

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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ÁREAS DE RISCO GEOMORFOLÓGICO NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO ARROIO CADENA, SANTA MARIA/RS:  
ZONEAMENTO E HIERARQUIZAÇÃO

EDSON LUIS DE ALMEIDA OLIVEIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. LUIS EDUARDO DE SOUZA ROBAINA

PORTO ALEGRE, JULHO DE 2004

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

**ÁREAS DE RISCO GEOMORFOLÓGICO NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO ARROIO CADENA, SANTA MARIA/RS:  
ZONEAMENTO E HIERARQUIZAÇÃO**

**EDSON LUIS DE ALMEIDA OLIVEIRA**

Orientador: Prof. Dr. Luis Eduardo de Souza Robaina

Banca Examinadora: Prof. Dr. Roberto Verdum  
Profa. Dra. Nina S. V. M. Fujimoto  
Prof. Dr. Leandro Eugênio S. Cerri

Dissertação de Mestrado  
apresentada ao Programa de  
Pós-graduação em Geografia  
como requisito para obtenção  
do Título de Mestre em  
Geografia

Porto Alegre, Julho de 2004

## **RESUMO**

Dissertação de Mestrado

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Instituto de Geociências  
Programa de Pós-graduação em Geografia

### **ÁREAS DE RISCO GEOMORFOLÓGICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CADENA, SANTA MARIA/RS: ZONEAMENTO E HIERARQUIZAÇÃO**

Autor: Edson Luis de Almeida Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Luis Eduardo de Souza Robaina

Porto Alegre, Maio de 2004

O presente trabalho consiste no zoneamento e hierarquização das áreas de risco geomorfológico identificadas na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria – RS. Para alcançar os objetivos propostos foram coletadas informações socioeconômicas e ambientais da área estudada. Desta forma construí-se a base cartográfica e o banco de dados gerenciados por um SIG (SPRING). A metodologia utilizada permitiu o cruzamento das variáveis ambientais consideradas (declividade, geologia, rede hidrográfica) com o Padrão Urbano da Bacia Hidrográfica e a ocorrência de eventos/acidentes, possibilitando identificar quatro situações de risco: Iminente, alto, médio e baixo. Os processos da dinâmica superficial que provocam circunstâncias de risco estão relacionadas em maior proporção a dinâmica fluvial, já os processos vinculados a dinâmica das vertentes provocam risco em menor proporção na área estudada. As áreas com maiores riscos estão associadas as áreas planas do curso principal do Arroio de Cadena. Os riscos mais comuns são as inundações/alagamentos e as erosões de margem. Estes eventos acontecem em função das ocupações desordenadas ao longo do canal. O mapa de risco geomorfológico foi construído em função dos seguintes parâmetros: morfologia, características geológicas - geotécnicas, declividade, ocupação do solo e os perigos associados. As intervenções estruturais realizadas pelo poder público municipal ao longo do tempo, inclusive com mudanças no curso do arroio não conseguiram conter a expansão das áreas de risco na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, apenas mudaram-nas de lugar.

Palavras – chaves: Áreas de Risco, Geomorfologia, Bacia Hidrográfica.

## **ABSTRACT**

Dissertação de Mestrado

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Instituto de Geociências

Programa de Pós-graduação em Geografia

### **AREAS OF RISK GEOMORPHOLOGIC IN CADENA CREEK'S DRAINAGE BASIN, SANTA MARIA - RS: ZONING AND HIERARCHIZATION**

Autor: Edson Luis de Almeida Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Luis Eduardo de Souza Robaina

Porto Alegre, Maio de 2004

The present work consists of the zoning and hierarchization of the risk areas identified in Cadena Creek's drainage basin, Santa Maria - RS. For to reach the proposed objectives, socioeconomic and environmental information of the area were collected in this study. This way we were built the cartographic base and the database managed by a SIG (SPRING). The methodology used permitted to weigh environmental variables with urban drainage basin and the hazards occurrences, was possible to identify four risk situations: Imminent, high, medium and low. The superficial dynamics processes that cause risk have large relationship with the fluvial dynamics, while the linked processes the dynamics of the slopes to cause risk in smaller proportion in the studied area. The areas with the largest risks were identified and are associated to flat surfaces on the border of the principal course of the Cadena Creek. The most common hazards are the floods and the erosion from riverside. This events occur associated with disorderly occupations and houses are jerry-built. The Geomorphologic risk map, was built up by zoning units considering the following parameters: morphology, geologycal-geotetchnical characteristics, slope gradients, activities of man and the hazards associated. The structural interventions accomplished by the municipal public power along the time, besides with changes in the course of the stream didn't get to contain the expansion of the risk areas in Cadena Creek's Drainage Basin, they just changed them of place.

Keywords: Risk Areas, Geomorphology, Drainage Basin.

“Mudar a sociedade”, “mudar a vida” nada significa se não houver produção de um espaço apropriado.  
Lefebvre

## 1. Introdução

O processo que vem ocorrendo nas últimas décadas e que está provocando profundas alterações espaciais e, sobretudo alterando a vida da população é a urbanização. Esse processo, complexo, compreende dois aspectos: um quantitativo, o aumento da população das cidades e do número destas (médias e pequenas); e outro qualitativo, relacionado ao modo de vida e de trabalho, característicos da sociedade industrial. Essas mudanças decorrem das profundas alterações produtivas baseadas na transição da produção centrada no campo, para outro padrão baseado na indústria, comércio e serviços.

Conforme Lefebvre (1999) a urbanização é um processo global e irreversível que atingirá a maior parte da humanidade, das mais diversas regiões, já que a sociedade urbana virtual hoje se tornará a sociedade real amanhã.

No Brasil, situado na periferia do sistema capitalista, ou na parte sul do planeta, conforme atual divisão socioeconômica mundial, a urbanização é mais recente, mas é um fenômeno que vem se ampliando continuamente, em virtude do êxodo rural, motivado pelas profundas transformações ocorridas no campo, como a mecanização, a concentração fundiária, e o fetiche produzido pela cidade capitalista relacionado à melhoria de condição de vida nas áreas urbanas.

A crescente demanda por áreas para fins urbanos, vem provocando o crescimento das cidades, na maioria das vezes com uma forma de planejamento que não contempla a cidade como um todo, apenas fragmentos desta, e em muitos casos em locais não apropriados para este fim.

Sendo um processo acelerado, principalmente nos países periféricos, vem provocando algumas conseqüências, entre elas, uma que merece grande destaque: a segregação urbana, responsável pela construção de paisagens diferenciadas segundo os padrões sociais e fluxos produtivos.

Surgem assim os condomínios residenciais, bairros populares, favelas e cortiços, zonas comerciais e de escritórios, áreas industriais, áreas de comércio especializado, zonas de tráfico, guetos, e um de seus aspectos mais negativo, a instalação de áreas de risco. Nas grandes cidades, este processo é mais evidente, mas sua ocorrência não se restringe as metrópoles, também ocorrem nas cidades pequenas e médias, onde o processo global de realização do capital também se materializa, embora com intensidade diferente.

Estas áreas, geralmente são ocupadas pela classe social mais empobrecida, pondo em risco suas poucas propriedades e inclusive a vida dos que ali se estabelecem.

Na cidade de Santa Maria, como em várias outras cidades brasileiras, a má distribuição de renda, e por conseqüência a concentração fundiária urbana, levou a um processo de segregação sócio-espacial que originou vários loteamentos estabelecidos em áreas geomorfológicamente impróprias, muitas destas inseridas dentro da Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, que drena a maior parte da área urbana.

Como geralmente aquelas áreas onde a susceptibilidade natural é maior em desenvolver áreas de risco, face ao processo de urbanização desigual, pois são postas em segundo plano pelo mercado imobiliário urbano, atraindo parcela da população que não dispõem de recursos para adquirir um pedaço de solo na chamada cidade legal.

Sendo assim, o conhecimento detalhado do estabelecimento de áreas de risco na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena é essencial para qualquer atividade de planejamento urbano que realmente tenha por objetivo uma democratização dos “espaços” da cidade e que procure melhorar a qualidade de vida dos que nela habitam.

Portanto este trabalho tem por objetivo central identificar, setorizar e hierarquizar as áreas de Risco Geomorfológico na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena que drena parte da cidade de Santa Maria/RS, servindo como instrumento de interesse público para fins de planejamento.

Para tanto se torna necessário identificar as áreas susceptíveis quando ocupadas a desenvolver algum tipo de Risco Geomorfológico dentro da Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena; construir um banco de dados em ambiente de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), para obter informações

referentes ao uso e ocupação do solo, declividade, rede hidrográfica, substrato geológico, unidades do relevo, tendo por finalidade realizar o zoneamento de Risco Geomorfológico; hierarquizar os graus de risco conforme sua ocorrência, possibilitando a confecção de um Mapa das Áreas de Risco Geomorfológico para Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena.

## **2. Fundamentação Teórica**

### **2.1 Processos Geomorfológicos: Dinâmica das Vertentes e Dinâmica Fluvial**

Vários são os processos que atuam sobre a superfície da terra e que são responsáveis pelo esculptamento das formas de relevo, tais como: erosão, movimentos de massa, (rastejos, corridas, quedas de blocos, escorregamentos), cheias, enchentes.

Christofolletti (1979) refere-se aos processos morfogenéticos como os responsáveis pela esculptação das formas de relevo, representando uma ação dinâmica externa sobre as vertentes.

Segundo Infanti, Jr & Forsinari Filho (1998) citando Embleton & Thornes (1979) estes definem que em geomorfologia, os processos configuram as ações dinâmicas ou eventos que envolvem forças de vários gradientes, sendo a chuva, ondas, rios, marés, vento, gelo, os agentes mais importantes. Esses processos são portadores de uma certa complexidade, refletindo a interligação entre variáveis como clima, geologia, morfologia, como também evolução no tempo.

Constata-se a partir do exposto que existe uma complexidade espaço – temporal na manifestação de tais processos, e que suas implicações variam de acordo com a escala e o período de análise.

Marques (1998: 26) ressalta que “um processo ou um conjunto de processos geomorfológicos, que se interligam ou interagem, quando ativados, são identificados e caracterizados por executar tipos de ações que se repetem, obedecendo a comportamentos que lhes são peculiares. A dinâmica de seus trabalhos é atrelada às frequências, intensidades e magnitudes que norteiam o modo de sua atuação”.

Desta forma, Infanti, Jr & Forsinari Filho (1998) evidenciam que os processos da dinâmica superficial do planeta, constitui-se no resultado de múltiplas interações entre fatores físicos, químicos e biológicos, e mais recentemente o homem torna-se um forte agente interventor em tais processos. O que se costuma classificar como ação antrópica, resultado dos aspectos socioeconômicos, culturais e tecnológicos, essa intervenção humana para os



geólogos russos de acordo com Rhode (1996:120) constitui-se em um novo período da história evolutiva da terra o que eles denominaram de “Quinário” ou “Tecnógeno”, assim “o Quaternário seria o período do aparecimento do homem e o Quinário, o homem sobrepondo-se em relação à natureza”.

Oliveira *apud* Rhode (1996) reforça a idéia de que no período atual que a intervenção humana passa a ser diferenciada qualitativamente em relação à atividade biológica na modelagem da Biosfera, desencadeando processos (tecnogênicos) intensivamente superior aos processos naturais.

### **2.1.1 Dinâmica das vertentes**

A dinâmica das vertentes está associada aos processos de transporte de massa e aos movimentos de massa.

Por transporte de massa entende-se a ação da erosão atuando nas vertentes. Sendo um processo natural, sua atuação após um longo período de tempo é responsável pelas modificações nas formas de relevo, e conseqüentemente seu reflexo na paisagem.

Salomão & Iwasa *apud* Infanti, Jr & Forsinari Filho (1998:134) definem por erosão o processo de desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas, pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e organismos (plantas e animais).

Portanto é possível distinguir duas formas de abordagem para os processos erosivos: “erosão natural ou geológica, erosão que se desenvolve em condições de equilíbrio com a formação do solo, e erosão acelerada ou antrópica, cuja intensidade é superior à da formação do solo, não permitindo a sua recuperação natural” Infanti, Jr & Forsinari Filho (1998:134).

Holly *apud* Holanda (2001), conceitua erosão como sendo a manifestação da deterioração da superfície do solo afetada por forças externas, particularmente água, gelo, vento e o homem como o fator antropogênico de relevante importância.

De acordo com Fendrich (1991) este conceitua erosão como um processo que se traduz na desagregação, transporte e deposição do solo, sub – solo e rocha em decomposição, pelas águas, ventos ou geleiras. É a desagregação, transporte e deposição dos materiais dos horizontes superficiais

e profundos do solo, provocando o seu rebaixamento. A erosão é comumente diferenciada de acordo com o agente erosivo (vento, água, gelo, gravidade, etc) tipo ou origem (erosão por embate, erosão laminar, erosão em córregos, erosão em sulcos profundos ou ravinas, etc.) e natureza (geológica e acelerada).

Quanto à natureza, a erosão pode ser classificada como geológica ou normal, define-se como a que normalmente ocorre na superfície terrestre sob condições naturais ou não perturbadas. Inclui os processos de desagregação e remoção de materiais pelo vento, água, gelo e gravidade, enquanto a erosão acelerada é definida “como o aumento da taxa de erosão sobre a erosão geológica ou normal, em decorrência da quebra do equilíbrio do meio ambiente pelas atividades humanas” Fendrich (1991:18).

Este aumento na taxa de erosão natural deve-se ao fato da intervenção humana, como a retirada da vegetação natural, expondo o solo e deixando-o desprotegido contra o impacto da chuva, assim como as práticas decorrentes, agricultura predatória, principalmente com cultivos inadequados.(op. cit).

Desta forma a erosão torna-se um processo acelerado e as produções de sedimento aumentam geometricamente afetando a dinâmica fluvial.

O crescente incremento de sedimentos, provoca o gradual assoreamento dos leitos fluviais, intensificando o desbarrancamento ou desmoronamento das margens, em vista que desencadeará a diminuição da profundidade do leito fluvial, produzindo modificações significativas na forma do canal, originando um grande número de bancos de sedimentos, que recebem o nome de soleiras.

Fendrich (1991) exemplifica que no território brasileiro os fenômenos erosivos desenvolvem-se de forma mais acentuada nos sedimentos arenosos da Bacia do Paraná, e formações terciárias ou quaternárias de natureza coluvial ou aluvial, essas formações são susceptíveis a erosão, podendo originar voçorocas de grandes dimensões geométricas quando a espessura desse capeamento é considerável (op. cit)

A erosão causada pela chuva compreende os seguintes mecanismos: impacto das gotas d'água sobre o solo, causando sua desagregação, isso significa que quanto maior for a força cinética e o tamanho das gotas de chuva maior será a capacidade de desagregar as partículas do solo, e dependendo

da estrutura deste, se menor for à agregação destas partículas tanto maior será o efeito desagregador; remoção dos materiais e conseqüente transporte pelo fluxo superficial, o transporte termina no momento em que os sedimentos são assentados, formando depósitos de assoreamento, a contribuição de Guerra *et al* (1999) fornece elementos para o entendimento do processo erosivo.

Dois tipos de erosão podem se desenvolver de acordo com o tipo de escoamento superficial que se desenvolve ao longo da vertente: Erosão laminar ou em lençol, causada pelo escoamento difuso das águas das chuvas, resultando na remoção progressiva e uniforme dos horizontes superficiais do solo, e a erosão linear, causada pela concentração das linhas de fluxo das águas de escoamento superficial, resultando em pequenas incisões na superfície do terreno, em forma de sulcos, que pode evoluir, por aprofundamento, para ravinas Infanti, Jr & Forsinari Filho (1998).

Para Guerra (1998:180) as ravinas desenvolvem-se quando “a velocidade do fluxo de água aumenta na encosta, provavelmente para velocidades superiores a 30 cm/s (Ellison, 1947), tornando o fluxo turbulento”.

Além dos processos erosivos superficiais, estes podem ocorrer também relacionados aos fluxos de águas subsuperficiais, incluindo-se o lençol freático, podendo dar origem a feições erosivas classificadas como voçorocas ou boçorocas, estas possuidoras de extrema complexidade e quando se desenvolvem em áreas urbanas são causadoras de grandes prejuízos (op. cit.).

Conforme Fendrich (1991:19) pode-se dizer que “a voçoroca é um processo erosivo semi – superficial de massa, face ao fenômeno global da erosão superficial e, ao desmonte de maciços de solo dos taludes, ao longo dos fundos de vale, ou de sulcos realizados no terreno”.

Salomão & Iwasa *apud* Infanti, Jr & Forsinari Filho (1998) ressaltam que a voçoroca é palco de diversos fenômenos: erosão superficial, erosão interna, solapamentos, desabamentos e escorregamentos, que se conjugam e conferem a esse tipo erosão característica de rápida evolução e elevado poder destrutivo.

Guerra (1998) resalta um processo que pode dar origem a grandes voçorocas, estando relacionado ao desenvolvimento de tubos ou túneis (piping) “que são grandes canais abertos em subsuperfície, com diâmetros que variam de poucos centímetros até vários metros” processo relacionado ao próprio

intemperismo, que sob condições geoquímicas e hidráulicas especiais provoca a dissolução e transporte dos minerais em subsuperfície. (op. cit.)

Esses processos erosivos são fortemente condicionados por fatores, naturais (substrato geológico, solo, vegetação, clima, relevo) e humanos, em áreas rurais relacionados ao mau uso dos recursos naturais, e no meio urbano relacionados principalmente aos processos decorrentes da urbanização (impermeabilização do solo, mudanças na micro e macro-drenagem).

De acordo com Infanti, Jr & Forsinari Filho (1998), o processo de desenvolvimento de erosão linear profunda em áreas urbanizadas, associa-se ao direcionamento das águas superficiais através das ruas, galerias pluviais e de esgotos, que quando lançadas diretamente de forma inadequada nos talwegues receptores, podem resultar na abertura de grandes ravinas e até mesmo de voçorocas.

### **2.1.2 Fatores condicionantes do processo erosivo**

O impacto da água da chuva sobre a superfície do solo provoca a desagregação das suas partículas constituintes, variando conforme a velocidade e energia do evento pluviométrico, como também de sua distribuição e duração. Originando, portanto um fluxo concentrado que vai carrear os materiais desagregados.

Relacionando com o fator clima, Fendrich (1991:22) evidencia que com base no índice de Classificação Internacional de Climas de Köppen, “as regiões mais atingidas pela erosão, são caracterizadas pelas classes de climas úmidos, tropical quente e temperado, (Cwa e Aw) e Cfa, com inverno seco e verão chuvoso, respectivamente”.

Sendo que um fator como o solo, por sua vez, em função de sua ampla variabilidade espacial, introduz uma grande variedade de condições que influenciam as taxas de infiltração e, portanto, as taxas de escoamento superficial e de erosão. Os solos arenosos sofrem mais a ação das águas, e este tipo de solo possui pequena resistência à força de arrasto.(op. cit.)

Segundo Fendrich (1991:20) “nos solos argilosos (textura fina), já ocorre o inverso, a infiltração é menor que nos solos arenosos, acarretando grandes volumes de enxurradas, porém, com menor arrastamento de terra”.

De acordo com o mesmo autor os fatores mais importantes que irão influenciar na resistência do solo à erosão são: (a) estrutura; (b) estratificação; (c) permeabilidade; (d) teor de umidade; (e) textura; (f) composição; (g) tipo e extensão da cobertura; e (h) declividade do terreno.

Bertoni & Lombardi Neto *apud* Infanti, Jr & Forsinari Filho (1998:135-136), destacam que entre as principais propriedades do solo, que conferem maior ou menor resistência à ação erosiva das águas, ou seja, a erodibilidade, destacam-se a textura, a estrutura e a permeabilidade.

Pois desta forma:

A textura, ou seja, o tamanho das partículas, influi na capacidade de infiltração e absorção d'água da chuva, interferindo no potencial de enxurradas no solo, e também na maior ou menor coesão entre as partículas. A estrutura, ou seja, o modo como se arranjam as partículas do solo, influi na capacidade de infiltração e absorção da água da chuva, e na capacidade de arraste de partículas do solo.

Espessura. Solos rasos permitem rápida saturação dos horizontes superficiais, permitindo o desenvolvimento de enxurradas e, conseqüentemente, maior incidência de erosões. Infanti, Jr & Forsinari Filho (1998).

Outro fator importante e que interfere de forma significativa em relação ao desencadeamento de processos erosivos, é a cobertura vegetal, que de certa forma é um dos mecanismos naturais de proteção do solo mais importante para conter a erosão. Para Fendrich (1991) a cobertura vegetal influencia as taxas de escoamento superficial e erosão mais que qualquer outro fator físico individual.

O mesmo autor destaca que:

a planta, pelas raízes e copadas, amortecem a queda das gotas d'água, diminuindo o impacto sobre o solo (controlam a desagregação): pelos seus troncos e raízes, dificultam o caminhamento das águas, obrigando a se infiltrar lentamente, evitando que ganhem velocidade; pelas suas raízes "amarram" a terra, dificultando a sua soltura e arraste; pela incorporação de matéria orgânica e abertura de galerias pelas raízes, dão ao solo condições para que melhor absorva e retenha a água" Fendrich (1991:20)

A influência do relevo é outro fator importante na intensidade erosiva principalmente, pela declividade e comprimento da vertente. Os terrenos com maiores declividades e maiores comprimentos de rampa apresentam maiores velocidades do escoamento superficial e, conseqüentemente, maior capacidade erosiva, mas uma encosta com baixa declividade e comprimento de rampa grande também pode ter alta intensidade erosiva, desde que sujeita à grande vazão do escoamento das águas superficiais. Infanti, Jr & Forsinari Filho (1998:135).

E sem dúvida um dos principais condicionantes dos processos erosivos esta relacionado ao substrato rochoso, associado “à intensidade do intemperismo e á natureza da alteração e grau de fraturamento, condicionam a suscetibilidade do material à erosão. As principais áreas de ocorrência de boçorocas no país esta associada a ocorrência das formações geológicas sedimentares”. Infanti, Jr & Forsinari Filho (1998:136)

O fator antrópico relaciona-se principalmente com a retirada da cobertura vegetal original; agricultura praticada irracionalmente com manuseio impróprio; formação de pastos com alta densidade de animais; abertura de valetas, perpendicular às curvas de nível; abertura de estradas, sem o devido cuidado na execução das necessárias obras de drenagem; execução de loteamentos, sem os devidos cuidados anteriores e, com inobservância das práticas e normas racionais de conservação do solo, e de controle da erosão, Fendrich (1991).

### **2.1.3 Erosão em áreas urbanas**

A erosão urbana constitui-se atualmente em um dos grandes problemas ambientais enfrentados pela sociedade moderna. Resultado da ocupação caótica do espaço sem um prévio planejamento torna-se visível através da evolução da erosão laminar, em sulcos e ravinas e na sua forma mais destrutiva que é a evolução para voçorocas, originadas pelo constante aumento da impermeabilização dos solos e conseqüentemente aumento na quantidade e na velocidade do escoamento superficial direcionados

principalmente pelas vias públicas. Esta forma acelerada de erosão coloca em risco as próprias edificações como também os equipamentos urbanos.

De acordo com Pontes *apud* Almeida Filho (1999) os principais fatores que influem na erosão das áreas urbanas são:

- vazão da corrente de água;
- declividade do terreno; e
- a natureza do terreno.

Segundo Almeida Filho (1999) as principais causas do desencadeamento e da evolução dos processos erosivos nas áreas urbanas podem ser destacados:

- A maioria dos loteamentos populares e conjuntos habitacionais não conta com sistemas de drenagem de águas pluviais e servidas, ou, quando os tem, são deficientes.
- Sistema viário, de maneira geral, tem implantação inadequada, com ruas perpendiculares às curvas de nível, ausência de pavimentação, guias e sarjetas.
- Expansão urbana descontrolada, com a implantação de loteamentos e conjuntos habitacionais em locais não apropriados, sob o ponto de vista geotécnico e agravado pela deficiência de infra-estrutura.(op. cit.)

Com segurança podemos afirmar que os processos erosivos em áreas urbanas são dentre os processos da dinâmica superficial que recebem maior incremento pelas atividades da sociedade e são causadores de grandes despesas para os cofres públicos, pois as ações corretivas nestes casos nem sempre é possível de ser realizada em função da dinâmica da produção do solo urbano que foge completamente as diretrizes estabelecidas nos Planos Diretores da maioria das cidades brasileiras; quando alguma medida estrutural se torna indispensável para conter o avanço do processo erosivo em função deste estar colocando não somente em risco a infra-estrutura urbana como

também a vida de seus habitantes, poucos Municípios tem condições de arcar com tais despesas.

#### **2.1.4 Movimentos de Massa**

Os movimentos naturais que atuam de forma significativa na esculturação da paisagem, são geralmente classificados como movimentos de massa ou movimentos do regolito como expôs Christofolletti (1979), escorregamentos, rastejos, corridas, quedas de bloco, ou seja, remobilização do material oriundo do intemperismo que envolve uma série de condicionantes, sendo os mais importantes a declividade; estrutura rochosa e forma da vertente. Estes processos quando se desenvolvem em ambientes onde a ação humana se encontra presente, pode ocasionar grandes perdas econômicas como também vitimar as populações envolvidas. Infelizmente estes fatos não são tão raros, como seguidamente são referenciados pela mídia nacional os acidentes que acontecem nas escarpas serranas da região sudeste, principalmente no Estado do Rio de Janeiro. Pois segundo Fernandes & Amaral (1998:125), “o Brasil, por suas condições climáticas e grandes extensões de maciços rochosos, está sujeito aos desastres associados aos movimentos de massa nas encostas”.

Como evidencia Macedo *et all* (1999) entre os anos de 1988 a 1999 o número de vítimas fatais ocasionadas por escorregamentos e processos correlatos no Brasil atingiu a soma de 991 mortes. Sendo o Estado do Rio de Janeiro o que apresentou o maior número de vítimas fatais, (346), seguido por São Paulo (188); Bahia (170); Minas Gerais(152); Pernambuco (84); Santa Catarina (20); Espírito Santo (16); Mato Grosso do Sul (9); Rio Grande do Sul (3); Paraná (2) e Amazonas (1). (op. cit.)

Para Fernandes & Amaral (1998), existem vários tipos de movimentos de massa, nos quais é grande a variedade de processos, materiais e condicionantes diversos. A variedade do tipo de material envolvido, a velocidade e o mecanismo do movimento, o modo de deformação, como a geometria da massa movimentada e a quantidade de água, são critérios utilizados para diferenciar os movimentos de massa.(op. cit.)



Conforme evidenciam os autores devido a complexidade que tais movimentos engendram, não é raro as distintas terminologias empregadas como também conflitos entre elas.

A nível internacional os conceitos utilizados pelos pesquisadores, classificação esta proposta pelo Grupo Internacional do Inventário Mundial de Deslizamentos, para garantir as mesmas terminologias, são os seguintes: *quedas, escorregamentos, corridas, tombamentos e espraiaamentos*. No Brasil, destacam-se, entre outros os trabalhos desenvolvidos por Freire(1965), Christofolletti (1979), Guidicini & Nieble (1984) e IPT (1991), Fernandes & Amaral (1998).

A classificação dos movimentos de massa proposta pelo IPT (1991) apresenta uma a praticidade e operacionalização dos conceitos, tendo em vista a velocidade do desenvolvimento destas áreas de risco nos centros urbanos. Sendo assim de acordo com IPT (1991):

#### **2.1.4.1 Rastejos**

“Os rastejos são movimentos lentos, cujo deslocamento resultante ao longo do tempo é mínimo (poucos centímetros por ano), podendo ser contínuos ou pulsantes, estando associado a alterações climáticas sazonais (umedecimento e secagem). Este processo não apresenta superfície de ruptura bem definida (plano de movimentação), ou seja, os limites entre a massa em movimentação e o terreno estável são trancisionais”. (op. cit.:17)

#### **2.1.4.2 Escorregamentos**

“Os escorregamentos são processos marcantes na evolução das encostas, caracterizando-se por movimentos rápidos, limites laterais e profundidade bem definidos (superfície de ruptura). Os escorregamentos podem movimentar solo, solo e rocha ou apenas rocha. A geometria destes movimentos pode ser circular, planar ou em cunha, em função da existência ou não de estruturas ou planos de fraqueza nos materiais movimentados, que condicionem a formação das superfícies de ruptura. Um tipo de escorregamento comum em encostas ocupadas é o escorregamento induzido,

ou seja, aquele cuja deflagração é potencializada pela ação antrópica e que, muitas vezes, mobiliza materiais produzidos pela própria ocupação (aterro, entulho, lixo etc). Os escorregamentos podem ocorrer isoladamente no tempo e no espaço (escorregamentos esparsos), ou simultaneamente (escorregamentos generalizados), afetando áreas consideráveis das encostas. O principal agente deflagrador destes processos são as chuvas. Os índices pluviométricos críticos variam de acordo com a região, sendo menores para os escorregamentos induzidos e maiores para os escorregamentos generalizados”. (op. cit.:19)

#### **2.1.4.3 Quedas**

Os movimentos de queda são extremamente rápidos (da ordem de m/s) e envolvem blocos e/ou lascas de rochas em movimento tipo queda livre.). (op. cit.:21)

#### **2.1.4.4 Tombamentos**





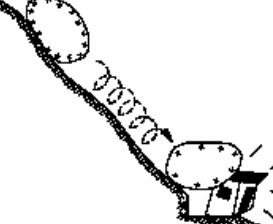

Estes movimentos, também conhecidos como movimentos de basculamento, acontecem em encostas/taludes íngremes de rocha, com descontinuidades (fraturas, diáclases) verticais. (op. cit: 21)

#### **2.1.4.5 Corridas de massa**

“Os processos de corridas de massa são gerados a partir de um grande aporte de material para as drenagens. Este aporte, combinado com um determinado volume d’água, acaba formando uma massa com um comportamento de líquido viscoso, de alto poder destrutivo e de transporte, e extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas. As corridas de massa são causadas por índices pluviométricos excepcionais, sendo mais raras que os demais processos abordados anteriormente, porém de conseqüências destrutivas muito maiores.” (op. cit.:23)

A Figura 1 a seguir representa os principais movimentos de massa, e suas características.

Figura 1: Principais tipos de Movimento de Massa

Tipos	Características	
Escorregamentos	velocidades médias e altas; podem movimentar pequenos a grandes volumes de solo, rocha e detritos; podem ser de três tipos.	planar  circular  cunha 
Rastejo	velocidades muito baixas; podem movimentar solo, rocha, depósitos; Exemplos: caminhos de vaca nas encostas.	
Quedas	velocidades altas; movimentam principalmente material rochoso; podem ser rolamento de matacão, tombamento e quedas livres de lascas e blocos rochosos.	
Corridas	velocidades médias a altas; alto poder de destruição; mobilizam grandes volumes de solo, rocha e detritos; desenvolvem-se ao longo de drenagens, com grande raio de alcance.	

Fonte: Curso para Administração de emergências para Municípios, São Paulo (2001).

## 2.2 Dinâmica Fluvial: Inundações/Alagamentos e Erosão das Margens

Outro processo de suma importância que atua sobre a superfície terrestre está relacionando com as águas de superfície e conseqüentemente com a dinâmica fluvial. O ciclo hidrológico é o sistema representativo e que demonstra as formas de ocorrência dos processos que envolvem a água (evapotranspiração, condensação, precipitação, infiltração e escoamento superficial).

O escoamento superficial ou deflúvio é a parcela que corresponde a água precipitada que permanece na superfície do terreno, sujeita à ação da gravidade. Jorge & Uehara (1998).

Neste trabalho os processos que serão analisados são aqueles relacionados com o escoamento superficial e seu impacto sobre a macro e micro drenagem urbana, em função deste processo natural originar uma série de fenômenos desencadeadores de risco, sendo as inundações/alagamentos os processos que serão aqui analisados. Desta forma torna-se necessário estudar os impactos resultantes do escoamento superficial no sistema fluvial.

De acordo com Cunha (1998) a Geomorfologia Fluvial é um dos ramos da Geomorfologia que estuda os cursos d'água como também o das bacias hidrográficas. Sendo o primeiro aquele estudo que se detém nos processos fluviais e nas formas resultantes do escoamento das águas, e o segundo considera as principais características das bacias hidrográficas que condicionam o regime hidrológico. Segundo a autora estes se interligam com a estrutura geológica, as formas do relevo, características hidrológicas, uso e ocupação do solo, entre outras.

Para Christofolletti (1979:65) a Geomorfologia Fluvial “interessa-se pelo estudo dos processos e das formas relacionadas com o escoamento dos rios”.

Onde a função dos rios é o escoamento fluvial, que integra o ciclo hidrológico, alimentado pelo escoamento das águas superficiais e contribuição das águas subterrâneas. O escoamento fluvial compreende a quantidade total de água que chega até os cursos d'água (op. cit.).

Os tipos de leitos fluviais, que correspondem ao espaço que é ocupado pelo escoamento das águas, de acordo com Tricart *apud* Cunha (1998), estes mudam de acordo com as descargas e conseqüente topografia dos canais fluviais, podendo ser classificados em leito menor, de vazante, maior e maior excepcional.

Sendo o leito menor a parte do canal ocupada pelas águas, cuja frequência impede que a vegetação se desenvolva, sendo delimitado por margens bem nítidas (op. cit.). O leito de vazante, de acordo com Cunha (1998:213): “equivale à parte do canal ocupada durante o escoamento das águas de vazante. Suas águas divagam dentro do leito menor seguindo o talvegue”.

Quanto ao leito maior, que também recebe as denominações de maior periódico ou sazonal, é a aquela parte do rio que durante as cheias é ocupada

pelas águas, enquanto o leito maior excepcional é ocupado pelas águas durante as grandes cheias, quando ocorrem as enchentes (op. cit.).

Para Christofolletti (1981) "o estudo sobre as cheias abrange a análise das freqüências relacionadas com os débitos mais elevados que anualmente ocorrem em determinada seção transversal". Para o autor o termo *cheia* "refere-se ao maior débito diário que ocorre em cada ano, independente do fato de causar ou não, inundação. Cada cheia, portanto, representa um evento anual".

De acordo com Monkhouse *apud* Francisco (1993:263), este define que "inundação significa o alagamento de uma área que não está normalmente coberta com água, em decorrência da elevação temporária do nível do rio, lago ou mar".

Desta forma pode-se inferir que o processo que resulta no fenômeno de inundação refere-se a uma incapacidade do canal escoar normalmente o seu fluxo, quando ocorre um incremento da vazão, conseqüentemente o excesso de água irá ocupar as áreas planas adjacentes a margem do canal.

Cerri (1999) refere-se as enchentes, inundações e alagamentos como processos hidrológicos que afetam muitas das cidades brasileiras. O referido autor classifica enchente como: "elevação do nível normal de água de um rio, sem extravassamento da água para fora do canal principal" e referindo-se as inundações, este classifica como um tipo particular de enchente que se caracteriza pelo extravassamento da água para fora do canal principal do rio, atingindo áreas que normalmente são secas, Cerri (1999:141).

Quanto a abrangência das enchentes e inundações estas podem ser em âmbito regional, que estão associadas a um episódio pluviométrico de longa duração, de dias ou semanas, afetando áreas extensas e com tempo de recorrência de alguns anos (op. cit.).

E também aquelas que se dão ao âmbito local, geralmente provocada por chuvas de curta duração e de alta intensidade, afetando algumas parcelas da área urbana, estas ocorrem várias vezes ao ano, principalmente na época das chuvas, em geral estas enchentes e inundações localizadas tem um tempo de duração de algumas horas e com rápida redução da área que foi inundada (op. cit.).

Os alagamentos segundo Cerri (1999:141), são processos que:

caracterizam-se por não estarem ligados às drenagens( como as enchentes e as inundações), sendo decorrentes de uma incapacidade de drenagem das águas de chuva, em razão da topografia muito suavizada, da insuficiência ( ou inexistência) dos sistemas de captação de águas pluviais, ou de ambas. Em termos gerais, têm características semelhantes às das enchentes e inundações localizadas.

Para Tucci (1995) as inundações em áreas urbanas podem ocorrer devido as dois processos, as enchentes em áreas ribeirinhas, que são as enchentes naturais que atingem a população que ocupa os leitos dos rios, em função de um mau planejamento do uso do solo, e em função da urbanização, que são aquelas enchentes provocadas pelo processo de urbanização.

Tucci (1995:19) ressalta que as inundações localizadas podem ocorrer em função de determinados fatores, tais como:

o estrangulamento da seção do rio devido a aterros e pilares de pontes, estradas, aterros para aproveitamento das áreas, assoreamento do leito do rio e lixo; remanso devido a macrodrenagem... erros de execução e projeto de drenagem de rodovias e avenidas, entre outros.

Desta forma constata-se que um dos processos que mais recebe influência da urbanização são as inundações/alagamentos, pois em muitos casos onde se processa a expansão do solo, por incorporação de áreas periféricas ao núcleo urbano, em locais onde a situação do terreno necessita de obras corretivas para que não ocorram futuros problemas, estas áreas são ocupadas de forma caótica, onde não se considera o fluxo das águas pluviais e nem as características de saturação de água pelo substrato (se há indícios de acúmulo de água quando ocorrem episódios de chuva de curta duração).

Na maioria dos casos as inundações acontecem quando os leitos maior e o maior excepcional são ocupados pela população.

Sendo que a ausência de cheias por um determinado período estimula a população a avançar em direção as margens fluviais.

Além das inundações as margens estão sujeitas aos processos de erosão provocados pelas águas que correm no canal, esta se manifesta tanto fundo do canal como nas paredes deste, em muitos, onde a ocupação se estabelece próximo as margens, além do risco de acontecer inundações podem acontecer movimentos coletivos de massa nas margens do rio ou erosão das margens, isso acontece por desconfinamento das partes inferiores das margens, que pela erosão do cursos d'água perde sua base de sustentação.

Nunca é demais ressaltar que a inundação é um fenômeno natural, e que seus efeitos tornam-se danosos em função da ocupação humana se estabelecer em áreas susceptíveis, (Cooke & Doornkamp, 1974).

Neste trabalho o uso do termo inundação corresponde aquele empregado por Cerri (1999) quando refere-se ao extravasamento das para fora do canal, atingindo áreas que normalmente são secas.

### **2.2.1 A Bacia Hidrográfica**

Botelho (1999:269) caracteriza como Bacia Hidrográfica “uma unidade natural de análise da superfície terrestre, onde é possível reconhecer e estudar as inter-relações existentes entre os diversos elementos da paisagem e os processos que atuam em sua esculturação”.

Considera assim a Bacia como um ‘sistema aberto’ com entrada e saída de energia uma vez que a água se inter-relaciona com outros recursos naturais como solo, vegetação, litologia e estrutura das rochas, não podendo ser separada do meio ambiente e que qualquer mudança nele introduzida poderá afetar sua quantidade e qualidade.

Percebe-se que a tendência de trabalhos que envolve a questão ambiental tem na bacia hidrográfica um campo de análise onde é possível operacionalizar conceitos da dinâmica natural, seja ela de vertente ou fluvial, com a inserção das atividades humanas, o que implica em uma interligação completa entre ambos sistemas, o físico com sua dinâmica própria e o socioeconômico com toda sua intensidade de transformação.

No Brasil com a política Nacional de Recursos Hídricos , Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1998 estabelece em seus conceitos Básicos a utilização da Bacia Hidrográfica como unidade de Planejamento e Gestão.

De encontro a isso, ressalta-se a importância que assume o mapeamento cartográfico via SIGs (Sistema de Informações Geográficas) no fornecimento e na construção de um banco de dados básico para o conhecimento atual da rede drenagem, formas do relevo, geologia, uso e ocupação, principalmente nos canais inseridos em áreas urbanas, são indispensáveis para a análise espacial de uma Bacia Hidrográfica.

Para Casseti (1991) “As atividades humanas têm-se constituído pela forma de produção que gira em torno dos recursos naturais. Assim, os processos de produção desses recursos se integram e interagem pela ação do meio ambiente e do homem, que se apropria e transforma o meio físico”.

O uso urbano do solo é o reflexo da relação homem (sociedade) - ambiente natural, de como ele percebe este ambiente e como ele se comporta neste, influenciado pela complexa estrutura social.



Um dos problemas mais perturbadores da problemática urbana é a extraordinária passividade das partes interessadas. Por que esse silêncio dos 'usuários'?

Lefebvre

### **2.3.1 O Urbano: As categorias de Análise, Urbanização, Segregação e o Lugar**

As categorias de análise espaciais são fundamentais para uma interpretação geográfica, e principalmente quando se tem no espaço urbano e sua interação com o ambiente natural onde este se insere, de acordo com Santos *apud* Corrêa (1995) as categorias de análise do espaço são: *forma, função, estrutura e processo*.

Forma, função, estrutura e processo são quatro termos disjuntivos associados, a empregar segundo um contexto do mundo de todo dia. Tomados individualmente representam apenas realidades parciais, limitadas do mundo. Considerados em conjunto, porém, e relacionados entre si, eles constroem uma base teórica e metodológica a partir da qual podemos discutir os fenômenos espaciais em totalidade. (Santos *apud* Corrêa, 1995)

Corrêa (1995) ao discutir o espaço como conceito chave em Geografia, destaca a formulação de Santos (1985) que estabelece as categorias de análise do espaço: Forma, função, estrutura e processo, sendo que deve ser considerado as relações dialéticas entre estas.

Com relação à *forma* Corrêa (op.cit) ressalta que para Santos (1985) esta é o aspecto exterior de um objeto, o visível, seja considerado isoladamente ou em um arranjo de objetos, formando um padrão espacial. Podendo ser de diferentes escalas, uma cidade, uma rede urbana, um bairro. Não podendo ser analisada de forma isolada.

A *função* implica em uma atividade de um determinado objeto, no caso a forma: habitar, vivenciar o cotidiano em suas múltiplas dimensões - trabalho, compras, lazer, etc - são algumas das funções associadas à casa, ao bairro, a cidade.

A *estrutura* diz respeito à natureza social e econômica de uma sociedade em um dado momento de tempo: é a matriz social onde as formas as funções são criadas e justificadas.

*Processo* implica uma ação que envolve um resultado qualquer que implica tempo e mudança.

Nesta pesquisa as noções de forma, função, estrutura e processo, foram utilizadas em sua inter-relação recíproca, de forma que fosse possível dar um suporte teórico para a apreensão do lugar, e como são produzidas/reproduzidas as áreas de risco geomorfológico.

A análise do padrão urbano refere-se a arranjo e distribuição da área urbana sobre a Bacia do Arroio Cadena, e suas diferenciações internas, estas responsáveis pela maior o menor fragilidade dos eventos causadores de risco.

A função exercida por este arranjo de formas urbanas na Bacia esta vinculado aos usos feitos pela sociedade nesta porção do espaço, sendo na sua maioria de uso residencial e comercial.

A estrutura é o palco onde estas formas são criadas, exercem suas funções ao longo do tempo, e que sofreram e sofrem modificações constantes, em um contínuo processo de mudança.

Os processos, vinculados tanto a dinâmica da sociedade e sua gênese, como também vinculados as mudanças ocorridas no ambiente natural.

### **2.3.2 Urbanização**

O mundo urbano hoje é uma realidade, ou para Lefebvre (1999) uma virtualidade em construção, pois esta forma de habitar, viver, consumir, sentir, manifesta-se com mais intensidade neste início de século do que em qualquer outro tempo da história da humanidade.

As forças capitalistas instalaram-se em todos os redutos do planeta, mudaram o modo de vida radicalmente, cristalizando na cidade, pois é ai o locus privilegiado para sua reprodução, e a cidade moderna é fruto da produção capitalista.

Tendo ambiente urbano como enfoque analítico, este entendido como o produto das relações sociais sobre um ambiente natural, onde o lugar aparece como manifestação material da vida social urbana, pois é entendido

como produto e produtor das relações sociais cotidianas, as áreas de risco geomorfológico surgem como manifestações no ambiente resultando um forte impacto ambiental, estudado neste trabalho, conforme Coelho (2001) de forma diferente do arcabouço conceitual das ciências naturais, ou seja, compreendido apenas pela mensuração do fenômeno, ou por suas relações mecânicas, mas sim entendido como resultado de mudanças sociais estruturadas a longo prazo.

Seguindo a formulação de Engels (1987) que de acordo com a concepção materialista, o fator decisivo na história é, em última instância, a produção e a reprodução da vida imediata. As áreas de risco hoje surgem como uma complexa inter-relação entre os condicionantes físicos e as implicações maiores do sistema produtivo que se expressa com maior intensidade no meio urbano.

Pois, parte da sociedade que não dispõem de meios suficientes para obter um lugar seguro para sobreviver na cidade, vê-se obrigada a residir em áreas naturalmente frágeis (planícies de inundação, áreas deprimidas, vertentes íngremes), pois é necessário encontrar um lugar onde se possa morar para dar continuidade as atividades da vida cotidiana, mesmo que estes locais não sejam os mais apropriados.

Como evidencia Lefebvre *apud* Carlos (1999), este referindo-se a produção do espaço, nos diz que as relações sociais têm uma existência real enquanto existência espacial concreta, na medida em que produzem, efetivamente, um espaço, aí se inscrevendo e se realizando.

Estas relações sociais materializadas espacialmente e que geram espaços múltiplos no meio urbano seguem as determinações gerais do sistema maior de organização social. O conceito de produção social do espaço, desenvolvido por Gottdiener (1997) leva em conta que as formas de espaço de assentamento são estruturadas por forças oriundas do sistema maior, o capitalismo, que dentro do sistema de propriedade privada da terra, mantém nas mãos de uma pequena parcela da sociedade a concentração da terra urbana.

Ai encontra-se uma das maiores contradições do espaço urbano, mesmo este sendo fruto do trabalho total da sociedade, é repartido de forma desigual, sendo que alguns possuem mais privilégios, e outros nem tanto, esse fato é evidenciado empiricamente pela total fragmentação de áreas urbanas,

divididas em áreas comerciais, industriais, e no tocante ao espaço residencial, percebemos a existência de bairros providos de um alto padrão urbanístico, e outros onde os serviços essenciais de infra-estrutura urbana simplesmente não existem.

Quando relata-se os problemas ambientais urbanos, fica claro que estes problemas eclodem com maior evidência nas áreas mais carentes da cidade. O lixo jogado direto no arroio, e que posteriormente irá contribuir para que este transborde na época de fortes chuvas, ou o esgoto cloacal que também é jogado sem nenhum tratamento na drenagem.

São os mais evidentes problemas, entretanto muitas vezes o lixo tem sua origem nos bairros centrais, onde certamente o curso d'água irá providenciar um lugar para que este lixo se acumule, e é sempre nos bairros e vilas mais pobres, localizados a jusante.

Desta forma a cidade moderna constitui-se em um espaço de lutas, a grande arena, disputada por todos: empresas, Estado, sociedade. A sociedade de classes vai imprimir sua marca no espaço urbano na medida em que uns tem maior poder econômico do que outros, deixando marcas na paisagem, bairros nobres, com toda infra-estrutura, na grande maioria das vezes criada pelo próprio poder público local, enquanto em outros lugares já não encontramos a mesma infra-estrutura, o acesso aos serviços básicos é mais restrito, as moradias são autoconstruídas, muitas vezes onde a propriedade da terra não vigora, áreas públicas, devolutas, num primeiro momento sem interesse a este agente promotor do espaço urbano que é o mercado imobiliário.

É neste contexto que torna-se necessário entender o processo de urbanização da sociedade de forma ampla, e também como ocorreu o desenvolvimento da urbanização brasileira, sua gênese, processos e contradições, partindo da análise do lugar como referencial privilegiado para a compreensão do fenômeno urbano, pois é no plano do lugar que as pessoas vivem, se relacionam, e mantém relações diretas com o que é construído, muitas vezes por si, o espaço de morar, habitar, ou seja viver na cidade.

### 2.3.3 Da Cidade ao Urbano

Conforme Santos (1997), as primeiras cidades surgiram por volta do ano 3.500 antes de Cristo. Durante a Idade Média, este processo é cerceado devido a toda uma estruturação político – teológica na qual o sistema feudal europeu se sustentava. Os caminhos são desfeitos, as trocas cessam, e por consequência o comércio, não tem o mesmo vigor antecedente.

De acordo com o mesmo autor o renascimento da cidade ocorre com o descobrimento de novas terras, neste caso os territórios americanos e também devido a intensificação das relações comerciais entre a Europa, Ásia e África, este processo vai impulsionar o crescimento das cidades.

A urbanização se acelera, juntamente com o desenvolvimento das forças capitalistas, acompanha e impulsiona a várias etapas do desenvolvimento industrial, que surge na Europa no século XVIII e mais tarde é repassada para os países subdesenvolvidos. Para Santos (op. cit.) a cidade é considerada um elemento impulsionador do desenvolvimento e aperfeiçoamento das técnicas, um lugar de ebulição permanente. Segundo Bastide *apud* Santos (1996:19) é no desenrolar do século XVIII que a urbanização brasileira começa a desenvolver-se: “a casa da cidade torna-se a residência mais importante do fazendeiro ou do senhor de engenho, que só vai a sua propriedade rural no momento do corte e da moenda da cana”

Para Lefebvre (1991) quando se inicia o processo de industrialização, ou seja, quando nasce o capitalismo dito concorrencial, com sua respectiva burguesia industrial, a cidade já é detentora de uma poderosa realidade.

Conforme Maricato (2001) o Brasil juntamente com os demais países latino-americanos apresentou um crescente processo de urbanização a partir da segunda metade do século XX, sendo que em 1940, o total da população brasileira que vivia na cidade era de 26,3 %, já em 2000 esse número passa para 81,2%. Destacando que no período recente as cidades de porte médio, com população entre 100 mil e 500 mil habitantes, crescem a taxas maiores do que as metrópoles, (nos anos 80 e 90, 4,8% contra 1,3%).

Também podemos relacionar a crescente urbanização brasileira ao processo de industrialização ocorrido em nosso país com mais intensidade após a década de 1930.

Para Santos (1996) é entre 1940 e 1980 que ocorre a inversão do lugar de moradia da maior parte da população brasileira, assim o autor relata esta transformação: “alcançamos, neste século, a urbanização da sociedade e a urbanização do território, depois de longo período de urbanização social e territorialmente seletiva” (1996:9).

Certamente ao fazer referência a urbanização territorialmente seletiva, Santos está relacionado ao período pré-industrial brasileiro, onde não existia um território integrado, mas várias ilhas de desenvolvimento no país.

Maricato (2001) refere-se ao marco histórico relacionado ao crescimento urbano, o final do século XIX, citando Santos (1993), o Brasil deixou o século XIX com cerca de 10% da população vivendo nas cidades. E que o processo de consolidação da urbanização da sociedade brasileira é impulsionado pela emergência de trabalhadores livres e de uma indústria ainda incipiente.

A autora salienta que é no período, do final do século XIX e início do século XX, que realizam-se as primeiras obras de saneamento básico, visando a eliminação das epidemias, além disso ao mesmo tempo em que se promovia o embelezamento paisagístico e criavam-se as bases legais de um mercado imobiliário de corte capitalista (op. cit).

Este fato cria um grave problema que se intensifica nos dias de hoje, a segregação urbana, que vai originar a instalação de diversos problemas socioambientais, entre eles o surgimento de áreas de risco:

A população excluída desse processo era expulsa para os morros e franjas da cidade. Manaus, Belém, Porto Alegre, Curitiba, Santos, Recife, São Paulo e especialmente o Rio de Janeiro são cidades que passaram por mudanças que conjugavam saneamento ambiental, embelezamento e segregação territorial, nesse período. Maricato (2001: 17)

Ressalta-se que este fenômeno se reproduz em menor escala nas cidades de pequeno e médio porte, onde as condições de acesso ao solo urbano também são restritas a uma classe privilegiada que tem os meios necessários para consumir este espaço, enquanto a grande maioria desprovida

de tais recursos se vê obrigada a instalar-se em áreas degradadas, públicas ou aquelas que no atual momento não interessam o mercado imobiliário. Onde predomina o valor de troca em detrimento do valor de uso do solo, os interesses se acirram, já que o sistema capitalista consolida-se tanto no âmbito da metrópole como também na pequena cidade do interior, certamente ressaltando as diferenças proporcionais.

Maricato (op. cit.) destaca que é nas décadas perdidas, 1980 em função do declínio na economia, e 1990 com o impacto do desemprego, é que a concentração da pobreza, esta por sua vez é urbana. E neste período, que pela primeira vez na história o Brasil tem milhões de pessoas concentrados em vastas regiões como morros, alagados, várzeas ou mesmo planícies – marcadas pela pobreza homogênea.

Este processo de concentração tanto do sistema produtivo nas cidades, conjugado com o crescimento populacional, irá refletir na disputa pelo espaço urbano, e esta disputa não ocorrerá sem contradições entre os diversos usos que se faz da cidade, industrial, lazer, residir, já que existe uma normatização para tais usos, sendo inevitável o choque entre estes. O mecanismo que rege a distribuição do solo urbano é controlado pela propriedade privada deste, onde na maioria das vezes o solo urbano encontra-se concentrado, sendo propriedade de uma parcela ínfima da sociedade. Esta disputa irá provocar a segregação entre as classes em disputa por uma localização dentro do espaço urbano.

#### **2.3.4 A Segregação: apartar, excluir...**

A segregação urbana, segundo Lojkine *apud* Villaça (1998:147) distingue-se em três tipos de segregação urbana: 1) uma oposição entre o centro, onde o preço do solo é mais alto, e a periferia; 2) uma separação crescente entre as zonas e moradias reservadas às camadas sociais mais privilegiadas e as zonas de moradia popular; 3) um esfacelamento generalizado das funções urbanas disseminadas em zonas geograficamente distintas e cada vez mais especializadas: zonas de escritório, zona industrial, zona de moradia, etc. esses três tipos de segregação não são excludentes.

Para Villaça (1998:142) “a segregação é um processo segundo o qual diferentes classes ou camadas sociais tendem a se concentrar cada vez mais em diferentes *regiões gerais* ou *conjuntos de bairros* na metrópole.” Segue ele comentando sobre a sociologia americana derivada da Escola de Chicago onde estes autores desenvolvem a idéia de “segregação ecológica”, e que o processo se distinguiria entre “segregação voluntária” da “involuntária”, a primeira estaria relacionada quando o indivíduo por sua própria iniciativa, busca viver com pessoas de sua própria classe, a segregação involuntária é aquela onde o indivíduo junto com sua família se vê obrigado, pelos mais diversos fatores, a morar em um determinado setor, ou por outro lado, deixar de habitar um determinado bairro ou setor da cidade. Segue esta posição Souza (1996:54) quando este relata a formação de condomínios fechados na capital do Rio de Janeiro, segundo ele:

Os condomínios exclusivos são o símbolo máximo do que se pode designar como *auto-segregação*, a qual representa o contraponto da *segregação induzida* (que se refere basicamente aos loteamentos irregulares das periferias urbanas e às favelas; no caso, a segregação é induzida pela própria pobreza, pelo menor poder aquisitivo, que força uma parcela considerável da população a se sujeitar a morar em espaços quase que desprovidos de infra-estrutura, negligenciados pelo estado e até mesmo insalubres).

Entretanto Villaça (1998:147-148) afirma que não existem dois processos de segregação, segundo ele:

O que cabe registrar nessas considerações é o caráter de *luta da segregação*. Trata-se, entretanto, de uma *luta de classes*. Se há luta, há, evidentemente, *vitoriosos e derrotados*. Os primeiros desenvolvem a segregação voluntária e os segundos, a involuntária. Na verdade, não há dois tipos de segregação, mas um só. A segregação é um processo dialético, em que a segregação de uns provoca, ao mesmo tempo e pelo mesmo processo, a segregação de outros. Segue a mesma dialética do escravo e do senhor. (grifos meus)



Concordamos com o autor no enfoque de que não existe dois tipos de segregação, mas apenas um derivado da luta e da disputa por melhores localizações dentro do espaço urbano, estas disputas se dão dentro da sociedade, onde os protagonistas são os grupos sociais ou classes sociais envolvidas, mediadas pelo poder público, que na maioria das vezes é controlado pela classe social mais privilegiada, imprimindo nas decisões do Estado os seus próprios interesses.

Villaça (1998) coloca, ainda, que as grandes diferenças sociais presentes nas metrópoles brasileiras, bem como nas latino-americanas, facilitam a análise do processo de transformação e deslocamento do espaço intra-urbano, pois a grande concentração de renda verificada nos países em desenvolvimento permite observar mais facilmente a luta entre classes pelo acesso aos recursos oferecidos pelo meio urbano.

A estruturação interna das cidades se dá sob o domínio dos interesses de consumo das camadas sociais de maior renda, havendo um conflito de classes em relação às vantagens e desvantagens do espaço urbano, mais especificamente uma disputa pela apropriação deste espaço.(op. cit.)

Castells *apud* Villaça comentando sobre a segregação urbana, segundo ele:

Em um primeiro sentido se entenderá por segregação urbana a tendência à organização do espaço em zonas de forte homogeneidade social interna e de forte disparidade social entre elas, entendendo-se essa disparidade não só em termos de diferença como também de hierarquia...

...toda a problemática social tem sua origem entre esses dois termos(natureza e cultura) através do processo dialético mediante o qual uma espécie biológica particular( particular, posto que esta dividida em classes), o 'homem', se transforma e transforma o seu meio ambiente em sua luta pela vida e pela apropriação diferenciada do produto do seu trabalho.(1998:148)

Com as transformações socioeconômicas ocorridas nos últimos anos em função do processo de globalização, houveram modificações na estrutura

intra-urbana das cidades e, conseqüentemente, a segregação vem se agravando. Villaça afirma que tais transformações

...passam pelas suas estratificações sociais; pelo desnível de poder econômico e político entre as classes em nossas metrópoles; passam pela dominação que se dá por meio do espaço urbano. Manifestam-se então no fato de a maioria das classes de mais alta renda ocupar posições centrais, apesar de já ter-se iniciado, na década de 1970, um processo de suburbanização dessas classes; no fato de os centros de nossas grandes cidades apresentarem há mais de cem anos – em maior ou menor grau – um claro e contínuo processo de deslocamento no mesmo sentido que as camadas residenciais de mais alta renda; e no fato de essas camadas apresentarem – também há muitas décadas – uma tendência de concentração em uma única região de nossas metrópoles... (Villaça, 1998:33).

Há, portanto uma disputa entre as diversas classes sociais para conseguirem melhores localizações dentro da cidade, o que difere entre elas é o poder e julgo de uma determinada classe sobre a outra, tudo isto mediado pelos interesses públicos e privados que estruturam o espaço intra-urbano.

Esta disputa ocorre principalmente pela limitação do acesso aos recursos do meio urbano em função do valor, tendo-se aí o valor da localização estabelecido pelo uso da terra que insere o valor dos produtos em si como a infra-estrutura, ruas, edifícios, e o valor da aglomeração. Assim como se estabelece o valor de todo produto pelo tempo necessário para produzi-lo, também o valor da localização é dado pelo tempo de trabalho socialmente necessário para produzir a cidade onde se insere a localização.

O valor da localização possui papel fundamental no processo de segregação urbana, visto que, o valor do cidadão muda conforme suas condições de acessibilidade e, portanto, de sua localização no espaço urbano. Villaça (1998) cita Santos para fazer compreender tal processo:

...Pessoas com as mesmas virtualidades, a mesma formação, até mesmo o mesmo salário, têm valor diferente segundo o lugar em que vivem: as oportunidades não são as mesmas. Por isso, a possibilidade de ser mais ou menos cidadão depende, em larga proporção, do ponto do território onde se está... (Villaça, 1998:75).

O uso da terra é fator preponderante no valor da localização, já que determina os preços imobiliários dos centros das grandes cidades, gerando a segregação urbana, uma segregação baseada no econômico e social, que estabelece as funções e as classes sociais a residir no centro.

É portanto a partir deste processo segregatório que surgem as favelas e loteamentos ilegais, surgem nas terras vazias desprezadas pelo mercado imobiliário privado, tanto nas grandes cidades como também nas cidades de menor porte, já que o sistema assim se sustenta, apenas muda a escala e a proporcionalidade do fenômeno segregatório. De acordo com Maricato (2001) não é por outro motivo que as favelas se multiplicam em áreas públicas, áreas naturalmente frágeis sobre as quais incidem leis protecionistas como é o caso das áreas “non aedificandi” nas beiras dos córregos (Lei Federal 6.766/79).

E quando existe vazios urbanos em áreas valorizadas, mesmo sendo estas áreas públicas, a invasão não é admitida, nestes casos o poder de polícia municipal é exercido, sendo as normas aplicadas.(op. cit.)

Fica evidente o caráter de luta de classe da segregação urbana, pois é justamente com a industrialização brasileira, e podemos fazer referência a Lefebvre (1991) quando este diz que é a industrialização que caracteriza a sociedade moderna, e nossa sociedade se “moderniza”, tecnicamente e não socialmente, pois com a crise do café no período pós –1930, é partir desse momento que nas cidades brasileiras surge um proletariado nascente, que juntamente com as necessidades básicas como alimentar-se, o acesso a educação e a saúde, sendo o essencial para que estes outros possam existir, a necessidade de habitar, de ter um espaço destinado a recuperar as energias após longas jornadas de trabalho, é portanto o locus de produção/reprodução, da vida e da força de trabalho.

E como nos países periféricos a mão – de – obra geralmente é menos qualificada, e exploração capitalista é de forma mais intensa a remuneração

pelo trabalho exercido é muito baixa, inviabilizando que tenha-se acesso, principalmente a moradia digna, portanto neste contexto que surgem loteamentos ilegais, através da autoconstrução, geralmente em locais não propícios para esse fim.

É nestes lugares que ocorre o que Lefebvre (1991) denominou de urbanização desurbanizada, ou seja as periferias das cidades, o termo periferia neste caso entendido não completamente como noção geográfica de no entorno, mas também como a falta de acesso aos bens públicos essenciais, água, saneamento, esgoto, iluminação, segurança, entre outros.

Segundo Bitoun (2003) no cenário nacional a alocação de recursos públicos para a construção das redes de infra-estruturas urbanas, ocorreu de forma desigual e descontínua. Em face ao caráter incompleto de infra-estrutura "consolidou-se um ambiente de baixa qualidade, justapondo algumas poucas estruturas urbanas marcadas pelo consumo desenfreado e pelos desperdícios (nos chamados bolsões de classe média), muitas outras por carências acumuladas de infra-estruturas e serviços, sustentando um cotidiano de negação do direito à cidade".

De acordo com Harvey *apud* Marafon (1996) referindo-se a teoria do uso do solo, "os que tem dinheiro tem mais chances, enquanto os mais pobre pegam o que sobrou".

Dentro desta perspectiva de "urbanização desurbanizada", produzindo setores diversificados dentro do espaço urbano é que o conceito de lugar emerge com sua capacidade de articular o pontual com as atuais transformações de nossa sociedade.

### **2.3.5 O lugar**

Como afirma Carlos (1996) "os problemas atuais postos pela urbanização ocorrem no âmbito do processo de reprodução da sociedade"

Pois o lugar manifesta-se :

como produto de uma atividade dividida, em que a fragmentação ocorre enquanto produto do conflito entre o processo de produção socializado e sua apropriação privada. Esta fragmentação que se

aprofunda divide o espaço em parcelas cada vez menores, que são compradas e vendidas no mercado, como produtos de atividades cada vez mais parceladas.(op. cit., 58)

Este esfacelamento do espaço urbano, retalhado, recortado, que ao passo que é produzido por toda a sociedade, no momento que é fragmentado, este passa ao domínio do mercado imobiliário, acentuando a contradição da produção social com a apropriação privada de cada pedaço de solo urbano, que é posto a venda, e quanto mais valorizado for este espaço, sendo este valor dado em função dos benefícios que ele recebe, principalmente em função da infra-estrutura criada socialmente, mais difícil será seu consumo pelas classes populares.

O lugar enquanto materialidade consolida as relações sociais, mas com afirma Carlos (op. cit.):

se de um lado ganha materialidade numa ordem próxima que se revela enquanto territorialidade imediata, de outro, a constituição da sociedade urbana nos coloca diante do fato de que o urbano não designa mais a cidade e a vida na cidade mas passa a designar a sociedade que constitui uma realidade que engloba e transcende a cidade enquanto lugar, ligando pontos isolados do planeta que se constitui no mundial em processo de realização, Carlos (1996: 68-69).

É o espaço urbano transformado em mercadoria. E como tal, posto a venda para aqueles que podem consumir, os que pela sua condição social não tem poder aquisitivo para adquirir um lugar digno dentro do espaço urbano, ficam obrigados a residir em áreas impróprias, produzindo e reproduzindo áreas de risco.

## **2.4 Áreas de Risco: Alguns conceitos**

Inicia-se a discussão das áreas de risco pela forma de tratamento dada pelos vários profissionais de geociências quanto ao tema referente aos processos da dinâmica superficial e suas possíveis implicações, e a

interligação com o subsistema humano, ou seja, a sociedade que produz/reproduz e faz uso do espaço. Sendo importante ressaltar a terminologia variada usada pelos profissionais que trabalham com este tema (risco, acidente, perigo, dano, desastre, natural hazard - Azares Naturais-, entre outros).

Os trabalhos sobre áreas de risco têm sua origem segundo Gares *et al apud* Tominaga (2001) nas pesquisas realizadas por Gilbert White e seus colaboradores nos anos 60, sobre perigos naturais no mundo, cujos trabalhos envolveram a avaliação de Risco de um evento natural através da identificação dos processos sócio-econômicos envolvidos e dos processos físicos (perigos geomórficos) e seus parâmetros de análise: magnitude, freqüência, duração, extensão em área, velocidade de assentamento, disposição espacial e intervalo de tempo de recorrência, Tominaga (2001).

De acordo com Santos (1999:117) “antes, a sociedade se instalava sobre lugares naturais, pouco modificados pelo homem, hoje, os eventos naturais se dão em lugares cada vez mais artificiais, que alteram o valor, a significação dos acontecimentos naturais”.

White *apud* Monteiro (1991, p. 8) escrevendo sobre a importância que representam os “eventos naturais extremos” para o homem, o autor, desta forma nos diz que os eventos naturais:

... focalizam um aspecto do complexo processo pelo qual o homem interage com os sistemas físicos e biológicos. Cada parâmetro da biosfera, sujeito à flutuação sazonal, anual ou secular consiste num “hazard” para o homem na medida em que o seu ajustamento à freqüência, magnitude ou desenvolvimento temporal dos eventos extremos são baseados em conhecimento imperfeito. Onde existir previsão acurada e perfeita do que poderá ocorrer e quando ocorrerá na intrincada malha dos sistemas atmosféricos, hidrológico, e biológico, não existira “hazard”. (...) De modo geral, os eventos extremos apenas podem ser antevistos como probabilidades cujo tempo de ocorrência é desconhecido.

Monteiro (1991) ressalta que dentre os eventos citados por White(1974) uma grande maioria está ligada à atmosfera (avalanchas – de

neve, secas, enchentes, nevoeiros, geadas, granizos, descargas elétricas, nevascas, tornados, ciclones tropicais e vendavais), o autor ainda complementa que os desmoronamentos – deslizamentos de vertentes e as ressacas, se relacionam com as condições de tempo meteorológico.

Para Monteiro (op. cit.) torna-se imprescindível considerar que a existência de natural hazards é uma função do “ajustamento humano”, sendo que estes sempre envolvem decisões humanas, desta forma as enchentes “não seriam danosas se o homem evitasse as planícies inundáveis. Além do que a atuação humana pode decisivamente contribuir para alterar as condições de regime e escoamento (...) Desabamentos de encostas não seriam calamitosos em nossas cidades se parte de seus habitantes não fosse induzida a formas de urbanização espontânea, precária, em sítios perigosos” (Monteiro, 1991:8-9).

Monteiro (1991) referindo-se a hegemonia da língua inglesa em trabalhos científicos tornou universal a expressão hazards (natural or climatic hazards), destacando que na língua portuguesa o termo que mais se aproxima a expressão hazard seria o termo “Azar”, embora segundo Monteiro registre também uma semântica de “acaso”, essa é nitidamente complementar e menos usual.

O autor ainda ressalta que o termo utilizado pelos franceses é o de “risco”, envolvendo assim os componentes antropogênicos, já que o uso negligenciado da natureza aumenta a probabilidade de “riscos”, sendo o termo que mais próximo está da co-participação humana no evento, relacionando a semântica jurídica de possibilidade de perda ou responsabilidade pelo dano.

Sobre a semântica do termo, Monteiro (op. cit.) remete a etimologia, ligada aos termos risicu – riscu, de origem latina, sendo risicu provavelmente originado do verbo resecare que significa “cortar”. Para o autor “aquilo que em língua espanhola gerou a palavra ”risco” significando penhasco alto e escarpado, proviria de uma idéia de corte ou ruptura em uma dada continuidade”, Monteiro (1991:10).

Referindo-se ao termo “risco climático” Monteiro (op. cit.) considera que a palavra risco remete a uma idéia de corte-ruptura em uma determinada seqüência de estados atmosféricos.

A palavra latina “acidente” pode ser considerada uma alternativa a palavra risco, sendo que acidente tem uma acepção que designa “acontecimento casual, fortuito, imprevisto”, Monteiro (op. cit.).

Monteiro ainda desenvolve a idéia de que a palavra acidente esta ligada a um “acontecimento infeliz” (causal ou não), resultando dano, estrago, avaria, destruição, perdas humanas, destacando ainda que este termo “repousa na semântica filosófica de “por acidente”, ou seja aquilo que ocorre “dependentemente das circunstâncias e não da natureza do próprio ser”. Por acidente (exterior) e não por si (próprio)” (Monteiro, 1991: 11), chegando até o “desastre”, devido em determinadas situações provocar grandes estragos.

Cristo (2002) citando Augusto Filho *et al* (1990) apresenta alguns conceitos utilizados pela comunidade científica internacional, relativas a Eventos, acidentes, desastres:

**Natural Event** – Um evento natural é simplesmente uma ocorrência natural sem conseqüência sócio econômicas ou perigos potenciais. (Engineering geology, an Environmental Approach, 1986);

**Natural Hazard** – Eventos que ocorrem naturalmente e são capazes de causar danos ou mortes de pessoas e/ou estragos em propriedades (Natural Hazard, Risk Assesment and Public Policy, 1982);

**Geológic Hazard** – Condição geológica ou fenômeno geológico que apresenta um risco ou perigo potencial à vida e propriedade ocorrem naturalmente ou por interferência do homem. ( American Geological institute, 1984);

**Natural Disaster** – Um desastre natural é resultado da ocorrência de um Hazard. (Engineering Geology, an Environmental Approach, 1986);

**Risk** - É visto em função da probabilidade que um evento ou série de eventos de várias magnitudes ocorrerem e gerarem conseqüências destes eventos (Natural Hazard, Risk Assesment and Public Policy, 1982);

**Elements at Risk** – Representa a população, construções e obras de engenharia civil, atividades econômicas, serviços públicos, utilidades e infraestrutura em risco numa determinada área. (UNDRO, 1979)

Egler (1996) utiliza-se do termo Risco Ambiental como pressuposto para a gestão do território, em trabalhos realizados na zona costeira brasileira.



No Brasil destaca-se a sistematização proposta por Cerri & Amaral (1998), onde os autores partindo da concepção de risco ambiental, que engloba tanto os riscos tecnológicos, sociais e naturais, este último subdividido em riscos biológicos e físicos, onde os riscos físicos compreendem segundo os autores os riscos geológicos (endógenos e exógenos), atmosféricos, e hidrológicos (enchentes e inundações),

Os autores ainda definem alguns conceitos fundamentais, como o conceito de *Evento*, que está relacionado com um fato já ocorrido, onde não registrou-se consequências sociais e econômicas; *Acidente*, este evidencia um fato já ocorrido e que provocou perdas sociais econômicas (perdas e danos), e definem o termo *Risco*, que será adotado neste trabalho, como a possibilidade de ocorrência de um acidente, diverge portanto do termo susceptibilidade, pois este representa a possibilidade de ocorrência de um evento, ou seja caso exista a intervenção humana em uma áreas susceptível poderá desencadear circunstâncias de risco.

#### **2.4.1 Risco Geomorfológico**

Os processos de dinâmica superficial modelam a paisagem e são estudados na geomorfologia. O uso e ocupação do solo, fruto do processo de urbanização da sociedade é o pressuposto básico para podemos estabelecer se existe ou não a ocorrência de áreas de risco em ambientes urbanos, visto que a população que não possui as condições mínimas de obter uma digna localização dentro do espaço urbano, são obrigadas a construir suas moradias em áreas susceptíveis a ocorrência de processos da dinâmica superficial.

De acordo com Alcántara – Ayala (2002), a geomorfologia assume papel de destaque na prevenção de desastres naturais nos países em desenvolvimento, pois na interação entre vulnerabilidade natural (natural vulnerability) características intrínsecas do meio físico e a associação com o sistema humano em alguns países (human vulnerability) onde existe uma grande diferenciação social, em função da divisão social do trabalho, em alguns casos pode desencadear circunstâncias desastrosas para a população pobre que ocupam certas áreas impróprias.

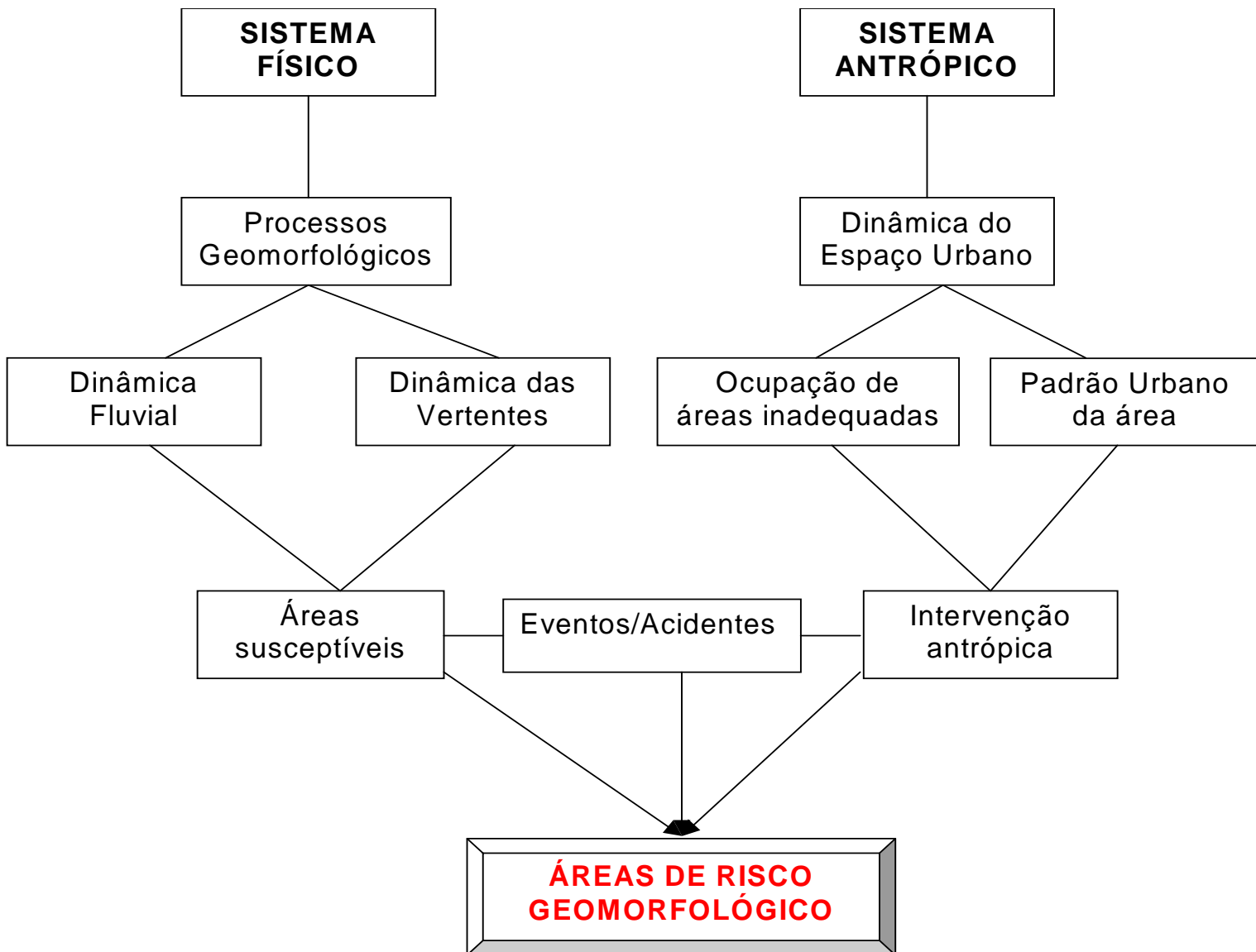
Essas áreas geralmente são vertentes íngremes sujeitas a processos erosivos e a movimentos de massa; o leito maior dos rios e até mesmo o leito menor, onde os processos de inundações ocorrem com mais frequência, assim como as erosões das margens, incrementadas ainda pelo fato da crescente impermeabilização do solo, fazendo com que a vazão aumente significativamente, alterando o tempo de recorrência das enchentes.

Ou áreas deprimidas, ou seja, muito planas em relação as superfícies adjacentes, onde estabelecida moradias sem o devido cuidado com a microdrenagem pode originar processos de alagamentos.

Desta forma são as formas de relevo, objeto de estudo da Geomorfologia, que quando ocupadas de forma sem critério, estão sujeitas a desencadear circunstâncias de risco. De acordo com Casseti (1991), as derivações ambientais provocadas pelo homem, deve-se em função deste possuir a necessidade de ocupar determinada área, que se evidencia pelo relevo. Esta ocupação vai provocar profundas transformações no meio físico, desencadeando e ativando processos que naturalmente se manifestam, mas quando o meio se encontra antropizado suas implicações são mais severas, colocando em risco os bens materiais como a vida dos que ali se estabelecem.

Nunca é demasiado ressaltar que o risco quando existe, existe para alguém, e não pode ser confundido com um evento natural, nas palavras de Rahn *apud* Cerri (1999:136):“um evento natural é simplesmente uma ocorrência natural; risco(geológicos ou de outra natureza) é o perigo potencial para a vida do homem e para suas propriedades; um acidente ocorre quando o acontecimento se efetua, gerando danos”. A Figura 2 a seguir contempla de forma resumida a concepção de Risco Geomorfológico utilizada nessa pesquisa:

**Figura 2: Concepção de Risco Geomorfológico**



### **3. Procedimentos Metodológicos**

Como neste trabalho o objetivo central foi o de identificar as áreas de risco geomorfológico para a Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, em Santa Maria/RS, com a finalidade de realizar o zoneamento, setorização e a hierarquização de risco, houve a necessidade de preestabelecer etapas para um melhor desenvolvimento da pesquisa.

A metodologia empregada neste trabalho consistiu nos caminhos que foram percorridos para que os objetivos propostos fossem alcançados, no entanto estes caminhos não são estáticos, mas em linhas gerais correspondem ao que Libault *apud* Ross (2001), propõem para as pesquisas de caráter geográfico, sendo os quatro níveis de abordagem, são eles: Compilatório, Correlatório, Semântico e Normativo.

#### **3.1 Nível Compilatório**

Neste nível foi realizado o levantamento de informações sobre as características do ambiente natural em âmbito regional (geologia, geomorfologia, pedologia, climatologia); do meio socioeconômico (uso e ocupação do solo, população, economia, aspectos jurídico – institucionais e históricos). Esta fase consistiu no levantamento básico de dados já produzidos sobre o lugar de interesse da pesquisa, e pautou-se no levantamento de informações contidas em bibliografia especializada, assim como material cartográfico disponível (cartas topográficas, aerofotos, cartas temáticas, imagens de satélite).

Nesta etapa do trabalho, realizou-se uma pesquisa em busca de informações de origem secundária junto aos órgãos públicos municipais, mais especificamente a Secretaria Extraordinária de Habitação e Regularização Fundiária – SEHAB, e a Secretaria de Gestão Ambiental - SGA.

Foi realizado um levantamento do cadastro socioambiental aplicado pela SEHAB em áreas de interesse social e que estão sendo objeto de regularização fundiária, onde foram extraídas informações sobre infra-estrutura, saneamento básico, número de moradores, condição de uso do terreno (se

regular ou ocupado irregularmente), nos loteamentos que estão inseridos dentro da Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena.

Realizou-se também um levantamento junto aos arquivos do jornal A Razão, no período de 1980 a 2000, com a finalidade de registrar os eventos/acidentes ocorridos na Bacia do Arroio Cadena neste intervalo de tempo, objetivando estabelecer as áreas de risco existentes, que posteriormente foram objeto dos trabalhos de campo específicos.

O material cartográfico utilizado consiste da carta topográfica de Santa Maria – SE em escala de 1: 25.000; a Carta Geotécnica de Santa Maria/ Se, escala de 1:25.000, produzida por Maciel Filho(1990); e Aerofotos em escala de 1:15.000 de 1992; Mapa da cidade de Santa Maria (1:10.000), Mapa do Arroio Cadena, elaborado por Moraes(1997), em escala de 1:10.000 e o mapa turístico da cidade de Santa Maria (1: 25.000), produzido por Guimapa (2002).

### **3.2 Nível Correlatório**

É a etapa onde ocorreu a inter-relação técnico – científica das informações coletadas na fase anterior, é nesta etapa que foram gerados os documentos tais como tabelas, gráficos, mapas temáticos, constituindo-se a etapa onde realizou-se as primeiras análises da pesquisa.

Nesta etapa foram feitas as análises das informações coletadas junto ao questionário socioeconômico da SEHAB/SM, concomitantemente com as interpretações sobre os dados obtidos junto ao Jornal A Razão, onde foi possível direcionar os trabalhos de campo.

Realizou-se a digitalização dos mapas temáticos, sendo utilizado o software SPRING (Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas) um banco de dados geográfico de 2<sup>o</sup> geração, desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

Os trabalhos de campo foram orientados pelas análises realizadas anteriormente, pois a partir de então foi possível identificar as áreas onde os conflitos gerados pela ocupação humana são mais preocupantes (áreas muito planas, planícies ribeirinhas, vertentes íngremes).

Nesta etapa as informações referentes ao atual estágio de desenvolvimento das áreas de risco, como também o estágio que se encontra

os processos geomorfológicos do lugar, foram analisados a densidade das moradias sujeitas algum processo de risco, como também a infra-estrutura destes lugares (padrão urbano da área) pois é necessário ter um conhecimento sobre as condições das habitações e a capacidade de intervenção em função da maior ou menor fragilidade desta em relação ao acontecimento de algum evento que poderá acarretar perdas econômicas e até mesmo perda de vidas humanas.

Estes dados pontuais são fundamentais para a fase de zoneamento e hierarquização dos riscos onde utilizou-se como referencial a equação de risco:  $R = P \times C$ , onde R é o risco; P corresponde a possibilidade de ocorrência de um evento e C representa as conseqüências sociais e/ou econômicas potências (Cerri & Amaral, 1998).

A pesquisa de ordem qualitativa utilizada nesta pesquisa consiste na técnica utilizada por Haguette (1987), definida pela autora de História Oral, pois trata-se de uma técnica de coleta de dados baseada no depoimento oral do entrevistado, consistindo em uma interação entre o pesquisador e o entrevistado.

Esta foi realizada com os moradores mais antigos e com aqueles que possuem uma maior inserção na comunidade, como também com aqueles moradores que vivenciam os problemas do lugar no seu cotidiano, ou seja, as pessoas que moram nas áreas de risco.

Seguindo o princípio das amostras intencionais, pois de acordo com Thiollent *apud* Kaercher (1999) trata-se “de um pequeno número de pessoas que são escolhidas intencionalmente em função da relevância que elas apresentam em relação a um determinado assunto(...) Pessoas ou grupos são escolhidos em função de sua representatividade social dentro da situação considerada”.

A partir das correlações anteriores foi possível identificar as atuais áreas de risco existentes, pautadas na análise dos dados colhidos junto ao jornal A Razão (1980 a 2000); na análise da carta geotécnica Maciel Filho (1990) e na construção dos mapas temáticos, onde foram identificadas as áreas susceptíveis a desenvolverem algum tipo de risco geomorfológico caso sejam ocupadas sem nenhum cuidado com as condições físicas locais, e com

a análise das informações obtidas com os trabalhos de campo, chegamos na fase semântica ou interpretativa da pesquisa.

### **3.3 Nível Semântico**

Neste nível foi onde foram feitas as interpretações e conclusões sobre as condições gerais da área estudada assim como uma análise detalhada de cada uma das áreas de risco identificadas nas etapas anteriores.

Nesta etapa da pesquisa foi construído os Mapas dos Canais de Drenagem; Setorização das microbacias; Padrão urbano; Susceptibilidade natural da Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena; assim como a distribuição espacial dos eventos/acidentes identificados tanto na pesquisa realizadas junto ao arquivo do jornal A Razão, no período de 1980 a 2000, como também nas informações fornecidas pelos moradores nos trabalhos de campo realizados.

Concomitante com a análise da rede hidrográfica urbana estabeleceu-se os critérios utilizados para hierarquizar as áreas de risco.

As áreas susceptíveis à risco geomorfológico foram definidas levando-se em consideração: a) Susceptibilidade natural de ocorrência de eventos em áreas ocupadas; b) Padrão Urbano da área e: c) Ocorrência de eventos ( informações do jornal A Razão (1980-2000) e o relato de moradores).

#### **3.3.1 Critérios para estabelecer as Áreas de Risco**

Para estabelecer as áreas de risco geomorfológico na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, foram realizados cruzamentos entre as variáveis ambientais que interferem na susceptibilidade de ocorrência de processos de dinâmica superficial em áreas ocupadas:

##### **Susceptibilidade Natural**

Para estabelecer as áreas naturalmente susceptíveis a risco, foram consideradas a rede de drenagem, o substrato geológico e a declividade.

Sendo assim são consideradas susceptíveis as áreas ocupadas que:

- Tenham declividade inferior a 2% e se localizem nas margens dos cursos fluviais, que por serem áreas muito planas são susceptíveis a processos de inundações/alagamentos;
- Apresentam declividades superiores a 12%, onde os processos erosivos da vertente são mais acentuados, com necessidade de corte para a ocupação, sendo, portanto sujeitas a processos de movimento de massa;
- Depósitos fluviais juntos as drenagens, determinados como geotécnicamente instáveis (Maciel Filho, 1990);

Além da observância das seguintes condições:

- Áreas com proximidade inferior à 30 metros dos cursos fluviais, que por serem próximas ao leito são susceptíveis aos processos de inundação e solapamento das margens. A Lei Federal 6.766/79 estabelece as áreas junto aos canais como sendo "non aedificandi" e também conforme o Código Florestal Brasileiro, Lei nº 4.771/65, art. 2º que institui as áreas de preservação permanente as matas ciliares naturais numa faixa marginal mínima de 30m, em cursos d'água com menos de 10m de largura;
- Áreas onde foram evidenciados processos de dinâmica superficial em estágio intensificado pelas atividades antrópicas;
- Tenham como substrato depósitos coluvionares, depósitos de tálus e sedimentos inconsolidados das várzeas junto às drenagens.

### **Padrão urbano da área**

Na definição do Padrão Urbano foram consideradas as características construtivas/estruturais das moradias (padrão construtivo alto/médio/baixo), as condições de infra-estrutura básica oferecidas à população residente na área (rede pluvial, canalização do esgoto cloacal e pluvial, obras de contenção e rede viária), bem como o adensamento populacional e a forma de ocupação do espaço (ordenada/desordenada).

Portanto o Padrão Urbano de determinada área expressa a vulnerabilidade do sistema social que em face a deflagração de um evento, pode vir a causar



perdas econômicas, humanas e até mesmo a interrupção de serviços (transporte, abastecimento de energia elétrica, água, entre outros).

A partir destes levantamentos pode-se estabelecer o padrão urbano dividindo-se em Alto, Médio e Baixo Padrão Urbano. Para a hierarquização foram atribuídos valores de 0 e 1 para os parâmetros considerados de acordo com sua ocorrência, como pode ser observado na Tabela 01:

Tabela 01 – Parâmetros utilizados para a definição do Padrão Urbano:

Variável	Característica	Valor
Malha Viária	Pavimentada	1
	Não Pavimentada	0
Esgoto	Canalizado	1
	Direto no Ambiente	0
Rede Pluvial	Apresenta	1
	Não Apresenta	0
Padrão Construtivo	Alto/Médio	1
	Baixo	0
Ocupação	Organizada	1
	Desordenada	0
Obras de Contenção	Apresenta	1
	Não Apresenta	0

Org: Oliveira (2004)

A caracterização da área segundo essas unidades possibilitou a divisão do espaço baseado na soma dos valores atribuídos às características que apresentam:

- Alto Padrão: Constituí as áreas que tenham apresentado valor máximo (6) na soma total dos atributos;
- Médio Padrão: Constituí as áreas que tenham apresentado soma igual a 3, 4 e 5;
- Baixo Padrão: Áreas que tenham apresentado soma igual a 0, 1 e 2.

## Grau de Risco Geomorfológico

O grau de risco é o produto do cruzamento entre a susceptibilidade natural, o padrão urbano (vulnerabilidade) e a ocorrência de algum evento/acidente na área.

Para estabelecermos a quantificação em relação a probabilidade de ocorrência de um acidente utilizou-se o conceito de probabilidade subjetiva utilizado por Carvalho & Hachich *apud* Parizzi, M. G (2002) no qual a probabilidade é considerada uma medida do estado de conhecimento do indivíduo a respeito de um particular fenômeno, ao invés de uma característica que só pode ser avaliada através de um número suficientemente grande de observações do fenômeno. A Tabela 2 exemplifica o cruzamento das variáveis consideradas.

Tabela 2: Cruzamento das variáveis e respectivos graus de risco

<b>Padrão Urbano</b>	<b>Alto</b>	<b>Médio</b>	<b>Baixo</b>
Susceptibilidade Natural	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Alto
Ocorrência de Eventos/acidentes	Risco Moderado	Risco Alto	Risco Iminente

Org: Oliveira (2004)

Desta forma foi possível estabelecer 4 graus para as áreas de risco, identificados por números romanos e representado cartograficamente por cores.

### **Risco IV - cinza**

Quando a área ocupada com Alto Padrão apresenta susceptibilidade natural e não tem registro de ocorrência de eventos, constituí-se numa área de grau IV, considerada de baixo risco;

### **Risco III - amarelo**

Ocorre quando a área apresenta-se com susceptibilidade natural e está ocupada com moradias de Médio Padrão Urbano sem ocorrência de eventos

ou se a área susceptível estiver ocupada por moradias de Alto Padrão Urbano com registro de ocorrências. Constituem áreas de risco moderado de grau III.

#### **Risco II - laranja**

Quando a área susceptível apresentar predomínio de ocupação de Médio Padrão Urbano com registro de eventos ou de baixo padrão sem registro de evento, constituí-se em áreas de alto risco de grau II.

#### **Risco I - vermelho**

Quando a área ocupada com moradias de Baixo Padrão Urbano apresentar susceptibilidade natural e ocorrência de eventos são consideradas de risco iminente, recebendo o grau I, onde a intervenção deve ser de curto prazo.

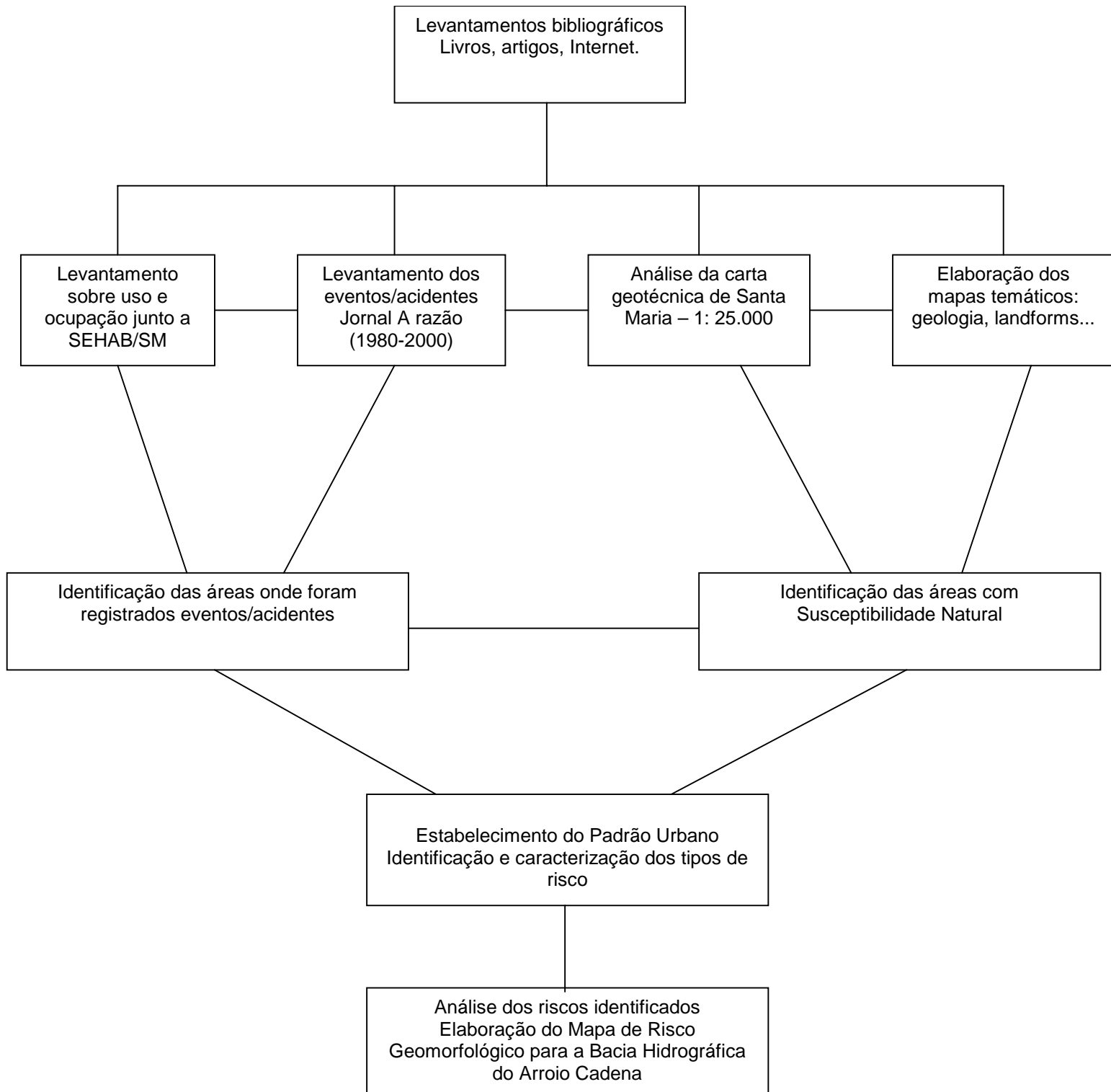
Assim foi possível realizar as generalizações possíveis, pois de acordo com Ross (2001) é nesse nível da pesquisa que os dados puros deixam de existir simplesmente como informação factual, e sim assumem um caráter interpretativo

### **3.4 Nível Normativo**

O nível normativo refere-se a produto final desta pesquisa, pois consiste no Mapa de Áreas de Risco Geomorfológico para a Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, que segue a proposta formulada por Cerri & Carvalho (1990), onde constará além das zonas homogêneas expostas a algum tipo de risco geomorfológico, estes também foram hierarquizados, pois estabeleceu-se as classes de risco, do mais baixo ao risco iminente.

A Figura 3 mostra de forma sintética os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa:

Figura 3: Procedimentos Metodológicos



Org: Oliveira (2004)

## **4 Desenvolvimento**

### **4.1 A importância das informações sobre o ambiente natural e socioeconômico nos estudos sobre Áreas de Risco**

O conhecimento detalhado do ambiente natural e socioeconômico regional e local é indispensável quando o tema da pesquisa requer uma compreensão da interligação entre esses elementos, que são indissociáveis, mas que possuem comportamento, tempo e gêneses diferenciados.

O substrato geológico, juntamente com as formas de relevo esculpidas em diferentes épocas são o palco onde se estruturam as atividades humanas, dão a direção geral do crescimento de uma determinada forma urbana, não que seja determinante para esse crescimento, pois as limitações impostas por esses componentes ambientais mudam de acordo com o estágio técnico da sociedade.

Mas propriedades do substrato como textura, estrutura, composição mineralógica, linhas de fraqueza dos materiais, associadas a uma forte energia do relevo, se no forem levados em conta quando de um projeto de loteamento, pode em um futuro próximo provocar sérios problemas, tanto de ordem econômica, como problemas de ordem ambiental tais como a erosão acelerada, que rapidamente em alguns casos evolui para formas destrutivas como as voçorocas urbanas.

Portanto a análise morfométrica representada pela carta de declividade é indispensável, juntamente com as informações sobre geologia e geomorfologia para um entendimento integrado das variáveis ambientais de uma determinada área.

A rede hidrográfica inserida em áreas urbanas é a que recebe, com o crescimento da urbanização os maiores impactos impostos pela sociedade. Em muitos casos quase nada apresentam de suas características naturais. Nas grandes cidades esses canais praticamente desapareceram em galerias subterrâneas, constituindo-se em verdadeiros valões urbanos.

Em muitos casos o canal continua aberto, mas seu percurso foi completamente modificado, impondo uma nova capacidade hidrodinâmica para o rio, que tende a se ajustar as novas imposições morfológicas, ou suas margens recebem proteção para evitar a erosão que só tende a aumentar,

essas retificações, canalizações setorizadas nada mais fazem do que jogar o problema para jusante.

E nesse processo de modificação dos canais urbanos, ocorre simultaneamente com a ocupação de suas margens, e por consequência a depredação da mata ciliar, que entre suas funções esta a de proteger as margens.

Notadamente a população que é compelida a ocupar tais lugares dentro da cidade é aquela de não possui meios de troca para conseguir no mercado capitalista do solo urbano um lugar digno para habitar, viver e se reproduzir, materialmente e socialmente.

Dessa forma temos diversos padrões urbanos dentro de uma mesma cidade, deste aquele alto padrão dotado de todos os equipamentos urbanos, onde a classe alta reside, e o extremo, formado pela população excluída, que constroem com seus poucos recursos suas casas, essas características do ambiente construído condicionam a maior ou menor vulnerabilidade do sistema, em face a ocorrência de algum evento.

Os lugares constituídos por moradias de baixo padrão construtivo quando inseridas em áreas naturalmente susceptíveis, dão origem as áreas de risco. Nesta pesquisa a susceptibilidade de uma área é decorrente de características vinculadas ao substrato geológico, como os depósitos fluviais, colúvio ou tálus, pois são formados por matérias inconsolidados e que possuem no caso dos depósitos fluviais, além de serem sedimentos inconsolidados e portanto extremamente friáveis, possuem uma baixa capacidade de drenagem, e sobre os depósitos de tálus e colúvio, podem ser desencadeados processos erosivos e movimentos de massa.

A análise morfométrica do relevo, define áreas com declividade inferiores a 2%, propícias aos alagamentos e inundações; e áreas superiores a 12%, que marcam a necessidade de intervenções para conter a erosão nas vertentes, essas classe foram utilizadas por Robaina (1999) em trabalho realizado no vale do Rio dos Sinos.

#### 4.1.1 Caracterização Geral de Santa Maria

O Município de Santa Maria situa-se na região central do Estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas 53°30'44" e 54°19'32", longitude oeste e 29°20'28" e 30°00'16", latitude sul; compreendendo uma área total de 3230 km<sup>2</sup>, distante aproximadamente 300 km da capital Porto Alegre.

Com uma economia voltada para a prestação de serviços, destacando-se o setor médico - hospitalar e o educacional, o município possui uma população total de 243.392 habitantes, sendo que 94,68% residem na área urbana (IBGE, 2001).

Quanto aos aspectos do ambiente natural apresenta as seguintes províncias geológico/geomorfológicas: Planalto, ao norte, constituindo as áreas de maiores altitudes e representadas por rochas vulcânicas, originadas dos derrames sucessivos de lavas, ocorrido durante a separação do grande continente da Gondwana.

Rebordo do Planalto, apresentando desníveis acentuados, formado por rochas vulcânicas e sedimentares, predominantemente arenitos; a Depressão Periférica, apresenta terrenos de origem sedimentar, desde lamitos a arenitos, que representam ciclos deposicionais em ambientes continentais com variações definidas pelas diferentes fácies nas seqüências de mesma idade e por trocas climáticas nas seqüências de idades diferentes, com feições morfológicas do tipo colinas levemente onduladas com declividades que raramente ultrapassam 10%.

Planícies e terraços fluviais recentes são encontrados nas bacias dos Arroios que compõem a rede de drenagem do município, tributários da Bacia do Rio Vacacaí, Vacacaí-mirim e Ibicuí, dentre eles destaca-se a Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena.

O clima de Santa Maria, segundo Barros Sartori (1979), apresenta temperaturas médias anuais em entorno dos 22°C, onde as temperaturas máximas e mínimas absolutas oscilam, no verão, superiores a 30°C e as menores, no inverno, ficam inferiores a 5°C e, são comuns as geadas no período de junho a agosto. As temperaturas médias mínimas e máximas, tem

valores como 13°C no inverno e 25°C no verão, sendo uma tendência habitual do ritmo climático da região.

A pluviosidade local, de acordo com Barros Sartori (op. cit), é influenciada pelo relevo, (Rebordo do Planalto Sul-Brasileiro), provocando o efeito orográfico direto sobre a cidade, que se traduz muitas vezes, na precipitação forçada pelo contato das Frentes com as áreas elevadas do Planalto.

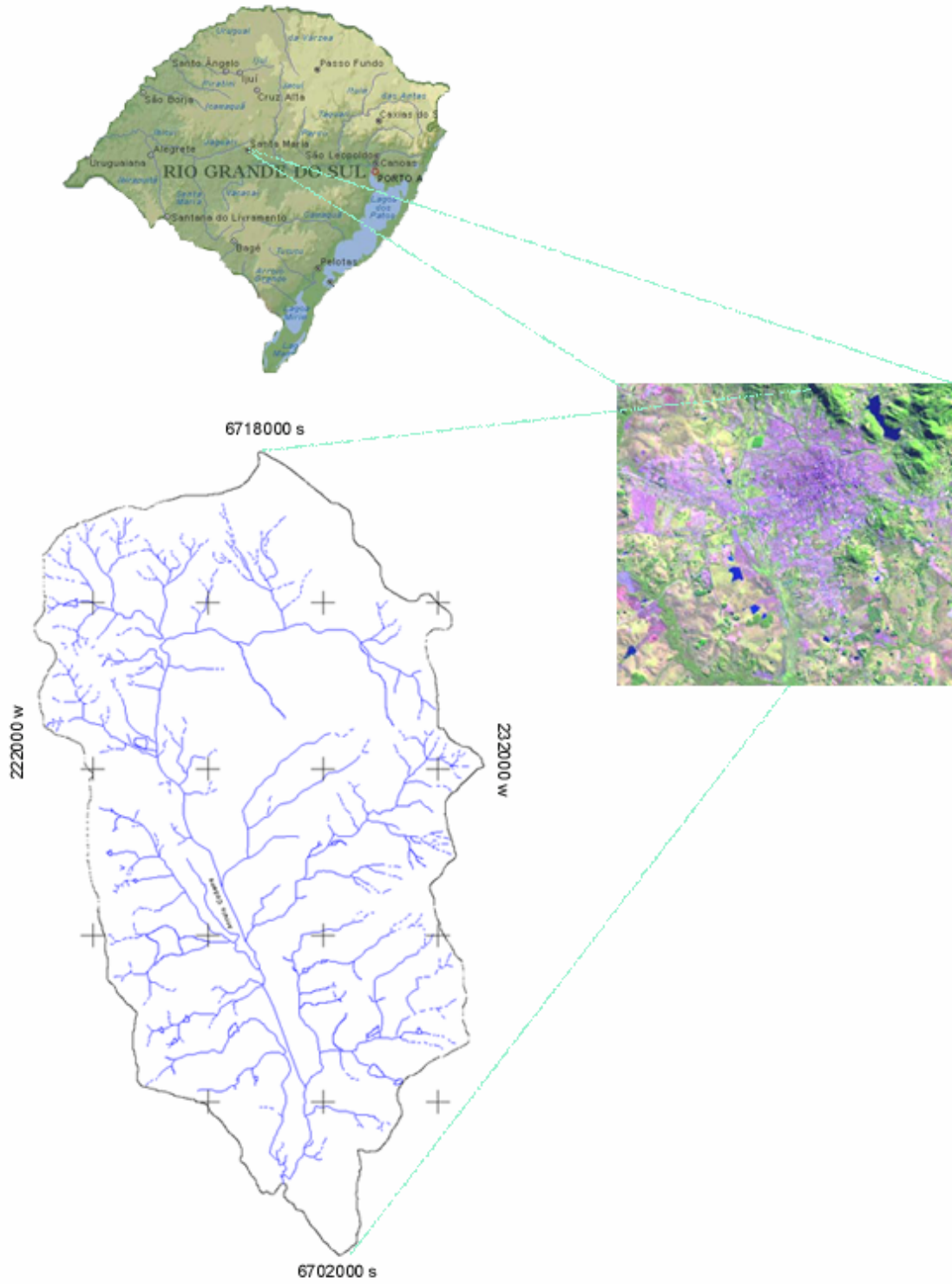
Santa Maria é seguidamente invadido por Frentes Polares que, chegam com frequência de uma invasão por semana. Elas ocorrem principalmente, por ocasião do inverno, as quais são responsáveis pela queda da temperatura.

Quanto a uso e ocupação a cidade de Santa Maria teve seu núcleo inicial acentado sobre as colinas da Depressão Periférica, atualmente a dinâmica urbana vem incorporando áreas planas correspondentes às planícies aluviais do Arroio Cadena, que drena grande parte da área urbana, e Arroio Vacacaí – Mirim, ambos tributários da Bacia do Jacuí. E destaca-se o avanço da ocupação em direção ao Rebordo do Planalto, área imprópria para o estabelecimento de moradias em função da elevada energia do relevo.

A Figura 4 apresenta a localização da Bacia hidrográfica do Arroio Cadena.



Figura 1: Localização da Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria/RS.



#### 4.1.2 Características Geológicas/Geotécnicas

Santa Maria apresenta seu substrato formado por rochas sedimentares, além de rochas de origem vulcânica em menor quantidade. As rochas sedimentares, representam os vários ciclos deposicionais em área continental, com variações definidas pelas diferentes fácies nas seqüências de mesma idade e por trocas climáticas nas seqüências de idades diferentes.

As rochas vulcânicas formam derrames sucessivos de lavas originados durante o Mesozóico que recobriu a Bacia do Paraná.

As rochas mais antigas encontradas no município correspondem a um pacote de rochas sedimentares Triássicas reunidas por Andreis, *et al.* (1982), sob a denominação do Grupo Rosário do Sul. Portanto, a Formação Rosário do Sul, termo original de Gamermann (1973), passou a categoria de grupo, sendo incluída a designação formal, Formação Sanga do Cabral, em substituição a Formação Rosário do Sul s.s.

A Formação Sanga do Cabral é constituída por rochas sedimentares de origem fluvial. Na folha de Santa Maria aparece como arenito muito fino ou siltito, com estratos cruzados, cor rosada, contendo fraturas que ficam esbranquiçadas devido a lixiviação.

Essas litologias afloram na extremidade sul da Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena e para Oeste em direção a cidade de São Pedro.

As rochas sedimentares que representam a Formação Santa Maria são divididas em dois membros, o inferior denominado Passo das Tropas e o superior o Alemoa, Medeiros (1980).

O membro Passo das Tropas é constituído, predominantemente, por arenitos médios, de cor amarela e rosa, feldspáticos, por vezes conglomeráticos com grânulos de quartzo.

O membro Alemoa está representado por uma seqüência de lamitos, com estratificação plano-paralela, de cor vermelha predominante, mas ocorrendo níveis cinza esverdeado e lilás. São comuns concreções e níveis carbonáticos, formando bancos e camadas.

A área urbana de Santa Maria encontra-se em grande parte sobre as rochas da Formação Santa Maria. A presença de argilas expansivas é um dos fatores responsáveis pelos problemas da malha viária da cidade.

Os sedimentos que compõem o membro superior (Alemoa) na folha de Santa Maria, ocupa uma faixa do centro para o sul, para oeste o membro superior aflora no máximo até o Arroio Ferreira; após ocorrem exposições do membro inferior desta formação, associados com sedimentos da Formação Sanga do Cabral.

A Formação Caturrita de acordo com Medeiros (1980) está representada por camadas de arenitos finos a médios, de cor rosa a cinza claro, composição quartzosa, intercalados freqüentemente, com camadas ou lentes de siltitos arenosos de espessura menor e cor avermelhada. Arenitos médios são presentes na base. O arenito mostra estratos cruzados acanalados; os arenitos finos, se desagregam em pastilhamentos devido a estratificação plano-horizontal.

Ocupa uma grande parte da área central da cidade. O Arroio Cadena apresenta grande parte do seu curso com leito de rochas de arenitos finos a siltitos desta formação.

A Formação Botucatu limita-se a uma faixa relativamente estreita constituindo a porção média a basal do rebordo do Planalto e dos morros testemunhos que ocorrem na área de transição do Planalto, onde encontram-se as nascentes da parte do norte do Arroio Cadena. Em determinados locais esta unidade está ausente, com os primeiros derrames basálticos da Formação Serra Geral assentando diretamente sobre arenitos da Formação Caturrita. A litologia dominante dessa formação é representada por arenitos médios a finos, bem selecionados, cor rosa, compostos por quartzo e pouco feldspato, com grãos arredondados e foscos. Estratificação eólica de grande porte, está invariavelmente presente, Medeiros (1980).

Constituindo a porção norte do município ocorrem os derrames de lava da Formação Serra Geral. A Formação Serra Geral é constituída por duas seqüências vulcânicas: uma básica e outra ácida Maciel Filho (1990). Conforme o autor a seqüência de derrame inferior, com composição basáltica assenta ora sobre arenitos da Formação Botucatu, ora sobre arenitos da Formação Caturrita, comumente em altitudes acima de 180m. São identificados

até três derrames sucessivos de lavas básicas, com espessura variando de 30 a 70m. A rocha que compõem esses derrames se apresenta de cor cinza escura, textura afanítica uniforme, maciço, exceto nas porções amigdalóides de topo de derrame. Sua composição mineralógica está representada por piroxênios e plagioclásios, Sartori *et al* (1975).

A seqüência de derrames superiores, de composição ácida, aparece a partir da altitude de 280-300m até a superfície superior do Planalto. As rochas de composição ácida são representados por riolitos e dacitos com textura afanítica uniforme e micrográfica de cor cinza-clara, Sartori & Gomes (1980).

As características dos materiais permite uma análise da importância dos dados geológicos na definição das zonas mais favoráveis e dos cuidados técnicos que devem ser levados em consideração sobre o espaço urbano e a susceptibilidade do terreno a dinâmica superficial.

#### **4.1.2.1 Perfis de Solo**

Os perfis pedológicos no município variam com as características do material parental e, também, com a posição na vertente, o que determina maior ou menor drenagem do perfil do solo.

A natureza da rocha parental, através da composição mineralógica e da textura, influi nos processos e nos produtos do intemperismo.

A região é composta no norte por derrames de lava básicas a ácidas e no restante do município por rochas sedimentares que variam sua composição de arenitos a lamitos.

As rochas vulcânicas apresentam respostas diferentes aos processos superficiais nas diferentes partes do derrame. As porções superiores e inferiores são as que mais prontamente se alteram, principalmente por serem compostas por material vítreo, metaestável, e um grande número de caminhos para percolação da água, associado a fraturas e vesículas presentes.

O basalto é uma importante rocha vulcânica na região e devido sua composição mineralógica, composta por plagioclásio e piroxênio é bastante susceptível a alteração. Dessa forma em áreas com topografias suaves o basalto apresenta-se sempre alterado.

Em Santa Maria é raro encontrar-se um basalto sem sinais de alteração. Os perfis pedológicos podem variar de 2m a pouco mais de 20cm de profundidade, dependendo da posição na vertente. Os perfis bem desenvolvidos estão representados por 40cm de horizonte A, orgânico, cor bruno avermelhado escuro, textura, predominantemente, argilosa ; horizonte B, vermelho escuro, argiloso, com espessura ao redor de 1m; horizonte C, saprolítico, onde ocorrem blocos de basalto arredondados, ao redor de 30cm de diâmetro.

Como a cidade de Santa Maria esta sobre formações sedimentares, a desagregabilidade destas rochas pode ser associada a três processos básicos que podem ocorrer simultaneamente, atuando, porém, em cada caso com intensidade variáveis.

Os primeiros parâmetros sensíveis à exposição estão ligados a algumas propriedades físicas do material rochoso. Dentre elas, as de maior significado no processo de desagregação, incluem-se o teor de umidade e o índice de vazios. Estudos realizados por Lempp (1981) sobre rochas lamíticas, simulando condições ambientais variáveis, demonstraram a importância e o significado da amplitude da variação da umidade natural das rochas no mecanismo global de fragmentação. O ressecamento parcial ou total resultante desta variação, com conseqüente contração do material rochoso, são pré-requisitos para o processo de desagregação.

Um segundo processo que pode ou não acentuar o primeiro, depende do tipo de argilo-mineral presente na composição da rocha. A grande capacidade de absorção de líquidos polares de alguns argilo-minerais produz expansão reticular na direção do empilhamento da estrutura planares, tendendo a desagregar a massa rochosa Lempp (1991).

O terceiro processo a ser considerado é representado pela desagregação a partir das reações químicas importantes, de componentes mineralógicos específicos. Sob este aspecto, é necessário considerar o ambiente químico original e a reatividade potencial conferida às rochas por este fator.

A ocorrência de níveis alterados estão preferencialmente dispostos ao longo de planos de estrutura sedimentar, como também associada a matriz. A presença de cimento diminui a permeabilidade por que veda os poros,

diminuindo a alterabilidade. As rochas mais resistentes a ação intempérica são as rochas onde os poros estão preenchidos por cimento silicoso, dada a elevada resistência deste aos processo intempéricos. A ocorrência de minerais carbonáticos pode facilitar a desagregação da rocha pela dissolução destes minerais.

Em Santa Maria os solos sobre as seqüências areníticas, que constituem as colinas, podem variar de 1,5m a mais de 3m de profundidade. Formam solos com horizonte A, bruno escuro, franco arenoso, com 60cm de espessura; horizonte B, vermelho amarelado a vermelho escuro, siltico-argiloso e deste passa para um horizonte silte-arenosos associado as rochas sedimentares do substrato.

A passagem para o horizonte C é gradual, sendo comum a ocorrência de limonita. Os arenitos, em geral, pelo seu alto conteúdo de quartzo, geram solos, bastante sujeitos a erosão, estes solos são classificados como Argissolos vermelho-amarelo a Argissolos vermelho, Embrapa (1999).

Nas seqüências lamíticas, em geral, os solos ficam mais rasos, devido a baixa permeabilidade da rocha, ao redor de 1m, com 30cm de um horizonte A, escuro, bruno acinzentado, argilosos, passando para um horizonte B, bruno e mosqueado bruno, argiloso ,e para um horizonte C, vermelho e mosqueado, argilosos.

#### **4.1.3 Geologia da Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena**

A geologia da Bacia hidrográfica do Arroio Cadena é composta na sua maioria por formações sedimentares da Depressão Periférica, constituídas pelos arenitos grosseiros que formam o Arenito Basal Santa Maria, aos arenitos siltitos argilosos e arenitos argilosos da Formação Santa Maria, e os arenitos finos a médios da Formação Caturrita, essas unidades compõem mais de 50% do substrato geológico da Bacia.

A resistência dessas formações aos processos erosivos é baixa, conforme Maciel Filho (1990), em dois anos nas sarjetas localizadas sobre a formação Santa Maria, estas aprofundaram aproximadamente 1 metro, na Vila Prado o processo de ravinamento atingiu cerca de 5 metros sobre esta

Formação. Os cortes realizados nas vertentes dessa formação apresentam pequenos escorregamentos (op. cit.).

É sobre a ampla colina sustentada por essas formações que teve início o povoamento da cidade de Santa Maria, em fins do século XVIII.

Os solos desenvolvidos sobre as seqüências sedimentares que formam as colinas na Bacia, em profundidade podem variar de 1,5m a mais de 3m de espessura. Formam solos com horizonte A, bruno escuro, franco arenoso, com aproximadamente 60cm de espessura; horizonte B, vermelho amarelado a vermelho escuro, siltico-argiloso e deste passa para um horizonte silte-arenosos, a passagem para o horizonte C é gradual.

O Arenito Basal Santa Maria surge a jusante da Bacia que ainda não foi incorporada pela malha urbana da cidade, onde também aflora os arenitos fluviais da Formação Sanga do Cabral na extremidade sul da Bacia.

Os Depósitos Fluviais recobrem  $\frac{1}{4}$  da área da Bacia, e estão associados ao canal principal do Arroio Cadena e de seus principais afluentes.

São depósitos quaternários, inconsolidados que formam as margens dos canais de drenagem. Segundo Maciel Filho (op. cit.) existe uma diferenciação granulométrica entre os depósitos a montante, compostos por sedimentos arenosos, e os sedimentos areno-argilosos localizados a jusante.

De acordo com o mesmo autor, a espessura destes depósitos pode chegar a 3 metros ou mais na área central da cidade, chegando a 5 metros na margem esquerda do Arroio Cadena a jusante.

O solo originado sobre esses depósitos é jovem e possui um baixo grau de desenvolvimento, são geralmente solos mal drenados, mostrando em sua coloração geralmente cinza claro a escuro, evidenciando o alto grau de hidromorfismo.

Recobrimo a Formação Caturrita temos os arenitos eólicos da Formação Botucatu, na Bacia são encontrados nos Morros testemunhos a leste e na parte norte junto ao rebordo do Planalto.

Sobrepostos ao arenito Botucatu temos as formações originadas pelos derrames de lava ocorridos durante o Mesozóico da Formação Serra Geral. Sendo composta por duas seqüências vulcânicas: uma básica e outra ácida, Maciel Filho (1990). Na parte norte da Bacia encontramos alguns canais de primeira ordem que tem seu curso sobre essas rochas.

Os depósitos coluvionares e de tálus são encontrados associados a base das vertentes serranas, geralmente na parte côncava destas, associados aos contatos entre os derrames vulcânicos e os arenitos. Figura 5:





#### 4.1.4 Geomorfologia de Santa Maria

Geomorfológicamente, Santa Maria está inserida em três grandes unidades de relevo: O Topo do Planalto; o Rebordo do Planalto e Depressão Central. O topo do planalto é o compartimento que apresenta as maiores altitudes, algumas vezes superiores a 500 metros, predomina nesta compartimentação um relevo levemente ondulado, resultado do vulcanismo fissural ocorrido na Bacia do Paraná, na Era Mesozóica, Pereira et al (1989).

O Rebordo do Planalto apresenta-se como faixa transicional entre o Planalto e a Depressão Central do Rio Grande do Sul, onde localiza-se as nascentes norte do Arroio Cadena.

Destaca-se na paisagem de Santa Maria, caracterizando-se como Serra, cuja morfologia de vales e morros - testemunhos resultou de processos morfogenéticos de clima seco (no passado) e de clima úmido (no presente) Albrecht et al (1991).

A origem desse compartimento liga-se á superposição dos sucessivos derrames de lavas do vulcanismo mesozóico da Bacia do Paraná, resultando num desnível de ordem de 370 metros, entre seu topo e as terras mais baixas da Depressão, já que as altitudes maiores situam-se em torno de 500 metros.

O forte comando estrutural representado pelos falhamentos e diaclasamentos, resultantes dos esforços de soerguimento do Planalto, iniciados no triássicos, formam os abruptos característicos do Rebordo, Pereira et al (op cit).

O trabalho erosivo provocou o recuo da escarpa, com a individualização de morros - testemunhos isolados e engastados, atestando desta forma, a antiga posição da frente do Rebordo, e que foram mantidas por uma camada mantenedora, composta por granófiros ou arenitos, Pereira et al (op. cit.).

Estes morros encontram-se a sudeste e a leste da cidade, dentre eles podemos mencionar o morro do Cerrito e Mariano da Rocha.

Entre os morros - testemunhos engastados, que são aqueles que ainda mantém um contato com a escarpa, com é o caso do morro Cechela, este que na atualidade está submetido a um processo de ocupação, por famílias de

baixa renda, que ali encontram um local para estabelecer suas moradias, estas casa estão sujeitas a serem submetidas a acidentes, devido a inadequabilidade do local.

A Depressão Periférica ou Depressão Central Gaúcha é o compartimento onde se encontra a maior extensão territorial da Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, é neste compartimento que se encontra as menores cotas altimétricas, cujas principais características morfológicas são as colinas côncavas - convexas (coxilhas); colinas tabuliformes e planícies aluviais. Pereira et al (op. cit).

De acordo com informações do Projeto Radambrasil (1986: 347), classifica-se este compartimento como:

Região Geomorfológica Central Gaúcha, por sua localização no Rio Grande do Sul..... constitui-se numa área baixa, interplanáltica onde os processos erosivos esculpiram em rochas sedimentares paleozóicas, triássicas e jurássicas da Bacia do Paraná colinas alongadas, conhecidas regionalmente como coxilhas. ....se caracteriza por apresentar um relevo sem grandes variações altimétricas, trazendo a paisagem um caráter monótono

Para Müller Filho & Barros Sartori (1999) essas coxilhas ou colinas, constituem-se de elevações arredondadas cujo topo tende para a convexidade.

"As coxilhas dessa unidade morfológica são sustentadas por arenitos vermelhos, de granulação média e muito fina, com estratificação cruzada, intercalados com siltitos avermelhados da Formação Rosário do Sul" Pereira et al 1989:54).

Sendo o substrato representado por arenitos muito finos a siltitos. Estas colinas são contornadas por áreas baixas, muitas vezes originando pequenos banhados.

Outra unidade geomorfológica são as planícies aluviais da Depressão, constituídas por sedimentos recentes, compreendendo, principalmente os leitos

maior dos rios Ibicui - Mirim, Vacacai – Mirim, Vacacai e Cadena. As altitudes das várzeas ficam em torno de 40 a 60 metros, com declividade média de 1,5% Pereira et al (op.cit).

#### **4.1.4.1 Geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena**

A análise e interpretação do mapa morfométrico juntamente com o arranjo das formas de relevo, são dois elementos importantes para compreendermos os processos de dinâmica superficial de determinada Bacia Hidrográfica, pois juntamente com o substrato geológico podemos estabelecer relações espaço – temporais entre esses elementos.

Desta forma a distribuição espacial da energia do relevo nos fornece informações sobre a adequação para os diversos usos feitos pela sociedade na Bacia do Arroio Cadena, pois nesse caso a edificação do meio urbano é a principal obra da sociedade aqui analisada com sua relação histórico – geográfica com o ambiente natural onde se originou.

A análise da inclinação do terreno estabeleceu as considerações que seguem:

As áreas com declividade inferiores a 2%, quando ocupadas tendem a provocar circunstâncias de risco caso nenhum projeto de drenagem seja efetuado, pois são áreas saturadas, os cuidados técnicos com a micro drenagem devem ser observados, pois caso contrário as águas pluviais podem provocar alagamentos mesmo com chuvas de baixa intensidade.

Pois a água pluvial que por gravidade escoar para essas áreas quando encontra alguma intervenção antrópica, como bueiros mal dimensionados, obras transversais que empecem o escoamento livre das águas, tende a acumular-se, originando situações de inundações/alagamentos.

Vinculadas às margens dos rios, essas áreas de baixa declividade constituem os leitos maior e maior excepcional, cobertos pelas águas fluviais somente nos episódios de grandes cheias e de baixa recorrência, mas em função das mudanças ocorridas no incremento da impermeabilização da bacia, esse intervalo de recorrência diminui acarretando nos episódios de inundações, esses afetando a vida das pessoas que ocupam esses lugares.

Os terrenos com declividades entre 2 – 5% constituem-se em áreas planas, mas apresentam uma maior segurança para as edificações coletivas, embora alguns autores sugerem que a partir de 5% aumentam os problemas para a construção de habitações, e a erosão do solo começa a ser um problema Cooke & Doornkamp (1974).

Entre 5 – 12% de declividade os processos erosivos já começam a ser um agravante a ser considerado nos projetos de desenvolvimento urbano.

A partir dos 12% já existe a necessidade de realizar cortes na vertente para a construção de moradias, sendo possível o desencadeamento de movimentos de massa nos lugares onde esses cortes não foram feitos seguindo os cuidados técnicos necessários para sua estabilização.

As unidades de *Landforms* mapeadas por Robaina *et al* (2002) para a Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena consiste na técnica de avaliação do terreno, baseada no reconhecimento, interpretação e análise de feições do relevo.

De acordo com Lollo (1998) a técnica baseia-se na possibilidade de dividir a área estudada em parcelas, em função de sua uniformidade fisiográfica, partindo-se do pressuposto que estas feições do relevo (*landforms*) são o reflexo do conjunto de processos de dinâmica externa atuantes no passado e no tempo atual, condicionando não só sua forma, mas também os materiais nela presentes.

Desta forma Robaina *et al* (2002) individualizou 7 unidades de *Landforms* para a Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, sendo que os sistemas de dissecação são representados pelas escarpas de topos planos; morros testemunhos; colinas junto ao rebordo e colinas suaves.

Já os sistemas de acumulação são representadas pela planície aluvial alta; terraços fluviais e planície aluvial baixa.

As Figuras 6 e 7 a seguir representam o mapa de declividade e o de Lanforms da Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, respectivamente.





#### **4.1.5 Hidrografia**

A cidade de Santa Maria compreende dois sistemas hídricos importantes, estando situada num divisor d'água, onde estão inseridas as nascentes das duas principais bacias hidrográficas do Estado. Para leste escoam as águas que irão configurar a Bacia Hidrográfica do Guaíba e, em direção oeste os rios que contribuem na formação da Bacia Hidrográfica do Uruguai, destacando-se o rio Ibicui.

Localmente, os cursos de água mais importantes, compõem as Bacias do Arroio Cadena, a do Arroio Vacacaí-Mirim, Arroio Arenal, Arroio Ferreira e Arroio Sarandi.

A bacia de drenagem do Arroio Cadena de acordo com Grassi (2001) pertence a Bacia do Vacacaí – Vacacaí Mirim (G-60) esta inserida na Região Hidrográfica do Guaíba.

##### **4.1.5.1 Os canais de drenagem da Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena**

Os canais de drenagem que constituem a Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, na cidade de Santa Maria encontram-se em um estágio de profundas alterações tanto nas suas características morfológicas como também em sua capacidade hidrodinâmica, principalmente naqueles trechos dos cursos d'água que estão inseridos dentro da área urbana.

Os trabalhos realizados com o intuito de identificar os processos de dinâmica superficial desencadeadores de circunstâncias de risco geomorfológico na referida Bacia, proporcionaram um reconhecimento do estado atual destes canais fluviais, onde foi possível observar as profundas alterações causadas pelas atividades antrópicas.

Como a ocupação do espaço urbano reflete o jogo antagônico entre os diversos agentes que o disputam, isso proporciona a maximização deste espaço, com a incorporação das margens dos canais para fins imobiliários, desrespeitando a legislação vigente (Lei Federal 6.766/79), que estabelece o espaço adjacente aos cursos fluviais, que por estarem próximas ao leito são susceptíveis aos processos de inundação e solapamento das margens,



definem estas áreas como sendo "non aedificandi". Ressalta-se que alguns loteamentos surgiram antes desta legislação.

As intervenções nos canais estão relacionadas desde a proteção das margens com pedras soltas, pneus, usados pelas residências para conter a erosão das margens, em muitos casos associados à plantação de taquaireiras, ou em alguns casos para aquelas pessoas de maior poder aquisitivo, quando dentro do seu terreno cruza um canal fluvial, estas constroem muros de arrimo ou até mesmo pequenas galerias setorizadas, onde o canal fica completamente fechado em alguns trechos.

Sendo que as mudanças efetuadas pelo poder público municipal são de maior dimensão, como a canalização do canal principal do Arroio Cadena, iniciada em 1968 pelo extinto DNOS - Desenvolvimento Nacional de Obras e Saneamento, de acordo com Bolfe (1997) Santa Maria planeja canalizar o Arroio Cadena em mais de 15.000 metros, já foram canalizados 1.200 metros em galeria fechada, de concreto armado, desde a rua Domingos de Almeida até a Avenida Brasil. Sobre essa canalização foi construído o Parque Itaimbé.

A retificação do canal principal ocorre a partir da década de 1980 quando este foi completamente descaracterizado, pois seu curso original foi transferido mais para oeste, onde além de aprofundarem o leito ele foi retilinizado em seu médio curso, sendo o leito original aterrado.

Essas mudanças vêm ocorrendo ao longo da história da formação da cidade de Santa Maria, mas intensifica-se mais nos últimos trinta anos, quando a pressão sobre o ambiente natural torna-se maior, com finalidade de converter-se em área urbana.

A Bacia do Arroio Cadena é composta por 15 microbacias hidrográficas, sendo que em 11 destas encontramos áreas em que o uso é urbano, e as outras quatro são áreas propriamente rurais, sendo três em território que pertencente ao Exército Nacional (Área Militar 1, 2 e 3)

Depois de identificados os canais fluviais urbanos, estabeleceu-se o seu atual estágio de desenvolvimento e as alterações provocadas pelas atividades humanas.

Nestes trabalhos foram identificados os trechos dos canais fluviais onde estes se encontravam alterados, foram descritos os processos erosivos atuantes nas margens, assim como a solução encontrada pelos moradores

para a sua mitigação; o estado da vegetação ciliar, e o Padrão Urbano de cada área.

Para critério de análise e uma melhor sistematização do trabalho, as intervenções realizadas nos canais foram divididas como mostra a Figura 8.

*Canais Abertos:* são aqueles canais inseridos em área urbana, onde predomina no seu trecho o canal aberto, sem grandes intervenções em suas margens nem no leito.

*Canais Fechados:* são todos aqueles trechos onde o canal foi completamente fechado por galerias de concreto.

*Canais Misto:* são os canais onde existe alguns trechos onde este encontra-se ora completamente aberto, ora com algum tipo de proteção nas margens, e em alguns casos com trechos completamente fechados por galerias setorizadas.

*Canal Retificado:* são trechos onde a intervenção foi no sentido de modificar a morfologia do canal e o seu percurso, mas o canal continua aberto.

*Barramentos:* são todas aquelas obras que realizadas sobre a drenagem que formam pequenos barramentos ao curso normal do canal, estão associados as vias perpendiculares ao canal e suas respectivas tubulações.



Com a construção do mapa dos canais urbanos e sua distribuição espacial na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, foi possível obter uma setorização por microbacias hidrográficas.

A setorização reflete principalmente os impactos provocados sobre a rede de drenagem, pois são justamente os canais urbanos que sofrem as maiores intervenções. Os critérios utilizados vinculam-se as obras e intervenções sobre os canais assim como o estágio que se encontra a área urbana nessas microbacias. Sendo assim estabeleceu-se o estado de intervenção na rede de drenagem em:

*Microbacias com forte grau de intervenção:* refere-se as microbacias onde a rede de drenagem encontra-se no seu estágio máximo de descaracterização, pois a maioria dos canais ou encontra-se fechado, retificado, misto, ou seja nas áreas onde o processo de urbanização é mais antigo e conseqüentemente temos as maiores alterações da rede de drenagem.

*Microbacias com médio grau de intervenção:* são aquelas onde os canais já mostram vestígios de alterações, com alguns trechos misto, algumas nascentes já canalizadas de modo fechado, mas ainda a vegetação ciliar encontra-se em melhor estado de conservação, principalmente nas nascentes.

*Microbacias com baixo grau de intervenção:* são aqueles canais de drenagem onde a ocupação urbana encontra alguma dificuldade de expansão, desta forma o adensamento populacional é menor e a ocupação é mais recente, ressaltando que constituem-se vetores de crescimento.

*Microbacias não urbanas:* são aquelas onde predominam atividades rurais, ou seja são aquelas onde não encontramos um espaço urbano altamente construído.

Pois dependendo da forma de intervenção teremos efeitos diversos sobre a drenagem. Quando ocorre a canalização de forma fechada, o efeito imediato é aumentar a velocidade do fluxo logo a jusante do trecho, aumentando a capacidade erosiva em determinado setor do canal. Quando a intervenção

ocorre de forma heterogênea, com margens ora protegidas com pedras, ou concretadas, a tendência é que ocorram novos processos erosivos em pontos onde estes não ocorriam, o que leva que novas intervenções sejam feitas para tentar remediar o problema.

As mudanças feitas na morfologia e no percurso do canal pelas retificações impõem novas condições hidrodinâmicas para a bacia como um todo, provocando o ajustamento do canal às novas modificações impostas.

A Figura 9 a seguir representa a setorização da Bacia hidrográfica do Arroio Cadena.



#### **4.1.6 Evolução histórica do espaço urbano de Santa Maria**

A cidade de Santa Maria tem suas origens históricas associadas as disputas geopolíticas entre as duas grandes potências europeias, Portugal e Espanha, que remonta, desde a descoberta e conseqüente colonização do continente sul americano no século XV – XVI.

Sendo que no final do século XVIII, mais precisamente no ano de 1787, conforme Belém (2000) em função dos trabalhos realizados pela comissão mista demarcadora de limites, cujo objetivo principal era definir os reais limites entre as duas coroas, esta passa por terras sul riograndenses que mais tarde dará origem ao povoamento de Santa Maria. No entanto, dez anos mais tarde com o fim da referida comissão, assenta-se sobre uma colina ampla, aos pés da Serra, a 2ª Subdivisão portuguesa, instalando ai seu acampamento para fins de realizar os trabalhos de gabinetes necessários para os fins de estabelecer a referida fronteira.

Tem-se portanto o marco histórico da povoação de Santa Maria o ano de 1797 com o surgimento de um acampamento militar. Como relata Belém (2000), foi desta forma que surge Santa Maria:

imediatamente ordens foram dadas para a derrubada da floresta no cimo do outeiro, levantando-se em seguida o quartel para a tropa, o escritório para a comissão técnica, os ranchos para os oficiais, e a indispensável Capela em obediência à vontade soberana decorrente do espírito religioso da época. p 31-32.

Percebe-se pela citação acima que o processo de formação do território santamariense inicia-se pela apropriação/depredação do ambiente natural, esse fato ressalta a forma como procedeu-se a colonização não só no caso estudado, como também em todo território brasileiro e latino americano.

Outro fato importante a ser mencionado, é que conjugado ao estabelecimento do acampamento militar e respectiva moradia para os soldados, ergueu-se uma Capela, com finalidades de proceder os ritos religiosos, que influenciaram de forma marcante o surgimento de Santa Maria,

com características geopolíticas e religiosas no início de sua estruturação territorial.

Pois como relata Belém (op. cit.) vários estancieiros vieram morar próximos da Capela, trazendo consigo suas famílias e pertences, “A Capela do Acampamento tinha um maravilhoso poder de atração, pois, chegando a expedição ao sítio de que nos ocupamos em novembro de 1797, já no começo do ano seguinte a população do local era de aproximadamente de 200 almas”. (op. cit.)

De acordo com o autor em 1826 quando do recenseamento realizado no município o Curato de Santa Maria contava com aproximadamente 2.128 habitantes, sendo que nesse número não constava os escravos.

A prosperidade do Curato decorria, em parte, de sua feliz situação geográfica, que facilitava o intercâmbio comercial com centros populosos da fronteira como Bueno Aires e Montevideú, mas também adivinha da operosidade dos seus habitantes, dedicados à criação de gado bovino e cavalar e ao cultivo de cereais, algodão, linho, etc. (op. cit.)

Nos ano de 1839, Santa Maria enfrenta a crise provocada pela Revolução Farroupilha, conforme o relato de Belém, a Igreja ficou abandonada, mas o comércio prosperava. Em 1858, existiam na cidade 5.110 habitantes, sendo que nesse levantando “estavam incluídos 20 libertos e 966 escravos” (op. cit.).

A partir de 1865 quando é concluída e aprovada a planta da vila, é que formam demarcados os quarteirões e numerados os respectivos terrenos urbanos, que segundo o autor estes eram cedidos, em aforamento perpétuo, a quem os requeria, sob condição de os edificar no prazo máximo de um ano.

Podemos inferir que o início efetivo da construção da cidade de Santa Maria acontece na segunda metade do século XIX, pois segundo relato do autor em pouco tempo todos os terrenos foram ocupados, e interessante ressaltar que desde este momento começa a se estruturar o processo de apropriação inadequado do solo urbano, pois conforme Belém (2000:134) “Naquele tempo havia egoístas como há hoje e haverá sempre. Esses requereram dois, três e até quatro terrenos e edificaram um só, burlando deste modo a finalidade da Câmara. Ainda, hoje, há terrenos aforados na cidade, sem edificação”.



Cinco anos após tem-se o início o calçamento das ruas da vila, e em 1875 tem-se um relato histórico da segregação urbana que começa a se estruturar em um espaço urbano nascente, de acordo com Belém (op. cit.) em 3 de junho de 1875, “a Câmara dirige à Presidência da Província um ofício em que pede uma medida magnânima em favor dos pobres que vivem “ em posses de matos” no município, “ visto que tendo o Governo Central mandado medir a área devoluta, aqueles infelizes, cujas posses não são legalizadas, serão, naturalmente, compelidos a abandonar aqueles lugares, o que será uma calamidade”.

E em 1876 por Lei provincial n. 1.013, de 6 de abril, a vila é elevada de categoria, passando a ser a Cidade de Santa Maria, a cidade surge junto com a exclusão dos desafortunados.

Em 1920 de acordo com recenseamento federal, Santa Maria contava com 65.000 habitantes (op. cit.).

Atualmente Santa Maria constitui-se num pólo regional, com relação às cidades vizinhas, as quais são atraídas pelo expressivo ramo comercial, de saúde (hospitais) e das instituições de ensino (principalmente o ensino médio e superior). Estas atividades diversificadas despertaram interesse, de um grande contingente populacional, dando um novo impulso ao crescimento urbano.

Mesmo não possuindo um expressivo ramo industrial, a economia gira em torno do seu forte setor terciário, principal fonte de arrecadação. A prestação de serviços atrai e emprega muita mão-de-obra.

A Cidade já foi conhecida como um dos principais centros ferroviários do País, importante entroncamento de várias linhas férreas, que liga todas as regiões do Estado e outras partes do Brasil, quando transportava riquezas minerais (carvão, cobre ou calcário), animais (bovinos, couro), vegetais (soja, milho, etc.), como também, servindo de meio de transporte para passageiros.

É importante destacar também, a participação militar, com posição de segunda maior concentração do país, composta pelas forças armadas do Exército e da Aeronáutica. Estes Órgãos Militares, juntamente com a Universidade Federal de Santa Maria, são os principais responsáveis pelo atual desenvolvimento e crescimento populacional, mesmo que grande parcela dessa população seja itinerante.

Todas estas características configuram a cidade de Santa Maria, tornado-a peculiar à sua forma de surgimento histórico, desenvolvimento cultural, étnico, econômico e social.

A expansão urbana da cidade pode-se dizer, que num primeiro momento, cresceu em todas as direções, porém, com o passar dos anos, ela começou a sofrer limitações em alguns setores, como na direção norte, pela presença do Rebordo do Planalto.

As instalações militares do Exército, que ocupam grandes extensões de terras, à Sudoeste, proporcionaram, segundo, Moraes (1982), “pequenos aglomerados urbanos, que por um lado, constituem fatores de urbanização e, por outro, impedem o crescimento naquela direção”.

O vetor de crescimento para leste teve impulso com a criação da Universidade Federal de Santa Maria, em 1960. Hoje, encontra-se em pleno desenvolvimento, com o surgimento de vários loteamentos particulares, destacando o desenvolvimento do Bairro Camobi.

Ao sul, a expansão da cidade já começa a apresentar forte tendência de crescimento, e na direção oeste, onde foi construído um campus da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA).

Deste modo, a incorporação de novas áreas para a função urbana, vem se alargando continuamente, cuja ocupação territorial, ocorre basicamente nas direções leste, oeste e sul da cidade, já que em direção norte o Rebordo do planalto impõem maiores dificuldades para o desenvolvimento urbano, embora encontrem-se algumas áreas onde a população mais carente vem se estabelecendo, um exemplo é a Vila Bilibio, na margem esquerda da Br-158, esta vila não está inserida na Bacia do Arroio Cadena. Notadamente, Santa Maria tem seu crescimento urbano, com influencia decisiva na sua forma de expansão, distribuída, segundo sua geomorfologia, e seguindo direções de expansão, condicionada pelas formas do relevo local.

Configurando uma malha urbana que reflete o jogo antagônico da disputa pelas classes sociais por uma localização dentro da cidade.

## **5. Análise dos Resultados**

### **5.1 Susceptibilidade Natural da Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena.**

O estudo das propriedades do ambiente natural propicia um entendimento das potencialidades ou das restrições impostas para uma determinada área, principalmente quando objetivo do uso seja para fins de desenvolvimento urbano.

A análise conjunta do mapa de declividade e geológico nos possibilitou ter uma visão integrada desses aspectos de extrema relevância para encontrarmos as áreas que se ocupadas venham a desenvolver circunstâncias de risco, portanto são áreas susceptíveis, ou caso já estejam ocupadas, a interligação com o padrão urbano destas áreas e a ocorrência de eventos/acidentes possibilita o estabelecimento do grau de risco geomorfológico.

Pois nas áreas planas do relevo representadas pelas planícies aluviais onde encontramos declividades inferiores a 2%, estas são propícias se ocupadas a desenvolver processos de inundações/alagamentos.

Maciel Filho (1990) estabelece essas áreas como geotécnicamente impróprias, juntamente com os depósitos fluviais, por serem sedimentos quaternários inconsolidados possuem extrema fragilidade aos processos erosivos, desencadeado pela vazão das águas do canal, e além disso pelo fato de serem zonas saturadas, pois o lençol freático encontra-se próximo da superfície, facilmente acumulam água pluvial em até mesmo episódios de chuva de curta duração.

Nas áreas onde a energia do relevo é maior temos outro processo da dinâmica superficial que em áreas urbanas causa muitos problemas quando desencadeado, a erosão.

A erosão que constitui um mecanismo natural de esculturação do relevo ao longo do tempo, sendo desencadeada por vários agentes tais como gelo, vento e a água, no território brasileiro, conforme Fendrich (1991), ocorre de forma mais acentuada sobre os sedimentos das formações terciárias e quaternárias, de natureza coluvial ou aluvial que recobrem a Bacia do Paraná.

Ao longo da vertente, podem se desenvolver a erosão através de duas maneiras, a erosão laminar originada pelo escoamento difuso das águas das pluviais, e a erosão linear, causada pela concentração das linhas de fluxo das águas de escoamento superficial, resultando em pequenas incisões na superfície do terreno, em forma de sulcos, que pode evoluir, por aprofundamento, para ravinas, Infanti, Jr & Forsinari Filho (1998)

Sendo que em áreas urbanas o desencadeamento e a evolução do processo erosivo de acordo com Almeida Filho (1999) consiste que na maioria dos loteamentos populares e conjuntos habitacionais não contam com sistemas de drenagem de águas pluviais e servidas, ou, quando os tem, são deficientes. O sistema viário, de maneira geral, tem implantação inadequada, com ruas perpendiculares às curvas de nível, ausência de pavimentação, guias e sarjetas.

E a expansão urbana descontrolada, com a implantação de loteamentos e conjuntos habitacionais em locais não apropriados, sob o ponto de vista geotécnico e agravado pela deficiência de infra-estrutura.(op. cit.)

Além dessas áreas com maior declividade estarem sujeitas aos movimentos de massa, pois quando da realização de cortes na vertente com determinado grau de inclinação, este pode vir a desestabilizá-la, provocando movimentos coletivos de solo e rocha.

Com base nessas premissas foi construído o mapa de susceptibilidade natural para a Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, conforme Figura 10:



Com mapa de susceptibilidade natural pode-se estabelecer a relação entre os aspectos aqui considerados como fundamentais para o estabelecimento de áreas de risco, a geologia e as formas de relevo encontradas na Bacia dentro da área urbana.

As menores declividades estão concentradas junto ao leito principal do Arroio Cadena e de seus principais afluentes, compreendendo as unidades de *landforms* representadas pelas planícies aluvial alta e baixa, compostas por sedimentos fluviais inconsolidados.

As declividades superiores a 12% são encontradas nas colinas junto ao rebordo, sustentadas pelos sedimentos das Formações Santa Maria e Caturrita, onde está assentada e teve origem o desenvolvimento do espaço urbano de Santa Maria, e onde temos hoje as maiores alterações provocadas pela urbanização.

Além disso o substrato sedimentar francamente friável que recobre grande parte da bacia produz uma grande carga sedimentar que vai ser removida para a drenagem, também contribuindo para os processo de dinâmica fluvial.

Com esta inclinação das vertentes associadas ao substrato sedimentar destas formações, estas áreas apresentam-se como susceptíveis a desenvolverem processos erosivos, que poderão por em risco tanto as pessoas como os equipamentos urbanos aí instalados.

## 5.2 Padrão Urbano da Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena

Para a construção do mapa que representa o Padrão Urbano da Bacia do Arroio Cadena, foram analisadas as características construtivas e estruturais das habitações. Desta forma as categorias de análise do espaço propostas por Santos (1985) foram observadas em sua relação para definir o padrão urbano aqui apresentado, as categorias espaciais são fundamentais para uma interpretação geográfica.

Forma, função, estrutura e processo, termos que tomados individualmente representam apenas realidades parciais, limitadas do mundo. Considerados em conjunto, porém, e relacionados entre si, eles constroem uma base teórica e metodológica a partir da qual podemos discutir os fenômenos espaciais em totalidade Santos *apud* Corrêa (1995).

Portanto, para construir aqui o que chamamos de *padrão urbano* foram inter-relacionadas informações sobre a forma das habitações enquanto sua apresentação material, visível aos olhos do observador, como também a função exercida por determinada forma, dentro da natureza e evolução histórica do espaço urbano de Santa Maria, principalmente da Bacia do Arroio Cadena.

O padrão construtivo das habitações foi dividido em alto/médio e baixo; o padrão alto/médio corresponde àquelas edificações que foram construídas com técnicas de engenharia adequadas segundo as normas construtivas e apresentam material de boa qualidade em sua construção, já o baixo padrão construtivo está vinculado as habitações que geralmente são autoconstruídas por seus moradores e apresentam variados materiais em sua estrutura.

Também foram analisadas as condições de infra-estrutura básica oferecidas à população residente na área (rede pluvial, canalização do esgoto cloacal e pluvial, obras de contenção e rede viária), bem como o adensamento populacional e a forma de ocupação do espaço se aconteceram de forma ordenada ou não.

A caracterização da área segundo essas unidades possibilitou a divisão do espaço urbano da Bacia em: Alto, Médio e Baixo Padrão Urbano, pois para estabelecermos as áreas de risco geomorfológico torna-se indispensável o entendimento de como o espaço urbano está edificado, pois

cada padrão implicará em uma maior ou menor fragilidade em vista do desencadeamento de algum evento, expondo de forma diferenciada essas áreas a circunstâncias de risco, que podem ser tanto de ordem material e econômica, como também na possibilidade de vitimar a população com perdas de vidas.

A Figura 11 a seguir representa o mapa do Padrão Urbano da Bacia do Arroio Cadena.





Podemos constatar pelo mapa do Padrão Urbano da Bacia que a formação e estruturação do espaço urbano reflete historicamente a apropriação desse espaço pelas diferentes classes sociais.

As áreas onde encontramos hoje um alto padrão urbano, sendo supridas por toda infraestrutura, correspondem aos bairros centrais e sua periferia imediata, ou seja, aqueles onde habitam a classe média/alta de Santa Maria, em bairros residenciais, mas que concentram a maior parte dos serviços oferecidos na cidade, constituindo-se nos lugares detentores dos melhores equipamentos urbanos.

Sendo nesses bairros onde encontramos toda superestrutura político-administrativa da cidade, com órgãos tanto da esfera Federal e Estadual, como também ai esta a sede da Prefeitura Municipal.

Já o médio padrão circunda geograficamente os bairros dotados de uma adequada infraestrutura, são bairros residenciais, onde encontramos pequenos comércios. Onde se concentra a classe média, bairros como o Nossa Senhora de Lourdes e Nossa Senhora das Dores, são exemplos típicos desse padrão urbano.

Nos bairros e vilas onde encontramos o baixo padrão urbano, alguns desses geralmente estão relacionados a “cidade ilegal”, são aqueles conjuntos habitacionais que surgiram a partir dos anos sessenta e setenta e intensificados nos dias de hoje, alguns em áreas devolutas, ou pertencentes ao poder público, ou loteamentos privados que surgiram inicialmente sem nenhuma infra-estrutura, como as Vilas Urlândia, Oliveira, Arco - Íris, Renascença, Santos, Lídia, Brenner.

Representando manchas de expansão urbana para lugares desprezados pelas classes mais altas, como as margens dos arroios e as áreas íngremes do Rebordo do Planalto.

Nesses lugares a infraestrutura é extremamente deficitária, principalmente em relação ao saneamento básico.

Em trabalho realizado sobre as áreas de ocupação irregular em Santa Maria nos últimos 30 anos, Pinheiro (2002) encontrou 24 áreas que surgiram de forma irregular, sendo que destas 11 estão inseridas na Bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Tabela 3.

Tabela 3: Ocupações irregulares em Santa Maria.

Vilas	Localização	Ano	N° de Famílias
N.S. Trabalho	Norte	1960	600
Esperança	Sudeste	1964	25
Bilibio	Leste	1966	100
N.S. Aparecida	Nordeste	1970	82
Brasília	Norte	1970	200
Brasil	Leste	1970	45
Cerrito	Sudeste	1975	52
Renascença	Oeste	1976	180
Rossi (área verde)	Oeste	1977	20
Bela Vista (rua canários)	Nordeste	1980	80
N.S. Conceição	Norte	1980	105
Estrada da Picadinha	Oeste	1980	12
Jardim	Leste	1982	97
Lídia (margem do Cadena)	Oeste	1988	30
Arco – Íris (área verde)	Oeste	1989	150
Ecologia	Oeste	1991	120
Fazenda Santa Marta(alguns núcleos estão ma referida Bacia)	Oeste	1991	4800
Aparício de Moraes	Leste	1993	100
Cohab F. Ferrari (área verde)	Leste	1993	200
Presidente Vargas (área verde)	Leste	1997	100
Lorenzi	Sul	1998	150
Kennedy (área verde)	Norte	1999	19
Cohab T. Neves (área verde)	Oeste	2000	73
Km 3	Leste	2001	45

Áreas inseridas na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena

Fonte: Pinheiro (2002)

Montagem: Oliveira (2004)

### 5.3 Espacialização dos Eventos/acidentes na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena

Para o estabelecimento das áreas de risco geomorfológico houve a necessidade de obtermos a distribuição espacial dos eventos/acidentes ocorridos na Bacia.

Aqui utilizamos os termos Evento e Acidente associados, embora etimologicamente estes tenham significado diferentes. A formulação feita por Cerri & Amaral (1998) conceitua o termo *Evento*, como algo acontecido, não

sendo registrado conseqüências sociais e econômicas para população envolvida, já o conceito de *Acidente*, evidencia um fato já ocorrido, ou seja, um evento, só que esse provocou perdas sociais e econômicas (perdas e danos), e definem o termo *Risco*, que foi adotado neste trabalho, como a possibilidade de ocorrência de um acidente.

Portanto do termo *Risco* diverge do de *Susceptibilidade*, pois este último representa a possibilidade de ocorrência de um evento, mas caso já exista a intervenção humana em uma área susceptível poderá desencadear circunstâncias de risco, pois se existe risco este existe para alguma coisa (obra, moradia, equipamentos urbanos), ou para alguém, as pessoas que habitam essas áreas.

O termo *Vulnerabilidade* indica a fragilidade do sistema social em vista do desencadeamento de algum processo da dinâmica superficial, coincide em via de regra com os Padrões Urbanos adotados nesta pesquisa, pois o alto padrão é constituído por uma parcela da sociedade que detém os recursos necessários para uma adequada intervenção no ambiente natural quando necessário, já a classe social menos favorecida não dispõem de tais recursos, quando estes são necessários para sua segurança.

Optou-se pela associação entre os termos pela dificuldade encontrada em definir entre os dados recolhidos a distinção precisa entre evento e um acidente, pois a fonte histórica encontrada para a obtenção dos dados foi os arquivos do jornal A Razão, que compreende os anos de 1980 a 2000, além das informações fornecidas pelos moradores quando da realização dos trabalhos de campo.

A opção por esta fonte, os arquivos do jornal, ocorreu em função da inexistência de um banco dados reunidos nos órgãos públicos, tais como a Prefeitura Municipal de Santa Maria e na Defesa Civil do município.

Para confeccionar o mapa dos eventos/acidentes, foram localizados com o auxílio de um mapa da cidade de Santa Maria o nome dos bairros e respectivas ruas. Desta forma o mapa representa os locais onde já aconteceram eventos/acidentes não representando, contudo o número de eventos/acidentes nas localidades.

A Figura 12 a seguir corresponde ao mapa dos eventos/acidentes identificados na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, tanto na pesquisa

realizada junto aos arquivos do jornal A Razão, como também aqueles identificados nos trabalhos de campo.



A análise da distribuição dos eventos/acidentes nos permite observar que a grande maioria está concentrada junto ao canal principal do Arroio Cadena, no seu trecho leste – oeste, trecho este compreendido entre as Avenidas Assis Brasil e Borges de Medeiros, onde encontramos os Bairros Salgado Filho, Vila Carolina, Brenner e Kennedy.

A ocupação nesse trecho já incorporou as margens do Arroio Cadena, desconfigurando-as completamente, a montante deste trecho, durante os anos de 1968/69, de acordo com Bolfe (1997) foram canalizados 1.200 metros em galeria fechada pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS).

Essa intervenção realizada no canal aumentou a em muito a vazão do arroio e aliada a forte impermeabilização do solo a montante deste setor foram responsáveis pelos episódios de inundação ocorridos no início da década de 80, estes atingiram principalmente o bairro Salgado Filho.

Em função destes problemas no final da dos anos 80 a Prefeitura Municipal muda o percurso do Arroio Cadena, as obras consistiram na retificação do canal que modificaram o seu curso mais para oeste.

Como o antigo canal foi apenas recoberto, logo depois começa a expansão urbana para essas áreas, já que não foi implementada nenhuma medida no sentido de conter esse movimento. Os problemas ressurgem, agora além dos eventos/acidentes vinculados as inundações/alagamentos, intensificou-se o processo de erosão das margens, atingindo as Vilas Oliveira, Lúcia, Arco-Iris e Renascença.

Mas como o rio tende a encontrar o seu equilíbrio e a cidade não para de crescer provocando a impermeabilização do solo e com isso diminuindo o tempo de chegada das águas pluviais no canal, os problemas de inundações/alagamentos ressurgem, só que agora são afetadas as vilas ao sul: principalmente Urlândia e Santos. Outra vez a solução estabelecida pelo poder público é mudar o percurso do canal na proximidade destas vilas no início dos anos 90, como se o problema fosse a existência do arroio.

Com as intervenções realizadas ao longo do tempo, e que tinham por objetivo solucionar problemas em determinados locais na Bacia do Arroio Cadena, ficou claro que os trabalhos não foram realizados no âmbito da Bacia como um todo, de forma integrada, e sim de forma setORIZADA, o que com o passar do tempo provocou problemas mais a jusante.

Ao longo do canal principal é que temos o maior número de registros de eventos/acidentes, estes vinculados a dinâmica fluvial, como as inundações/alagamentos, como também os processos erosivos nas margens.

Logo depois temos os eventos/acidentes associados aos afluentes da margem esquerda do Arroio Cadena, os canais que compõem as microbacias do Arroio Cancela, Sanga da Aldeia e Genro Filho, as duas primeiras classificadas como sendo onde aconteceram os maiores impactos sobre o ambiente natural, principalmente no que tange as intervenções realizadas na drenagem.

A microbacia Genro Filho atualmente apresenta um grau médio de intervenção, mas se alguns cuidados não forem realizados, os problemas hoje identificados em um curto intervalo de tempo podem tornar-se mais graves.

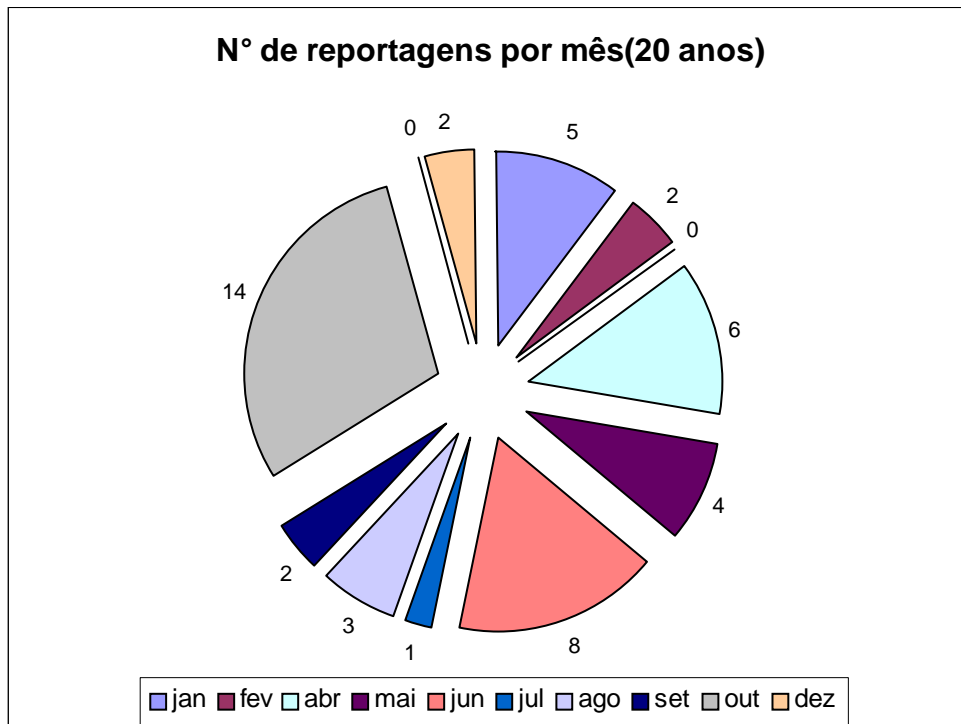
Já as microbacias da margem direita apresentam um menor número de eventos/acidentes, fato esse que pode ser relacionado com o povoamento recente destes locais, pois a maior parte destes eventos/acidentes foram identificados nos trabalhos de campo.

No extremo norte e nordeste, os eventos que aí foram registrados são os relacionados com os movimentos de massa e erosão, em função da proximidade do Rebordo do Planalto, e onde temos as maiores declividades da Bacia.

A Figura 13 a seguir representa o número de reportagens onde foram registrados eventos/acidentes na Bacia do Arroio Cadena, assim como o número de reportagens por mês:



Figura 13: Número de reportagens por mês (20 anos)



Fonte: Arquivos Jornal A Razão (1980 –2000)  
Org: Oliveira (2004)

No total foram encontradas 47 reportagens referentes a eventos que provocaram acidentes na Bacia do Arroio Cadena. Sendo que alguns anos o número de reportagens foi bastante elevado, como os anos de 1982 (7 reportagens), 1996(5) e 1997(7).

Em trabalho realizado por Almeida *et all* (2001) no qual foi analisada a variabilidade e a tendência do comportamento pluviométrico para a região de Santa Maria entre os anos de 1913 a 2000, nos anos, onde foram registrados vários eventos/acidentes na Bacia hidrográfica do Arroio Cadena coincide com manifestações do fenômeno El Niño, provocando um aumento no volume de chuvas nos referidos anos.

Segundo Almeida *et all* (op. cit.) o ano de 1982 registrou o maior volume de chuva na série temporal analisada, com um total pluviométrico de 2308 mm, o ano de 1997 onde também foram encontradas 7 reportagens referentes a acidentes registrados na Bacia teve um total pluviométrico de 2000 mm.

O ano de 1982 segundo Moreira & Neto (1998) coincide com uma grande manifestação de fenômeno El Niño, que além de ter provocado fortes chuvas no sul do Brasil, interferiu nas precipitações do Equador, noroeste do Peru, além de provocar um período de seca que castigou o Nordeste brasileiro.

Já o mês de outubro destaca-se pelo grande número de reportagens, totalizando 14, que relatam a ocorrência de eventos/acidentes em vários pontos da Bacia do Arroio Cadena.

Este fato está relacionado com um episódio que é característico do final do mês de setembro e que se prolonga pelo mês de outubro, popularmente conhecido como as enchentes de São Miguel, em função das fortes chuvas registradas neste período.

Conforme Rossato *et al* (2003) este período compreende o fim da estação de inverno e o começo da primavera, destacando-se que no referido período ainda existe uma intensa participação dos anticiclones migratórios polares e a massa de ar associada (Massa Polar Atlântica) sobre a região Sul. E no interior do Brasil começa a ocorrer um forte aquecimento em função da maior insolação recebida, dando origem as linhas de Instabilidades Tropicais.

Que de acordo com Rossato *et al* (op. cit.):

“Assim, as massas de ar que ai predominam (polar velha, tropical atlântica ou tropical continental) apresentam-se mais aquecidas que no inverno e, ao confrontarem-se com as massas polares, entram em ascensão dinâmica com maior facilidade, devido a sua densidade bem mais baixa, ocasionando chuvas torrenciais associadas ao desenvolvimento de nuvens cumulonimbos no interior do sistema de nebulosidade frontal”.

Nos meses de março e novembro não foram constatados nos arquivos pesquisados, nenhuma reportagem que fizesse alusão a algum evento/acidente que tenha ocorrido na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena.

Conforme Barros Sartori (1993a; 1993b; 2003) o mês de novembro é o menos chuvoso na grande maioria do Estado do Rio Grande do Sul.

## **5.4 Análise Setorial e Áreas de Risco Geomorfológico na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena**

Para uma melhor compreensão da distribuição espacial das áreas de risco na Bacia do Arroio Cadena foram realizadas análises setoriais, sendo analisado o estágio das intervenções realizadas em cada microbacias (Fig. 9, pág. 74).

### **5.4.1 Microbacias com forte grau de intervenção**

A setorização reflete principalmente os impactos provocados sobre a rede de drenagem, pois é justamente nos canais que cruzam a área urbana, que encontramos as maiores alterações em suas características naturais.

A setorização da Bacia hidrográfica do Arroio Cadena, através da análise das intervenções realizadas nos canais de drenagem que compõem suas microbacias permitiu-nos identificar os principais problemas vinculados a dinâmica superficial e que atualmente põem em risco a população.

Os critérios utilizados vinculam-se as obras e intervenções sobre os canais, assim como o estágio que se encontra a área urbana nessas microbacias.

Pois o entendimento do tipo de modificação do canal fluvial auxilia no estabelecimento das áreas de risco por dinâmica fluvial.

As microbacias com um forte grau de intervenção são aquelas que ao longo do processo de formação do espaço urbano de Santa Maria sofreram o maior grau de impacto ambiental, este entendido como: "qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causadas por qualquer forma de matéria ou energia resultante da atividade humana que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, segurança e o bem estar da população, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente" (CONAMA, 1986).

Correspondem as seguintes Microbacias hidrográficas: Arroio Cancela, Sanga do Hospital, Itaimbé e do Rosário.

Os canais que formam estas microbacias tem como substrato geológico as formações Caturrita e Santa Maria, constituídas por arenitos e lamitos, e em seu baixo curso depósitos sedimentares quaternários.

Conforme Maciel Filho (1990) a formação Santa Maria é formada na base por um arenito grosseiro, feldspático, poroso. Seguida de uma seqüência de siltitos argilosos e arenitos argilosos, estratificados, de cores variadas, sendo o processo de intemperização deste material inicialmente físico, o solo originado é geralmente raso, com cerca de 50 cm. Esta unidade é praticamente impermeável, sendo que a parte superior funciona como capa impermeável enquanto os siltitos e arenitos argilosos da base são semi-permeáveis. A resistência à erosão desta unidade é fraca, quando desprovida de vegetação fica sujeita a formação de ravinas.

A Formação Caturrita é constituída por camadas de arenitos finos a médios, de cor rosa a cinza claro de composição essencialmente quartzosa e matriz argilosa, contendo em algumas partes considerável teor de feldspatos. Pois a Formação Caturrita é uma formação complexa com aquíferos, camadas semi-permeáveis e impermeáveis, os solos originados desta formação quando expostos apresentam baixa resistência a erosão (Maciel Filho, 1990).

Em pequenos trechos a sudeste deste setor encontram-se as formações Botucatu, e os derrames da Formação Serra Geral.

Os depósitos quaternários estão associados a várzea do Arroio Cadena, a espessura dos depósitos pode chegar a 5 metros (op. cit), constituem-se essencialmente por material arenoso inconsolidado, extremamente friável.

As unidades de relevo que predominam neste setor estão representadas pelas *Colinas junto ao rebordo*, mapeadas por Robaina *et al* (2002).

Já no oeste e sudoeste deste setor encontramos as unidades de *planície aluvial baixa* e no extremo noroeste e norte as unidades de landforms de *planície aluvial alta* (op. cit.), estas relacionadas ao canal principal do Arroio Cadena, composta por sedimentos inconsolidados de formação recente.

No extremo sul deste setor vamos encontrar as unidades de *colinas suaves e morros residuais*, representados pelo morro Mariano da Rocha e

Cerrito, estes um testemunho do antigo posicionamento da escarpa, e onde encontramos o Arenito Botucatu e o Riolito Serra Geral.

As maiores declividades, superiores a 12% estão associadas aos Morros testemunhos e a ampla colina junto ao rebordo, associado ao canal principal do Arroio Cadena e seus afluentes temos declividades inferiores a 2%.

É sobre a ampla colina que serve como divisor d'água destas microbacias que teve início o povoamento da cidade de Santa Maria, no final do século XVIII.

Sendo em que em 1883, tem início o vetor de crescimento urbano em direção ao Arroio Cadena com a rua da Aldeia, atualmente Presidente Vargas, sendo nivelada e alargada (op. cit). O ano de 1895 um marco do início da impermeabilização do solo, com o calçamento da cidade com pedra irregular, sendo, primeiro, pavimentada a quadra principal da rua do comércio, atual Dr. Bozano (op. cit.).

Esse é o início do processo de construção do ambiente urbano de Santa Maria, já com significativas mudanças do ambiente natural, mas é a partir de 1980 com a implantação do programa CURA (Comunidade Urbana de Recuperação Acelerada) e que ocorrem profundas transformações, principalmente com relação a rede de drenagem, pois é realizado a canalização do Arroio Itaimbé, a pavimentação da Avenida Fernando Ferrari, quando neste local foi instalado um bueiro metálico de 4,3 metros de diâmetro sobre o Arroio Cancela.

Desta forma o projeto CURA tinha como prioridades: Sistema viário, iluminação pública, parque municipal do Itaimbé, praças, drenagem de águas pluviais, sistema de esgotos cloacais e canalização de sangas (op. cit.)

É neste setor da Bacia do Arroio Cadena que encontramos o melhor padrão urbano, tanto em relação ao espaço de habitar como em relação a infra-estrutura criada. Sendo que os bairros ocupados pelas classes média e alta, estão inseridos neste setor, como o Bairro Centro, Nossa Senhora de Lourdes, Medianeira.

As vias públicas são na quase totalidade asfaltadas, em algumas áreas periféricas encontramos vias sem calçamento, o mesmo pode se inferir em relação ao esgoto pluvial. Com relação as moradias predomina médio/alto padrão construtivo, sendo encontrada moradias mais precárias em alguns

trechos dos afluentes do Arroio Cadena e próximo a este, é onde encontramos as moradias com menores condições infraestruturais.

Poucos são os trechos dos canais que cruzam o espaço urbano destas microbacias que não apresentam algum tipo de intervenção, e se não ocorre uma intervenção direta, a drenagem encontra-se bastante deteriorada em função dos processos a montante.

A microbacia do Rosário encontra-se com apenas um pequeno trecho onde o canal está aberto, próximo a confluência com o Arroio Cadena, a montante deste encontra-se completamente fechada pois esta inserida em área central da cidade, assim como o Arroio Itaimbé, este hoje é uma área de lazer, pois encontra-se totalmente canalizado em galerias subterrâneas.

A microbacia Sanga do Hospital tem suas nascentes na área central totalmente fechadas, em alguns trechos ela fica aberta, mas com suas margens completamente descaracterizadas pelas obras de contenção, assim como seu leito.

O Arroio Cancela é o que apresenta-se aberto em suas nascentes da margem esquerda, mas já ameaçadas pelo crescimento de condomínios residenciais neste setor.

As nascentes da margem direita encontram-se em estado de canalização mista e fechado, assim como o seu canal principal, até a confluência deste com o Arroio Cadena, este último devido as obras realizadas pela Prefeitura Municipal na década de oitenta, quase nada apresenta de suas características naturais, pois foi completamente retificado neste setor, sendo que o espaço que existia entre o canal original e o leito atual que fora aterrado, não resistiu a pressão exercida pela população, e hoje constitui-se em área residencial, ocupadas em sua maioria por aqueles que não tem muitas opções dentro do espaço urbano, sendo nestes locais onde encontramos um padrão urbano baixo destas microbacias.

Sendo que conforme Maciel Filho (1990) nos locais hoje onde estão construídas as Vilas Oliveira e Lídia próximas ao antigo canal, estas eram áreas de depósito de Resíduos Sólidos Urbanos, constituindo-se em áreas impróprias para o estabelecimento humano, pois estes locais apenas foram aterrados, não recebendo nenhuma medida de controle por parte da Prefeitura Municipal.

Esses locais, os antigos depósitos de resíduos, quando do seu encerramento deveriam ser usados como áreas verdes e evitado por parte dos órgãos públicos competentes o seu uso para fins urbanos.

As obras de canalização realizadas na década de oitenta pela Prefeitura Municipal, que consistiu basicamente em retificar o canal principal, sendo que com essas medidas foi possível alcançar o objetivo de evitar que nas épocas de cheias, ocasionadas pelas fortes chuvas, o canal transbordasse neste trecho, fato este evidenciado pelos arquivos pesquisados.

Mas em função da não implantação de obras não-estruturais, como fiscalizar o trecho que foi modificado para evitar a ocupação, assim como depois das obras não houve um controle integrado ao nível de bacia hidrográfica, e novas áreas a montante tornaram-se de uso residencial, a produção de sedimentos teve um elevado acréscimo.

Em função disso, como o canal principal do Arroio Cadena tem uma baixa declividade, o assoreamento foi inevitável, hoje evidenciado pelo acúmulo de sedimentos e lixo, formando verdadeiras ilhas antrópicas no meio do canal, assim como a erosão de suas margens foi intensificada.

Somando-se estes dois aspectos, hoje temos um canal em franco processo de assoreamento, formando em vários trechos bancadas de areia, as soleiras, que naturalmente são ocupadas por vegetação. Desta forma gradualmente o canal vem diminuindo a capacidade de vazão durante as cheias, podendo a médio prazo, novamente a água tornar a sair da sua calha, então teremos dois sérios problemas: as erosões de margens que foram intensificadas com a retificação, e o retorno das inundações.

### **5.2.2 Microbacias com médio grau de intervenção**

Estas microbacias foram assim definidas, pois são aquelas onde os canais de drenagem urbanos já mostram significativos vestígios de alterações, com alguns trechos mistos, algumas nascentes já canalizadas de modo fechado, mas ainda é possível encontrar em alguns trechos, a vegetação ciliar em melhor estado de conservação.

As microbacias com um médio grau de intervenção na Bacia hidrográfica do Arroio Cadena são: a do Itararé, localizada a nordeste; a

microbacia da Chácara das Flores, ao norte; Passo da Areia, localizada a noroeste e Genro Filho, a sudeste, atualmente constituem-se em vetores de crescimento urbano.

Na microbacia da Chácara das Flores a urbanização teve sua origem com o auge da Rede Ferroviária Federal, dando origem a um dos bairros mais antigos de Santa Maria, o bairro Salgado Filho.

Com os primeiros núcleos urbanos, a ocupação cresce para aqueles locais que não apresentam restrições, principalmente no sentido Leste - Oeste, acompanhando o curso do canal principal do Arroio Cadena, pois ao norte temos as altas declividades associadas ao rebordo, e ao sul a planície de inundação do Arroio Cadena, esta última hoje já foi incorporada a área urbana, principalmente por moradias de baixo padrão urbano.

Do médio ao alto curso, existem áreas urbanas, mas as edificações estão distantes das margens, desta forma os canais encontram-se abertos. Um indício positivo da baixa intervenção antrópica é a manutenção da vegetação ciliar, principalmente em suas nascentes.

Sendo indispensável a manutenção deste estado de conservação da vegetação, pois sendo uma área onde as declividades são elevadas, o substrato formado por rochas predominantemente sedimentares constitui-se em área fonte de material sólido para a Bacia do Arroio Cadena, que deve ser mantido o estado atual, pois caso contrário aumentará o processo de assoreamento do canal a jusante.

Além disso a expansão para as áreas que apresentam maior energia do relevo pode vir a desencadear movimentos de massa, principalmente na microbacia do Itararé, onde o morro Cechela, um morro testemunho engastado pois ainda mantém contato com o Rebordo do Planalto.

Estas moradias se não forem construídas com materiais e técnicas adequadas, caso ocorra algum evento, pode vitimar a população que nelas habitam. Sendo que nessas microbacias já foram registrados quatro eventos/acidentes associados a dinâmica das vertentes.

A microbacia do Passo da Areia tem seu substrato geológico formado por camadas de arenitos finos a médios, de cor rosa a cinza claro de composição essencialmente quartzosa e matriz argilosa, pertencentes as formações Santa Maria e Caturrita, de acordo com Maciel Filho (1990),



ocorrem espessas camadas de siltito argilosos, recobertos por sedimentos arenosos inconsolidados, propensos nos locais onde o fluxo superficial é alterado, a desenvolver sulcos e ravinamentos, como também, no contato solo/rocha desenvolver processos erosivos subsuperficiais.

A vegetação atual é composta essencialmente por formações herbáceas, sendo que a mata galeria encontra-se apenas em pequenos trechos ao longo da drenagem.

Na confluência desta com o canal do Arroio Cadena encontramos os depósitos fluviais de várzea

Os canais de drenagem que cruzam esta microbacia em área urbana estão sobre as unidades de relevo representadas pelas colinas suaves (Genro filho) e colinas junto ao rebordo (Passo da Areia), no baixo e médio curso predominam declividades entre 5 a 12%, já no alto curso as declividades que predominam são as superiores a 12%.

Localizada no setor noroeste, a microbacia do Passo da Areia compreende os bairro Juscelino Kubitschek e a área de ocupação recente conhecida como Nova Santa Marta.

O bairro Juscelino Kubitschek é formado pelas vilas: Prado, Jockey Club, Caramelo e Rigão, e pelo Conjunto Habitacional Santa Marta, mas fazem parte da microbacia do Passo da Areia apenas as quatro primeiras vilas citadas. A ocupação neste bairro é relativamente antiga, tendo iniciada na década de 1970 de forma dispersa e se adensando com o crescimento da cidade.

As condições de infraestrutura disponíveis são ruas calçadas e água encanada. Os conflitos existentes nesta microbacia se estabelecem em função da fragilidade do ambiente, este submetido a um rápido crescimento urbano no último período.

A área que compreende a Nova Santa Marta foi submetida a um rápido processo de crescimento urbano, a partir do final de 1991 quando a área que fazia parte da Fazenda Santa Marta foi ocupada por cerca de 74 famílias pertencentes ao Movimento Nacional de Luta pela Moradia (MNLN). Em um levantamento realizado pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em 1995, de acordo com Weber (2000), na localidade existiam cerca de 3700

famílias, conforme Pinheiro (2002) hoje residem nas seis vilas que formam o conjunto Nova Santa Marta cerca de 4.800 famílias.

A Nova Santa Marta ficou conhecida como o lugar dos “sem-teto”, essa designação ocorre função da precariedade socioeconômica da população que ali se estabeleceu, pois o local ainda hoje não tem um infraestrutura urbana adequada, pois apresenta somente água encanada disponível e luz elétrica. Esta localidade é constituída das seguintes vilas: 7 de Dezembro, 10 de outubro, Núcleo Central, Alto da boa Vista, Pôr-do-sol, Marista I e II.

Os canais de drenagem em área urbana desta microbacia apresentam-se em franco processo de deteriorização, por ser uma área de expansão urbana e periférica, distante dos equipamentos urbanos esta sendo ocupada atualmente por aqueles que não dispõem de recursos para adquirir um lote em área mais valorizada do espaço urbano.

A ocupação das nascentes acontece de forma espontânea, estas sendo gradualmente soterradas, para dar espaço para a construção das moradias, este fato é confirmado pelos trabalhos de campo que identificaram vários afluentes da margem esquerda da microbacia já completamente fechados.

Este procedimento a médio prazo pode vir a comprometer as edificações construídas sobre estes afluentes, pois mesmo apresentando um baixo fluxo superficial, no contato solo rocha existe um fluxo subsuperficial, pois a camada arenosa esta sobre um material impermeável, de constituição siltico-argilosa.

Este fluxo é responsável pelo modelado em anfiteatro, encontrado nas nascentes de microbacia.

No trecho do canal de segunda ordem, e onde encontramos o melhor padrão urbano, o canal encontra-se aberto na maior parte do seu trajeto, mas com intervenções em suas margens, principalmente onde o canal tem um maior poder erosivo. Apenas um trecho foi constatado uma galeria onde o canal encontra-se completamente fechado.

Estas características classificam esta parte do canal como misto, pois não há uma forma de intervenção homogênea, e esta vinculado diretamente ao poder aquisitivo daqueles que constroem junto as margens do canal, quem "pode", protege o seu lote em relação a erosão com muros de pedra, concreto

armado, aqueles que não dispõem destes recursos, plantam taquareiras (muito comum nas margens dos afluentes do Arroio Cadena), estas protegem a margem mas quando tombam podem obstruir o fluxo fluvial, lançam pedras soltas, entulho, constroem muros com pneus ou até mesmo lançam lixo, estas duas últimas práticas ambientalmente não recomendadas, pois os pneus liberam metais pesados e o lixo acarreta uma série de problemas, além da contaminação do curso d'água provoca a jusante problemas de entupimento das tubulações, acarretando comumente as inundações e os alagamentos.

Destaca-se que as ocupações junto a canal fluvial neste setor, na maioria dos casos encontram-se não adensadas junto a margem, embora muitas delas não respeitem os trinta metros a partir do canal como sendo não edificáveis.

A vegetação nativa foi relativamente preservada ao longo das margens, contribuindo assim para uma maior preservação do canal, um fato que contribui para a classificação desta como possuidora de um médio grau de intervenção.

Esta microbacia deveria receber em um curto prazo medidas por parte do poder público para disciplinar as ocupações futuras, pois sendo um afluente importante da margem direita do Arroio Cadena, qualquer projeto de loteamento envolverá uma grande remobilização do material de cobertura superficial, que é extremamente friável, este fato desencadearia um incremento da carga sólida da Bacia, provocando assoreamento a jusante, como também o aumento do gradiente erosivo das águas do Arroio Cadena.

Já a microbacia Genro Filho, localizada a sudeste, caracteriza-se por ser um vetor de crescimento nesta direção, constituindo-se no limite urbano a sudeste da Bacia hidrográfica do Arroio Cadena.

O substrato geológico representado pela Formação Santa Maria ocupa a maior parte da microbacia, mas encontramos no divisor d'água a nordeste desta, as formações Caturrita e sobreposta a esta o arenito Botucatu. a Rocha.

A compartimentação do relevo desta microbacia é representada pelas colinas junto ao rebordo e morro testemunhos, no setor nordeste, onde estão algumas nascentes desta. Mas a unidade de landforms que predomina são as colinas suaves, e junto a várzea do Arroio Cadena a planície aluvial baixa.

A ocupação urbana nesta microbacia vem se processando ao longo dos últimos 25 anos, os loteamentos estão associados a Br-287, que liga Santa

Maria com a cidade de São Sepé, formando o bairro Tomazzeti, e as Vilas Tropical e Severo, esta última formando um aglomerado descontínuo, tendo o espaço ainda com características rurais.

Apresenta um padrão urbano médio a alto a montante da Br-287, como o Parque Residencial Dom Antônio Reis, e de médio a baixo a jusante desta, como a Vila Tropical e a Vila Quitandinha.

Os canais de drenagem em área urbana desta microbacia apresentam-se abertos na maior parte do seu curso, com exceção ao afluente que nasce no Parque Residencial Dom Antônio Reis, pois neste local a maneira encontrada pelos seus moradores de conviver com a drenagem foi a de canalizá-lo de forma fechada, este fato reflete diretamente o que encontramos vários outros setores da Bacia do Arroio Cadena, aqueles que detêm uma maior soma de recursos financeiros modificam drasticamente o ambiente.

Na vila tropical este mesmo afluente recebeu intervenção mista, pois a população que habita esta vila é mais heterogênea, e aqueles que têm poder aquisitivo protegem os seus lotes contra a erosão do arroio construindo muros em suas margens, ou em galerias fechadas.

Os demais canais que cruzam a área urbana estão abertos, e destaca-se que a Br-287 forma na intercessão com os canais, barramentos setorizados, que em eventos de alta pluviometria represa a água provocando circunstância de inundações/alagamentos em algumas residências.

### **5.2.3 Microbacias de baixo grau de intervenção**

São aqueles canais de drenagem onde, principalmente o relevo impõe dificuldades para a ocupação e expansão urbana, desta forma o adensamento populacional é menor principalmente em direção as nascentes, sendo que em alguns lugares a ocupação é antiga, mas a expansão urbana em direção a montante é recente, ressaltando que constituem-se vetores de crescimento.

Fazem parte as microbacias da Caturrita e Salgado Filho.

As restrições físicas a ocupação urbana é mais evidente a partir do médio ao alto curso dos canais, pois do médio curso destes em direção a montante começam a predominar as declividades superiores a 12%, a partir

deste limite já torna-se necessário a utilização de técnicas de engenharia para a edificação das habitações.

O substrato geológico que predomina nestas microbacias, são os arenitos finos a siltitos das formações Santa Maria e Caturrita, sobre estas formações os processos geomorfológicos esculpiram as *colinas junto ao rebordo*. Nas nascentes de primeira ordem encontramos junto ao rebordo do planalto, o que Robaina *et al* (2002) mapeou como as unidades de landforms de *escarpas com topos planos*, compostas pela formação Serra Geral, com derrames de lava cobrindo os arenitos da Formação Botucatu.

Na confluência dos canais formadores das microbacias com o canal principal do Arroio Cadena, encontramos a unidade de landform de *planície aluvial alta*, associada aos depósitos de várzea do Arroio Cadena.

Encontramos neste setor a transição do ambiente urbano para o rural, com a incorporação de último sendo de forma gradual, destacando-se a microbacia da Caturrita, com uma área ainda pouco ocupada para fins urbanos.

Os canais de drenagem destas microbacias que cruzam a área urbana, ainda apresentam um baixo grau de intervenção com relação as alterações antrópicas.

#### **5.2.4 Microbacias não urbanas**

São as microbacias onde predominam atividades rurais e as que pertencem ao Exército, ou seja, são aquelas onde não encontramos um espaço urbano altamente construído, com exceção da microbacia Pinheiro Machado, onde encontramos alguns loteamentos como a Vila Schimit, Vila São João, e parte do parque Pinheiro Machado, mas estas áreas encontram-se em um pequeno setor das nascentes de um afluente do Arroio Cadena.

## **6. Áreas de Risco Geomorfológico na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena**

As áreas de risco hoje representam um grave problema ambiental que muitas cidades brasileiras tem o dilema de enfrentar. Resultado de uma complexa interligação entre as propriedades naturais e as intervenções da sociedade, manifestam-se com maior intensidade nos grandes aglomerados urbanos modernos, mas não sendo privilégio exclusivo destes, pois também ocorre o estabelecimento de áreas de risco nas pequenas e médias cidades.

A cidade de Santa Maria, no Rio Grande do Sul, configura um importante centro regional que polariza dezenas de cidades em sua circunvizinhança, convive atualmente com várias áreas de risco geomorfológico.

Essas áreas que são condicionadas pelas características ambientais, como relevo de planícies, que formam as áreas mais planas, onde as propriedades geotécnicas dos materiais são as de menor adequabilidade para uso urbano, ou relevo íngreme, onde a declividade do terreno constitui-se em um agravante para a edificação de moradias.

As áreas de risco identificadas na Bacia do Arroio Cadena estão associadas predominantemente a dinâmica fluvial e em menor proporção a dinâmica das vertentes.

A Figura 14 a seguir representa ás Áreas de Risco Geomorfológico da Bacia do Arroio Cadena



## 6.1 Áreas de risco associadas a Dinâmica das Vertentes

Os processos geomorfológicos vinculados à dinâmica das vertentes aqui analisados e que se manifestam na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, são a erosão e os movimentos de massa.

A erosão em áreas urbana hoje representa um desafio para a sociedade de forma geral, pois as perdas econômicas avultam-se com o incremento da intervenção no ambiente natural sem o devido conhecimento de seus processos.

Na Bacia do Arroio Cadena, as áreas de risco associadas aos processos erosivos podem ser desencadeados com maior facilidade sobre as formações sedimentares Caturrita e Santa Maria, que dão sustentação à ampla colina junto ao rebordo que foi o núcleo inicial da construção do espaço urbano de Santa Maria.

Como são as formações sedimentares que apresentam comportamento geotécnico susceptível a desenvolver processos erosivos quando a declividade do terreno for considerável, pois, desta forma a incisão das águas pluviais pode a vir desencadear pequenos sulcos no terreno, podendo evoluir para ravinas e até mesmo voçorocas.

A análise do mapa nos permite evidenciar que as áreas de risco de menor grau ou baixo risco estão diretamente associadas com a estruturação do espaço urbano na Bacia do Arroio Cadena.

Nas microbacias com um forte grau de intervenção, onde está concentrado de forma contínua no espaço o melhor padrão urbano dentro da Bacia do Arroio Cadena, representado pelo Bairro central da cidade e sua periferia imediata que são os Bairros Nossa Senhora de Lourdes e Nossa Senhora da Medianeira, onde a população de alto poder aquisitivo, e por se tratar do centro administrativo da cidade foi o lugar que ao longo do tempo recebeu os melhores equipamentos urbanos.

Pois é nestes locais onde encontramos risco baixo com relação à dinâmica das vertentes, tanto em relação aos processos erosivos, como também aos movimentos de massa, pois os cortes realizados na vertente



recebem proteção ou são feitos com certo grau de inclinação que mantém a estabilidade.

É nesse setor da Bacia do Arroio Cadena que encontramos as maiores alterações na rede de drenagem, com grande parte das nascentes canalizadas de forma fechada, pois infelizmente no meio urbano o homem não conseguiu conviver de forma harmoniosa com os cursos d'água.

Estes muitas vezes desaparecem em canalizações subterrâneas ou são transformados em valões urbanos, quando seu leito e suas margens são impermeabilizados, o que nos evidencia que dentro da Bacia do Arroio Cadena, ao longo do tempo ai se concentrou boa parte dos recursos gerados pela sociedade.

Na microbacia do Passo da Areia, localizada a noroeste na Bacia do Arroio Cadena, e que foi considerada como sendo de médio grau de intervenção, os processos erosivos desenvolvem ravinas e voçorocas nas cabeceiras de drenagem, constituem-se, portanto mecanismo desencadeadores de risco na área do alto curso do arroio do Passo da Areia.

A susceptibilidade é dada pelas características do solo, substrato formado por lamitos e arenitos finos recobertos por sedimentos inconsolidados, pela declividade superior a 12% e pela baixa cobertura vegetal.

O agravamento dos problemas erosivos está relacionado com a infraestrutura precária verificada nas áreas de montante da microbacia, onde a ocupação acontece de forma espontânea, com inexistência de projetos de parcelamento do solo.

A erosão subterrânea, também é significativa e acontece no contato de camadas com diferentes permeabilidades que provocam significativos gradientes hidráulicos.

Ocorrendo voçorocas e ravinas em avanço para montante e seguindo alguns canais ao longo da vertente, entretanto não existem registros de acidentes. Em função do baixo padrão urbano e da alta susceptibilidade natural, condiciona essas áreas como sendo alto risco, Figura 15.



Figura 15: Área de Risco a dinâmica de vertente - Voçoroca em desenvolvimento na Microbacia do Passo da Areia.  
Oliveira (3/2003)

Ao norte e nordeste da Bacia do Arroio Cadena, respectivamente nas microbacias da Chácara das Flores e Itararé, ocorrem os riscos mais elevados em relação à dinâmica das vertentes.

Nestas microbacias a conjugação entre susceptibilidade natural, representada pelo substrato rochoso, com depósitos coluvionares recobrimo o contato entre as formações Caturrita e Botucatu, na média encosta. Além disso a declividade do terreno é superior a 12%, e nessas áreas temos o estabelecimento da população de baixa renda e que não dispõem de uma adequada infraestrutura urbana, apresentando um padrão urbano muito baixo.

Na vertente sudoeste do morro Cechela, este um divisor de águas entre a Bacia do Arroio Cadena e o Arroio Vacacaí-Mirim, esta localizada a Vila Bela Vista, estando em declividades superiores a 12% e sobre material coluvionar no contato entre o Arenito Botucatu e os derrames vulcânicos da Formação Serra Geral, e parte da vila esta localizada sobre rejeitos de uma pedra desativada.

Estes fatos aliados à ausência de infra-estrutura, juntamente com a vulnerabilidade das habitações, constituem em uma área de baixo padrão

urbano onde já foram registrados eventos/acidentes vinculados aos movimentos de massa, Figura 16.



Figura 16: Áreas de Risco a dinâmica das vertentes no Morro Cechela. Oliveira (3/2003)

Temos situações de risco iminente em função da associação feita entre susceptibilidade natural com o baixo padrão urbano e o registro de eventos/acidentes, o que permite concluir que o desencadeamento dos processos das vertentes neste setor pode vir a causar perdas materiais e humanas consideráveis em vista tanto em relação à susceptibilidade natural, ou seja, a predisposição destas áreas, como também a vulnerabilidade do sistema social instalado.

Nos lugares onde não foram registrados eventos/acidentes, mas existe o predomínio do baixo padrão urbano, nos permite afirmar que estas áreas são consideradas de alto risco.

No médio curso da microbacia Itararé, predomina o médio padrão urbano, apesar da área ser susceptível, não foram registrados eventos, desta

forma essas áreas foram consideradas risco moderado, representado graficamente pela cor amarela.

No extremo norte da Bacia, onde hoje está edificada a Vila Santa Terezinha encontramos risco iminente com relação aos movimentos de massa, em função desta localidade estar sobre um terreno com forte declividade, e já ter havido registros de eventos/acidentes, conjugado com o baixo padrão urbano encontrado.

Estas características permite-nos estabelecer esta área como sendo de risco iminente frente aos processos de dinâmica das vertentes.

Outro elemento de análise refere-se a fato de que esta vila está localizada sobre depósitos de tálus e colúvio que recobrem o sopé do Rebordo do planalto, apresentando alta instabilidade frente aos processos erosivos, pois são constituídos de materiais inconsolidados.

A análise conjunta das áreas de risco por dinâmica das vertentes evidencia que a erosão é a principal ameaça, sendo que sobre as formações sedimentares Santa Maria e Caturrita, estas altamente susceptíveis a desenvolverem tal processo é onde encontramos o melhor padrão urbano, que em função da melhor infra-estrutura da área, alida a capacidade econômica de seus habitantes, hoje apresentam baixo risco aos processos erosivos de vertente.

Já os movimentos de massa são processos evidenciados com menor amplitude dentro da Bacia, muito em função das áreas com maior declividade hoje ainda não se constituírem em áreas densamente ocupadas, mas que em face de dinâmica urbana tendem a aumentar.

Atualmente alguns vetores de crescimento já são possíveis de serem observados, no morro Cechela localizado a nordeste na microbacia, tanto na vertente deste voltada para a Bacia do Arroio Cadena, como na que drena águas da Bacia do Arroio Vacacaí-Mirim.

## **6.2 Áreas de Risco associadas à Dinâmica Fluvial**

Um outro subproduto da intensa modificação feita no espaço são as alterações que afetam a rede de drenagem e as áreas mais planas do relevo,

dando origem às áreas de risco geomorfológico associadas à dinâmica fluvial, estas estão relacionadas com as áreas do relevo que margeiam os cursos fluviais, onde encontramos os processos de erosão das margens como também os processos de inundações/alagamentos.

Estes processos estão relacionados com o escoamento superficial e seu impacto sobre a macro e micro-drenagem urbana, em função das alterações provocadas pela urbanização no escoamento superficial este vem a originar processos desencadeadores de risco.

Utilizamos os termos inundações/alagamentos associados para caracterizar tanto os episódios referentes à saída das águas fluviais do canal, ocupando as margens, como também os episódios de alagamentos, vinculados a incapacidade de escoamento superficial, assim como os problemas desencadeados pelas obras de microdrenagem no ambiente urbano.

Os alagamentos, para Cerri (1999), são processos que estão relacionados a uma incapacidade de escoamento das águas pluviais, em função do relevo plano e também do sistema de captação destas águas.

Tucci (1995:19) referindo-se as inundações localizadas ressalta que estas podem ser desencadeadas por fatores como: “o estrangulamento da seção do rio devido a aterros e pilares de pontes, estradas, aterros para aproveitamento das áreas, assoreamento do leito do rio e lixo; remanso devido a macrodrenagem, erros de execução e projeto de drenagem de rodovias e avenidas, entre outros”.

O que Tucci (op. cit.) refere-se acima são as obras realizadas que provocam os barramentos, geralmente associado a avenidas ou ruas transversais a o canal que quando são mal dimensionadas, ou já não conseguem a vazão normal, provocam alagamentos e inundações setorializadas.

Podemos evidenciar que os alagamentos são um dos processos que mais recebem influência da urbanização, pois em muitos casos onde se processa a expansão do solo criado na cidade por incorporação de áreas periféricas ao núcleo urbano, em locais onde a situação do terreno necessita de obras corretivas para que não ocorram futuros alagamentos, estas são ocupadas de forma caótica, onde não se considera o fluxo das águas pluviais e nem as características de saturação de água pelo substrato (se há indícios de

acumulo de água quando ocorrem episódios de chuva mesmo sendo de curta duração).

Na maioria dos casos as inundações acontecem quando os leitos maior e o maior excepcional são ocupados pela população. Além disso, as margens estão sujeitas a um outro processo da dinâmica fluvial e que vem causando sérios problemas para as cidades brasileiras, a erosão provocada pelas águas que correm no canal.

A erosão fluvial se manifesta tanto no fundo do canal como nas paredes deste. Desta forma quando a ocupação se estabelece próximo às margens, além do risco de acontecer inundações podem acontecer movimentos de massa nas margens do rio. Isso acontece por desconfinamento das partes inferiores destas, que perde sua base de sustentação.

Várias são as áreas inseridas dentro da Bacia do Arroio Cadena que são afetadas pela dinâmica fluvial e hoje são consideradas áreas de risco.

Na vila Cerro Azul e das Flores ambas localizadas na microbacia Chácara das Flores, ao norte na Bacia do Arroio Cadena, e que foi considerada com um médio grau de intervenção, pois a ocupação concentra-se no médio e baixo curso desta, já provocando modificações na rede de drenagem, embora as nascentes desta microbacia encontram-se preservadas, em função da forte energia do relevo, que até o momento inibe a ocupação destas áreas.

Na confluência dos canais que formam esta microbacia, próximo ao Arroio Cadena, são comuns os eventos que causam inundações/alagamentos, atingindo as residências aí localizadas, estas por apresentarem um baixo padrão urbano e a alta densidade habitacional neste ponto, e estando localizadas em área susceptível onde já foram registrados eventos/acidentes, fazem com que esta área possua risco iminente face aos processos da dinâmica fluvial, notadamente as inundações/alagamentos.

Uma microbacia que possui um baixo grau de intervenção, mesmo assim possui áreas de risco geomorfológico de alto a iminente é a da Caturrita, localizada a NNO na Bacia do Arroio cadena.

Muitos acidentes vinculados a inundações/alagamentos estão associados aos barramentos formados pelas vias em terrenos com baixa declividade nesta microbacia.

Outra localidade na mesma microbacia e que foi classificada como de alto risco e risco iminente, é a Vila Bela União onde a proximidade das moradias junto ao canal, expondo estas aos processos erosivos das margens como também as inundações/alagamentos.

Um fato que merece destaque é que nestas áreas temos a incorporação gradual da área rural em função da expansão da área urbana, constituindo nestas um ambiente de transição do rural para o urbano.

No trecho que o Arroio Cadena percorre o sentido leste-oeste, e que foi o local que ao longo da história de Santa Maria vêm recebendo constantes modificações nas características do canal, e onde as águas pluviais contribuintes percorrem a grande mancha urbana que recobre a vertente norte da colina onde está o centro da cidade de Santa Maria, portanto possui um alto grau de impermeabilização do solo, vem a provocar uma forte concentração de água que chega ao canal principal em um curto intervalo de tempo.

Este fato é elucidativo, pois é neste trecho onde encontramos o maior número de eventos/acidentes registrados associados à dinâmica fluvial, atingindo o Bairro Salgado Filho, vilas Kenedy, Carolina e Brenner.

Além de estarem localizadas sobre depósitos fluviais, onde a declividade é inferior a 2% temos aí o predomínio do baixo padrão urbano com grande densidade habitacional, as ruas e travessas destas localidades na maioria das vezes terminam junto ao canal principal do Arroio Cadena.

Neste setor da Bacia foi considerado como sendo de risco iminente junto ao canal pela alta susceptibilidade natural associada a uma grande vulnerabilidade do sistema social, representando pela população de baixa renda que durante a evolução do espaço urbano ficou condicionada a habitar estes locais.

A Figura 17 mostra uma ocupação no bairro Salgado Filho, onde o canal do Arroio Cadena apresenta 5 metros de largura, com avançado processo de assoreamento, nos trabalhos de campo foram contabilizadas 10 moradias na margem de acumulação, tendo um desnível de cerca de um metro em relação à margem do canal, neste local o padrão urbano é baixo, e algumas casas foram construídas no estilo de pequenas palafitas para tentar se proteger das cheias do arroio, em entrevista feita com moradores locais foi constatado

que esta ocupação já existe há 10 anos, sendo uma comunidade de catadores de lixo.



Figura 17: Área de Risco a dinâmica fluvial - Ocupação junto a rua Pedro Alvarez Cabral:(1 – Desnível em relação a margem do canal; 2 – Erosão na margem direita e 3 – vegetação cobrindo depósitos de acumulação.) Oliveira (3/2003)

E este não é um fato isolado, pois a maioria destas ocupações em áreas sem nenhuma condição de habitabilidade é formada por pessoas excluídas que tentam através da coleta de lixo obter uma renda para poderem sobreviver na cidade.

O fato de algumas moradias já terem sido construídas no estilo de palafitas implica em um conhecimento prévio do morador com relação à elevação das águas do canal, isso nos dá a força que assume a segregação urbana, pois a solução para estas pessoas continuar vivendo é conviver com o risco de perderem a própria vida durante uma grande cheia.

A jusante deste local encontramos um forte processo erosivo provocado na margem esquerda pelas águas do Arroio Cadena, pondo em risco diretamente quatro moradias.

Ao longo do tempo o canal teve sua capacidade erosiva acrescida consideravelmente, hoje pondo em risco as habitações aos processos de



solapamento das margens. Também neste ponto, na margem oposta temos 12 moradias sujeitas aos processos de inundações/alagamentos.

Este aumento nos processos fluviais ocorreu em decorrência das obras realizadas no Arroio Cadena, iniciadas nos anos de 1968/69 e complementadas nas décadas de 80 e 90 e certamente pelo aumento da área impermeabilizada na Bacia.

Se por um lado as intervenções realizadas no sentido de retificar o canal durante a década de 80, que consistiu na mudança do percurso do arroio, jogando-o mais para oeste, além do aprofundamento e alargamento das margens, tendo por objetivo acabar com as inundações nas áreas com maiores problemas como Bairro Salgado Filho, Vila Brenner, Carolina e Kenedy, este objetivo foi parcialmente alcançado, conforme evidências colhidas nos arquivos do jornal A Razão, pois os eventos/acidentes relacionados com os lugares acima citados diminuíram sensivelmente durante a década de 90.

Em compensação, como nenhuma medida foi tomada no sentido de preservar a área modificada para que esta não virasse área urbana, gradualmente a população foi edificando suas moradias sobre o antigo canal e áreas adjacentes, hoje os problemas erosivos das margens, as inundações/alagamentos ocorrem com maior intensidade atingindo as Vilas Oliveira, Lídia, Renascença, Arco-Íris, como confirmam os arquivos pesquisados, na década de 90, estas são as áreas mais afetadas dentro da Bacia do Arroio Cadena.

A Vila Oliveira, localizada junto ao canal principal do Arroio Cadena, em sua margem esquerda, hoje é palco de eventos/acidentes associados aos alagamentos, em função da modificação que sofreu o Arroio Cadena, constituindo-se em uma área de risco iminente tanto em relação ao risco de solapamento das margens, sendo que nos trabalhos de campo encontrou-se 20 casas construídas na margem esquerda do Arroio Cadena que faz o limite oeste da Vila, sendo que destas seis apresentam risco iminente aos processos de solapamento, Figura 18.



Figura 18: Área de Risco a dinâmica fluvial - Erosão de margem na Vila Oliveira.  
Oliveira (4/2003)

Como a vila expandiu-se até ocupar a nova margem do arroio, o terreno extremamente plano, pois correspondia a área que antigamente era ocupada pelo antigo canal, sendo uma área com baixa capacidade de drenagem em episódios de chuva de curta duração já é possível evidenciar o acúmulo de água, o que evidencia a baixa capacidade de drenagem do terreno, lençol freático com baixa profundidade e a incapacidade de escoamentos das águas pluviais, pondo em risco iminente aos alagamentos diretamente 100 residências na Vila Oliveira.

O que caracteriza esta vila como sendo de risco iminente é o fato que aliada à susceptibilidade natural desta, aí predomina um baixo padrão urbano, representada pela ausência de infra-estrutura adequada e o padrão construtivo, muito baixo, principalmente nas moradias que margeiam o canal.

Nas proximidades da Br-287 teve início no final da década de 80 uma ocupação irregular, localizada sobre uma antiga área de deposição de lixo, às margens do Arroio Cadena, a Vila Lídia, com inicialmente cerca de 30 famílias.

Conforme reportagem do jornal A Razão (27-28/08/1994) são comuns os episódios de inundações/alagamentos que ocorrem na Vila Lídia, os moradores relatam que durante os dias de chuva “surge” uma sanga que transborda e inunda as moradias, esta sanga nada mais é do que o antigo leito

do canal que nos dias de chuva em função da saturação do terreno, acumula água e não possui capacidade de drenagem, na Figura 19 podemos constatar os processos de inundações/alagamentos que acontecem nesta vila.



Figura 19: Área de Risco a dinâmica fluvial - Inundações/alagamentos na Vila Lída.  
Oliveira (4/2003)

No limite da vila com o Arroio Cadena foram registradas 32 moradias junto à margem erosiva neste ponto, além de apresentar um baixo padrão construtivo, tanto em relação ao material utilizado na construção das casas, a ausência completa da vegetação ciliar e o grande acúmulo de lixo, estabelece esta área como sendo de risco iminente.

A leste da Vila Lída, no bairro patronato, segundo Pinheiro (2002), surgiu em 1989 a Vila Arco-íris, em uma área que seria destinada a construção de setecentas unidades habitacionais, porém foram construídas apenas 200, quando já havia mais de mil famílias cadastradas. Atualmente esta vila é palco de episódios de alagamentos.

Estas vilas apresentam-se como áreas de risco iminente em face aos processos geomorfológicos em avançado estágio de desenvolvimento, pois além de estarem localizadas em áreas naturalmente susceptíveis, declividade inferior a 2% e planície aluvial, formada por sedimentos arenosos

inconsolidados, o padrão urbano é baixo e, sobretudo nestas localidades já houve registros de eventos/acidentes vinculados a dinâmica superficial.

Em direção a jusante, mas agora na margem direita do Arroio Cadena, encontramos uma outra localidade palco de eventos/acidentes associados à dinâmica fluvial, a Vila Renascença.

Esta vila de acordo com Pinheiro (2002) foi originada de um reassentamento que teve início em 1976, quando a Prefeitura Municipal desapropriou uma área para a construção de uma escola municipal e um núcleo habitacional. Sendo que nos anos 90, iniciou a ocupação nas margens do Arroio Cadena.

Esta vila é palco de constantes episódios de inundações/alagamentos, estes associados à baixa capacidade de drenagem dos depósitos aluviais que formam a margem do arroio, além destas circunstâncias de risco, temos na Vila Renascença um forte processo de erosão das margens, o que já na década de oitenta provocou destruição de residências localizadas junto ao arroio.

A Vila Renascença foi classificada como sendo de risco iminente em face aos processos geomorfológicos evidenciados no local, pois nesta vila temos um baixo padrão urbano associado as características naturais propícias a desencadear circunstâncias de risco, além do registro de eventos/acidentes.

Em algumas destas vilas onde a ocupação estendeu-se até as margens do canal principal do Arroio Cadena, segundo informações colhidas junto a Prefeitura Municipal algumas moradias foram cadastradas para fins de reassentamento, atualmente existem 11 cadastros realizados na Vila Renascença e que estão inseridos no projeto Habitar Brasil, que constitui em um programa do Governo Federal que prevê financiamento para a realização de reassentamento em áreas urbanas, além da Vila Renascença, a Prefeitura de Santa Maria cadastrou famílias em áreas de risco localizadas em outros pontos da Bacia hidrográfica do Arroio Cadena como as Vilas: Oliveira, com 26 cadastros, Lídia com 31 cadastros.

As Vilas Urlândia e Santos localizadas entre a foz da Sanga da Aldeia e a foz do Arroio Cancela, ambos afluentes da margem esquerda do Arroio Cadena ocorrem sérios eventos/acidentes de inundações/alagamentos. Figura 20.



Figura 20: Áreas de Risco a dinâmica fluvial - Vila urlândia: 1- Atual curso do Arroio Cadena; 2 – Antigo Leito do Arroio Cadena; 3 – Sanga da Aldeia e 4 – Arroio Cancela.  
Robaina (2002)

A Sanga da Aldeia é o limite norte da Vila Urlândia, tendo suas nascentes hoje completamente descaracterizadas em função do processo de urbanização, pois estas estão inseridas no centro da cidade de Santa Maria, esta microbacia foi classificada com possuidora de um alto grau de intervenção sobre a drenagem, tendo a maior parte dos seus canais canalizados de forma fechada em seu alto e médio curso, já no baixo curso desta, temos circunstâncias de risco associados às inundações/alagamentos caracterizados como sendo de grau moderado, embora há registros de eventos/acidentes, mas neste setor encontramos um médio padrão urbano inserido em área susceptível.

Nos trabalhos realizados na microbacia hidrográfica do Arroio Cancela, foi possível individualizar três setores para uma análise integrada dos processos de dinâmica superficial e os riscos geomorfológicos associados.

O primeiro setor corresponde as nascentes da microbacia, uma área predominantemente residencial, e que esta passando por um processo de

incremento da sua área urbana, compreende o bairro Nossa senhora de Lourdes, uma área onde predomina o médio e alto padrão urbano.

O segundo setor aqui analisado corresponde a médio curso do arroio Cancela, e o terceiro setor correspondendo ao baixo curso do arroio Cancela, e que se estende entre este arroio até a sua confluência com o Arroio Cadena, onde estão inseridas as Vilas Urlândia e Santos.

Conforme entrevistas realizadas com moradores do bairro Nossa Senhora de Lourdes o processo de urbanização intensifica-se nesse bairro a partir da década de 90, pois até então segundo os moradores ainda encontrava-se preservada as nascentes do Arroio Cancela, pois estas ainda não estavam ocupadas, e pelo relato destes ainda encontrava-se mata ciliar nas nascentes.

Hoje o que evidenciamos foi a completa desordem na ocupação das nascentes, pois estas se encontram canalizadas de forma fechada na maior parte do seu traçado pelos empreendimentos imobiliários, como condomínios e parques residenciais.

Esse crescimento urbano no último período certamente deve-se ao fato das melhorias promovidas pelo poder público municipal na infra-estrutura deste bairro na década de 1980. Pois segundo Moraes (1982) é nessa época que com recursos do projeto CURA<sup>1</sup>, financiado pelo Ministério do Interior, com recursos do BNH<sup>2</sup>.

Uma das melhorias estruturais foram realizadas na Avenida Fernando Ferrari, principal via de acesso, entre o centro de Santa Maria, passando pelo Bairro, até a Br - 287, está que vai até a Universidade Federal de Santa Maria, campus de Camobi.

Como vem ocorrendo a forte incorporação da área drenada pelo Arroio Cancela, transformando-se em área de uso residencial e comercial, a conseqüente impermeabilização do solo, inicialmente com a retirada da vegetação natural e posterior terraplanagem do terreno, isso vem provocando

---

1 Comunidade Urbana de Recuperação Acelerada, projeto desenvolvido em âmbito nacional para recuperar áreas urbanas.

2 Em agosto de 1964, com a Lei 4.380 é instituído o Banco Nacional de Habitação e o Sistema Federal de Habitação, com os objetivos de coordenar a política habitacional dos órgãos públicos e orientar a iniciativa privada, estimulando a construção de moradias populares; financiar a aquisição da casa própria, melhoria no padrão habitacional e do ambiente; eliminar as favelas; aumentar o investimento da indústria de construção e estimular a poupança privada e o investimento. Rodrigues (1997: 57). O BNH foi extinto na década de oitenta, sendo seus projetos incorporados pela Caixa Econômica Federal.

um incremento de sedimentos que são carregados, via arruamentos e bocas-de-lobo, para o curso principal do arroio.

Atualmente as nascentes deste arroio no bairro nossa Senhora de Lourdes, vem sendo incorporado para fins imobiliários, o que vem provocando profundas mudanças na produção de sedimentos da bacia, afetando diretamente as áreas a jusante deste setor.

Merece destaque o fato de que as ruas e avenidas de ligação entre o centro, o setor oeste com a zona leste de Santa Maria, estas são perpendicular ao Arroio Cancela.

Estas ruas e avenidas são eixos importantes de ligação entre o centro e o bairro Camobi, onde se localiza a UFSM, formam verdadeiros barramentos, gerando pontos de estrangulamento da drenagem do Arroio Cancela, que aliado a fato do lançamento de resíduos sólidos no canal favorece os processos de inundações/alagamentos, sendo classificadas como de risco moderado a alto nesta parte do canal do Arroio Cancela.

No médio curso do arroio, junto a canal principal encontramos já uma ocupação que gradualmente diminui o padrão urbano da montante em direção a jusante do canal, sendo que em alguns lugares as moradias encontram-se distante da margem e possuem um padrão urbano alto, sendo que ainda pode-se constatar nos trabalhos de campo algumas áreas vazias próximo ao canal.

A partir do médio curso do arroio em direção a jusante as moradias já possuem um menor padrão construtivo e estão já localizadas próximo a curso principal, nestes locais o canal encontra-se bastante degradado e ocorre a acumulação de lixo junto ao leito. Os afluentes da margem direita encontram-se canalizados, pois nestes locais distante do curso principal o padrão construtivo é elevado.

Nestes lugares segundo relato dos moradores, acontecem eventos com periodicidade anual, pois associado a baixa declividade do terreno, inferior a 2%, a baixa profundidade do canal, e ao assoreamento da drenagem juntamente com o acúmulo de lixo junto as tubulações que fazem o escoamento das águas de vazante em baixo das principais vias, provocam barramentos localizados, gerando inundações nas moradias que margem o curso principal.

Estes estrangulamentos de seções do canal vem provocando processos de inundações/alagamentos. Neste setor que corresponde ao médio curso do arroio, onde em função da topografia suave ocorrem os depósitos aluviais de várzea sobre a Formação Santa Maria, Maciel Filho (1990), estes depósitos estão sendo incrementados pelo aumento da carga sedimentar jogado no canal, este fato fica evidente, pois em algumas moradias localizadas na margem esquerda do canal, vem acontecendo uma constatare acumulação de sedimentos.

Pode-se concluir que neste setor onde o relevo é suave, a interligação entre incorporação de novas áreas para uso residencial, ou com a finalidade comercial, aliado a intervenção do poder público no que se refere a infraestrutura urbana, no caso da construção de rua e avenidas, estas quando seccionam um canal fluvial, e os projetos de engenharia não são devidamente dimensionados, acarretam ônus para a sociedade, neste caso inundações/alagamentos setorizados na bacia de drenagem, colocando a comunidade a iminência destes processos, sendo o risco mais elevado.

Desta forma nos bairros e vilas localizados entre a foz da Sanga da Aldeia e a do Arroio Cancela, respectivamente Urlândia e Santos, estas áreas são seguidamente afetadas pelos processos de inundações/alagamentos como também aos riscos associados a erosão das margens.

A Vila Urlândia surgiu de um loteamento particular realizado a partir do final da década de 50, sendo que nas décadas seguintes houve um incremento na população desta vila, ocupando áreas extremamente susceptíveis aos processos geomorfológicos, pois esta vila está inserida entre a foz da Sanga da Aldeia, seu limite norte, o Arroio Cancela, ao sul, e a oeste o Arroio Cadena.

Atualmente a Vila Urlândia é um dos locais que apresentam os maiores problemas em relação às inundações/alagamentos, pois durante a década de 90 com a modificação feitas no canal do Arroio Cadena que foi novamente deslocado para oeste, só que agora mais jusante, afastando-o da vila, modificações estas feita pela Prefeitura Municipal de Santa Maria, hoje, a ocupação urbana começa a avançar para a área do antigo leito, fato este que pode vir a agravar os problemas de risco nesta localidade.

Já na Vila Santos foi possível constatar a diversidade das intervenções realizadas nas margens pela população pobre que nelas habitam, pois as



formas encontradas para proteger as margens da erosão são as mais variadas, são jogadas nestas: pedras soltas, pneus, e muito lixo, constituindo áreas de risco iminente a dinâmica fluvial.

Aqui encontramos um exemplo sobre a forma que cada um individualmente encontra para conviver com o meio, neste caso a drenagem urbana, neste local na Vila Santos, junto às margens do canal principal do arroio Cancela, os moradores usam como solução para conviver com o canal, materiais alternativos para sua proteção, ou construindo muros com pneus velhos, ou certamente dependendo do poder público para colocar pedras soltas na margem para conter o processo erosivo.

Já a montante do arroio, nos bairros onde residem as classes média e alta, estas pelo maior poder aquisitivo, conseguem canalizar trechos do arroio com muros de pedra ou mesmo de concreto.

Historicamente o poder público lida com a drenagem urbana investindo dinheiro público para canalizar de forma fechada estes setores em função da pressão que os moradores exercem, para digamos, se livrarem dos inconvenientes causados pela drenagem.

As áreas da Vila Santos e Urlândia, onde a ocupação avançou até as margens, estas são caracterizados como sendo de iminente risco aos processos de erosão, e nos locais onde as declividades são inferiores a 2%, ou as ocupações sobre os depósitos fluviais, os riscos são elevados aos processos de inundações/alagamentos em face da densidade populacional de baixo poder aquisitivo que configura nestes lugares um baixo padrão urbano, pois nestas vilas historicamente são palcos de eventos/acidentes, produzindo desta forma áreas de risco geomorfológico alto a iminente.

Outro local de eventos/acidentes associados à inundações/alagamentos está localizado junto ao arroio principal da Microbacia Genro Filho, contribuinte da margem esquerda do Arroio Cadena, na localidade conhecida como Vila Tropical.

Em função dos constantes eventos/acidentes ocorridos neste lugar os moradores exigiram a canalização do arroio neste ponto, as obras foram realizadas, mas como se pode observar nos trabalhos de campo realizados, apenas houve a troca de um problema por outro, as inundações foram

eliminadas com a galeria setorizada construída pela prefeitura, só que agora o problema que afeta os moradores é o da erosão das margens.

Em função do aumento da área impermeabilizada, e do aumento da vazão na saída as canalização, sendo assim nesta localidade temos risco alto aos processos geomorfológicos.

Na Vila Lorenzi, temos outra área com problemas de inundações/alagamentos, embora o canal que atravessa esta vila possua uma pequena largura e baixa profundidade, as inundações/alagamentos são provocadas pelo barramento causado pela instalação de tubos de concreto mal dimensionados, fazendo com que esta área possua risco iminente, pois o padrão urbano é muito baixo.

Um fato que merece ser destacado é que o Arroio Cadena não vem provocando danos apenas em sua área urbana, mas como foi constatado na pesquisa realizada junto aos arquivos do jornal A razão, há relatos dos agricultores que possuem propriedades próximos a foz do Arroio Cadena, já em 1986 o Arroio vem transbordando e inundando suas propriedades, estes abandonaram estas áreas em função da quantidade de sedimentos e lixo que ali se deposita, deixaram de plantar arroz a partir de 1988.

Não existe pensamento sem utopia;  
e não existe pensamento sem  
referência a uma prática.  
Lefebvre

## **7. Conclusões e recomendações**

As transformações provocadas pela sociedade no ambiente natural, assumiram proporções gigantescas com o advento do capitalismo industrial, é a partir deste marco na história que a população começa sua marcha em direção aos núcleos urbanos nascentes.

Nos países periféricos este movimento é intensificado no período pós – segunda guerra, pois é neste momento que as indústrias começam a se instalar, em função do modelo de substituição das importações.

O Brasil torna-se um país urbano muito rapidamente, sendo que na década de 40, a população brasileira que vivia nas cidades era inferior a 30%, já no ano de 2000, este percentual é superior a 80%.

Santa Maria não foge a regra, a partir dos anos 50 vários loteamentos desenvolvem-se, muito em função do êxodo rural, que marca as transformações que acarretam na mecanização da agricultura do Rio Grande do Sul, esta mão de obra excedente migra para as cidades em busca de emprego.

A cidade de Santa Maria que caracteriza-se não pelo seu setor industrial, que é pouco desenvolvido, mas em compensação possui um setor terciário bastante diversificado, fato que atrai pessoas não só da zona rural do município como também das cidades circunvizinhas.

Como a oferta não absorve a demanda, muitas pessoas ficam marginalizadas pelo sistema social, tendo que encontrar moradia em áreas não apropriadas para este fim.

Em função do processo de ocupação do solo urbano, as áreas mais seguras frente aos processos geomorfológicos na cidade já estão ocupadas pelas classes sociais de maior poder aquisitivo, e, além disso, em função da especulação imobiliária, vários terrenos em áreas da cidade que dispõem de infraestrutura são deixados sem edificação para uma maior valorização futura,

resta para aqueles que não tem recursos para adquirir um terreno em área apropriada, as planícies dos cursos da água, as encostas dos morros, os terrenos mal drenados.

Assim começa o surgimento de áreas de risco, que antes da ocupação eram apenas áreas susceptíveis, protegidas pela legislação ambiental, pois naturalmente apresentam restrições a ocupação.

Em algumas localidades que no início eram ocupadas pela população de baixa renda e que seguidamente eram acometida de processos geomorfológicos que se não tiraram a vida dos seus moradores, destruíam os seus poucos bens materiais, com as intervenções do poder público no sentido de prover o saneamento destes problemas, estas áreas são revalorizadas.

Nesse momento temos uma reorganização do espaço urbano, fato que atrai a especulação imobiliária, mudando de figura tais lugares com a mudança do valor do solo, nestes lugares acontece uma gradual mudança no padrão urbano, que passa de baixo para médio e alto, sendo a população que antigamente habitava estes lugares é compelida a encontrar outro terreno para morar, muitas vezes dando origem a novas áreas de risco.

Este fato é encontrado na Bacia do Arroio Cadena desde o início da formação da cidade de Santa Maria, a Sanga da Aldeia recebe este nome em função de uma aldeia guarani localizada próxima a este curso d'água, isso no início do século XIX, que gradualmente foi sendo expulsa do perímetro da cidade, até desaparecer, ficando apenas como referência da antiga aldeia, apenas o nome da referida sanga.

Em 3 de junho 1875, conforme Belém (2000) a Câmara dirige à Presidência da Província um ofício em que pede uma medida magnânima em favor dos pobres que vivem “ em posses de matos” no município, “ visto que tendo o Governo Central mandado medir a área devoluta, aqueles infelizes, cujas posses não são legalizadas, serão, naturalmente, compelidos a abandonar aqueles lugares, o que será uma calamidade”. (op. cit.)

E certamente o foi, hoje infelizmente encontramos várias áreas de risco dentro da Bacia do Arroio Cadena, que pelas particularidades fisiográficas, a urbanização desenvolveu-se no entorno da colina onde foi assentado o Acampamento militar que deu origem a cidade de Santa Maria.

A cidade avança sobre a drenagem, descaracterizando-a completamente, logo algumas áreas inseridas na planície do Arroio Cadena são transformadas em áreas urbanas. Os sopés das encostas abruptas do rebordo do planalto ainda estão na sua maior parte preservadas, embora podemos perceber evidências do crescimento da ocupação destas áreas.

No final da década de 60 a prefeitura começa a intervir de forma sistemática na drenagem urbana, inicialmente com a canalização em forma fechada de parte do Arroio Cadena que cruza a área urbana, e onde o padrão urbano é elevado.

Nos anos oitenta em função das constantes episódios de inundações no bairro Salgado Filho e proximidades novamente é modificado o arroio sendo seu curso mudado mais para oeste. Nos anos 90 outra modificação do canal só que desta vez é mais a jusante nas proximidades da vila Urlândia.

As várias modificações estruturais não acabaram com as áreas de risco, e sim podemos dizer se por um lado houve amenização em alguns pontos, por outro se multiplicaram os problemas em outros setores da Bacia, porque logicamente o problema não é o arroio e sim a incorporação de áreas naturalmente susceptíveis para fins urbanos.

A metodologia utilizada nesta pesquisa se mostrou eficaz na medida em que foi possível compreender tanto a dinâmica do ambiente natural, com sua gênese, e comportamento peculiar, como também a do ambiente construído, ou seja, a construção geográfica/histórica do espaço urbano para o entendimento do estabelecimento de áreas de risco geomorfológico.

Com a setorização foi possível compreender o estado da intervenção antrópica em cada microbacia, principalmente no que se refere aos cursos d'água, pois para se compreender o todo é indispensável o conhecimento das partes, como o todo também é essencial para o entendimento das particularidades, para que assim chegarmos ao entendimento complexo que esta vinculado a dinâmica do ambiente natural e da sociedade.

A interpretação dos processos geomorfológicos causadores de risco na Bacia do Arroio Cadena e seu zoneamento e hierarquização, são de fundamental importância para qualquer atividade de planejamento ambiental e urbano democrático e com a participação de todos os setores da sociedade e que contemple a cidade como um todo, sua constituição material e o substrato

onde esta se desenvolveu, as características geológicas e principalmente do relevo.

As áreas aqui analisadas, onde os riscos se manifestam para a sociedade, constituem muito mais do que uma representação espacial, que neste trabalho teve por finalidade a cartografar os riscos, constitui-se na verdade de lugares que são criados ao longo da evolução social da cidade.

Estas pessoas possuem uma identidade com estes lugares, mesmo porque varias destas áreas de risco tem uma idade superior a 20 anos de ocupação, tempo suficiente para manter relações muito profundas no ambiente onde se vive.

Fato este evidenciado pela recusa de muitas famílias tem em abandonar estes lugares, isto é claro quando da existência de políticas públicas que tenham por objetivo solucionar os problemas das áreas de risco, e infelizmente estas políticas são poucas.

Os motivos da recusa se justificam em função de que estas pessoas vão ficar longe da escola de seus filhos, longe do posto médico, distante dos lugares onde muitas destas pessoas tiram o sustento da família catando lixo pelas ruas centrais da cidade.

Sendo que os maiores problemas encontrados estão vinculados a dinâmica fluvial, fato que pode ser evidenciado pela distribuição espacial das áreas de risco na Sub bacia do Arroio Cadena, associadas a sua planície de inundação e de seus afluentes.

Como o canal principal e a Bacia como um todo, sofreram e vêm sofrendo profundas modificações nos seus aspectos morfológicos e hidrodinâmicos, temos uma instabilização de todo o sistema, que tende a se adaptar as novas condições.

Estas adaptações provocam inundações/alagamentos em lugares onde antes não existiam e as erosões das margens tornam-se um processo em franco desenvolvimento.

As áreas de risco a dinâmica das vertentes são na sua maior parte referentes aos processos erosivos, associadas a unidade de *landforms* representada pelas colinas junto ao rebordo, e sendo a maior parte do substrato da Bacia composta por arenitos médios a finos das formações

sedimentares que recobrem a Bacia do Paraná, estes sedimentos são muito friáveis ao processo de transporte de massa.

Os movimentos de massa hoje constituem em um dos processos de menor proporção, mas já são vários os loteamentos que gradualmente estão ocupando as vertentes com maior energia do relevo, e sabemos que se a ocupação é de baixa padrão esta não tem recursos para proteger corretamente um corte realizado na vertente, ou os aterros são lançados não recebendo nenhuma compactação, as águas servidas são lançadas diretamente no meio, estes fatos conjugados aumentam consideravelmente os riscos.

Sendo um fato a mencionar, é que nas microbacias onde encontramos o melhor padrão urbano e também os maiores impactos sobre a drenagem, hoje vem acontecendo a produção de solo criado, ou seja, a verticalização das construções, deixando a expansão horizontal da cidade para os lugares que ainda não dispõem de boa infraestrutura.

As áreas onde encontramos os maiores riscos frente aos processos erosivos das margens são vários pontos localizados no trecho do Arroio Cadena que percorre sentido leste-oeste entre os bairros Salgado Filho, Vilas Kenedy, Carolina e Brenner.

Nestas localidades são vários os pontos junto a margem com processos erosivos avançados e que ameaçam a população e os equipamentos urbanos.

A Vila Oliveira é outra localidade preocupante face as habitações muito próximas ao canal de drenagem, e muitas moradias que estão submetidas aos processos de inundações/alagamentos.

Outras localidades como as Vilas Lídia, Renascença, Urlândia e Santos são áreas de elevado risco frente aos processo da dinâmica fluvial

Não é difícil encontrar em trabalhos que versam sobre áreas de risco, a recomendação de "congelar" a ocupação destas áreas ou retirar as pessoas que ai vivem, infelizmente a dinâmica urbana não é estática e está inserida em um processo maior que extrapola os limites da cidade, pois as grandes diferenças sociais brasileiras, resultado da implantação de um capitalismo periférico, onde uma pequena parcela da sociedade tem condições financeiras para adquirir um espaço adequado para viver, enquanto outros são obrigados a localizarem-se em áreas ambientalmente desfavoráveis.

Estes mecanismos produzem/reproduzem espaços diferenciados dentro da cidade, através das constantes modificações nos valores de uso e de troca do solo urbano, e um deles são a instalação das áreas de risco geomorfológico.

Como o poder público muitas vezes não consegue disciplinar o uso feito do espaço ou não tem interesse, pois o Estado, aqui no sentido de poder público municipal é um dos agentes responsáveis pela produção do espaço urbano.

Se quando uma área susceptível fosse ocupada e poder publico intervisse com agilidade muitos problemas seriam evitados.

Mas isso não acontece, infelizmente a prevenção e deixada de lado, o que infelizmente é implementado são medidas assistencialistas e clientelistas quando algum evento provoca danos para a população inserida em áreas de risco.

Torna-se necessário a criação de instrumentos que visem a amenização destas áreas de risco através de um programa que contemple tanto medidas estruturais, quando essas áreas apresentem risco iminente, sendo o reassentamento dessas pessoas para áreas mais seguras uma alternativa, ou a construção de obras que visem a diminuição do risco, como também medidas não-estruturais que insira a comunidade nas discussões sobre os riscos de ocupação/expansão destes lugares.



## 8. Bibliografia

- ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. In: **Geomorphology**. (2002) Capturado: [www.elsevier.com/locate/geomorphology](http://www.elsevier.com/locate/geomorphology)
- ALBRECHT, A. H. *et all.* Causas físicas e genéticas dos nevoeiros na região central do Rio Grande do Sul. **Geografia – Ensino & Pesquisa**. Santa Maria: Ed. da UFSM, (5) 1991. p. 108-150.
- ALMEIDA, A.P. *et all.* Variabilidade e Tendência do comportamento pluviométrico na região de Santa Maria-RS. In: **Anais... IX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Recife, 14 a 18 Nov. 2001.
- ALMEIDA FILHO, G. S. Prevenção de erosão em áreas urbanas. In: **Anais... VI Simpósio Nacional de Controle de Erosão**. 1999
- ANDREIS, R.R; BOSSI, G.E. & MONTARDO, D.K. Geologia da Folha de Rio Pardo – RS, escala 1:100000. **Pesquisa**. Instituto de Geociências, UFRGS, Mapa n.11, 1982.
- AUGUSTO FILHO, O. *et al.* Riscos Geológicos: Aspectos Conceituais. In: I Simpósio Latino-Americano sobre Risco Geológico Urbano. São Paulo: **Anais**. Associação Brasileira de Geologia e Engenharia - ABGE, 1990.
- BARROS SARTORI. M. da G. **O Clima de Santa Maria: do regional ao urbano**. São Paulo: FFLCH - USP, Depto. de Geografia. Dissertação de Mestrado, 1979.
- \_\_\_\_\_. Distribuição das chuvas no Rio Grande do Sul e a variabilidade têmporo-espacial no período 1912-1984. In: **Anais... V Simpósio de Geografia Física Aplicada**. São Paulo, 07 a 11 de Dezembro. USP-FFLCH. 1993a
- \_\_\_\_\_ As variações pluviométricas e o regime das chuvas na Região Central do Rio Grande do Sul. **Boletim de Geografia Teórica**. Rio Claro. Vol. 23. pág. 70-84. 1993b
- BARROS SARTORI. M. da G; ROSSATO, P. S. & SILVEIRA, R.D. Frequência e probabilidade de ocorrência das “Enchentes de São Miguel”. In: **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. SBA – EPAGRIL. UFSC. 2003.

BARROS SARTORI, M. da G. A dinâmica do clima do Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimento científico. **Terra Livre**. São Paulo. Ano 19 –v. I – n. 20. 27-49. 2003.

BERGER, M. G. **Setorização dos Impactos Ambientais no Arroio Cadena, Município de Santa Maria –RS: Uma proposta de Análise sobre risco Ambiental**. Trabalho de Graduação “A” (Curso de Geografia – Licenciatura. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001).

BITOUN, J. Os embates entre as questões ambientais e sociais no urbano. In: CARLOS, A.F. A & LEMOS, A. I. G. (Orgs). **Dilemas Urbanos: novas abordagens sobre a cidade**. São Paulo: Contexto, 2003. . p. 299 – 307.

BOLFE, S. A. **Expansão urbana de Santa Maria, RS: uma avaliação da adequabilidade do uso do solo**. São Paulo, USP - FFLCH. Dissertação de Mestrado, 1997.

**BRASIL**. Lei n. ° 4.771 – de 15 de Setembro de 1965. Código Florestal Brasileiro. já alterada pela lei n.º 7.803 – de 18 de julho de 1989.

**BRASIL**. Lei n° 6.766, de 19 de Dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras providências.

CAMPOS, H. L. Riscos geomorfológicos e sua importância no ensino da Geografia. In: **Geografia**, São Paulo, IBEP, Ano 1, Número 4, Nov. de 2001.

CARLOS, A.F.A. **A (re)produção do espaço urbano**. São Paulo: EDUSP, 1994.

\_\_\_\_\_. **A cidade**. São Paulo: Contexto, 1999. (Repensando a Geografia)

\_\_\_\_\_. **O Lugar no/do Mundo**. São Paulo: HUCITEC, 1996.

CARLOS, A.F.A & LEMOS, A. I. G. (Orgs). **Dilemas Urbanos: novas abordagens sobre a cidade**. São Paulo: Contexto, 2003.

CARVALHO, J. A. R. Perigos Geológicos, Cartografia Geotécnica e Proteção Civil. In: 3 ° SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTECNICA. Anais. Florianópolis, 1998. CD - ROM

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991.

CERRI, L. S. & CARVALHO, C. S. Hierarquização de situações de risco em favelas no Município de São Paulo, Brasil – Critérios e Metodologias. In:

**Anais...** Simpósio Latino – Americano sobre Risco Geológico Urbano. São Paulo: ABGE, 1990, v.1.

CERRI, L. E. S. Análise de riscos geológicos em planos de preventivos de defesa civil. In: IPT – Curso de geologia de engenharia aplicada a problemas ambientais. São Paulo, DIGEM/AGAMA. 233-254

\_\_\_\_\_. **Riscos geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para a prevenção de acidentes.** Tese de Doutorado, USP, São Carlos. 1993

\_\_\_\_\_. Riscos Geológicos Urbanos. In: CHASSOT, A & CAMPOS, H(orgs). **Ciência da Terra e Meio Ambiente: Diálogos para (inter)ações no Planeta.** São Leopoldo: Ed. Unisinos, 1999.133-146.

CERRI, L.E.S & AMARAL, C. P. de. Riscos Geológicos. In: OLIVEIRA, A. M. dos S. & BRITO, S.N.A. de (org).**Geologia da Engenharia.** São Paulo: ABGE - CNPq- FAPESP. 1998. 301-310

CORRÊA, R. L. Espaço, Um Conceito chave em Geografia. In: INÁ, E. de C.; GOMES, P. C. da C.; CORRÊA, R. L..(Orgs.). **Geografia: conceitos e temas.** Rio de Janeiro: Bertrand, 1995.353p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo: Edgard Blücher, 2ª ed, 1979.

COOKE, R. U. & DOORNKAMP, J. C. **Geomorphology in Environmental Management: An Introduction.** Clarendon Press, Oxford, 1974.

CONAMA. (Conselho Nacional do Meio Ambiente). **Resolução n° 001/86.** Brasília, DF: Diário Oficial da União – de 23 de janeiro de 1986.

CUNHA, M. A. (Coordenador). **Manual Ocupações de Encostas.** São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, 1991.

CUNHA, S. B. da. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A. J.T. & CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos.** 3° ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 211 – 252.

CRISTO, S.S.V de.; ROBAINA, L.E. de S. & BERGER, M. G. Análise Ambiental da Bacia do Arroio Cadena, Município de Santa Maria – RS: Vila Urlândia. In: **Revista Ciência & Natura.** Imprensa Universitária –UFSM, Santa Maria: CCNE. V. 22, Dez. 2000. p.161-176.

CRISTO, S.S.V. de. **Análise de Susceptibilidade a Riscos Naturais relacionados às Enchentes e Deslizamentos do Setor Leste da Bacia Hidrográfica do Rio Itacorobi, Florianópolis – SC.** Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado, 2002.

DAMIANI, A. L.; CARLOS, A. F. A. & SEABRA, O. C. De L. (Orgs) **O Espaço no fim de século: a nova raridade.** São Paulo: Contexto, 1999.

EGLER, C. A. G. Risco Ambiental como critério de Gestão do Território: Uma aplicação à zona costeira brasileira. **Território.** Rio De Janeiro: Laget, Ufrj. Vol 1, nº 1/ Jul/Dez. 1996.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília, 1999.

ENGELS, F. **A Origem da família, da propriedade privada e do Estado.** São Paulo: Civilização Brasileira, 1987.

FACCINI, U.F. **O Permo – Triássico do Rio Grande do Sul.** Curso de pós-Graduação em Geociências, UFRGS, Porto Alegre. Dissertação de Mestrado, 1989.

FENDRICH, R. *et all.* **Drenagem e controle da erosão urbana.** 3º edição. São Paulo: IBRASA, Curitiba: CHAMPAGNAT, 1991.

FEPAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. **Rio Grande do Sul – 92: Perfil Ambiental e Estratégias.** Porto Alegre: FEPAM, 1992.

FERNANDES, N. F. & AMARAL, C. P. do. Movimentos de Massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: **Geomorfologia e Meio Ambiente.** GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. da. (organizadores) Rio de Janeiro: Bertrand Brasil 1996. p 123 – 194.

FORNASARI FILHO, N. (coord). **Alterações no Meio Físico decorrentes de Obras de Engenharia.** São Paulo, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo.( Boletim 61 )

FRANSCISCO, C. N. Análise de áreas de risco a inundações na baixada da Guanabara – O caso da bacia do Rio Inhomirim – RJ. In: **Anais...V** Simpósio de Geografia Física Aplicada. São Paulo: USP – FFLCH – Depto. De Geografia, 07 a 11 de Dezembro de 1993. p. 259-262.

FUJIMOTO, N. S. V. M. Planejamento Ambiental: Abordagem utilizada nas áreas de risco a movimentos de massa no Município de São Sebastião – Litoral

norte do Estado de São Paulo. **Boletim Gaúcho de Geografia**. N° 25. Porto Alegre. 155-164. 1999.

\_\_\_\_\_. Alterações ambientais urbanas na área da bacia Hidrográfica da barragem mãe d'água: Evolução da ocupação e do uso da terra. **Boletim Gaúcho de Geografia**. Porto Alegre, v.28, nº1, 67-83. 2002.

GAMERMANN, N. Formação Rosário do Sul. **Pesquisas**. Instituto de Geociências, UFRGS, 2:5-35.1973.

GOTTDIENER, M. **A produção social do espaço urbano**. 2° ed. São Paulo: Edusp, 1997.

GUERRA, A. J.T. & CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 3° ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

GUERRA, A. J.T. Processos erosivos nas encostas. . In: GUERRA, A. J.T. & CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 3° ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 149-209

GUERRA, A.J.T & CUNHA, S.B. da(orgs). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**.3°ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil,1998.

GUERRA, A.J. T. et al. **Erosão e conservação do solo: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

GUIDICINI,G. & NIEBLE, C. M. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. São Paulo: 2 ed, Edgard Blücher, 1984.

GUIMAPA. **Guia de Santa Maria**. Santa Maria: Guimapa, 2002.

GRASSI, L. A. T. **Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Caxias do Sul, Gráfica da UCS. 2001.

HAGUETTE, T.M.F. **Metodologias Qualitativas na Sociologia**. Petrópolis, RJ: Ed. Vozes, 1987.

HOLANDA F.S.R. Impacto ambiental promovido pela erosão na margem direita do baixo São Francisco, no Estado de Sergipe. In: **Anais...VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão**. Goiânia – GO, maio de 2001. CD - ROM

IBGE. **Cidades@**. Disponível em:<[http:// www.ibge.gov.br/cidadesApresent.htm](http://www.ibge.gov.br/cidadesApresent.htm)> Acesso em: 15 de outubro 2001.

INFANTI JR & FORSINARI FILHO, N. Processos de Dinâmica Superficial. In: : OLIVEIRA, A. M. dos S. & BRITO, S.N.A. de (org). **Geologia da Engenharia**. São Paulo: ABGE -CNPq- FAPESP. 1998. 131-152

IPT. **Manual: Ocupações de Encostas**. São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, 1991.

JORGE, F. N. de. & UEHARA, K. Águas de Superfície. In: : OLIVEIRA, A. M. dos S. & BRITO, S.N.A. de (org). **Geologia da Engenharia**. São Paulo: ABGE - CNPq- FAPESP. 1998. 301-310.

KAERCHER, N. A. **Desafios e Utopias no Ensino de Geografia**. 3º Ed. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 1999.

LEFEBVRE, H. **O direito à cidade**. 1º Ed. São Paulo: Ed. Moraes, 1991.

\_\_\_\_\_. **A revolução urbana**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 1999.

LEMPP, C.L. Weatherability of overconsolidated Pelitic rocks of keuper and Jurrassic in South – Western Germany. **Bull. Of International Assoc. of Enginery Geology**, 1981. P. 101-108.

MACEDO, E. S. *et all*. Informatização do cadastramento de acidentes de escorregamentos com vítimas fatais ocorridos no Brasil no período de 1988 a 1999. In: **Anais... IX Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia**, 1999.

MACIEL FILHO, C.L. **Carta Geotécnica de Santa Maria (1:25.000)**. Santa Maria: UFSM, 1990.

MARAFON, J. G. O espaço urbano: A abordagem da escola de Chicago e da escola Marxista. **Ciência & Natura**. Nº 18, Santa Maria: Gráfica da UFSM. 149-181. 1996.

MARICATO, E. **Metrópole na Periferia do Capitalismo: Ilegalidade, desigualdade e violência**. São Paulo: Hucitec, 1996.

MARICATO, E. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.

MARQUES, J.S. Ciência Geomorfológica. In: GUERRA, A. J.T. & CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 3º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 23-50

MEDEIROS, E. R. **Estratigrafia do Grupo São Bento na região de Santa Maria e paleocorrentes da formação Botucatu**. Curso de pós-Graduação em Geociências, UFRGS, Porto Alegre. Dissertação de Mestrado, 1980.

MONTEIRO, C. A. de F. **Clima e Excepcionalismo. Conjecturas sobre o Desempenho da Atmosfera como Fenômeno Geográfico.** Florianópolis: Editora UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, 1991.

MORAES, A. S. **Evolução Urbana de Santa Maria.** Universidade Federal de Santa Maria: Santa Maria. 1982.

MOREIRA, C. V. R. & NETO, A. G. P. Clima e Relevo. In: OLIVEIRA, A. M. dos S. & BRITO, S.N.A. de (org). **Geologia da Engenharia.** São Paulo: ABGE - CNPq- FAPESP. 1998. 69-85.

MÜLLER FILHO, I.L. & BARROS SARTORI, M da G. **Elementos para Interpretação Geomorfológica de Cartas Topográficas: Contribuição a Análise Ambiental.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1999.

PARIZZI, M. G. *et al.* Caracterização Geológica-Geotécnica e Avaliação do Risco do Conjunto Taquaril, Belo Horizonte (MG). In: **Anais...10º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental**, 25 a 28 de agosto de 2002 – Ouro Preto, MG.

PEREIRA, P.R.B. *et all.* Contribuição a Geografia Física do Município de Santa Maria: Unidades de Paisagem.. **Geografia – Ensino & Pesquisa.** Santa Maria: Ed. da UFSM, (3) 1989. p. 37-68.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA MARIA. **Mapa da Cidade (1: 10.000).** Santa Maria, Secretaria Municipal de Planejamento, 1992.

PROJETO RADAM BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Levantamento de Recursos Naturais.** V. 33, rio de Janeiro, 1986.

RIO GRANDE DO SUL. **Código Estadual do Meio Ambiente.** Secretaria do Meio Ambiente, 2000.

RODRIGUES, A. M. **Moradia nas cidades brasileiras.** 7º Ed, são Paulo: Contexto, 1997. (Repensando a Geografia)

\_\_\_\_\_. **Produção e consumo do e no espaço: a problemática ambiental urbana.** São Paulo: Hucitec, 1998

ROHDE, G. M. **Epistemologia Ambiental: uma abordagem filosófico – científico sobre a efetuação humana alopoiética.** Porto alegre: EDIPUCRS, 1996.

ROSS, J. L. S. *et al.* Abordagem Geográfica no Planejamento Ambiental. In: **Anais...V** Simpósio de Geografia Física Aplicada. São Paulo: USP – FFLCH – Depto. De Geografia, 07 a 11 de Dezembro de 1993. p. 333 -335.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e Planejamento**. 6° ed. São Paulo: Contexto, 2001. (Repensando a Geografia)

SANTOS, D. **A reinvenção do espaço: diálogos em torno da construção do significado de uma categoria**. São Paulo: UNESP, 2002.

SANTOS, M. **A Urbanização Brasileira**. 3° Ed. São Paulo: HUCITEC, 1996. (Estudos Urbanos; 5)

\_\_\_\_\_. **Metamorfose do Espaço Habitado**. 5° ed. São Paulo: Hucitec, 1997.

\_\_\_\_\_. **A natureza do espaço: espaço e tempo: razão e emoção**. 3° Ed.– São Paulo: Hucitec, 1999.

SARTORI, P.L.P. & GOMES, C. B. Composição químico-mineralógico das últimas manifestações vulcânicas na região de Santa Maria, RS. **Anais...Acad. Bras. Ciência.**, Rio de Janeiro, 52(1): 125-133, 1980.

SARTORI, P.L.P. et all. Contribuição ao estudo das rochas vulcânicas da Bacia do Paraná na Região de Santa Maria, RS. **Rev. Bras. De Geociências**. São Paulo, 3(5): 141-159, 1975.

SAYAGO, J.M. & GUIDO, E.Y. Caracterizacion de los riesgos geologicos y geomorfologicos en la ciudad de Chilecito (La Rioja), Argentina. In: **Anais...** Simpósio Latino – Americano sobre Risco Geológico Urbano. São Paulo: ABGE, 1990, v.1. 236-247.

SILVA, G. de F N. Infra-estrutura, Serviços e Indicadores Sócio – Econômicos da Vila Bilibiu, em Santa Maria, Rio Grande do Sul. Santa Maria: UFSM, Monografia de Especialização em Interpretação de Imagens Orbitais e Suborbitais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa, 2001.

SOUZA, M.J.L. de. **Urbanização e desenvolvimento no Brasil atual**. São Paulo: Ed. Ática, 1996.(Série Princípios)

\_\_\_\_\_. **Mudar a cidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

SUGUIO, K. **Geologia do quaternário e Mudanças Ambientais: Passado + Presente = Futuro?** São Paulo: Paulo's Comunicações e Artes Gráficas, 2001.



WEBER, I. G. K. **Experiência de Educação Ambiental: Resgate Histórico da Ocupação e Análise Espacial na Nova Santa Marta.** Monografia (Especialização em Geociências) – Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2000.

TAUK, S.M.(Org). **Análise Ambiental: Uma Visão Multidisciplinar.** 2ª Ed., São Paulo, Ed. UNESP, 1995.

TOMINAGA, L. K. Avaliação de riscos geológicos para aplicação em instrumentos de gestão ambiental. In: **Anais...** IV Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. ABGE – Brasília de 2001. CD – ROM.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia Ciência e Aplicação. In: **Hidrologia Ciência e Aplicação.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS/ABRH/EDUSP, v. 4, p. 25 – 33, 1993. 943p

\_\_\_\_\_. Inundações Urbanas. In: **Drenagem urbana.** TUCCI, C. E. M, PORTO, R. La L.& BARROS, M. T. Porto Alegre: ABRH/ Editora da Universidade/ UFRGS, 1995. P. 15-36

ROBAINA, L. E. De S. **Análise Ambiental da região de influência do Rio dos Sinos, entre o Arroio Campo Bom e o canal João Corrêa, com ênfase a metais pesados.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geociências. UFRGS, 1999.

ROBAINA, L. E. De S. *et al.* Unidades de Landforms na Bacia do Arroio Cadena, Santa Maria – RS. *Ciência & Natura*, v.24:139-152, 2002.

ROSSATO, P. S. *et al.* A Gênese das enchentes de São Miguel na região central do Rio Grande do Sul. In: **Revista Brasileira de Agrometeorologia.** SBA – EPAGRIL. UFSC. 2003.

THORNE, C. R. Geomorphic analysis of large alluvial rivers. In: **Geomorphology.** 44 (2002) 203 – 219. Capturado: [www.elsevier.com/locate/geomorphology](http://www.elsevier.com/locate/geomorphology)

VALDATI, J. **Riscos e Desastres Naturais: A área de risco de inundação na Sub Bacia do Rio da Pedra – Jacinto Machado/SC.** Florianópolis: UFSC, Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

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

## SUMÁRIO

<b>Lista de Figuras</b>	<b>v</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>vi</b>
<b>Resumo</b>	<b>vii</b>
<b>Abstract</b>	<b>viii</b>
1. Introdução _____	5
2. Fundamentação Teórica _____	8
2.1 Processos Geomorfológicos: Dinâmica das Vertentes e Dinâmica Fluvial	8
2.1.1 Dinâmica das vertentes _____	9
2.1.2 Fatores condicionantes do processo erosivo _____	12
2.1.3 Erosão em áreas urbanas _____	14
2.1.4 Movimentos de Massa _____	16
2.1.4.1 Rastejos _____	17
2.1.4.2 Escorregamentos _____	17
2.1.4.3 Quedas _____	18
2.1.4.4 Tombamentos _____	18
2.1.4.5 Corridas de massa _____	18
2.2 Dinâmica Fluvial: Inundações/Alagamentos e Erosão das Margens _____	19
2.2.1 A Bacia Hidrográfica _____	24
2.3.1 O Urbano: As categorias de Análise, Urbanização, Segregação e o Lugar _____	25
2.3.2 Urbanização _____	26
2.3.3 Da Cidade ao Urbano _____	29
2.3.4 A Segregação: apartar, excluir... _____	31
2.3.5 O lugar _____	36
2.4 Áreas de Risco: Alguns conceitos _____	37
2.4.1 Risco Geomorfológico _____	41
3. Procedimentos Metodológicos _____	44
3.1 Nível Compilatório _____	44
3.2 Nível Correlatório _____	45

3.3 Nível Semântico _____	47
3.4 Nível Normativo _____	51
4 Desenvolvimento _____	53
4.1 A importância das informações sobre o ambiente natural e socioeconômico nos estudos sobre Áreas de Risco _____	53
4.1.1 Caracterização Geral de Santa Maria _____	55
4.1.2 Características Geológicas/Geotécnicas _____	58
4.1.3 Geologia da Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena _____	62
4.1.4 Geomorfologia de Santa Maria _____	66
4.1.4.1 Geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena _____	68
4.1.5 Hidrografia _____	72
4.1.5.1 Os canais de drenagem da Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena _____	72
4.1.6 Evolução histórica do espaço urbano de Santa Maria _____	79
<b>5. Análise dos Resultados _____</b>	<b>83</b>
5.1 Susceptibilidade Natural da Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena. _____	83
5.2 Padrão Urbano da Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena _____	87
5.3 Espacialização dos Eventos/acidentes na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena _____	91
5.4 Análise Setorial e Áreas de Risco Geomorfológico na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena _____	99
5.4.1 Microbacias com forte grau de intervenção _____	99
5.2.2 Microbacias com médio grau de intervenção _____	103
5.2.3 Microbacias de baixo grau de intervenção _____	108
5.2.4 Microbacias não urbanas _____	109
6. Áreas de Risco Geomorfológico na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena _____	110
6.1 Áreas de risco associadas a Dinâmica das Vertentes _____	112
6.2 Áreas de Risco associadas à Dinâmica Fluvial _____	116
<b>7. Conclusões e recomendações _____</b>	<b>131</b>
8. Bibliografia _____	137