provenientes das atividades antrópicas, como cascalhos e pequenos seixos, tijolos, plásticos, papéis e vidros, ou seja, reconhecido como depósito tecnogênico. Os detritos urbanos encontrados juntamente com o material terroso em profundidade podem ser observados recobrendo praticamente todas as Planícies Flúvio-Lacustres Tecnogênicas.

Sobre esta planície observa-se um cone de dejeção tecnogênico. Esse cone encontra-se junto a um dos arroios no instante em que este deságua no compartimento de planície, evidenciando o grande aporte de material proveniente das vertentes.

As intervenções antrópicas neste compartimento estão relacionadas às implantações de aterros e às construções de canalizações e/ou valas, pois a área encontra-se associada a períodos de

inundação e situa-se dentro do nível de água máximo, onde o lençol freático é praticamente aflorante. O processo de ocupação altera o nível do terreno, elevando acima do nível natural das inundações e modifica o fluxo hídrico através da construção das canalizações e/ou valas para a drenagem das águas acumuladas.

As Planícies Fluviais Tecnogênicas referem-se às planícies que se estendem ao longo do arroio no qual foi construída a barragem Mãe d'Água. Essa planície, a partir da deposição de material tecnogênico, sofre uma elevação no nível topográfico. Os sedimentos silticos argilosos e silticos arenosos que recobriam esse compartimento foram cobertos por depósitos tecnogênicos formados por detritos urbanos em praticamente toda a sua extensão.

Essas características indicam a atuação dos processos fluviais com aporte de material proveniente das vertentes, por ocasião de chuvas intensas. Dessa forma, a formação do relevo nesse compartimento ocorre nos períodos de inundação, quando são depositados novos materiais transportados das vertentes associados aos processos fluviais.

Nas Planícies Fluviais Tecnogênicas também ocorre a formação de cone de dejeção tecnogênico. Esse cone encontra-se localizados junto a um dos arroios no instante em que este deságua no compartimento de planície, proporcionando um aumento no nível topográfico. Esse cone indica o grande aporte de material proveniente das vertentes por atuação dos processos fluviais. Em função da formação dos cones de dejeção, surgem nas suas adjacências, áreas rebaixadas, permanentemente alagadas.

As intervenções antrópicas estão relacionadas às implantações de aterros e às construções de canalizações e ou valas, pois a área encontra-se dentro do nível de água máximo. O processo de ocupação altera o nível do terreno, elevando-o acima do nível natural das inundações, e modifica o fluxo hídrico através da construção das canalizações e/ou valas.

### **3.1. Formas dos Processos Atuais ou Morfologia Antropogênica**

Na área de estudo foram observadas várias intervenções antrópicas sobre as formas de relevo. Estas intervenções alteraram a morfologia original, destruíram algumas de suas características básicas e geraram novos processos morfodinâmicos.

O primeiro nível de intervenção está na esfera da cobertura vegetal e uso da terra, através da retirada da cobertura vegetal. O segundo nível de intervenção ocorre através da criação de nova morfologia, ligada à mineração e ao meio urbano. Nesta fase são elaborados grandes cortes e/ou aterros no terreno para a instalação do sistema viário e posterior instalação das construções. Durante a instalação das construções, os materiais superficiais são modificados através de uma nova distribuição, de uma nova estruturação dos depósitos e de uma modificação na resistência dos agregados.

De acordo com PELOGGIA (1998), a ação humana sobre a natureza tem conseqüências em três níveis: na modificação do relevo, na alteração da dinâmica geomorfológica e na criação de depósitos correlativos comparáveis aos quaternários (os depósitos tecnogênicos) devido a um conjunto de ações denominada tecnogênese.

As modificações no relevo proporcionam o surgimento de formas de relevo tecnogênicas decorrentes de processos criados ou induzidos pela atividade humana que correspondem essencialmente ao sexto taxon, segundo a classificação proposta por ROSS (1992). Esse taxon engloba as formas menores produzidas pelos processos morfogenéticos atuais e quase sempre induzido pela ação humana como os sulcos erosivos, os cones de dejeção tecnogênicos e as cicatrizes de solapamento; ou as pequenas formas do relevo que se desenvolvem por interferência antrópica ao longo das vertentes como os cortes e os aterros. No entanto é possível verificar as conseqüências da ação humana no quarto taxon, isto é, na formação de formas de relevo individualizadas dentro de uma unidade morfológica ou padrão de forma semelhante. Este é o caso das Formas em Planícies Flúvio-Lacustres Tecnogênicas e das Formas em Planícies Fluviais Tecnogênicas inseridas no Padrão de Formas em Planícies.

A modificação do relevo promove a criação, indução, intensificação ou modificação do comportamento nos processos geomorfológicos (PELOGGIA, 1998). De acordo com a tipologia e o estágio de alteração, pode-se descrever algumas atividades antrópicas que geram novos padrões de comportamento morfo-dinâmico:

A) A eliminação da cobertura vegetal e as modificações através de cortes e/ou aterros elaborados para a execução dos arruamentos e moradias acabam por modificar a geometria das vertentes, aumentando a declividade e expondo o material anteriormente protegido da ação direta dos agentes climáticos.

B) Os arruamentos, mesmo respeitando a topografia, acabam cortando e direcionando os fluxos hídricos, gerando padrões de drenagem não existentes. As ruas transformam-se em verdadeiros leitos pluviais durante os eventos chuvosos, canalizando e direcionando os fluxos para setores que anteriormente possuíam um sistema de drenagem diferente.

C) A impermeabilização modifica o fluxo da água, tanto na superfície como em profundidade. As superfícies impermeabilizadas não permitem a infiltração da água no solo, assim como a circulação de ar e água.

D). As canalizações de águas pluviais existentes nas moradias acabam por mudar a direção do fluxo natural das águas das chuvas ou das águas servidas. Ao mesmo tempo, as canalizações diminuem o escoamento superficial difuso, deixando dessa forma de transportar parte dos materiais localizados abaixo da canalização e redirecionando os materiais coletados acima das canalizações.

E) Os aterros recobrem a vegetação original e os materiais de cobertura superficial de formação natural, criando áreas de descontinuidades entre materiais heterogêneos, além de elevarem altimetricamente a superfície original, alterando sua declividade.

A criação de depósitos correlativos representados pelos depósitos tecnogênicos representam o terceiro nível de conseqüências da ação humana sobre o meio natural. Esses depósitos “representam um ciclo de erosividades sobre massa erodível, e cujos sedimentos são depositados representando as condições hidrológicas do transporte e da área fonte” (AB’SABER, 1990 in: PELOGGIA, 1998).

Os depósitos tecnogênicos são correlativos aos processos relacionados às formas humanas de apropriação do relevo, e sua época de existência caracteriza um tempo geológico.

Segundo OLIVEIRA (1994) Quinário ou Tecnógeno é o período em que a atividade humana passa a ser qualitativamente diferenciada da atividade biológica na modelagem da Biosfera, desencadeando processos (tecnogênicos) cujas intensidades superam em muito os processos naturais. Para que se identifique o estabelecimento do período Quinário ou Tecnogênico é necessário o reconhecimento do momento em que ocorre a intensificação dos processos erosivos e a formação dos depósitos tecnogênicos correlativos.

O fato marcante que identifica o estabelecimento do Quinário ou Tecnógeno na área de estudo é o aumento populacional através do processo migratório na região metropolitana de Porto Alegre, nas décadas de 70 e 80, provocando uma aceleração no processo de urbanização. A ocupação muitas vezes desordenada rompe a dinâmica geomorfológica natural e passa a intensificar os processos erosivos e deposicionais.

#### **4. Condicionantes Climáticos e Hidrológicos**

##### **4.1. Análise Pluviométrica**

A cidade de Porto Alegre situa-se, segundo MONTEIRO (1968), em uma região de um clima nitidamente subtropical, tendo como característica marcante temperaturas bem mais baixas do que as encontradas no quadro geral

do Brasil, forte amplitude térmica anual, farta distribuição anual das chuvas e inexistência de período seco.

O clima em Porto Alegre é controlado principalmente por massas de ar de origem tropical marítima (mT) e polar marítima (mP). A primeira origina-se na borda ocidental do Anticiclone Subtropical semipermanente do Atlântico Sul e é normalmente úmida, quente e instável. Sua frequência é maior na primavera-verão, quando a insolação é mais intensa no hemisfério sul e os sistemas circulatórios atmosféricos estão mais deslocados para o sul.

A massa polar marítima, gerada sobre ampla superfície oceânica que circunda o sul do continente, atinge a região com maior intensidade e frequência no outono-inverno, quando o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul está mais deslocado para o norte. A área passa a receber os Ciclones e Anticiclones Migratórios Polares associados à instabilidade da Frente Polar, que determinam a precipitação do tipo frontal. Os ciclones trazem em sua esteira os Anticiclones Migratórios, responsáveis pela queda brusca da temperatura e pela instabilidade atmosférica que se estabelece após a passagem do sistema frontal.

De acordo com LIVI (1998), as frentes frias promovem os fenômenos meteorológicos que mais perturbam a vida da população de Porto Alegre. No verão a atuação mais intensa de uma frente fria atinge áreas do continente menores do que no inverno. Nesse período, as frentes atuam predominantemente na faixa litorânea, são menos frequentes e intensas e deslocam-se rapidamente para o oceano, onde se dissipam. Já no inverno, as frentes são mais intensas e frequentes,

atingindo toda a área litorânea do sul do continente e grande parte do seu interior. Nesse período ocorre o predomínio da massa de ar frio sobre a de ar quente em grande parte da região meridional da América do Sul.

Para a análise local foram utilizados os dados sobre temperaturas e precipitações coletados no 8º Distrito de Meteorologia, localizado relativamente próximo à área de estudo. A análise dos dados abrange o período de 1970 a 1999, cobrindo valores de precipitações anuais, mensais e diárias.

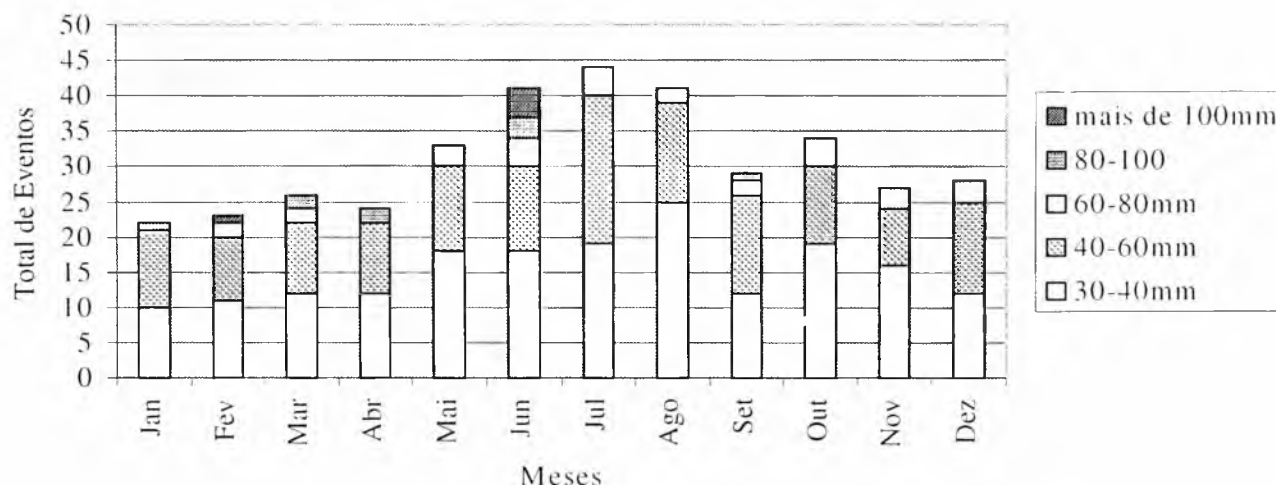
A análise da pluviosidade média anual no período analisado é de 1.392,8 mm. Os anos mais chuvosos analisados foram os anos de 1972, 1987 e 1984 com índices pluviométricos de 1.984,6mm, 1.731,2mm e 1.677,8mm, respectivamente. Os anos menos chuvosos foram os anos de 1971, 1978 e 1988 que apresentaram índices de 1.122,7mm, 1.073,2mm e 1.052mm, respectivamente. Quanto à precipitação média mensal no período analisado, as chuvas são bem distribuídas durante o ano, sendo o período mais chuvoso de junho a setembro. Nos meses menos chuvosos, as médias mensais apresentam índices entre 100mm a 110mm e nos meses mais chuvosos, apresentam médias mensais entre 130mm a 145mm.

O Gráfico 1 representa o comportamento dos eventos diários de chuva durante o período analisado. Observa-se que as faixas de 30-40mm e de 40-60mm predominam, seguidas da faixa de 60-80mm e, não raro, registra-se um máximo que pode ultrapassar os 100mm. O maior número de eventos concentra-se nos meses de maio a outubro, porém os eventos com maiores índices pluviométricos



tricos concentram-se no período de janeiro a junho.

Gráfico 1: Distribuição Mensal de Eventos Durante o Período de 1970 à 1999



Fonte: 8º Distrito de Meteorologia de Porto Alegre  
Organização: Nina Simone V Moura Fujimoto

A partir da análise dos dados acima, pode-se verificar que são bastante comuns os eventos capazes de gerar inundações e/ou alagamentos em vários pontos de uma área urbana. Estes eventos podem ocorrer em função de vários dias de chuva com índices pluviométricos regulares e também através de picos de chuvas torrenciais com índices pluviométricos altos e concentrados, ou ainda, sendo mais grave, devido à conjunção desses fatores. Pode-se verificar pela análise dos dados que tais eventos são possíveis de ocorrer em qualquer época do ano.

A precipitação pluviométrica registrada no dia 10 de junho de 1999, a qual atingiu o índice de 95,1mm, causou muitos danos ao município de Viamão. Nesse episódio, a Prefeitura Municipal através da Secretaria de Planejamento,

registrou o acontecido em um relatório síntese dos danos causados pela chuva intensa ocorrida neste dia. A chuva teve início na madrugada do dia 9 de junho, persistindo até o período da manhã do dia 10 de junho, perfazendo um total de 101,3mm.

Nesse documento foi relatado o extravasamento dos cursos d'água sobre uma área densamente ocupada da zona urbana do município, localizado no segmento superior da bacia hidrográfica do arroio Feijó. Os locais mais críticos foram as áreas marginais aos cursos d'água, ocupadas irregularmente, e as áreas baixas dos bairros Cecília e Augusta. O extravasamento ocorreu devido ao assoreamento do leito dos arroios por detritos antropogênicos, fazendo com que a seção disponível para vazão estivesse

reduzida, com nível de base alto e, em muitos pontos, obstruída por resíduos de grande porte (lixo), causando o rompimento de pontilhões, galeria, tubulações e aterros associados.

Com o término das chuvas, o nível de água baixou rapidamente, deixando um rastro de destruição e muitas perdas materiais. Após o evento, surgiu o risco de contaminação por doenças transmitidas pelas águas que drenam o esgoto da bacia e que subiram até 2,5m acima do nível normal, alcançando a altura da metade das janelas de muitas residências. Em um trabalho de orientação para evitar a contaminação com o barro e a água nos bairros atingidos, a Secretaria Municipal de Saúde detectou 350 residências atingidas e estimou que cerca de 600 famílias tenham sido afetadas pela inundação.

#### **4.2. Análise dos Impactos da Urbanização nos Processos Hidrológicos**

As enchentes em áreas urbanas são conseqüências predominantemente de dois processos que podem ocorrer isoladamente ou de forma integrada, segundo TUCCI (1995). O primeiro refere-se às enchentes em áreas ribeirinhas; e o segundo processo é devido à urbanização. Além de outras enchentes e/ou alagamentos em função de pontos localizados, tais como estrangulamento da seção do rio devido a aterros, pontes, estradas, assoamento e lixo; diminuição da velocidade das águas quando próximas ao rio principal, a um lago ou a um reservatório e também devido a erros de execução e projeto de drenagem.

As enchentes em áreas ribeirinhas ocorrem pelo processo natural em que o

rio ocupa o seu leito maior, de acordo com os eventos chuvosos extremos. Os impactos sobre a população são causados, principalmente, pela ocupação inadequada do espaço urbano. Essa ocupação decorre geralmente das seguintes ações: ineficiência ou inexistência de uma legislação que restrinja a ocupação em áreas de risco à inundação; invasão de áreas ribeirinhas, que pertencem ao poder público, pela população de baixa renda e a ocupação de áreas de risco médio que, quando ocupadas, sofrem prejuízos significativos.

As enchentes devidas à urbanização têm como causa a intensificação do desenvolvimento urbano e, conseqüentemente, da impermeabilização do solo decorrente da construção de edificações, do calçamento das ruas, calçadas, estacionamentos, entre outros. Dessa forma, a parcela da água que infiltrava passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial. O volume que escoava lentamente pela superfície do solo e ficava retido pelas plantas, com a urbanização, passa a escoar no canal, exigindo maior capacidade de escoamento. Os efeitos principais da urbanização são o aumento da vazão máxima, a antecipação do pico de cheia e o aumento do volume do escoamento. As alterações processadas pela urbanização provocam grandes alterações, fazendo com que as águas das chuvas permaneçam por mais tempo na superfície, ocasionando enchentes e alagamentos.

Outros impactos decorrentes da urbanização, além do impacto sobre o escoamento, são aqueles devidos ao aumento da produção de sedimentos e à degradação da qualidade da água pelos esgotos pluviais e/ou cloacais e à contami-

nação dos aquíferos.

Durante o desenvolvimento urbano existe um aumento dos sedimentos produzidos pela bacia hidrográfica devido às construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias, entre outras causas. Esse aumento na produção de sedimentos pode proporcionar, nas áreas urbanas, o assoreamento da drenagem, com a redução da capacidade de escoamento e o transporte de substância poluente agregada ao sedimentos. Os aquíferos urbanos são contaminados, principalmente, pelos aterros sanitários e pela infiltração de águas pluviais contaminadas pelo transporte de lixo, sedimentos e lavagem de ruas.

Existem muitos trabalhos que buscam quantificar as alterações provocadas pela urbanização na área da Bacia Hidrográfica do Arroio Dilúvio, destacando-se os trabalhos desenvolvidos no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS através do uso de modelos matemáticos e/ou simuladores para o controle de cheias urbanas.

Dentre os trabalhos desenvolvidos, destacam-se os de FERNANDEZ & ORDÓÑEZ (1979), que direcionam seus estudos aos modelos de simulação e seu uso na síntese de descargas-pico em bacias urbanas em função da urbanização. Entre outras análises, o trabalho permitiu verificar que, para uma chuva com período de retorno de 10 anos e 30 minutos de duração em uma área rural que sofreu um incremento de até 27% de área impermeável, o volume de chuva escoado tendeu a concentrar-se num curto período de tempo. Isto causou picos de chuvas muito altos, originando alagamentos e inundações que originalmente não

aconteciam com ocasião da mesma precipitação. A partir desta evidência, pode-se concluir que, quanto maior for o grau de urbanização, maior será o gradiente de escoamento superficial gerado, aumentando a probabilidade da ocorrência de alagamentos diante de eventos com tempo de retorno cada vez menores.

Para avaliar os efeitos da urbanização sobre a quantidade de escoamento na área de estudo, a relação foi feita a partir do uso de hidrogramas da estação hidrológica localizada na Bacia Hidrográfica do Arroio Dilúvio, na qual situa-se a área de estudo, nos anos de 1973-1974, 1983-1984 e 1991-1992. A análise realizada foi utilizada por MARTINS (2000), tendo como base a metodologia proposta por LAMBERT (1996) apud MARTINS (2000), a qual relaciona precipitação total anual, ritmo sazonal e a variedade interanual com dados hidrométricos.

A análise permitiu estabelecer uma relação direta entre os picos de precipitação e vazão, em que os picos de cheias tendem a ser cada vez maiores com o decorrer do tempo. Com a intensificação da urbanização, o gradiente de escoamento superficial vem sendo lentamente incrementado, refletindo-se em picos de cheia maiores e mais rápidos diante de eventos pluviométricos cada vez menores.

#### **4.3. Análise dos Impactos da Urbanização na Qualidade das Águas**

A poluição gerada pelo escoamento superficial é chamada de poluição difusa, segundo PORTO (1995), pois provém de atividades que depositam poluentes, de forma esparsa, sobre a área de contribuição da bacia hidrográfica. As principais

fontes de cargas difusas são: deposição atmosférica, desgaste da pavimentação, veículos, restos de vegetação, lixo e poeira, restos e dejetos de animais, derramamentos e erosão. Os principais poluentes que são carreados são sedimentos, matéria orgânica, bactérias, metais como o cobre, zinco, manganês, ferro e chumbo, hidrocarbonetos provenientes do petróleo, tóxicos como os pesticidas e os poluentes do ar, que se depositam sobre as superfícies. As ligações clandestinas de esgoto, efluentes de fossas sépticas, vazamentos de combustíveis, restos de óleo, tintas e outros produtos tóxicos despejados em sarjetas ou bueiros contribuem para o aumento das cargas poluidoras transportadas pelas redes de drenagem urbana até os corpos d'água.

Para avaliar a poluição por cargas poluidoras geradas pelo escoamento superficial urbano na área de estudo, foi medida a concentração de poluentes lançados pela drenagem urbana sobre o

corpo receptor. Os parâmetros de qualidade de água utilizados para avaliar a concentração de poluentes foram: sólidos dissolvidos, sólidos em suspensão e coliformes fecais.

A Tabela 5 apresenta os valores dos parâmetros de qualidade de água em alguns pontos situados na bacia hidrográfica da área de estudo. Os pontos 1, 2, 3 e 4 estão localizados nas desembocaduras dos principais arroios que deságuam na Barragem Mãe d'Água; e o ponto 5 está localizado no curso médio de um dos arroios.

A partir dos valores dos parâmetros analisados, pode-se constatar uma alta contaminação por coliformes fecais decorrentes do lançamento dos esgotos cloacais e pluviais, bem como do lixo carregado pela drenagem urbana até cursos d'água. Observações visuais e odores podem ser constatados nos locais de coleta, indicando grandes contaminações nos arroios da área de estudo.

**Tabela 5: Valores dos Parâmetros de Qualidade da Água nos Principais Arroios da Área de Estudo no dia 13/03/00**

Parâmetro	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	233	687	394	601	208
Sólidos Suspensos (mg/L)	85	43	16	26	10
Coliformes Fecais (col/100ml)	85x10 <sup>4</sup>	104x10 <sup>4</sup>	73x10 <sup>4</sup>	120x10 <sup>3</sup>	95x10 <sup>3</sup>
Vazão (l/s)	14	44	24	5	3

Fonte: Análises efetuadas pelo Laboratório de Análises Físicas e Químicas do Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

ORGANIZAÇÃO: NINA SIMONE V. MOURA FUJIMOTO

## 5. Análise da Cobertura Vegetal e uso da Terra

A evolução da ocupação relacionada ao aumento populacional e as diversas modalidades de intervenção na bacia

hidrográfica, proporcionaram uma transformação das suas características ao longo dos anos. De acordo com os dados do IBGE, os anos 70 e 80 foram as décadas de maior incremento populacional, através do processo migratório, no municípios de

Viamão e demais município da região metropolitana de Porto Alegre. Nesse sentido, a análise da cobertura vegetal e uso da terra dos anos de 1973 e de 1991 demonstram a intensidade dessas alterações e as modalidades das intervenções ocorridas na área durante esse período.

No ano de 1973, as áreas com menores intervenções lineares (sistema viário) e por edificações encontram-se no compartimento de morros e na área de propriedade da Universidade Federal do Rio Grande do Sul<sup>2</sup>. Nesses setores, praticamente são ausentes as edificações, exceto o loteamento Vila Nossa Senhora Aparecida, aprovado em 1957 pela Prefeitura de Viamão e alguns poucos prédios do Campus Vale e do Instituto de Pesquisas Hidráulicas.

No entanto observam-se alterações significativas nas características originais do compartimento de morros e dentro da propriedade da Universidade. As áreas mineradas encontradas nos morros representam uma feição de grande alteração na morfologia original, alterando os processos morfodinâmicos das vertentes. A construção da barragem Mãe d'Água constitui uma modificação profunda nas características originais da área, alterando a dinâmica fluvial e, conseqüentemente, toda a dinâmica da bacia hidrográfica.

As maiores modificações encontram-se nos compartimentos das colinas através das intervenções lineares ocorridas pelo sistema viário, pelas edificações de moradias e, ainda que em menor proporção, pelo uso agrícola (horticulturas). Esse conjunto de intervenção refere-se basicamente a uma série de loteamentos aprovados, em sua maioria, entre os anos

de 1955 a 1960 pela Prefeitura Municipal de Viamão, conforme MEUCCI (1987).

Os loteamentos cobrem principalmente a área representada pelas Formas em Colinas e apresentam esparsas moradias que ocupam predominantemente as altas e médias vertentes deste compartimento colinoso. O padrão dos arruamentos demonstra uma adequação generalizada com as curvas de nível, favorecendo a estabilidade das vertentes. Nenhuma evidência morfológica de processos morfodinâmicos acelerados foi observada. As áreas sem moradias no interior dos lotes urbanos possuem predominantemente cobertura vegetal de gramíneas. As matas ciliares acompanham os cursos d'água e encontram-se significativamente preservadas.

Os compartimentos em Forma de Planície em Áreas Planas, juntamente com os fundos dos vales não integram as áreas dos loteamentos. Nesse sentido, são setores que se encontram com sua morfologia preservada juntamente com a vegetação representada pelas matas ciliares.

A conservação das matas e matas ciliares, bem como a evolução das edificações e do sistema viário podem ser observadas ao longo de 10 anos através de registros fotográficos de 1960, 1963 e 1973. Nota-se uma significativa preservação das matas ao longo deste período e um padrão de ocupação praticamente estável.

É possível ainda observar, entre os anos de 1963 a 1973, evidências de colmatagem da barragem, mais precisamente em um pequeno setor a montante do lago. Em 1963 a extensão da área do lago encontra-se em situação muito seme-

lhante à da área encontrada em 1973 que, de acordo com medidas realizadas na fotografia aérea, encontrava-se com 48.512m<sup>2</sup>. Em um período de 10 anos, deve ter ocorrido a colmatagem de não mais do que 5% da área do lago da barragem.

A mudança na cobertura vegetal e o uso da terra entre os anos de 1973 e 1991, é facilmente identificada a rápida transformação sofrida pela bacia hidrográfica durante esse período, confirmando a compatibilidade dos dados demográficos para a área de estudo. A expansão das áreas construídas e o aumento das áreas colmatadas na barragem são as características mais marcantes.

Em 1991, a área mais preservada continua sendo as mesmas do ano de 1973, isto é, o compartimento de morros e a área de propriedade da Universidade. No entanto, destaca-se nesse período um significativo crescimento da ocupação nos loteamentos existentes sobre as formas de morros, o aumento da área construída no Campus Vale e o surgimento de um novo loteamento aprovado em 1985 pela Prefeitura de Viamão.

O processo de colmatagem da barragem é surpreendente, podendo chegar a cerca de 50% desde seu preenchimento em 1963. A área ocupada pelo lago da barragem em 1991 é de 25.920m<sup>2</sup>, enquanto que em 1973 era de 48.521m<sup>2</sup>. Entre os anos 1963 e 1973, houve a colmatagem de cerca de 5% do lago, enquanto que no período correspondente aos anos de 1973 a 1991, ocorreu a colmatagem de 47% da barragem. Isso demonstra a intensidade das alterações ocorridas nas décadas de 70 e 80.

O compartimento em Formas de Colinas ocupado pelos loteamentos sofre

um significativo acréscimo em sua ocupação. Em 1973 eram ocupados cerca de 10% da área, em 1991 passa para 90% a ocupação por edificações (sistema viário e moradias). Dentro dessa evolução na ocupação por moradias, ampliam-se as áreas ocupadas, passando a ser incluídas as planícies, as áreas planas e os fundos de vale. Muitas dessas ocupações apresentam-se em situação irregular, pois são áreas de propriedade pública.

As matas ciliares sofreram uma diminuição de cerca de 60% em relação a 1973. Os espaços ocupados por gramíneas são substituídos por edificações. No interior dos lotes urbanos podem ser encontradas áreas verdes que foram preservadas e/ou introduzidas nas moradias durante esse período.

O aumento das edificações provoca uma alteração mais profunda através de cortes e/ou aterros na morfologia original. Áreas de superfície expostas são significativas. Ocorrem nos arruamentos e nos próprios lotes em consideráveis proporções. Dentro das unidades construídas ocorre uma mescla de unidades habitacionais, superfícies expostas dos quintais e ruas e cobertura vegetal de gramíneas e áreas verdes (vegetação arbórea e/ou arbustiva preservada e/ou introduzida).

Nas áreas identificadas como residencial de baixo padrão encontram-se as ocupações irregulares. Esses setores referem-se principalmente aos fundos de vale e apresentam características de ocupação típicas. São pequenas habitações com superfícies expostas e uma grande quantidade de cortes de pequena dimensão e grande incisão associados a aterros, distribuídas de forma caótica.

As vilas em situação irregular da

região metropolitana foram identificadas em 1991 pela Fundação de Planejamento Metropolitano e Regional - METROPLAN. Esse trabalho teve como objetivo elaborar um inventário de todas as vilas irregulares e compará-lo com o inventário realizado em 1981 pelo mesmo órgão de planejamento.

No município de Viamão foram identificadas 72 vilas ou áreas ocupadas irregularmente, sendo cinco vilas localizadas dentro da bacia hidrográfica em estudo. As vilas em situação irregular situadas na área de estudo e suas principais características estão descritas na Tabela 6.

A maioria das vilas irregulares da região metropolitana ocupa áreas de propriedade municipal, como demonstra a Tabela 2 que apresenta as vilas irregulares da área de estudo. Esse tipo de ocupação é uma forma muito comum que retrata uma prática já identificada pelo Inventário de 1981. Esse fato reflete a inoperância

das municipalidades no tratamento dessas áreas, quer em termos de dotação de equipamentos, quer de sua manutenção e fiscalização, associada às facilidades geradas pelos serviços disponíveis no entorno.

No caso em estudo, as áreas irregulares estão em sua totalidade localizadas em áreas públicas que se referem, em sua maioria, às áreas localizadas junto aos cursos d'água. Os moradores dessas áreas transformam os cursos d'água em depositários de todo tipo de resíduos, comprometendo a qualidade das águas. Essa ocupação resulta em destruição da vegetação das margens, causando a aceleração de processos erosivos e o conseqüente assoreamento do curso d'água. Quando ocorre a elevação dos níveis de água, os terrenos tornam-se depositários dos resíduos *in natura*, gerando riscos à saúde da população.

**Tabela 6: Evolução das Vilas Irregulares do Município de Viamão,  
Localizadas na Área de Estudo – 1981/1991**

<b>Código da Vila</b>	<b>Denominação</b>	<b>Proprietário</b>	<b>Tempo de Existência</b>	<b>Número de Casas 1981</b>	<b>Número de Casas 1991</b>	<b>Crescimento 81/91 (%)</b>
01	V. no Jardim Universitário	Público municipal	>20 anos	50	237	374,0
02	V. na Vila Medianeira	Público municipal	16-20 anos	10	55	450,0
03	V. na Vila Schonmald	Público municipal	16-20 anos	65	119	83,1
04	Vila na Vila USBEE	Público municipal	11-15 aos	150	175	16,7
05	V nas Vilas Diamantina e Santa Isabel	Público municipal	16-20 anos	100	214	114,0

Fonte: METROPLAN (1991)

Organização : Nina Simone V. Moura Fujimoto

O crescimento das vilas na área de estudo ocorre principalmente pela ampliação dos antigos núcleos, evidenciado pelo aumento do número de casas. Em sua maioria, as condições de infra-estrutura são extremamente precárias, principalmente no que se refere ao esgotamento sanitário. As soluções mais comuns encontradas são as valas a céu aberto, latrinas e fossa-sumidouro. A situação mais crítica e muito usual é o lançamento dos dejetos diretamente nos cursos d'água mais próximos. Tal solução não se refere somente às residências em situação irregular, mais à maioria das moradias da área de estudo, pois não possuem rede de esgoto.

## **6. Alterações Sócio-Ambientais na Região Metropolitana e seus Reflexos na Área de Estudo**

A partir de registros cartográficos, fotográficos, observações de campo e de entrevistas, pode-se resgatar a situação da morfológica original, assim como da rede de drenagem, da qualidade das águas e do nível de intervenção humana na bacia hidrográfica. Pode-se ainda observar que a bacia hidrográfica é composta de Padrões de Formas Semelhantes representados pelos: morros, colinas, áreas planas e planícies. Esses padrões de formas encontravam-se em uma situação de considerável preservação, pois as intervenções humanas referiam-se a elementos lineares e às esparsas moradias com intervenções pontuais. A cobertura vegetal de mata natural nos morros, a mata ciliar e a gramíneas cobriam vastas extensões. As condições das águas superficiais, resgatadas a partir dos depoimentos com a população local,

mostravam-se muito satisfatórias, de aspecto cristalino.

Em um determinado momento iniciase o processo de intervenções através das atividades humanas que provocam alterações significativas nas características originais. A intervenção de maior amplitude refere-se à construção da barragem Mãe d'Água, inaugurada em 1963, alterando a rede de drenagem original e modificando seu regime hídrico e, posteriormente, ao aumento populacional através do intenso processo migratório para a Região Metropolitana de Porto Alegre, nas décadas de 70 e 80, provocando uma aceleração no processo de urbanização em toda a grande Porto Alegre, assim como na área de estudo (LOSS e KNIJNIK, 1994). Este processo de urbanização modifica o quadro morfológico original, alterando a dinâmica existente e inserindo outras características ou ritmos ao ambiente.

As principais características do processo de urbanização nos países de economia periférica, como é o caso das cidades brasileiras, referem-se a um crescimento urbano que não foi acompanhado de um crescimento econômico, provocando o surgimento de grandes aglomerações urbanas com deficiências em vários serviços, equipamentos, empregos e uma acentuada degradação ambiental. Esse processo é próprio da urbanização corporativa que, conforme destaca SANTOS (1994), é reconhecida pela expansão econômica das grandes empresas e de investimentos aos seus interesses, em detrimento dos investimentos para atendimento de ordem social. A industrialização moderna que se



instala no País a partir de uma economia monopolista, tendo o capital estrangeiro e Estado como suporte, reforça os desequilíbrios regionais característicos da história de ocupação do Estado Nacional. Com isso, criam-se nas cidades equipamentos e normas para a articulação das grandes firmas, em detrimento das empresas menores e da população como um todo. Por conseguinte tem-se, de um lado, uma geração de riqueza de forma concentrada e, de outro, uma enorme produção de pobreza.

Concomitante ao crescimento industrial e urbano, como acentua SANTOS (1994), evidencia-se o crescimento dos núcleos carentes na periferia dos grandes eixos urbanos, decorrente de um consumo diferenciado do espaço habitacional. As classes sociais de maior renda podem escolher seu local de moradia, porém para às classes de baixa renda restam as terras mais baratas ou moradias fora do mercado.

No caso específico de Porto Alegre, surge em 1954 a Lei 1233/54 (SALENGUE e MARQUES, 1993) que regulamenta os loteamentos urbanos nessa cidade, a qual passa a exigir lotes urbanos com condições de infra-estrutura que elevam seu valor no mercado. Desse modo, provoca o deslocamento de loteamentos de baixa renda para as áreas limítrofes dos municípios adjacentes. Essa determinação jurídica promove o surgimento de loteamentos de baixa renda, carentes de serviços de infra-estrutura e de difícil acesso aos centros urbanos mais equipados. Com a dificuldade de acesso à moradia a preço de mercado, associada à ineficiência ou inexistência de uma política pública que restrinja a ocupação em áreas inadequadas, a população de baixa renda

ocupa áreas que transgridem a legislação vigente, cujas características específicas resultam em alterações ambientais bastante peculiares. Sob essas condições específicas de moradia, encontram-se os loteamentos representados na área de estudo.

Por outro lado, o ambiente que sofre as intervenções humanas decorrentes de um processo de urbanização específico possui características próprias, que respondem de forma singular a todas as intervenções sofridas. Tais alterações serão descritas a seguir

## **7 Principais Efeitos e Respostas do Ambiente aos Processos de Urbanização**

Para analisar os principais efeitos e respostas da urbanização na área de estudo procurou-se apresentar os dados ambientais adquiridos e produzidos para a análise da área, as modificações ocorridas no espaço urbanizado e as repostas a essas modificações. As principais alterações ambientais urbanas identificadas na área foram:

1) *Suscetibilidade à Ocorrência de Processos Erosivos e de Movimentos de Massa.*

Neste caso, pode-se observar a ausência de movimentos de massa ou de marcas dos processos erosivos profundos. Os processos erosivos mais significativos referem-se à erosão laminar e à erosão linear, representados por sulcos e, raramente, ravinas. Com isso, a área foi classificada como apresentando alta, média e baixa suscetibilidade aos processos de erosão laminar e linear para sulcos e ravinas.

Constata-se que essa classificação

corresponde a uma potencialidade natural das unidades de vertentes em função de sua geometria, declividade, litologia, estrutura geológica e característica do material de cobertura. A partir das alterações na morfologia original, surgem ambientes suscetíveis à ocorrência de processos erosivos e de movimentos de massa. Isso deve-se às modificações na morfologia original decorrentes da retirada da cobertura vegetal, da introdução das formas de processos atuais criadas pelas atividades humanas, as quais acentuam os processos erosivos, pois promovem alterações na disposição dos materiais superficiais, expondo-os aos impactos da chuva.

As análises dos parâmetros geotécnicos (índice de consistência) e dos ensaios à penetração indicaram que o material de cobertura superficial encontrados nas unidades de vertente possuem valores elevados, conferindo alta consistência aos solos e alta resistência aos processos erosivos. Pode-se atribuir a essa característica a ausência de movimentos de massa e de erosões profundas tanto no Padrão em Morros, quanto no Padrão em Colinas. No entanto outro fator a ser considerado nessa condição de estabilidade das vertentes é o fato do traçado urbano através do sistema viário, definido pelos loteamentos, respeitar de forma generalizada a topografia local.

Para analisar as áreas com diferentes graus de suscetibilidade aos processos erosivos e a movimentos de massa foi necessário:

- analisar as informações sobre as características morfométricas (altitude e declividade), a geometria das unidades de vertente, a litologia, as estruturas

geológicas e as características do material de cobertura superficial;

- identificar as formas de processos atuais criadas pelas atividades humanas, as quais induzem aos processos de instabilidade das vertentes, quais sejam: cortes, rampas de aterros, entre outras;

- identificar as formas de processos atuais induzidas pelas atividades humanas e indicadoras de instabilidade de vertentes, quais sejam: sulcos e ravinas e

- identificar processos morfodinâmicos relacionados principalmente com a erosão laminar

Desse modo, foi definida a seguinte classificação da área de estudo, em função da suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos e movimentos de massa.

- *Alta suscetibilidade* ao desenvolvimento de processos de erosão laminar e erosão linear (sulcos e ravinas), porém com pouca suscetibilidade a erosões profundas e de movimentos de massa.

- Esse setor refere-se às unidades de vertente do Padrão em Formas de Morros, as quais apresentam as maiores declividades e altitudes da áreas, sendo, por isso, atribuída maior suscetibilidade à erosão superficial. O referido setor é constituído de material de cobertura superficial, formado predominantemente de silte e argila, seguido das frações de areia, com alta a muito alta resistência à penetração, conferindo pouca probabilidade de erosões profundas e de movimentos de massa. Os degraus de cortes realizados para a criação das superfícies planas necessárias à construção de moradias e do arruamento são extremamente representativos espacialmente, a ponto de ser possível sua representação no mapeamento das formas

de processos atuais. Também são representáveis na escala adotada as cicatrizes de mineração. Identifica-se, assim uma modificação significativa nos materiais superficiais, expondo-os mais aos impactos das precipitações e, conseqüentemente, à probabilidade de remoção através dos processos de erosão laminar e de erosão linear. Tais processos foram observados ao longo das unidades de vertentes nos Morros, principalmente no arruamento e nas cicatrizes de mineração.

- *Média suscetibilidade* ao desenvolvimento de processos de erosão laminar e de erosão linear (sulcos e ravinas). Sem tendência de movimentos de massa.

Esse setor está representado pelas unidades de vertentes das Formas em Colinas, cujas declividades e altitudes são mais moderadas que as encontradas nas unidades de vertentes dos morros. O referido setor é constituído de material de cobertura superficial mais desenvolvido que nos morros, material esse formado predominantemente de silte e argila, seguido das frações de areia, com alta a muito alta resistência à penetração. Essas propriedades do material, associadas às características morfométricas, conferem a esses terrenos média suscetibilidade aos processos de erosão superficial, sem tendências aos processos de movimentos de massa. As formas dos processos atuais criadas pelas atividades humanas apresentam-se de maneira generalizada ao longo das unidades de vertentes das colinas, porém sua representação cartográfica é escassa e pontual. Isso se deve à dimensão dos degraus de corte, das superfícies planas, das rampas de aterros, entre outros, que não correspondem a uma dimensão representável na escala de análise. Embora a morfologia antropo-

gênica seja praticamente total ou generalizada, não ocorrem evidências de formas de processos atuais que sugerem instabilidade das vertentes, relacionadas às erosões profundas ou a movimentos de massa. Somente são identificados processos de erosão laminar e de erosão linear, representados por sulcos e ravinas, principalmente ao longo do arruamento.

- Baixa suscetibilidade ao desenvolvimento de processos de erosão laminar. Sem tendência a processos de movimentos de massa.

Esse setor está representado pelos topos convexos do Padrão em Morros e pelos topos planos e convexos do Padrão em Colinas. São compartimentos com baixas declividades, cujos processos erosivos lineares tornam-se praticamente inexistentes. Os cortes e/ou aterros realizados são de pequena dimensão, e o material superficial, quando exposto, possui evidências de erosão laminar. A grande maioria dos topos encontrados nas colinas encontra-se impermeabilizada, pois nesses setores situam-se as principais vias de acesso, e a intervenção urbana é muito acentuada. Nesse caso, evidencia-se uma estabilidade morfodinâmica, face à alta impermeabilização da superfície do relevo.

## 2) *Suscetibilidade à Ocorrência de Inundações*

As inundações na área de estudo estão relacionadas às áreas planas com topografia deprimida, situadas próximas aos canais fluviais ou ao redor dos lagos e do açude, ou diretamente relacionada aos canais fluviais que drenam a bacia hidrográfica.

Dessa forma, os Padrões de Planícies e de Áreas Planas são as unidades morfológicas de maior potencialidade à ocorrência de eventos de inundação. E

foram nesses compartimentos que os moradores indicaram a ocorrência de problemas durante períodos chuvosos. Os fundos de vale, quando ocupados, também apresentam problemas de inundação, porém essa situação será identificada separadamente, isto é, como áreas com elevado comprometimento da qualidade ambiental.

A partir dos dados pluviométricos analisados, pode-se observar que são bastante comuns os eventos capazes de gerar inundações em alguns pontos da uma área urbana. Esses eventos podem estar associados a vários dias de chuva com índices pluviométricos regulares e também através de picos de chuvas torrenciais com índices pluviométricos altos e concentrados, ou ainda, à conjunção destes fatores. É também observado que esses eventos podem ocorrer em qualquer época do ano.

Para analisar os fatores potencializadores e/ou desencadeadores dos eventos de inundação foram considerados:

- os condicionantes geomorfológicos da bacia hidrográfica;
- as características do material de cobertura superficial;
- os condicionantes antrópicos relacionados ao uso e ocupação da terra e às intervenções através da construção de barramentos que causam dificuldades ao escoamento;

os condicionantes climáticos;

depoimentos dos moradores sobre a situação da área durante os eventos chuvosos.

As áreas planas e as planícies encontram-se em situação topográfica relativamente inferior às unidades de vertente. Com isso, recebem o fluxo d'água superficial e subsuperficial das

áreas em situação altimétrica superior. São áreas planas, cuja velocidade de escoamento é menor, proporcionando uma concentração de água por ocasião de eventos de precipitação, ainda que o material de cobertura superficial possa, por vezes, ser predominantemente arenoso, o que confere uma maior infiltração. Além disso, as modificações ocasionadas pela morfologia antrópica proporcionam um aumento do escoamento superficial decorrente da impermeabilização da superfície pelas edificações/pavimentações ou pela compactação do solo. Outro fator que favorece a ocorrência de inundação é o aumento do aporte de material e/ou detritos urbanos transportados pelas vertentes até o fundo dos vales, provocando uma diminuição do nível de base dos canais fluviais e, conseqüentemente, da capacidade de escoamento fluvial. São, portanto, fatores naturais e antrópicos que atuam de forma conjugada nas áreas sujeitas a eventos de inundação.

Assim sendo, foi obtida a seguinte classificação da área de estudo, em função da suscetibilidade à ocorrência de inundações a partir dos fatores acima mencionados e de outros específicos de cada área identificada.

- *Alta suscetibilidade* à ocorrência de inundação. Quando sob intervenção humana (morfologia antropogênica), a área apresenta-se com alta possibilidade de risco à moradia.

São áreas planas com altitudes relativamente baixas associadas a um material de cobertura superficial constituído predominantemente de argila e silte, cuja permeabilidade é muito baixa, determinando condições de baixo escoamento e infiltração. O nível do lençol

freático é muito elevado, por vezes aflorante. Quando referentes ao Padrão em Áreas Planas, as áreas apresentam-se em situação topográfica deprimida com dificuldades de escoamento e cercadas por vertentes de altitude e declividade elevadas. Nas áreas de planícies flúvio-lacustres, para onde é direcionada toda a drenagem da bacia, ocorre processo de colmatção intensa e elevação topográfica em razão do grande aporte de material transportado pelas vertentes, provocando a elevação do nível de base e, em consequência, a elevação do nível natural das inundações. A população residente nesses locais relata dificuldades de locomoção pelos veículos ou pelos pedestres durante as chuvas fortes e/ou prolongadas. Ainda que raramente, alguns moradores declararam que partes de suas residências ficavam alagadas nessas ocasiões.

- *Média suscetibilidade* à ocorrência de inundações. Quando sob intervenção humana (morfologia antropogênica), a área apresenta-se com média possibilidade de risco à moradia.

São áreas planas com altitudes relativamente baixas, onde a inundações está relacionada aos canais fluviais principais da bacia e às áreas formadas pelos leitos maiores dos canais (planícies de inundações). As referidas áreas são constituídas por material de cobertura superficial predominantemente arenoso, conferindo uma boa capacidade de infiltração e escoamento. Correspondem ainda, em sua maioria, aos setores próximos às desembocaduras fluviais dos principais canais da bacia hidrográfica, nos quais naturalmente ocorrem grande acúmulo de material transportado por processos fluviais. Somando-se o aporte de material transportado pela drenagem urbana ao aumento do escoamento superficial, ocasionados pelas intervenções

antrópicas, tem-se um acréscimo na quantidade de material transportado. Esse material provoca o assoreamento dos canais, dificultando o escoamento do fluxo fluvial por ocasião dos eventos chuvosos. Nesses pontos de desembocadura também ocorrem estrangulamentos artificiais do leito fluvial provocados pelos dutos de escoamento sob as pontes construídas no sistema viário, dificultando o escoamento da rede de drenagem. Com frequência, estes dutos retêm grande parte do material transportado, provocando a obstrução dos mesmos. Os moradores residentes nas proximidades das pontes relataram que, por vezes, dependendo das condições de limpeza dos dutos, ocorre o transbordamento durante as chuvas e suas residências são atingidas.

- *Baixa suscetibilidade* à ocorrência de inundações. Quando sob intervenção humana (morfologia antropogênica), a área apresenta-se com baixa possibilidade de risco à moradia.

São áreas planas com altitudes relativamente elevadas situadas nas confluências e adjacências dos canais fluviais que apresentam, em sua maioria, vales em forma de V, proporcionando uma boa capacidade de escoamento do fluxo fluvial. Por sua morfologia plana e posicionamento altimétrico inferior em relação às unidades de vertentes situadas ao seu redor, são áreas concentradoras dos fluxos de água. Com o aumento do escoamento superficial e da quantidade de material transportado pelas vertentes, tornam-se suscetíveis a eventos de inundações, pois há diminuição da capacidade de fluxo fluvial pelo assoreamento dos canais. Essas áreas reúnem condições de apresentarem

eventos de inundação, ainda que em menor proporção, quando comparadas às áreas classificadas com alta e média suscetibilidade à ocorrência de inundação. Quando alguns moradores desses locais ou de suas proximidades foram consultados a respeito das condições da área durante as chuvas, não foi mencionado nenhum episódio crítico como os que foram relatados anteriormente.

### 3) *Grau de Intervenção Humana Classificado Segundo a Morfologia*

O reconhecimento das intervenções urbanas a partir da morfologia é uma contribuição de LIMA (1990), a qual sugere que a identificação da morfologia original ou pré-urbana seja realizada numa primeira etapa com detalhamento compatível às escalas adotadas. Posteriormente, a identificação das intervenções urbanas e das conseqüências destas intervenções fornecem a tipologia e o grau de intervenção urbana.

A classificação do grau de intervenção antrópica a partir da identificação da morfologia original preservada, morfologia original semi-preservada e morfologia antropogênica sugerida por LIMA (1990) foi utilizada no presente trabalho com adaptações à realidade encontrada. Essa classificação foi elaborada através do mapeamento geomorfológico a partir das formas originadas por processos naturais representadas pelos Padrões de Formas Semelhantes e pelas Formas de Processos Atuais criadas ou induzidas pelas atividades humanas. Também foram utilizados os mapas de cobertura vegetal e uso da terra que serviram para apreender as intervenções antrópicas não identificáveis como formas de processos atuais em decorrências da escala adotada. Os espaços edificados

identificados no mapeamento do uso da terra possuem formas de processos atuais que, devido a sua dimensão, não são compatíveis com a escala cartográfica adotada neste trabalho. No entanto representam categorias importantes na avaliação do grau de intervenção e, com isso, na definição das áreas que representam a morfologia semi-preservada e a morfologia antropogênica. A cobertura vegetal também foi considerada na definição do grau de intervenção humana, tendo como elemento avaliador o nível de preservação e/ou alteração da cobertura vegetal.

- *Morfologia Original Preservada*. Essa morfologia é determinada por fatores naturais, originada por processos climáticos passados e atuais que podem ser mantidos ou possuem evolução lenta quando as condições da vegetação são mantidas (TRICART, 1977; AB'SABER, 1966 apud LIMA, 1990). São aquelas superfícies que possuem formas muito semelhantes às originais, cujas intervenções morfológicas não foram de caráter direto. Mesmo que a cobertura vegetal não seja original e que, por isso, possa ter sofrido modificações em suas formas, estas são apenas perceptíveis por instrumentos de longo período de observação e não por fotointerpretação (LIMA, 1990). Tratam-se de áreas de morfologia original onde estende-se uma cobertura vegetal de mata e gramíneas com elevado nível de preservação.

- *Morfologia Original Semi-Preservada*. Essa morfologia corresponde às superfícies que sofreram intervenções humanas principalmente lineares (arruamento) e/ou intervenções por elementos pontuais esparsos, sobre os quais ainda é

possível obter informações relevantes da morfologia original. Essas superfícies apresentam cobertura vegetal de mata ciliar e gramíneas pouco preservadas e áreas verdes introduzidas no interior dos lotes urbanos.

- *Morfologia Antropogênica.* Essa morfologia corresponde às superfícies que sofreram intervenções antrópicas de forma total ou generalizada, tornando-se difícil obter informações relevantes sobre a morfologia original. Essas superfícies apresentam esparsa cobertura vegetal de mata ciliar muito pouco preservadas e áreas verdes introduzidas no interior dos lotes urbanos. Fazem parte dessa categoria as superfícies com formas de processos atuais criadas pelas atividades humanas como os degraus de corte, superfícies planas e rampas de aterros de representação areolar significativa e as superfícies incrementadas topograficamente ou criadas pelos materiais tecnogênicos.

#### 4) *Modificações Criadas na Morfologia pelas Atividades Humanas*

As modificações criadas na morfologia referem-se às formas de processos atuais criadas ou construídas pelas atividades humanas, as quais foram passíveis de representação cartográfica na escala adotada nesta pesquisa. Estão representadas por elementos areolares como as superfícies planas, os degraus de corte, as rampas de aterro e por elementos lineares como o arruamento.

#### 5) *Conseqüências da Morfologia Antropogênica e/ou das Atividades Humanas*

As conseqüências das modificações criadas na morfologia pelas atividades humanas ou em decorrência das atividades humanas estão relacionadas a duas

categorias: elaboração de novas formas e qualidade das águas superficiais.

As novas formas de relevo são conseqüência da indução das atividades humanas. Elas foram classificadas em formas de pequena dimensão e de grande dimensão, todas representáveis na escala adotada. As formas de pequena dimensão referem-se aos sulcos formados por processos de saída de material; aos cones de dejeção tecnogênico e às áreas rebaixadas alagáveis, todas decorrentes de processos de deposição. As formas de grande dimensão estão representadas pelas planícies formadas pela deposição de material tecnogênico. Tal deposição ocasionou um incremento topográfico e um processo intenso de colmatação, sendo representada pela Planície Fluvial Tecnogênica e pela Planície Flúvio-Lacustre Tecnogênica.

A segunda conseqüência refere-se à qualidade das águas superficiais. Para avaliar a poluição por cargas poluidoras geradas pelo escoamento superficial urbano na área de estudo, foi medida a concentração de poluentes lançados pela drenagem urbana sobre o corpo receptor através dos seguintes parâmetros: sólidos dissolvidos, sólidos em suspensão e coliformes fecais. Os resultados obtidos indicaram que as águas possuem altas concentrações de poluentes em todos os pontos analisados. Com isso, pode-se considerar que, ao longo de todos os canais fluviais analisados, as águas apresentam-se muito poluídas.

O crescimento da ocupação na área de estudo não foi acompanhado de uma melhoria nas condições de infra-estrutura, principalmente no que se refere ao esgotamento sanitário. As soluções mais

comuns encontradas são valas a céu aberto, latrinas e fossa-sumidouro. A situação mais crítica e muito usual é o lançamento dos dejetos diretamente nos cursos d'água mais próximos. Em muitas ocasiões, moradores transformaram os cursos d'água em depositário de todo tipo de resíduos, comprometendo a qualidade das águas.

Quando ocorre a elevação dos níveis de água por ocasião dos eventos chuvosos, os terrenos tornam-se depositários dos resíduos *in natura*, gerando riscos à saúde da população. Essa situação ainda é mais grave quando os terrenos estão sujeitos à ocorrência de eventos de inundação. Nesse caso, as águas contaminadas podem atingir as moradias, e, conseqüentemente, a população pode ter contato voluntário ou involuntário com as águas poluídas.

#### 6) Usos Transgressivos à Legislação Municipal – Áreas com Elevado Comprometimento da Qualidade Ambiental

As ocupações em situação irregular estão em áreas públicas municipais destinadas a equipamentos urbanos ou espaços livres, de uso público. Tais áreas foram ocupadas principalmente pela população cujas condições financeiras impossibilitaram-na de adquirir moradias dentro das condições de mercado. Situam-se principalmente ao longo dos cursos d'água e/ou em cabeceiras de drenagem, ocupando também o fundo dos vales; em locais com declividades elevadas e com declividades elevadas sobre cicatrizes de mineração. São pequenas habitações distribuídas de forma caótica com superfícies expostas e uma grande quantidade de cortes de pequena dimensão e grande incisão associados a aterros.

#### - Uso Residencial em Situação Irregular Localizado nos Fundos dos Vales e ao Longo de Cursos d'Água e/ou Cabeceiras de Drenagem.

As áreas de uso residencial em situação irregular nos fundos dos vales e ao longo de cursos d'água e/ou cabeceiras proporcionaram inicialmente a destruição da vegetação de mata ciliar, favorecendo o surgimento de processos erosivos e o conseqüente assoreamento dos cursos d'água. Posteriormente, as intervenções humanas acentuaram o surgimento ou a aceleração dos processos de assoreamento e de solapamento observados nos canais fluviais. Isso acontece pelo aumento do volume e da velocidade do escoamento superficial, que transfere para os fundos de vales grande quantidade de material proveniente das vertentes em decorrência das atividades humanas no meio urbanizado.

Podem-se observar cicatrizes de solapamento em vários trechos dos cursos d'água provavelmente pelo aumento do volume e da velocidade do fluxo fluvial e da quantidade material transportado. A população que possui sua moradia instalada nas margens dos canais fluviais procura conter o processo de solapamento através da colocação de amontoados de pedras e principalmente pneus, para proteger-se da destruição quando ocorre a elevação do nível de água por ocasião de eventos de inundação.

De outra forma, observa-se que muitas moradias estão parcialmente sobre depósitos tecnogênicos formados nos fundos dos vales. Esses depósitos possuem uma constituição extremamente heterogênea em sua composição e em sua granulometria em função do tipo de mate-



rial de cobertura superficial que lhe deram origem e da quantidade e tipos de detritos urbanos presentes. Segundo PELOGGIA (1998, p.77), esse material apresenta um comportamento rígido quando se encontra seco e, nesse caso, sua resistência é relativamente alta. No entanto “*esse comportamento é drasticamente modificado com o aumento do teor de umidade, quando o material apresenta amolecimento e assume comportamento plástico ou mesmo de fluido viscoso em caso de saturação*” Com isso, existe um comprometimento na estabilidade destas superfícies e, conseqüentemente, das moradias que se instalam sobre os depósitos tecnogênicos. Essa ocupação parece refletir o esgotamento de áreas para a instalação de moradias e a presença de uma demanda por novas áreas para morar, resultando na ocupação de superfícies recentemente formadas pelo assoreamento dos canais fluviais através dos depósitos tecnogênicos.

Nessas localidades, existe o risco de inundação quando ocorre a elevação do nível das águas. Embora a Prefeitura Municipal de Viamão não tenha nenhum registro oficial de ocorrência atendida, relatos de alguns técnicos do município e de moradores confirmam esse tipo de situação. No entanto os eventos de inundação parecem atingir parcialmente as moradias, ou seja, não se caracterizam como uma situação de calamidade. Muito provavelmente isso esteja associado ao grande desenvolvimento longitudinal dos canais fluviais que proporciona uma condição de fluxo de água satisfatório, impossibilitando o surgimento de inundações mais severas.

Sabendo-se das altas taxas de concentração de poluentes por coliformes

fecais nas águas superficiais, é possível prever que a população residente nos terrenos atingidos pela elevação das águas corra grande risco de contaminação por doenças transmitidas pelas águas que drenam o esgoto da bacia hidrográfica. Com isso, foram indicados pontos críticos com altas taxas de concentração de poluentes, considerados um risco à saúde pública.

#### *- Uso Residencial em Situação Irregular em Áreas com Declividades Elevadas*

O uso residencial em situação irregular em áreas com declividades elevadas encontra-se em terrenos municipais e em sua maioria com declividades inferiores a 30%. Embora praticamente não haja transgressão das leis que disciplinam o parcelamento do solo quanto aos limites de declividade, essas áreas encontram-se em terrenos destinados a equipamentos urbanos municipais e ocupam as faixas que devem ser reservadas em cada lado ao longo dos cursos d'água, segundo a legislação vigente.

As declividades médias predominantes nesses setores encontram-se na classe de 20-30% e ocupam as vertentes com segmentos retilíneos no Padrão em Formas de Morros. Essas unidades de vertentes possuem alta suscetibilidade ao desenvolvimento de processos de erosão laminar e erosão linear. Embora com pouca suscetibilidade a erosões profundas e de movimento de massa, o uso e ocupação por moradias de baixo padrão podem indicar situação de risco potencial de natureza geológica, geomorfológica e hidrológica. No entanto nesses setores não há evidências de movimentos de massa, nem de processos erosivos profundos, ou

ainda, registros de atendimento pela Prefeitura do Municipal de casos de risco associados à instabilidade de vertentes. Essa situação deve ser atribuída à alta consistência e resistência dos materiais de cobertura superficial, anteriormente mencionada.

No entanto as inúmeras e pequenas habitações com superfícies expostas e cortes de pequena dimensão e grande incisão associados aos aterros, proporcionam aceleração dos processos erosivos (laminar e linear) a partir do remanejamento do material de cobertura superficial.

A precária infra-estrutura urbana em que se encontram as residências, contudo, criou uma área com grandes problemas ambientais que comprometem a qualidade de vida da população. Muitas feições antropogênicas podem ser observadas e indicam uma provável situação de risco ligada à instabilidade de vertentes, ao mesmo tempo que evidenciam o comprometimento da qualidade ambiental na área. Essas feições estão representadas por grandes degraus de corte, rampas de aterros sem precisão técnica, lançamento superficial de águas servidas ou esgoto, vazamento de tubulações, acúmulo de lixo, deficiências técnica na construção de moradias, entre outras (MOURA-FUJIMOTO, 1999).

#### *- Uso Residencial em Situação Irregular em Áreas com Declividades Elevadas sobre Cicatrizes de Mineração*

As áreas em situação irregular com declividades elevadas sobre cicatrizes de mineração encontram-se na mesma unidade de vertentes anteriormente relatada. Dentro da área pública municipal ocupada irregularmente no Padrão em Morros, existia uma cicatriz de mineração.

Essa cicatriz foi totalmente ocupada por residências de baixo padrão, quase não sendo possível identificar nesse período a área minerada. Por se tratar de um agravante quanto à possibilidade de ocorrência de uma situação de risco associada à estabilidade de vertentes e também pela peculiaridade da situação, a mesma foi identificada separadamente.

A ocupação de áreas mineradas ou de empréstimos, sem recuperação, é relativamente freqüente e possibilita a ocorrência de situações de risco em muitas regiões do território brasileiro (INSTITUTO GEOLÓGICO, 1996). A atividade mineral é uma forma específica de uso da terra, que atua intensamente na transformação da morfologia original (através de cortes) e modifica a dinâmica geomorfológica (favorecendo a erosão e, conseqüentemente, o assoreamento dos cursos d'água), potencializando a ocorrência de processos erosivos, movimentos de massa e inundação.

Como anteriormente mencionado, não se observam cicatrizes de movimentos de massa ou de erosões profundas nesses setores, porém são áreas com um tipo de morfodinâmica antropogênica bastante específico.

## **8. Considerações Finais**

Com base no trabalho desenvolvido entende-se que a análise ambiental concebida permitiu aprender os principais efeitos e respostas do ambiente decorrentes do processo de urbanização na área de estudo. A ação antropogenética vem alterando a dinâmica natural da área de estudo, contribuindo na intensificação dos processos de vertentes, dos fluviais, de escoamento concentrado e de assorea-

mento.

Com isso, pode-se afirmar que, em linhas gerais, as alterações ambientais na área de estudo correspondem basicamente a modificações muito significativas na morfologia original e na dinâmica dos processos geomorfológicos, de forma a intensificar suas potencialidades naturais. Porém não trouxe a essa bacia hidrográfica quadros severos de degradação ambiental associados a riscos de natureza geológica, geomorfológica e hidrológica

que coloquem em risco a vida da população. No entanto a intensificação dos processos de erosão e deposição provocaram a criação de novas formas de relevo associadas aos depósitos tecnogênicos, assim como um acentuado nível de degradação na qualidade das águas superficiais. Esses fatos, associados aos ambientes de ocupação inadequada, promovem o surgimento de áreas com elevado comprometimento da qualidade ambiental.

## Notas

1 Entrevista concedida pelo Professor José Leite de Souza, Diretor do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) entre 1961 a 1976. Nesse período, foi concluída a construção da Barragem Mãe d'Água pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS). A barragem foi construída com finalidade de

servir de experimento científico às pesquisas realizadas pelo IPH.

2- A área referente ao município de Porto Alegre pertence em sua totalidade ao Campus Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

## Bibliografia

ALMEIDA, M. S. de. *Porto Alegre no contexto regional: a questão da habitação e do transporte*. In: PANIZZI, W.M.; ROVATTI, J.F (org.) Estudos urbanos: Porto Alegre e seu planejamento, Porto Alegre: Editora Universidade/ UFRGS/ Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 1993, p.321-336.

BONIN, L.C. *A Regularização fundiária e a democratização do solo urbano*. In: PANIZZI, W.M.; ROVATTI, J.F (org.) Estudos urbanos: Porto Alegre e seu planejamento, Porto Alegre: Editora Universidade/UFRGS/Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 1993, p. 337-342.

FERNANDEZ, C. A. & ORDOÑEZ, J.S. *Tentativa de Identificar os Efeitos da Urbanização na Hidrologia do Arroio Dilúvio, na Cidade de Porto Alegre*, Anais do III Simpósio de Hidrologia, Brasília, 1979, p. 612-626.

FRAGOSO-CESAR, A.R.S.; WERNICK, E. e SOLIANI Jr., E. *Associação Petrotectônicas do Cinturão Dom Feliciano (SE da Plataforma Sul-Americana)*. Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia (vol.1), Salvador, 1982, p. 1-12.

FRAGOSO-CESAR, A.R.S.; WERNICK, E. e SOLIANI Jr., E. Evolução Geotectônica do Cinturão Dom Feliciano – Uma Contribuição através da Aplicação do Modelo de Tectônica de Placas. Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia (vol.1), Salvador, 1982, p. 13-23.

INSTITUTO GEOLÓGICO - *Carta de Risco a Movimentos de Massa e Inundação do Município de São Sebastião*, Relatório Técnico, São Paulo: IG, 1996, pp.77

LIMA, C. R. *Urbanização e Intervenções no Meio Físico na Borda da Bacia Sedimentar de São Paulo: uma abordagem geomorfológica*. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Departamento de Geografia/FFLCH, Universidade de São Paulo, 1990.

LIVI, F. P. *Elementos do Clima: o Contraste de Tempos Frios e Quentes* In: Atlas Ambiental de Porto Alegre. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1998, p.73-78.

LOSS, J.E. e KNIJNIK, R. *Aspectos preliminares: os paradigmas para o ano 2000, as premissas utilizadas e a evolução urbana de Porto Alegre*. In: KNIJNIK, R. (org.). Energia e Meio Ambiente em Porto Alegre: bases para o desenvolvimento. Porto Alegre: DMAE, 1994, p. 1-32.

MARTINS, D. P. *Impactos da Chuva no Aglomerado Urbano de Porto Alegre/RS*. Trabalho de Graduação. Porto Alegre: Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000, pp. 76.

MEUCCI, C. R. *Evolução dos Loteamentos na Periferia da Região Metropolitana de Porto Alegre - Viamão*. Trabalho de Graduação. Porto Alegre: Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade federal do Rio Grande do Sul, 1987

MONTEIRO, A. A. F. *Clima* In: Grande Região Sul, Rio de Janeiro: FIBGE (vol.4) Tomo 1, 1968, p. 114-166.

MOURA-FUJIMOTO, N.S.V. *Planejamento Ambiental: abordagem utilizada nas áreas de risco a movimentos de massa no município de São Sebastião – Litoral Norte do Estado de São Paulo*. Porto Alegre: Boletim de Geografia, nº 25, 1999, p.155-164

OLIVEIRA, A.M. S. *Depósitos Tecnogênicos e Assoreamento de Reservatórios. Exemplos do Reservatório de Capivara, Rio Paranapanema, SP/RJ*. Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo (vol. 1), 1994, 211 p.

ORLANDI FILHO, V ; GIUGNO, N.B. *Diagnostico Setorial da Região Metropolitana de Porto Alegre –RS*. Porto Alegre: POA, CPRM, METROPLAN. Série Ordenamento Territorial, Vol. 1, 1994.

PANIZZI, W.M. *Áreas de invasão: lugar de moradia provisória?*. In: PANIZZI, W..M.; ROVATTI, J.F (org.) Estudos urbanos: Porto Alegre e seu planejamento. Porto Alegre: Editora Universidade/UFRGS /Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 1993, p. 337-342.

PELOGGIA, A. *O Homem e o Ambiente Geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no Município de São Paulo*. São Paulo: Editora Xamã, 1998.

PHILIP, R.P. *A Evolução Geológica e Tectônica do Batólito Pelotas, RS*. Tese de Doutorado. São Paulo: Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1998, 371 p.

PORTO, M.F.A. *Aspectos Qualitativos do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas*. In: TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.; BARROS, M.T de (org.). *Drenagem Urbana*. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1995, p. 387-428.

ROSS, J.L.S. *O Registro Cartográfico dos Fatos Geomorfológicos e a Questão da Taxonomia do Relevo*. São Paulo: Revista do Departamento de Geografia 6, FFLCH/USP, 1992, p. 17-29.

SALENGUE, L. G. P. e MARQUES, M. M. *Reavaliação de Planos Diretores: o Caso de Porto Alegre*. In: PANIZZII, W..M. e

ROVATTI, J.F.(org.) *Estudos urbanos: Porto Alegre e seu Planejamento*. Porto Alegre: Editora Universidade/ UFRGS/ Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 1993, p. 155-164.

SANTOS, M. *A Urbanização Brasileira*. São Paulo: Editora Hucitec, 1994.

TUCCI, C. E. M. *Inundações Urbanas*. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. & BARROS, M. T (org.) *Drenagem Urbana*. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1995, p. 15-36.

Concluído em: novembro de 2001.

