



Mapeamento das Áreas de Risco da Região Urbana de Santa Maria - RS

Luiz Fernando Araldi Schallenberger¹

¹Centro Universitário Franciscano (luizfas@yahoo.com.br)

Resumo

O presente trabalho tem por finalidade a confecção de mapas temáticos baseados no levantamento de curvas de nível, através do georreferenciamento e classificação de imagens de satélite. Utilizando programas computacionais serão efetuados os mapeamentos temáticos, modelos numéricos de elevação do terreno e o mapeamento uso e ocupação do solo. Estes servirão de base para projetos, licenciamentos, demarcação de áreas de preservação permanente assim como identificação de áreas de risco. Além disso pode servir para orientar projetos de desenvolvimento de linhas de crescimento urbano indicando locais inapropriados para construção em função do fator declividade da região urbana da cidade de Santa Maria. Sabendo que atualmente o deslizamento de encostas, pontos de alagamentos por enxurradas são grandes problemas ambientais e sociais, nota-se a carência de um estudo específico, para a criação de políticas de preservação e delimitação destas áreas de risco.

Palavras-chave: Entulho. Destino. Gestão.

Área temática: Impactos Ambientais.



1 Introdução

Santa Maria é uma cidade centro do estado do Rio Grande do Sul, com 261.031 habitantes e 1.788km² de área, com predominância do Bioma Pampa e Mata Atlântica. O município está localizado nas coordenadas -29.6858° de latitude e -53.8075° de longitude (IBGE, 2010).

O mapeamento das áreas de risco deve ser efetuado com a finalidade de localizar e identificar a possibilidade de ocorrência de acidentes ambientais, evitando-se danos ao meio ambiente ou acidentes que envolvam a população. A ação antrópica age diretamente no processo de impactos ambientais, pela relevância das modificações impostas ao meio ambiente tendo como fatores causadores primordiais as mudanças na inclinação das encostas, mudanças no corte de taludes, desmatamento das áreas de encostas e ocupação desordenada.

A ocorrência do movimento de massa se dá basicamente em função da alteração de três importantes fatores, tipo de solo, inclinação da encosta e água de infiltração. A granulometria e constituição são importantes para o nível de coesão do solo, assim como a cobertura vegetal, pois a retirada desta reduz a proteção da camada superior de solo ocasionando o efeito Splach, ocorrendo o maior escoamento superficial e consequentemente menor infiltração da água no solo.

As variáveis a serem analisadas no projeto baseiam-se em dados de inclinação das áreas estudadas, pelo geoprocessamento de imagens digitais, que são "as técnicas matemáticas e computacionais para tratar dados obtidos de objetos ou fenômenos geograficamente identificados ou extrair informações desses objetos ou fenômenos" (MOREIRA, 2003), assim possibilitando a identificação das áreas de risco das diversas ocorrências possíveis, sejam de deslizamentos, alagamentos, etc.

O uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG) no apoio à tomada de decisões tem possibilitado uma maior flexibilidade nas análises das informações que são geradas com o uso dessa ferramenta. "Com a escolha adequada da técnica a ser adotada, os resultados buscados podem atingir satisfatoriamente os objetivos. Este é o caso de se classificar uma área como susceptível a escorregamentos" (OLIVEIRA, 2005). "No fator topografia, o relevo exerce influência sobre a erosão do solo, em função do grau, comprimento e regularidade do declive" (RIGHES, 2009, pg 160).

"Considerando um modelo numérico de terreno (MNT) de dados altimétricos extraídos de imagem, onde a declividade corresponderá à inclinação deste plano em relação ao plano horizontal" (VIEIRA, 2011). O desenvolvimento e implementação de uma ferramenta que permita definir uma forma de se priorizar áreas de intervenções na cidade é importante para o planejamento urbano. Nesse contexto, os princípios e técnicas relacionadas com a cartografia geotécnica procuram, por meio da avaliação das diferentes características do meio físico, delimitar as áreas favoráveis ou desfavoráveis ao uso e ocupação humana (DIAS, 2006).

Define-se áreas de risco como locais impróprios ao assentamento humano por estarem sujeitas a riscos naturais ou decorrentes da ação antrópica, "caracterizando assim áreas com possibilidade de desastres ambientais, e protegidas pela lei nº 6.766, de 19 de



dezembro de 1979 que proíbe, em seu art. 3º, parágrafo único, que áreas de risco sejam loteadas para fins urbanos”, a fim de proteger a população. (BARREIRO, 1998)

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Determinação das áreas de risco em função da declividade e uso e ocupação do solo na região urbana do município de Santa Maria.

2.2 Objetivos específicos

- a) Elaboração de mapa temático de uso e ocupação do solo;
- b) Elaboração do modelo numérico de elevação do terreno;
- c) Determinação da porcentagem e do tipo de ocupação do solo;
- d) Elaboração do Mapa de Setas de escoamento superficial;
- e) Elaboração do Mapa de Hidrologia;
- f) Identificação das áreas de risco divididas em três tipos:
 - Em função da Declividade e Uso e ocupação do solo;
 - Em função do Acumulo de água demonstrado pelas setas de escoamento;
 - Em função da Hidrologia e setas de direcionamento do escoamento.

3 Material e Método

3.1 Aplicativos computacionais:

Dentre os aplicativos utilizados para a realização do projeto de classificação das imagens e mapeamento das áreas de risco de deslizamento de Santa Maria, os seguintes programas foram selecionados:

Auto Cad Civil 3D 2009 Demo; Surfer 8.2 Demo; Spring 5.0.2; Google Earth; Photoshop CS4 Portátil Demo; Global Mapper .

3.2 Hardware

Notebook Dell Inspiron 1525 Windows 7, Core 2 Duo, 3 GB RAM, Sistema Operacional em 32 Bit; Pendrive Kingston 4GB; GPS eTrex Garmin legend HCx; Gps Topográfico GEO-EXPLORER.

4. METODOLOGIA

Esta foi dividida em fases para melhor observação e análise dos procedimentos utilizados para a obtenção dos melhores resultados.

4.1 Delimitações da área de trabalho



Utilizaram-se imagens do sensor orbital GEO-EYE, estas cedidas pelo servidos de imagens do Google Earth. Tais imagens são referentes à banda 1(b1), banda 2 (b2) e banda 3 (b3) com uma resolução espacial de dois metros e 16 bits de radiometria. O processo de determinação dos limites foi realizado utilizando-se um aplicativo computacional de edição de imagens. No aplicativo de edição seguiremos as seguintes fases: importação – recorte – segmentação – mosaicagem. Para finalizarmos este processo esta imagem foi salva com extensão .TIF, esta necessária para exportação da imagem.

4.2 Importação da imagem no programa Impima

Realizou-se a importação da área de estudo, imagem .TIF para o programa impima, nesta etapa ocorrerá a conversão da extensão .TIF para extensão .GRD do programa. As imagens são decompostas em três bandas sendo cada uma delas b1, b2 e b3 indexadas as cores primárias Red, Green e Blue, deve-se definir a resolução espacial da imagem esta sendo de dois metros e salvaremos estas em três diferentes bandas.

4.3 Trabalhos realizados no sistema de informação geográfica SPRING

4.3.1 Criação do banco de dados

Criou-se um banco de dados no qual foram armazenadas as informações pertinentes ao projeto para tal utilizamos o banco de dados Access. Seguir etapas relatório geoprocessamento.

4.3.2 Determinação do projeto

Realizou-se a determinação das características espaciais de projeto, esta será composta por:

- Determinação das Áreas Extremas do Projeto:

$$X^1 = 220383.44 \quad Y^1 = 6708332.63$$

$$X^2 = 232761.77 \quad Y^2 = 6716412.30$$

- Sistema de Coordenadas – UTM;
- Datum – WGS84;
- Fuso – 22.

4.3.3 Determinação do modelo de dados

Determinou-se os tipos de dados que iremos trabalhar durante o projeto, raster (imagens) vetoriais. Foi criado um arquivo indexado na qual será armazenado as informações pertinentes ao projeto.

4.3.4 Coleta de pontos a campo com GPS

Processo dividido em duas etapas:



1ª - Realizou-se um levantamento expedito visual da área do projeto sobre imagens de satélite, neste processo foram identificados os locais, ou seja, pontos de controle onde iremos a campo com o GPS coletar coordenadas.

2ª - Deslocou-se até o ponto de coleta estabelecido, neste aguarda-se dois minutos com o GPS devidamente ligado para procura de efemeris, caso este tempo o equipamento não tenha coletado mais que três satélites em sua abóboda celestial aguarda-se até que isto ocorra. Feito isso será coletado a cada um minuto a coordenada do respectivo PC, sendo isto realizado durante o tempo de dez minutos.

4.3.5 Georreferenciamento

O georreferenciamento foi realizado através do módulo registro na qual foi feito através da rotina imagem dos dados a serem ajustados, nestas foram selecionadas as bandas b1, b2, b3 (item 4.2) da área do projeto. Utilizamos os pontos de controle levantados a campo para realizar a rotina de georreferenciamento, pois as mesmas apresentam maior exatidão espacial. Entende-se como ponto de controle feições ou objetos identificáveis na imagem e a campo. Para o presente projeto em função da extensão da área e da variabilidade do relevo determinou-se baseado em experimentos que o número ideal de pcs (pontos de controle) com vinte e uma amostras. Com esta seleção pcs e identificação dos mesmos a campo e na imagem realizou-se testes com os polinômios de verificação da imagem de primeiro, segundo e terceiro grau. Verificou-se o modelo mais adequado para as análises, ou seja, o que apresente menor erro quadrático RMS o polinômio de segundo grau.

Utilizando-se o polinômio de segundo grau, este reordenou os pixels da imagem convertendo-os de coordenadas de um sistema cartesiano (x,y) para coordenadas UTM.

4.3.6 Elaboração do modelo de elevação do terreno

Realizou-se a elaboração do modelo de elevação do terreno utilizando-se para isto o modelo SRTM (Missão Topográfica Radar Shuttle) este estando com uma resolução espacial de 90m.

Os dados fornecidos pela EMBRAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento) foram importados para dentro do programa SPRING ao qual na opção MNT (Modelo Numérico do Terreno) foi gerado o modelo TIM interpolado, estes dão origem ao modelo tridimensional de representação do relevo, e este foi utilizado como fonte de informação de declividade sendo ferramenta fundamental no processo de determinação das áreas de risco.

Este processo gerou isolinhas vetorizadas que representarão as curvas de nível da região de abrangência, e logo após, utilizou-se o modelo de elevação do terreno como um plano de informação (layer) cruzado com o plano de informação uso e ocupação do solo.

4.3.7 Elaboração do mapa hidrológico

Foi criado um modelo de dados com categoria de redes para representar a hidrologia do local. Utilizou-se a imagem de satélite do local georreferenciada e sobre esta se executou o processo de vetorização da rede hidrológica. Para tal, foi selecionada a



opção no menu do SPRING redes com opção edição vetorial, nesta foi feita através do processo de vetorização de linhas, identificar e mapear a rede hidrologica da nossa área.

Tal rede está georreferenciada e foi gerado um plano de informação sobre esta. Para este procedimento foi utilizado o programa Google Earth, na elaboração das redes hidrológicas da região urbana de Santa Maria, programando-o para demonstrar visualmente uma imagem em relevo ampliada em três vezes, para melhor observação das coordenadas altimétricas, possibilitando assim, traçar linhas de identificação dos locais de escoamento da água bem como as redes de drenagem da cidade. Após esse procedimento foi importada a imagem salva do Google Earth pelo Impima para dentro do Spring para a vetorização da hidrologia e dimensionamento dos cursos d'água.

4.3.8 Elaboração do mapa de uso e ocupação do solo

Este mapa tem como origem a imagem de satélite que sofreu processo de classificação de imagens não supervisionada, processo este no qual o programa, através de algoritmos de 1º 2º e 3º grau, utilizando-se métodos de interpolação do vizinho mais próximo, irá classificar os grupos de pixels em intervalos de distribuição de brilho.

Primeiramente selecionou-se as bandas que irão fazer parte do processo de classificação, no nosso exemplo bandas 1 2 3. Após isto na opção treinamento do menu classificação, introduzimos no programa as diferentes amostras de pixels selecionada em função dos diferentes usos e ocupação do solo.

Feito a coleta das amostras dos diferentes usos, o presente trabalho tem as seguintes classes coletadas: vegetação rasteira, vegetação arbórea, solo exposto e urbanização, estas analisadas estatisticamente, descartando aquelas que apresentarem índices menores que 90% de similaridade com o centro estatístico amostral. Essas amostras foram eliminadas mantendo no mínimo 10 amostras por classe para melhor precisão das análises.

4.3.8.1 Classificação

Após as amostras estatisticamente não aceitáveis terem sido eliminadas, foi selecionada a opção classificação não supervisionada a ser executada pelo programa SPRING. Para realizar o processo de classificação fomos ao menu imagem sub-menu classificação, nesta criamos um nome para a imagem classificada optamos por fazer uma análise de pixels ou regiões. No processo pixel as imagens foram classificadas em função de um único pixel isolado, ou seja, em função do seu brilho. Já no processo por regiões, foram estabelecidos intervalos de confiança de agrupamento de conjuntos de pixels sendo que optamos por fazer a classificação a nível de região.

Após isso foi selecionada as bandas espectrais que irão fazer parte do processo de classificação, ou seja, b1 b2 b3. A seguir fez-se o processo de classificação de duas maneiras, a supervisionada e a não supervisionada, onde trabalhamos com a imagem que apresentou melhor resultado classificatório.

4.3.8.1.1 Classificação não supervisionada

Foram feitos os processos de classificação não supervisionada usando o procedimento K médias, no qual foram executados trabalhos com 2, 4, 5 e 8 temas, com 10 e 20



interações. Cada um desses processos gerou uma imagem que posteriormente no processo de análise de classificação foram eliminadas função de uma análise visual de concordância em relação ao uso e ocupação, restando apenas uma para comparação com a classificação supervisionada. Foram geradas automaticamente pelo programa sem o auxílio do operador, os mapeamentos de uso e ocupação do solo de acordo com o número de temas e iterações.

4.3.8.1.2 Classificação supervisionada

Neste procedimento foram utilizados três classificadores que são esses: Maxver (máxima verossimilhança), maxver-icm e distância euclidiana.

No processo “Maxver máxima verossimilhança” trabalhamos com limiares de aceitação de 100%, 99%, 95% e 90% sendo criado para cada um deles um arquivo de imagem. No processo “Maxver – ICM trabalhamos com limiares de aceitação de 100%, 99%, 95% e 90% sendo criado para cada um deles um arquivo de imagem. No processo “Distância euclidiana” foi feita a classificação através de um único processo.

No processo de classificação supervisionada primeiramente realizamos uma análise prévia com os diferentes usos e ocupações que existem sobre a área do projeto, esta já realizada e identificada no presente projeto como sendo: vegetação arbustiva, vegetação rasteira, solo exposto e área urbanizada. Para cada uma dessas classes foi atribuída uma cor.

Após a criação das classes foi feita a aquisição das amostras onde baseado em estudos previamente realizados devemos trabalhar com entorno de 15 amostras por classe. Após adquirida as amostras de todas as classes salvamos a rotina de classificação supervisionada.

Como continuação, verificou-se a exatidão do processo de classificação, esta realizada dentro da opção classificação análise de amostras. No processo de análise dessas amostras executou-se a verificação da porcentagem de similaridade entre a amostra selecionada e o intervalo de confiança estabelecido estatisticamente pelo programa. Em função de análises realizadas durante os processos, ficou estipulado que as amostras que tiverem valores superiores 90% de similaridade com o seu respectivo uso permanecerão, pois demonstram eficiência da distinção da classificação e as demais serão descartadas, observando-se que devemos verificar que as diferentes classes não permaneçam com menos que 10 amostras com índice superior a 90% por classe, caso isto ocorra, deveremos selecionar novas amostras.

Após os critérios acima citados terem sido cumpridos foi executada a classificação da imagem.

4.3.8.2 Seleção da imagem classificada

Após os processos dos citados anteriormente, foi realizado a seleção de uma única imagem classificada, e como critério para isto, foi utilizado uma comparação de similaridade visual das imagens classificadas com a imagem real, que permitam a diferenciação das classes de acordo com o modelo utilizado.

4.4 Importação dos dados do SPRING para o software SURFER



A importação das isolinhas para o SURFER permite elaborar setas de escoamento superficial, que quando cruzados com dados de altitude dos pontos dispersos da região e os dados de hidrologia, facilitam a compreensão e análise das áreas de risco a serem obtidas no processamento dos dados. As setas de escoamento superficial demonstraram os locais denominados de Pontos críticos (PCr), pontos estes que seriam determinados tendo como critério a convergência de no mínimo três setas de escoamento superficial, e observando-se o comprimento do vetor da seta de escoamento, quanto maior for este vetor maior será a velocidade de escoamento da água.

4.5 Processo de Sobreposição de Isolinhas à Imagem de Uso e Ocupação do Solo

Durante este processo gerou-se o mapa de Uso e ocupação do solo com as curvas de nível sobrepostas, para tal executou-se a rotina de ativação da categoria imagem classificada e ativou-se sobre esta o layer correspondente às isolinhas alterando-se a coloração das isolinhas para a cor preta para facilitar a visualização sobre a imagem classificada.

4.5.1 Determinação dos Pontos Críticos Através das Setas de Escoamento

O seguinte processo foi dividido em etapas distintas, primeiramente gerou-se um arquivo de dados com os valores de coordenadas planialtimétricas a serem analisadas, feito isto importou-se estas para o aplicativo Surfer, onde este converteu o arquivo na extensão .dat. Após esta conversão, selecionou-se a rotina data do programa o qual executa um processo matemático de interpolação dando origem as curvas de nível. De posse do arquivo interpolado matematicamente executou-se a rotina create – grid – vector – mapa o qual à partir das curvas de nível determina as setas de escoamento superficial.

Finalizando-se o processo no aplicativo Surfer através da exportação desta imagem para o programa Spring. No programa Spring foi realizado o processo de georreferenciamento da imagem com as setas de escoamento superficial. Após isto através de um processo visual determinamos as áreas críticas de escoamento, as quais foram determinadas utilizando-se como pré-requisito a presença e a confluência de no mínimo três setas de escoamento superficial e a observação das setas em relação ao comprimento das mesmas, já que o comprimento das setas é relativo à velocidade de escoamento superficial.

4.5.2 Determinação dos Pontos Críticos em Função da Hidrologia e Setas de Escoamento

O presente processo foi realizado trabalhando-se com o plano de informação hidrológico e as setas de escoamento superficial. Primeiramente carregou-se o layer referente a rede hidrológica e após isto ocorreu a sobreposição do layer com as setas de escoamento superficial, realizando-se uma análise visual dos pontos onde ocorreu uma confluência de um conjunto de setas para a rede hidrológica junto com uma análise da declividade do terreno através das curvas de nível.

5 Resultado e discussão

5.1 Modelo numérico de elevação do terreno.



Através da interpolação das isolinhas obtivemos o modelo digital do terreno com uma representação tridimensional em 3D, como demonstrado na figura 1.

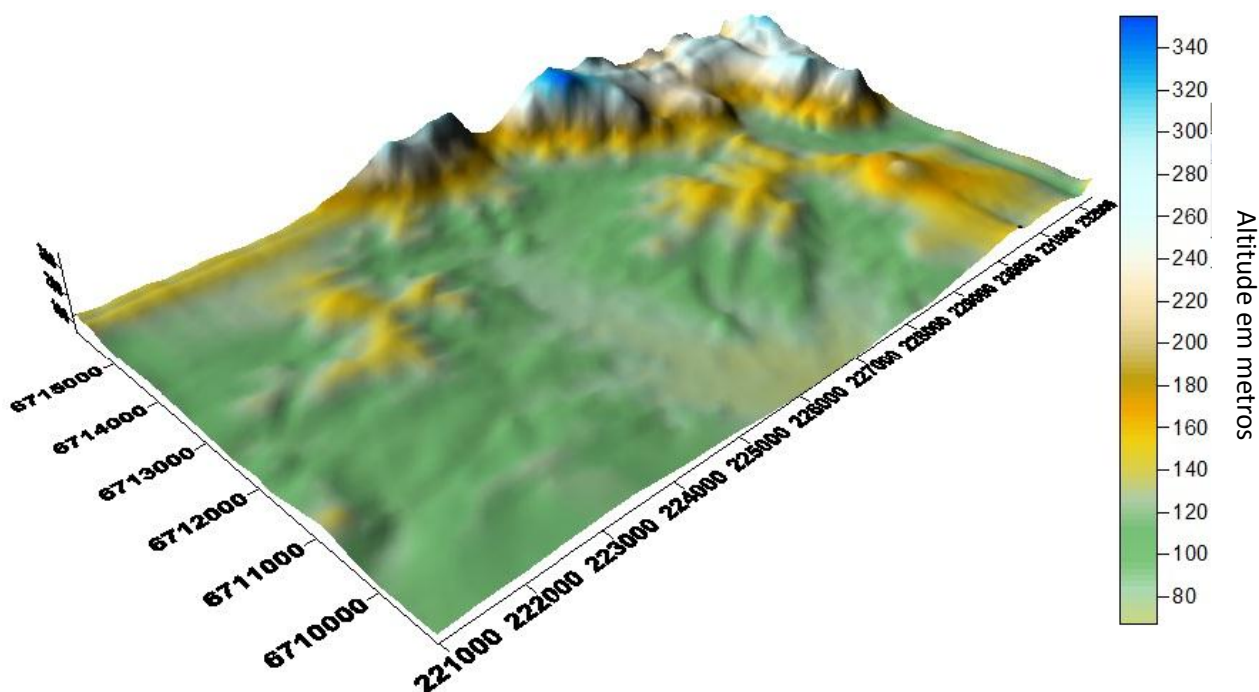


Figura 1: Modelo Numérico de Elevação do Terreno.

Através deste pode-se verificar visualmente os pontos de maior altitude e os pontos de menor altitude dando uma noção de como o terreno se comporta em relação a sua superfície, apresentando variação de 260 metros em relação ao maior e o menos ponto de elevação do terreno, esta nos fornece informação dos locais onde ocorre a deposição de água após uma chuva, indicando pontos que podem ser considerados críticos.

Somente o MNT sem informações complementares não fornecem subsídios para uma interpretação mais aprofundada das análises de risco, porém este pode fornecer indícios.

5.2 Mapa Hidrológico.

O presente mapa apresenta a rede hidrológica da área de estudo no formato vetor sobreposta a um layer de informação de imagem da cidade de Santa Maria, como demonstrado na figura 2.

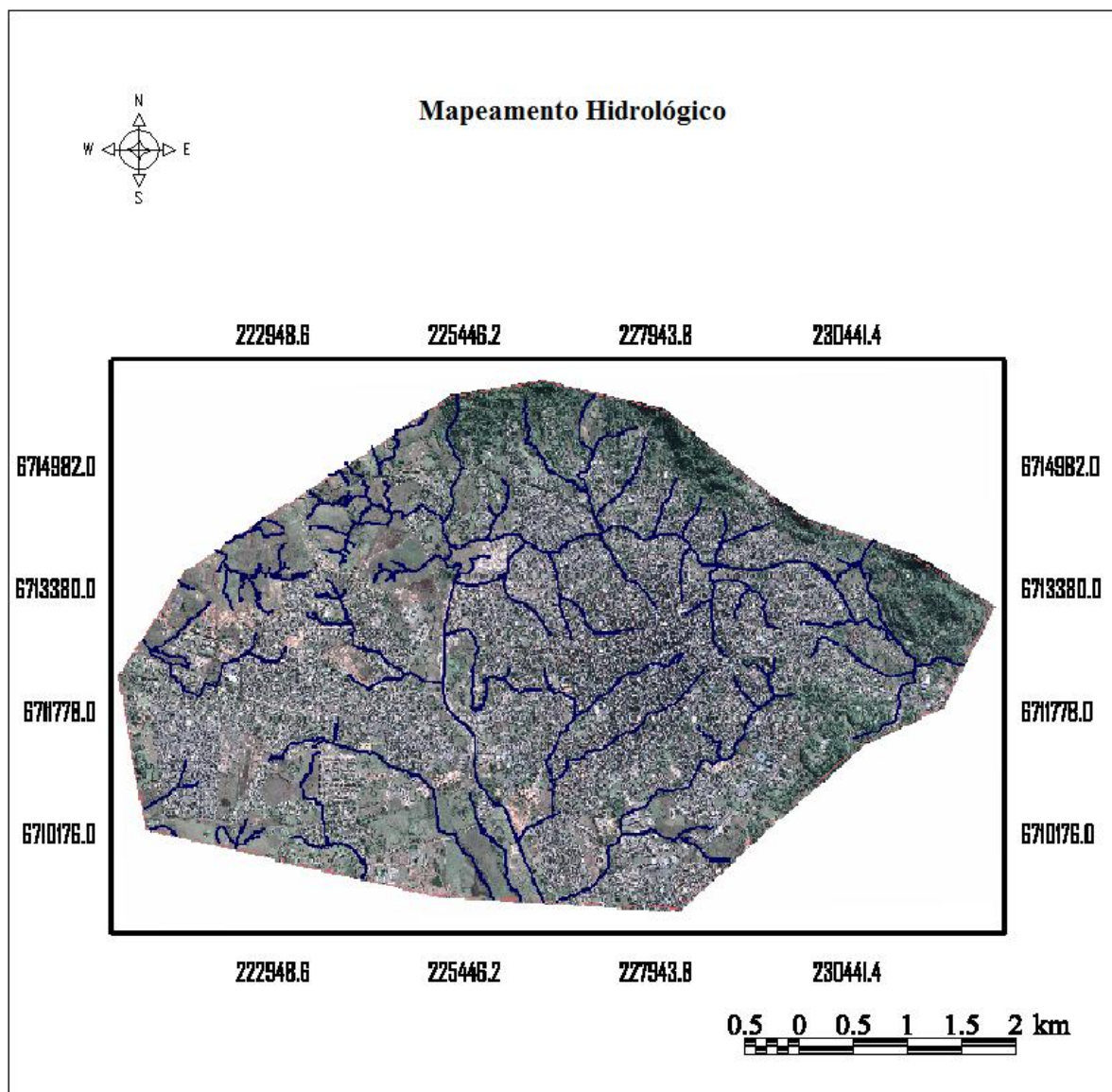


Figura 2: Mapeamento Hidrológico.

Pode-se observar nesta que a rede hidrológica sobre a área urbanizada de Santa Maria é bastante densa, observando-se que grande parte dela sofreu processo de canalização. A extração da rede hidrológica feita pelo processo visual é auxiliada pelo modelo digital do terreno e rotinas de programação, possibilitando rotacionar o local de estudo e fornecendo informações visuais necessárias para visualização e determinação da rede hidrológica.

5.3 Mapa temático de uso e ocupação do solo

As amostras das classificações analisadas permitiram observar que o processo de classificação mais adequado é o maxver 100%, pois demonstrou uma maior capacidade de distinção dos objetos que os demais classificadores, onde se observou na imagem



uma maior proximidade dos objetos classificado na imagem sintética em relação à imagem real.

O processo de classificação fornece informações bastante relevantes em relação ao uso e ocupação do solo, este demonstrou sobre a classe urbana pontos que podem ser considerados críticos em função de uma análise da declividade e escoamento das águas (figura 3).

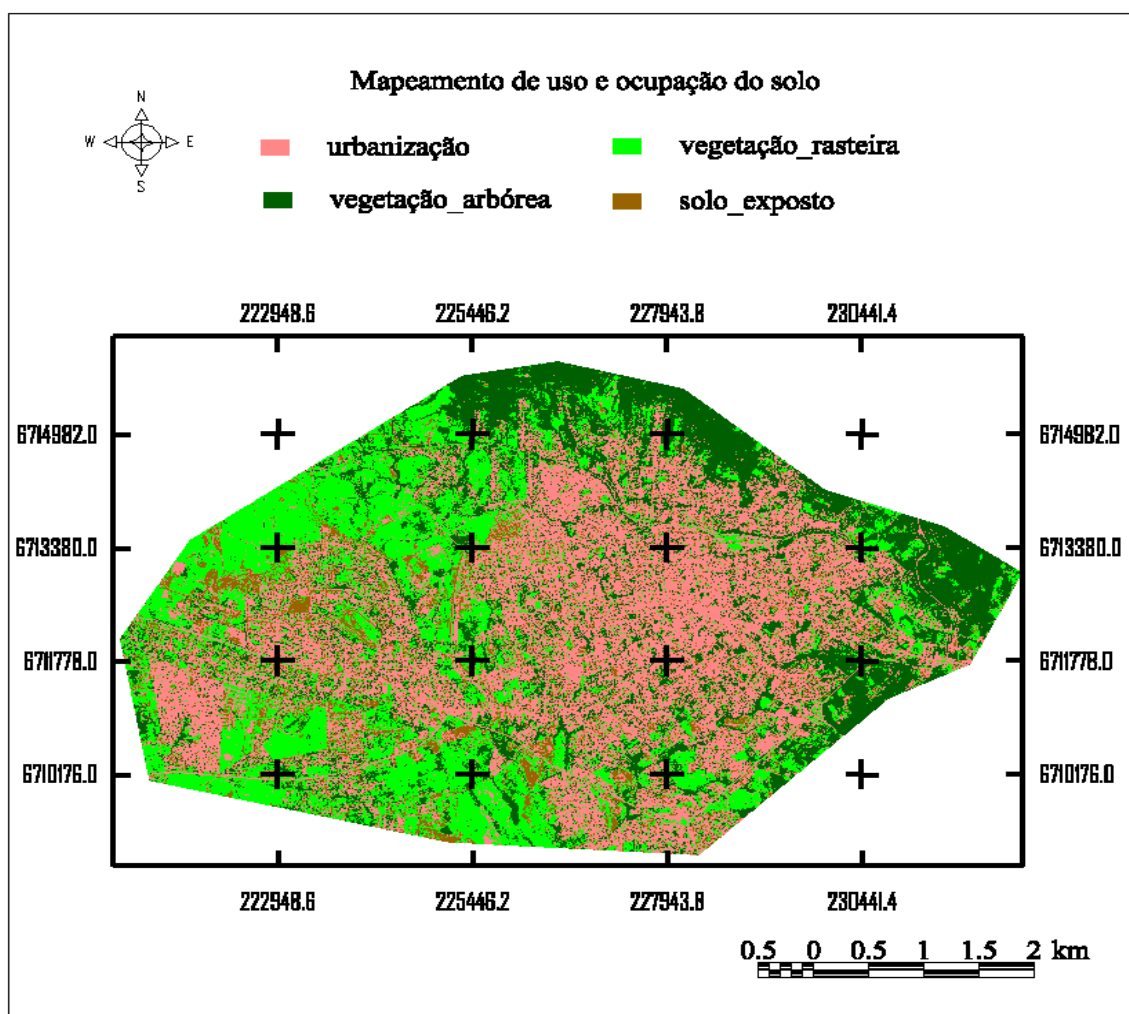


Figura 3: Mapeamento de Uso e Ocupação do Solo da região de Santa Maria.

5.4 Porcentagem do tipo de ocupação do solo;

Neste caso da geração de um mapa de uso e ocupação do solo pelo processo maxver 100, constatou-se que as porcentagens e áreas de uso e ocupação do solo estão de acordo com a tabela 1 descrita abaixo.



Tabela 1: relação em porcentagem de uso e ocupação do solo.

Classes	Uso e Ocupação				Total
	Urbanização	Vegetação Arbórea	Vegetação Rasteira	Solo Exposto	
ÁREA (ha)	2033,0809	1590,2636	1509,9962	447,6656	5387,0720
%	37,74	29,52	28,03	8,31	100

Esses valores estatísticos fornecem uma informação sobre como está composto o uso do solo no local analisado, observando-se que no presente exemplo apresenta-se um índice de vegetação rasteira e arbustiva bastante alto para um centro urbano, tendo como causa, o fato de que na área analisada encontra-se uma parte considerável de vegetação intacta, esta em função de estar localizada em áreas de encosta. A porcentagem de solo exposto apresentou-se relativamente baixa sendo em sua maior parte em função de projetos urbanistas.

5.5 Identificação das áreas de risco.

Para o processo de identificação das áreas de risco, foi feito o cruzamento de dados obtidos nos mapeamentos. As seguintes sobreposições foram geradas.

5.5.1 Sobreposição de Isolinhas e Uso e Ocupação do Solo

Através da sobreposição das curvas de nível sobre um mapa de uso e ocupação do solo (figura 4), obteve-se informações referentes à declividade do terreno e o que existe sob este, através disto é possível identificar locais que possam vir a ser considerados de risco, onde as maiores declividade relacionado ao uso inapropriado do solo, como urbanização remoção da vegetação podem causar desastres como deslizamentos e desmoronamentos.

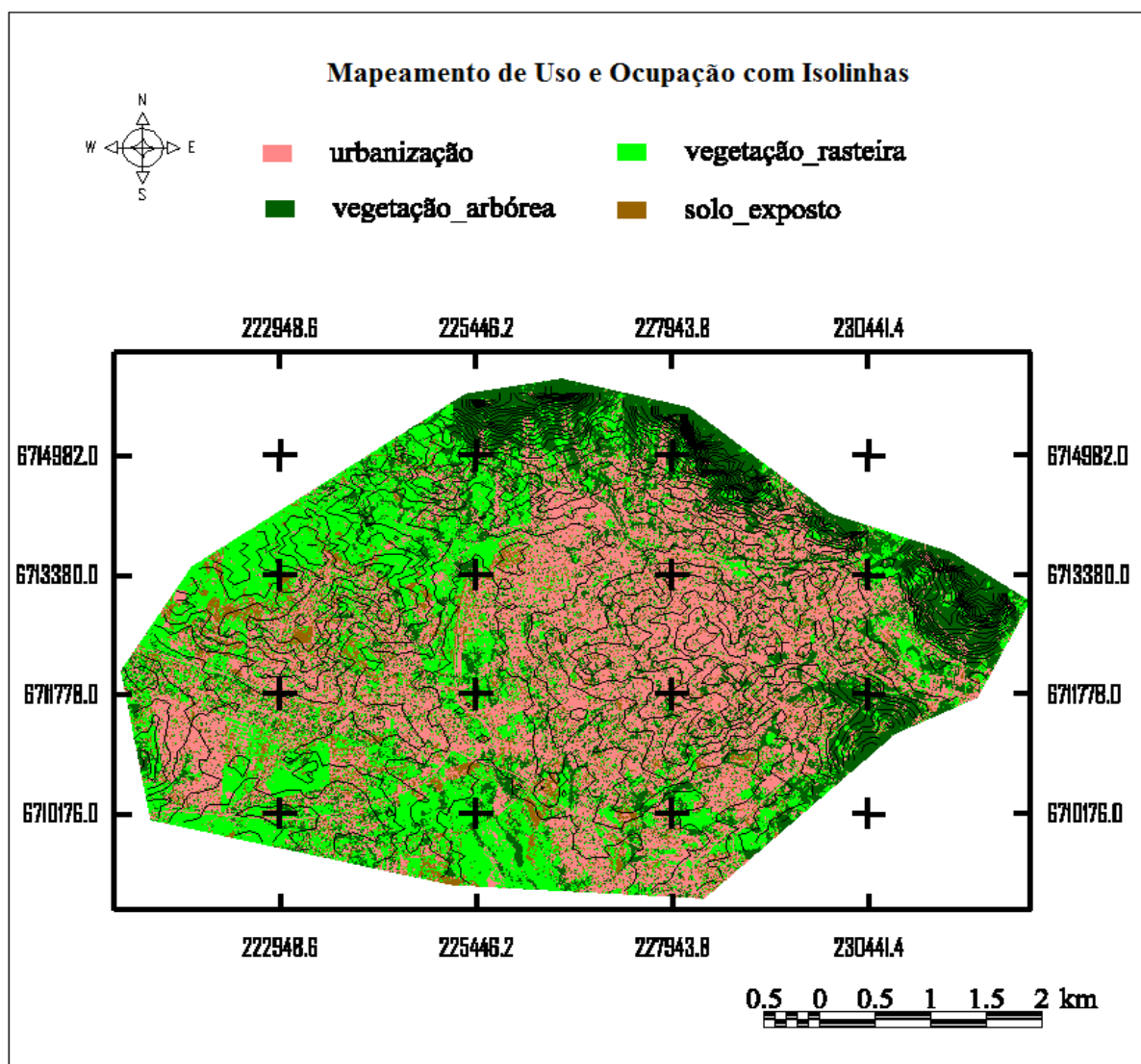


Figura 4: Mapeamento de Uso e Ocupação do Solo com Cruzamento de Isolinhas na região urbana de Santa Maria.

5.5.2 Pontos Críticos Através das Setas de Escoamento.

Esta análise é considerada a mais relevante do presente trabalho, pois as setas de escoamento superficial indicam o sentido de deslocamento das águas, principal fator causador dos processos erosivos, optou-se por determinar como sendo as áreas críticas os pontos onde ocorresse confluência de no mínimo três setas ou os locais onde o vetor de escoamento da água identificasse um aumento da velocidade em função da rampa de escoamento.

Identificou-se na área de estudo cinco locais críticos sendo que as setas de escoamento usadas unicamente como fator de determinação das áreas de risco não fornecem informações suficientes, para isto é necessário analisar conjuntamente fatores como uso do solo, cobertura vegetal, geologia e o próprio solo.



Iremos comentar os cinco locais determinados, pela análise visual das setas de escoamento e a comparação com a imagem original da área delimitada.

Local 1, neste verifica-se que o ponto onde ocorre o acúmulo da água que sofreu processo de escoamento superficial, encontra-se em área desprovida de vegetação e com pouca declividade, ocasionando apenas o risco de um alagamento do local sem causar danos a população.

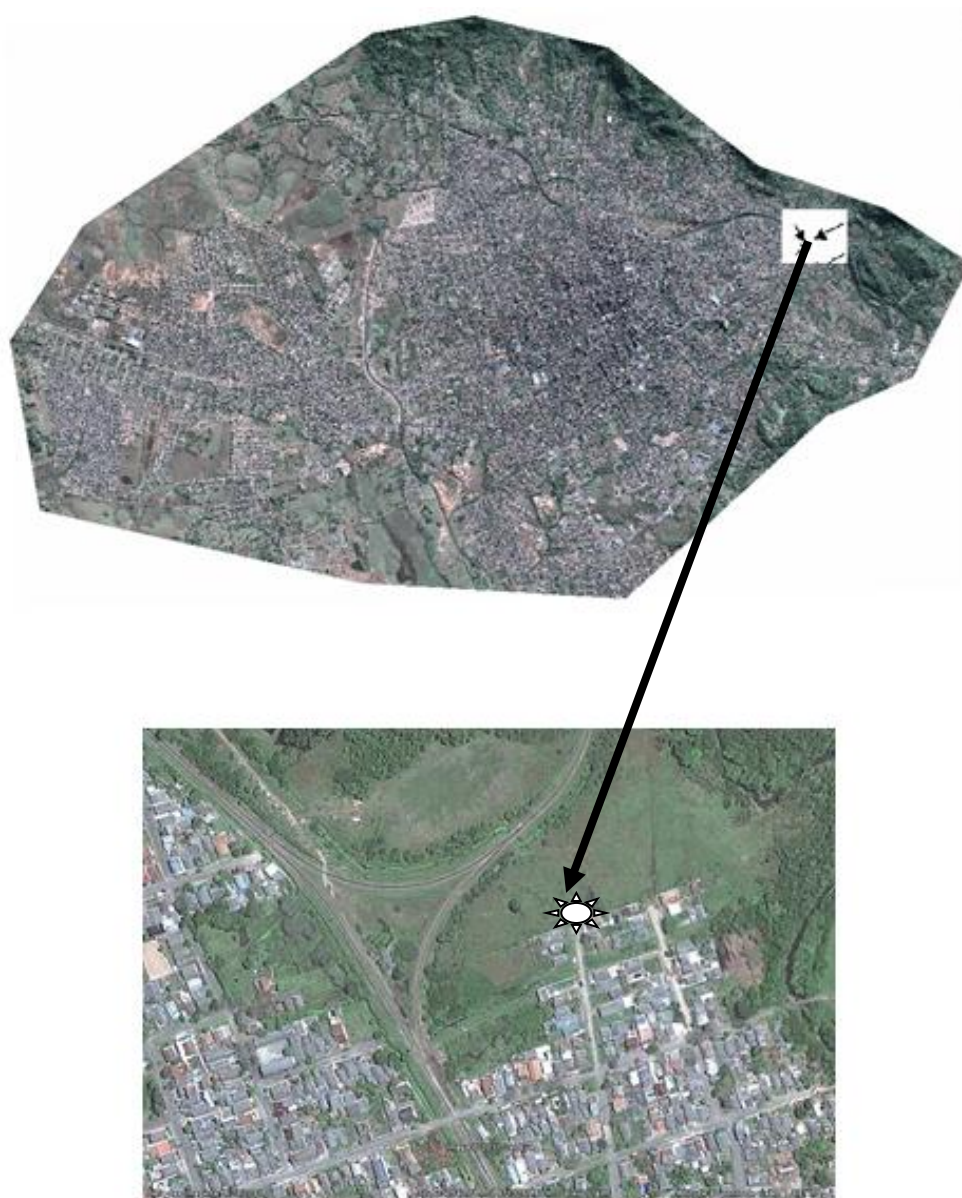


Figura 5: Pontos críticos de confluência nº 1 na região urbana de Santa Maria.



Local 2, nesta imagem as setas de escoamento indicam que pode vir a ocorrer acúmulo de água em uma área urbanizada podendo gerar algum dano ao patrimônio ou a população, a informação gerada pelas setas serve como indicio de que o local onde foi construído deveria permanecer com a vegetação nativa.

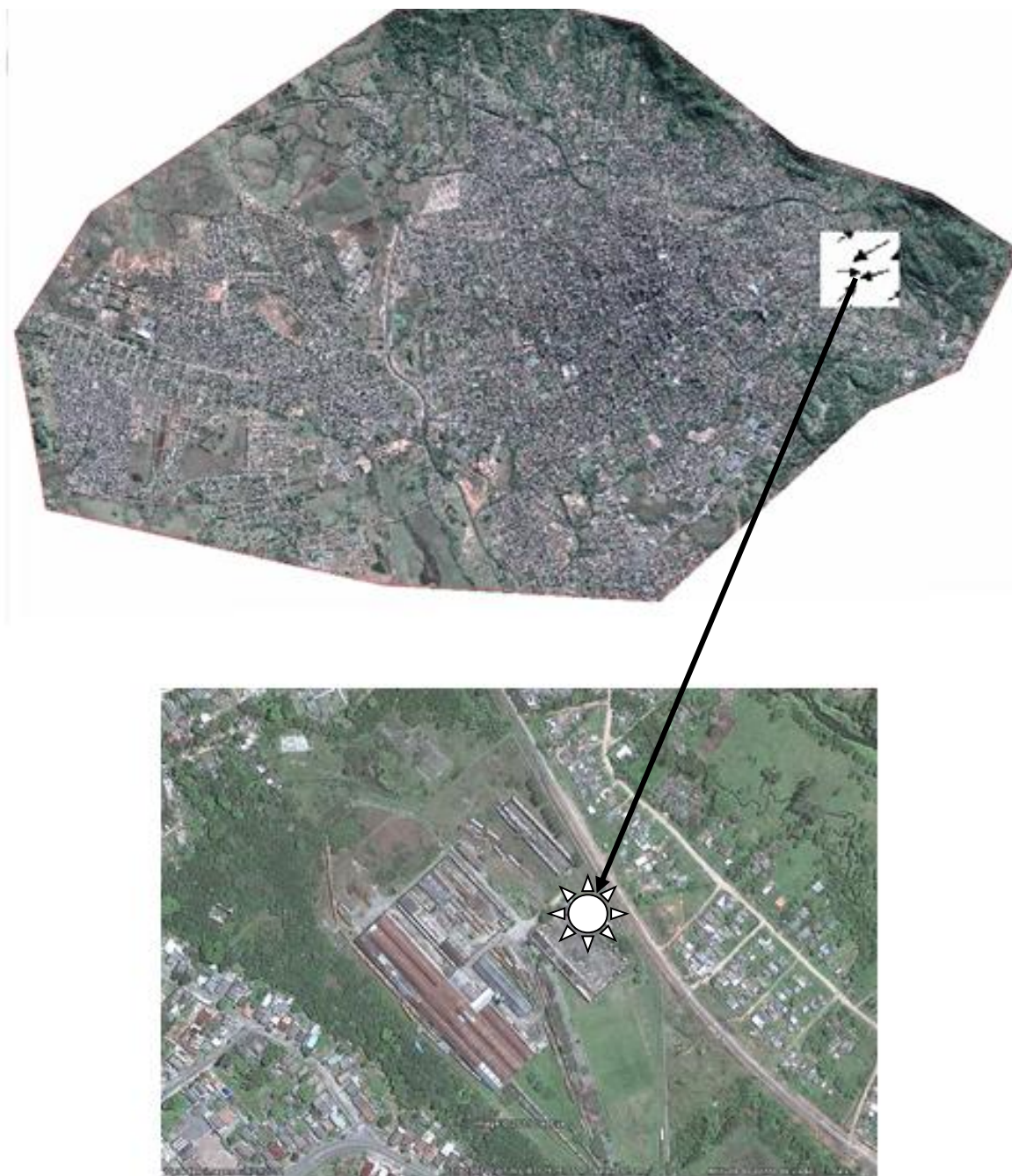


Figura 6: Pontos críticos de confluência nº2.

Local 3, um dos mais críticos na área urbana de Santa Maria, no bairro Nossa Senhora de Lourdes, próximo ao Hipermercado Big conhecido pela população Santa-Mariense



onde ocorre alagamento em dias de chuvas concentradas, podendo a água chegar a um metro, neste local ocorreu um conjunto de fatores que determinaram as problemáticas. Primeiramente a alta impermeabilização do solo no local causada pelo processo de urbanização, segundo o subdimensionamento da rede de saneamento básico. Terceiro a alteração na composição dos taludes do Arroio Cadena que passa pelo local. Quarto a ligação clandestina de várias residências no bairro nos pontos acima do local problemático. Quinto a alta velocidade de escoamento das águas pluviais.

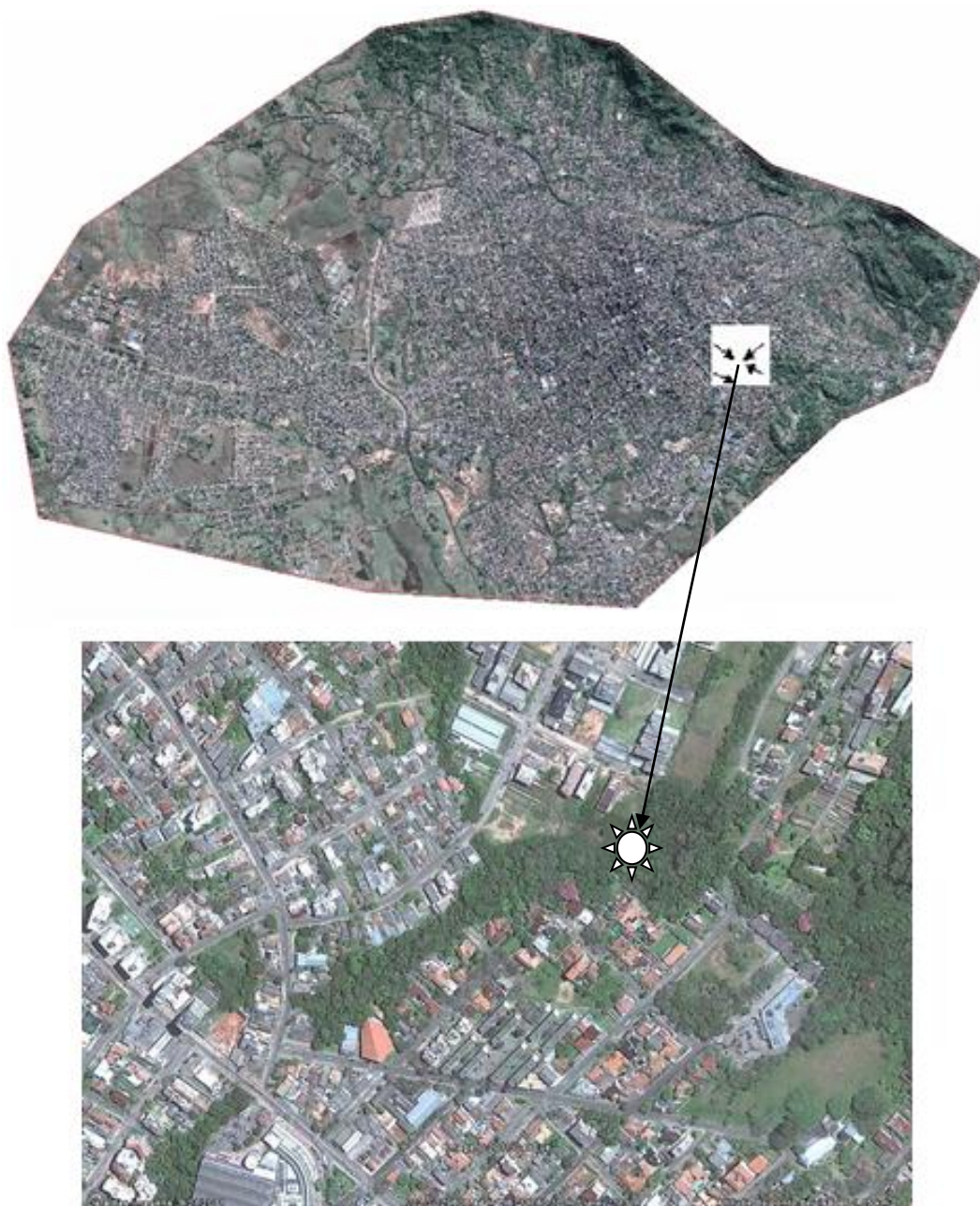


Figura 7: Pontos críticos de confluência nº3.



Local 4, ponto este menos problemático por localizar-se em meio à vegetação, neste exemplo apresenta-se uma seta com um vetor alongado o que caracteriza uma maior velocidade de deslocamento da água superficial, porém a presença da vegetação faz com que não ocorra esse escoamento superficial e sim a maior infiltração da água.

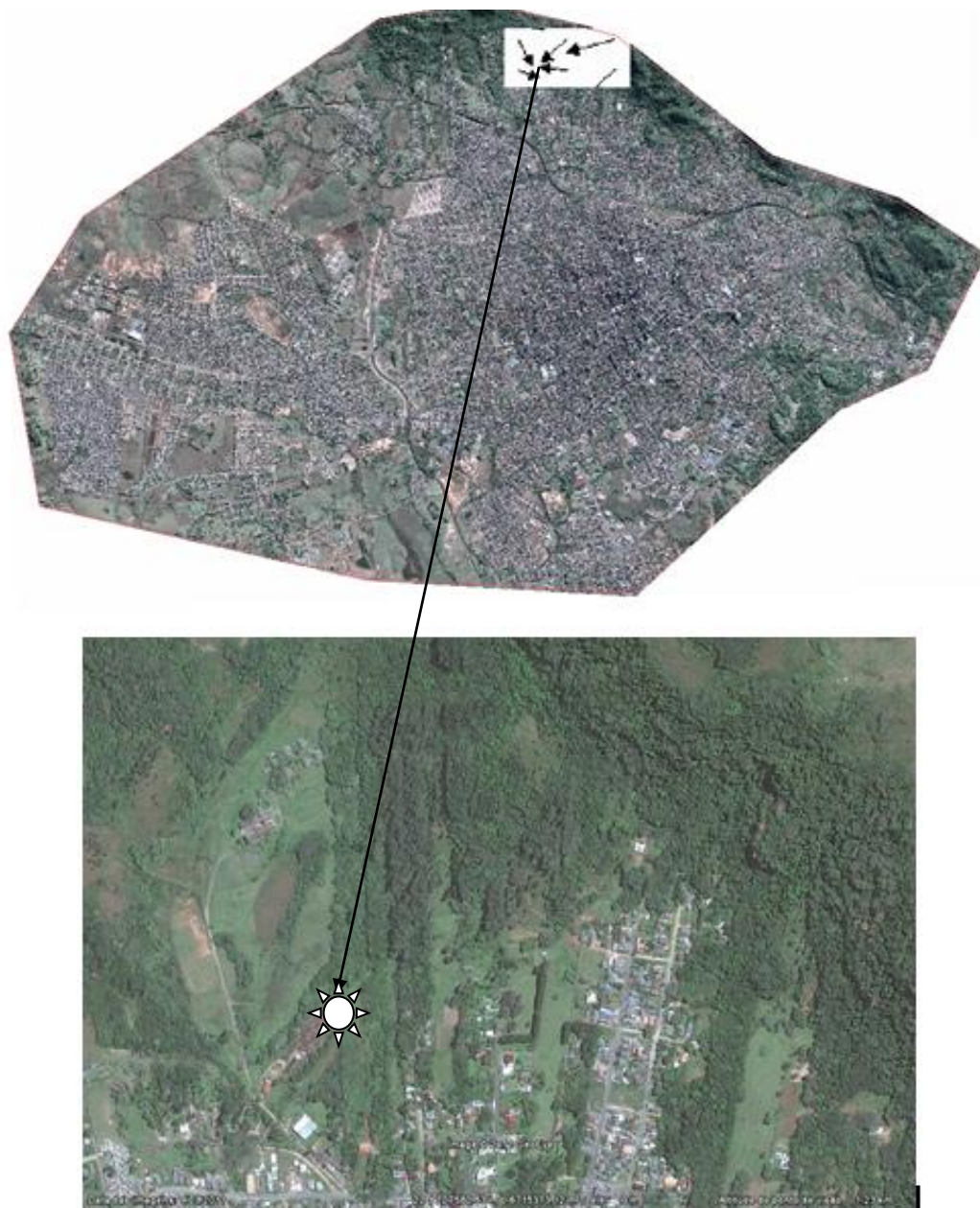


Figura 8: Pontos críticos de confluência nº4.

5.5.3 Pontos Críticos em Função da Hidrologia e Setas de Escoamento

Neste mapa realizado observam-se dois fatores que são causadores de acidentes ambientais, um deles as redes hidrológicas principalmente em áreas urbanas e ou outro, a declividade onde o conjunto destes dois fatores da origem a áreas de riscos. Foi



identificado dois locais onde ocorreu a confluência das setas para um ponto da rede hidrológica: O primeiro ponto nas proximidades do hipermercado Big (figura 10) ocorre a confluência de setas e das águas de três córregos para um ponto; ponto dois (figura 11), localizado na vila conhecida como Bilibil apresenta uma problemática amplificada, pois além da presença das setas de escoamento indicarem um local suscetível a acidentes em conjunto o local apresenta residências instaladas em pontos de alto risco.

É possível observar que as setas de escoamento superficial diferenciam-se em número quanto a concentração no encontro e no comprimento das mesmas. Assim pode-se referir que uma seta grande compõem uma alta elevação do terreno proporcionando uma alta velocidade de escoamento da água, enquanto o encontro das setas determina os pontos críticos.

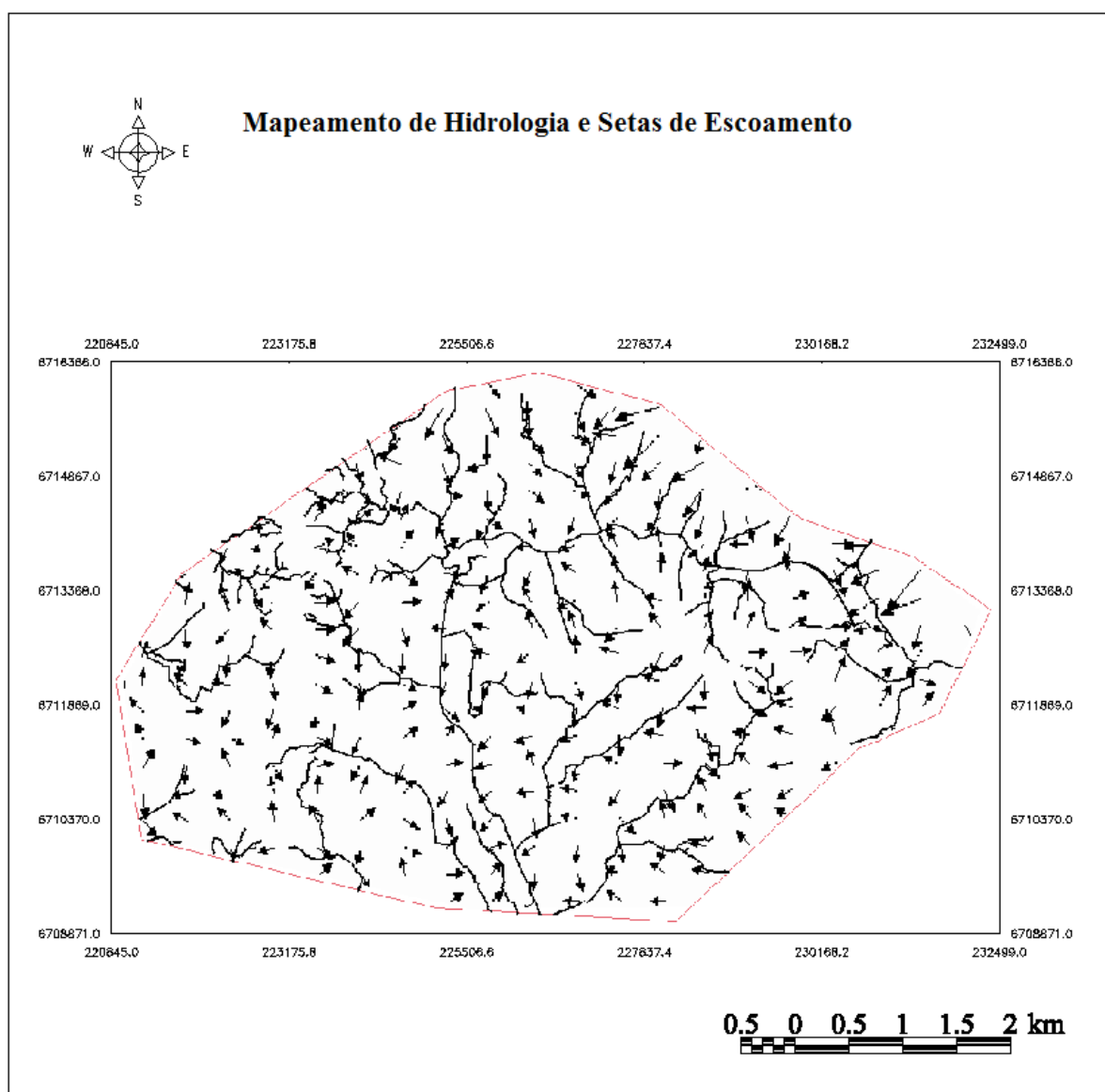


Figura 9: Mapeamento da Hidrologia com Cruzamento das Setas de Escoamento Superficial.

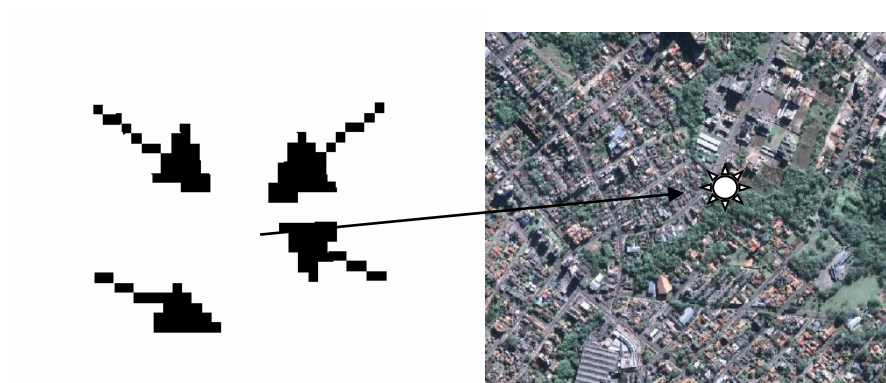


Figura 10: Localização das setas, região Hipermercado Big.

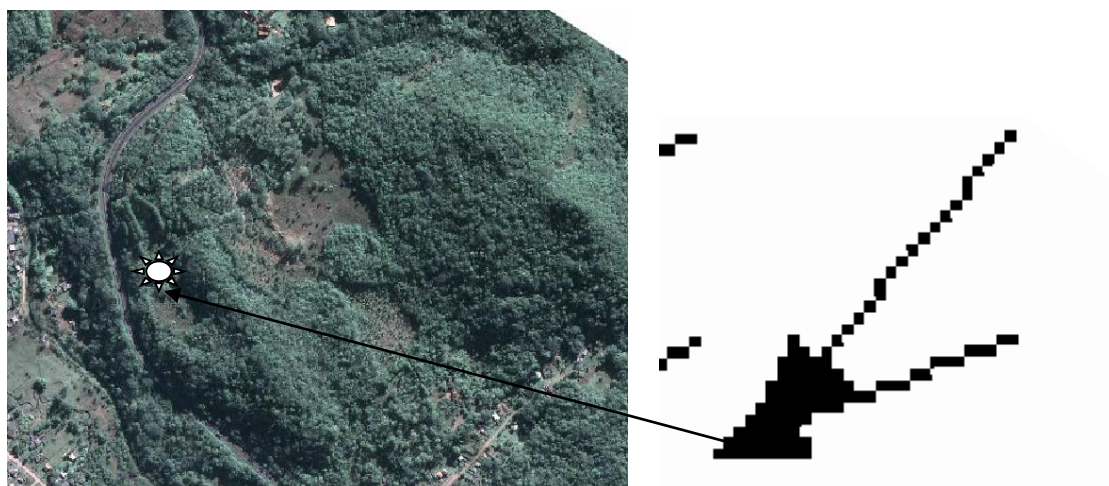


Figura 11. Vila Bilibil.

6 Conclusão

Após as varias analises verifica-se que o geoprocessamento com suas diversas ferramentas é capaz de propiciar informações com agilidade e precisão em um intervalo de tempo bastante reduzido. No presente trabalho utilizamos das rotinas direcionadas para elaboração de mapas de uso e ocupação conjuntamente com hidrologia e setas de escoamento superficial, estes três produtos quando unidos são capazes de fornecer informações extremamente relevantes no processo de localização das áreas de risco, auxiliando no planejamento urbano e reordenamento do espaço urbano.

Cidades como São Paulo apresentam mapas com as setas de escoamento indicando pontos críticos onde podem vir a ocorrer alagamentos em períodos de chuvas, Santa Maria ainda esta longe dos problemas vivenciados em São Paulo, porem devemos planejar para evitar.



Observou-se no presente trabalho uma precisão acentuada na determinação das áreas de risco principalmente levando-se em consideração a área na proximidade do big e na vila Bilibil, locais estes que já são classificados como pontos críticos.

Finalmente concluímos que o processo no qual utiliza-se as setas de escoamento junto com mapas de uso e ocupação é um excelente instrumento para o planejamento urbano, este realiza um diagnóstico que dará origem a um prognóstico, cabe as autoridades competentes executar planejamentos em função do prognóstico.