

MARIA DAS GRAÇAS ALVES COSTA

**AVALIAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO Á INUNDAÇÃO NO PERÍMETRO  
URBANO DE CARATINGA - MG ATRAVÉS DO USO DE DADOS  
ALTIMÉTRICOS PROVENIENTES DO SENSOR AEROTRANSPORTADO  
LIDAR**

VIÇOSA – MG  
JULHO – 2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES  
DEPARTAMENTO DE ARTES E HUMANIDADES  
CURSO DE GEOGRAFIA

**AVALIAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO À INUNDAÇÃO NO PERÍMETRO  
URBANO DE CARATINGA - MG ATRAVÉS DO USO DE DADOS  
ALTIMÉTRICOS PROVENIENTES DO SENSOR AEROTRANSPORTADO  
LIDAR**

Monografia apresentada ao Curso de Geografia, à Universidade Federal de Viçosa – MG, como exigência da aprovação na disciplina GEO 481 – Monografia e Seminário, para a obtenção do título de bacharel em Geografia.

Autora: Maria das Graças Alves Costa  
Orientador: Elpidio Inácio Fernandes Filho

VIÇOSA – MG  
JULHO – 2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES  
DEPARTAMENTO DE ARTES E HUMANIDADES  
CURSO DE GEOGRAFIA

**AVALIAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO À INUNDAÇÃO NO PERÍMETRO  
URBANO DE CARATINGA - MG ATRAVÉS DO USO DE DADOS  
ALTIMÉTRICOS PROVENIENTES DO SENSOR AEROTRANSPORTADO  
LIDAR**

Monografia apresentada ao Curso de Geografia, à Universidade Federal de Viçosa – MG, como exigência da aprovação na disciplina GEO 481 – Monografia e Seminário, para a obtenção do título de bacharel em Geografia.

APROVADO EM: 25 de Julho de 2007.

---

Prof. Fábio Soares de Oliveira

Prof. André Luiz Lopes de Faria

---

Prof. Elpídio Inácio Fernandes Filho  
(Orientador)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por nunca ter me desamparado.

À minha mãe, Elza, por compreender a minha ausência em função dos meus objetivos e pelo amor incondicional que tem por mim.

Ao meu irmão Magno, por manter-se presente na minha vida mesmo não estando fisicamente entre nós.

À Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade de estudo e crescimento.

Ao Prof Elpídio pelo incentivo, pela orientação, pela amizade e confiança.

Ao Prof Ronan pela compreensão e pelo exemplo de seriedade e respeito.

Às minhas antigas e grandes amigas de Sabará pela amizade.

Aos amigos que acabaram aparecendo em Viçosa e foram fundamentais nos momentos de angústias e alegrias.

Aos amigos do Neput, em especial a Eliane e Rita, pelo incentivo e apoio na realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	v
1. INTRODUÇÃO .....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	05
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	19
3.1. Características da área de estudo .....	19
3.2. Hardwares .....	23
3.3. Softwares .....	23
3.4. Métodos .....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
5. CONCLUSÃO .....	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43

## RESUMO

COSTA, M.G.A., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2007. **AVALIAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO A INUNDAÇÃO NO PERÍMETRO URBANO DE CARATINGA – MG ATRAVÉS DO USO DE DADOS ALTIMÉTRICOS PROVENIENTES DO SENSOR AEROTRANSPORTADO LIDAR.**  
Orientador: Elpídio Inácio Fernandes Filho.

A inundação de áreas urbanas   um problema com o qual a popula o de Caratinga conviveu principalmente em 2003 e 2004, sofrendo conseq ncias e prejuízos. Historicamente, a popula o deste município fixou-se nas áreas planas, ocupando o leito maior do rio, sem contar com um planejamento urbano de uso do solo. Nos últimos anos surgiu no mercado brasileiro   varredura a laser feita pelo chamado Sistema Lidar que associado aos Sistemas de Informa es Geográficas (SIG's) podem ser bastante úteis no processo de planejamento urbano. Este trabalho se insere neste contexto apresentando uma proposta de utiliza o do Geoprocessamento como ferramenta que possa auxiliar o Poder Público Municipal no direcionamento de suas políticas públicas, principalmente ligadas ao setor da Defesa Civil. Neste trabalho objetivou-se as simula es de cenários de inunda o e a sobreposi o destes sobre os dados de renda do município. Para tal, utilizou-se os dados altimétricos provenientes do Lidar, os dados do Censo 2000 – IBGE, em um SIG. Os resultados mostram a grande susceptibilidade do perímetro urbano   inunda o, principalmente os bairros Centro e Salatiel.

## 1. INTRODUÇÃO

A partir da década de 50, as cidades brasileiras tiveram um crescimento elevado em virtude da industrialização. O grande contingente populacional que hoje habita as cidades exerce uma enorme pressão sobre este espaço, seja através do desmatamento, da ocupação de encostas e ou através da impermeabilização do solo. As áreas urbanas hoje vivenciam graves problemas referentes tanto a processos erosivos como aos movimentos de massa, desencadeados por ocupações irregulares de encostas, de planícies de inundação e de outras áreas de frágil equilíbrio ecológico. A impermeabilização dos solos provoca ainda um aumento significativo no escoamento superficial, causando inundações nas regiões mais próximas do nível de base local e de topografia mais plana.

Segundo MOURA & SENA FILHO (2005), o município de Caratinga se transformou de uma pequena cidade em meados dos anos cinqüenta do século XX numa típica cidade média no início do novo século, com todos os problemas e benefícios que isto acarreta. A cidade teve um rápido crescimento populacional, sendo que em 1958 era o sexto mais populoso do estado e hoje ocupa o 37º lugar.

Ainda estes autores afirmam que a urbanização em Caratinga teve seu impulso na década de 70 e como grande parte dos municípios brasileiros, apresenta problemas ambientais, condicionados tanto pelas características físicas de seus terrenos quanto pela forma de ocupação (Tabela 1).

Tabela 1. Dados do processo de urbanização em Caratinga

População	1960	1970	1980	1991	2000
Urbana	29.000	41.835	55.235	76.503	62.338
Rural	96.000	68.039	54.800	49.183	15.451
total	125.000	109.874	110.035	125.686	77.789

Fonte: MOURA & SENA FILHO (2005).

Em Caratinga, como na maioria dos municípios brasileiros, não há uma organização adequada para que se tenha uma ocupação ordenada do perímetro urbano. No ano de 2006 o município foi obrigado a elaborar um plano diretor para estabelecer alguns direcionamentos sobre a ocupação e uso do solo urbano e rural.

Um dos mais graves problemas sofrido pelo município se refere às inundações das áreas baixas em anos que choveu acima da média. Em 2004 a cidade começou a ter problemas quando o nível do rio aumentou 1,5 metros (Figura 1).



Figura 1: Homem caminhando Av. Olegário Maciel – enchente de 2003. Fonte: Prefeitura Municipal de Caratinga

Em 2006 a Agência Nacional de Águas (ANA) instalou quatro réguas de medição ao longo do leito do rio Caratinga para monitoramento do nível de cheia, estas foram fixadas no km 503 da BR-116, próximo à Santa Bárbara do Leste; na ponte da BR-116, localizada em Santa Rita de Minas; na ponte da rua Dona Julica, no centro de Caratinga e, também, na ponte da BR-116, em Ubaporanga (Prefeitura Municipal de Caratinga, 2006).

O Ministério da Integração Nacional também vêm investindo em alternativas para minimizar os problemas com enchentes na Bacia do Rio Doce. Em Caratinga vem optando pelas intervenções não-convencionais que aplicam conceitos de retardamento dos escoamentos e de amortecimento dos picos de enchentes, sobretudo por revestimento de trechos críticos, construção de barragens, além de ações como o planejamento e controle do uso do solo e a implementação de programas de educação ambiental. Sendo assim, uma das estratégias para minimizar esta problemática foi à construção de 518 pequenas barragens na área rural do município. (Prefeitura Municipal de Caratinga, 2006).

O Ministério das Cidades financiou o mapeamento com o LIDAR (Light Detection and Ranging) na Bacia do Rio Caratinga com 5 km de largura em relação ao eixo do rio. Este é uma tecnologia que possibilita a aquisição de informações espaciais através de um sistema Laserscanning aerotransportado. Sendo assim em Caratinga seu uso possibilitou a geração de curvas de nível de uma área com uma equidistância de 2 em 2 metros, o que permite a geração de modelos digitais de elevação (MDE) com alto nível de detalhamento.

A partir de Modelos Digitais de Elevação de ferramentas disponíveis no Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) várias simulações sobre o ambiente podem ser feitos como as simulações de áreas inundáveis, através das quais é possível alertar as autoridades para que possam planejar o uso e ocupação do solo de áreas críticas evitando assim catástrofes e gastos públicos desnecessários.

Os objetivos deste trabalho foram:

- Utilizar modelos digitais de elevação provenientes de mapeamento com sensor LIDAR para a identificação de áreas potencialmente inundáveis na área urbana do município de Caratinga – MG.

- Realizar uma análise socioeconômica, baseada em dados provenientes dos setores censitários do IBGE sobre a população que habita as áreas mais susceptíveis à inundação.

Pretende-se que este trabalho contribua com o planejamento urbano através da possibilidade de produção de cenários a partir de uma base de dados detalhada do município que possa subsidiar o poder público no processo de tomada de decisão e que se reverta assim em benefícios sociais.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

MOURA & SENA FILHO (2005), afirmam que as áreas rurais como urbanas do município foram ocupadas com praticas predatórias que desmataram, e esgotaram os solos provocando uma diminuição de sua fertilidade e reduziram a capacidade de suporte das terras que acabaram sendo erodidas e contribuindo para o assoreando os rios, ocorreu uma diminuição do tempo de concentração das águas na bacia. Além disso, a poluição dos cursos d água cresceu com o uso de agrotóxicos, com a descarga de esgotos e com a formação de lixões. As construções urbanas ocuparam as margens dos rios e poluíram as águas sem preocupações conservacionistas, gerando um desequilíbrio hidrológico sem precedentes que acabou comprometendo a qualidade de vida da população.

De acordo com TUCCI (1993) o desenvolvimento urbano brasileiro tem produzido um aumento caótico na frequência das inundações, na produção de sedimentos que levam a ao assoreamento dos condutos e canais e na deterioração da qualidade da água. Segundo ele, tais alterações provocam maior volume de água pluvial escoada mais rapidamente, gerando um dos maiores problemas hidrológicos: a ocorrência das enchentes. Este autor afirma, ainda, que à medida que a cidade se urbaniza, ocorre o aumento das vazões máximas (em até 7 vezes) devido à impermeabilização e canalização, associada aos resíduos sólidos, e a qualidade da água chega a ter 80% de carga de um esgoto doméstico, sendo que, nenhuma cidade brasileira possui um Plano Diretor de Drenagem Urbana. Ainda de acordo com TUCCI (1993),

as ações públicas atuais estão indevidamente voltadas para medidas estruturais, como a canalização, no entanto ele afirma que este tipo de obra somente transfere a enchente para jusante sem que se avaliem os reais benefícios desta obra.

Segundo Tucci (1993) para se regulamentar o uso de áreas inundáveis, estabelecendo um zoneamento adequado, é necessário estabelecer o risco de inundação de diferentes cotas das áreas ribeirinhas. Nas áreas de menor risco são permitidas habitações, mas podem ser utilizadas para recreação, desde que o investimento necessário seja baixo e não se danifique, como parques e campos esportivos. Para cotas com riscos menores são permitidas construções com precauções especiais, com sistemas de esgoto e viário especiais (TUCCI, 2000, apud FERRAZ, 1996, p.12).

O planejamento urbano mais efetivo no Brasil é algo bastante novo e que existe de forma isolada em alguns municípios. Alguns gestores municipais, diante do quadro de crescimento desordenado e das possibilidades de utilizar ferramentas que visam à melhoria da qualidade de vida dos seus municípios vêm trabalhando neste sentido. Para tal, priorizam como ações a elaboração do Plano Diretor de Desenvolvimento, Leis de uso e Parcelamento do solo urbano, Cadastros Multifinalitários entre outras.

A elaboração do Plano Diretor de Desenvolvimento é uma obrigatoriedade dos municípios que tenham mais de vinte mil habitantes. A Constituição da República Federativa do Brasil em seu Título VII, Capítulo II, Da política urbana, diz o seguinte:

“ART 182. A política de desenvolvimento urbano, executada pelo Poder Público Municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem estar de seus habitantes. & 1º - O plano diretor, aprovado pela Câmara Municipal, obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana”.

No seu Título III, Capítulo IV, Dos municípios, diz:

“ART 30. Compete aos municípios:

VIII – Promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano”.

Atualmente, os municípios têm autonomia para escolher em qual direção caminhar no que se refere ao planejamento urbano e isto varia de acordo com suas possibilidades econômicas para este investimento. Esta autonomia é importante, pois um bom planejamento e gestão de questões urbanas implicam no bom conhecimento da realidade local.

Segundo SILVA (2003), somente após 11 anos de discussões e negociações o congresso aprovou o Estatuto da Cidade, lei que fixa parâmetros para aplicação do capítulo da política urbana da Constituição de 1988. Este defende que:

O advento da Lei do Estatuto da Cidade pressupõe um inventário atualizado das condições naturais e sociais da cidade. O monitoramento do meio físico natural em ambiente urbano, as relações com o seu entorno, vislumbrando a demanda de funções urbanas fundamentais, além do acompanhamento do paulatino processo de transformação a que a cidade fica sujeita na sua dinâmica. É necessário a organização de um banco de dados sócio-ambientais, utilizado como instrumento de gestão capaz de permitir uma permanente avaliação das mutações urbanas ocorridas no território da cidade (SILVA, 2003, p.34).

Este autor afirma ainda que o Estatuto da Cidade é um caminho para uma modificação considerando que a história urbana do Brasil tem sido injusta com as cidades e que as práticas de exclusão, apartação e segregação sócio-espacial são freqüentes.

Este investimento em planejamento faz-se necessário por vários motivos entre eles, para minimizar os impactos que a urbanização causa nos recursos hídricos. Uma vez que no processo de urbanização, os córregos e pequenos riachos foram e continuam sendo vistos pelos urbanistas com sendo algo insignificante e sem importância, sendo canalizados ou aterrados para a urbanização.

O município de Caratinga está inserido na Bacia do Rio Doce e segundo os dados do Diagnóstico Consolidado da Bacia em outubro de 2005 vem apresentando como principais problemas ambientais:

- desmatamento e mau gerenciamento dos solos com vocação agrícola (pastagem, cana-de-açúcar e plantações de eucaliptos);

- a erosão acelerada, redução das vazões durante o período seco e aumento na importância e frequência das cheias, devido ao assoreamento dos leitos dos rios;
- atividades de extração de ouro (garimpo) que destroem as margens dos rios e contaminam os rios com mercúrio;
- poluição devido à intensa atividade industrial no Vale do Aço (minerações de ferro e siderurgia);
- precariedade do saneamento e abastecimento de água potável do conjunto de aglomerações urbanas e comunidades rurais;
- vulnerabilidade das fontes de água potável frente a poluições acidentais (p.ex. a cidade de Governador Valadares, localizada a jusante do Vale do Aço).

Segundo PRUSKI (1997), o escoamento superficial corresponde ao ciclo hidrológico relacionado ao deslocamento das águas sobre a superfície do solo. Neste ciclo parte do volume total precipitado é interceptado pela vegetação. Sendo assim, o empoçamento da água nas depressões existentes na superfície do solo começa a ocorrer somente quando a intensidade de precipitação excede a taxa de infiltração, ou quando a capacidade de acumulação de água no solo for ultrapassada. Além das partículas do solo em suspensão, o escoamento superficial transporta compostos químicos, matéria orgânica, sementes e agrotóxicos.

O escoamento superficial é um dos fatores que podem aumentar a probabilidade de inundação, e sobre este PRUSKI et al (1997). afirmam:

**Tipo de solo:** interfere diretamente na taxa de infiltração da água no solo e na capacidade de retenção de água sobre sua superfície.

**Topografia:** além de influenciar a velocidade do escoamento de água sobre o solo, interfere também na capacidade de armazenamento de água sobre este, sendo as áreas mais declivosas geralmente com menor capacidade de armazenamento superficial do que as mais planas.

**Rede de drenagem:** rede de drenagem muito densa e ramificada permite a rápida concentração do escoamento superficial, favorecendo, conseqüentemente, a ocorrência de elevadas vazões sobre a superfície do solo.

**Obras hidráulicas presentes na bacia:** enquanto as obras destinadas á drenagem ocasionam aumento da velocidade de escoamento da água na

bacia, as obras destinadas à contenção do escoamento superficial resultam em redução da vazão máxima em uma bacia.

Segundo SILVA (2006) a Bacia do Rio Doce é frequentemente atingida por inundações, causando prejuízos econômicos, perdas humanas e materiais. Por isso, a CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) de Belo Horizonte criou, em 1997, o Sistema de Alerta Contra Enchentes da Bacia do Rio Doce, com o intuito de minimizar os impactos oriundos das inundações.

Segundo SOUZA (2002), planejar remete ao futuro, a compreensão e previsão de processos, enquanto gestão indica o presente, e significa administrar uma situação. O autor defende:

O planejamento e a preparação para a gestão futura, buscando-se evitar ou minimizar problemas e ampliar margens de manobra; e a gestão e a efetivação, ao menos em parte (pois o imprevisível e o indeterminado estão presentes, o que torna a capacidade de improvisação e a flexibilidade sempre imprescindíveis), das condições que o planejamento feito no passado ajudou a construir (SOUZA, 2002, p.46).

As terras baixas ou planícies de inundação ao longo das margens dos rios sempre foram atrativas para o Homem e as áreas foram ocupadas sem nenhum planejamento. As planícies de inundação são áreas próximas ao leito principal que ocasionalmente são alagadas pelo extravasamento das águas dos rios como pode ser observado na Figura 2. De tempos em tempos, chuvas mais severas provocam o alagamento de parte destas planícies, podendo a área permanecer alagada durante horas, dias ou até mesmo meses. A amplitude da área alagada está ligada, dentre outros fatores, à frequência do evento chuvoso, ou seja, eventos raros (menos frequentes) alagam grandes áreas e eventos mais comuns (mais frequentes) alagam áreas menores.



Figura 2. Área inundada em Caratinga em 2004. Fonte: Prefeitura Municipal de Caratinga, 2006.

CHRISTOFOLETTI (1980) tem como definição de planície de inundação, uma faixa do vale fluvial que é composta de sedimentos aluviais, sendo bordejada por um canal fluvial que transborda periodicamente.

Segundo MOURA & SENA FILHO (2005), a desarmonia da ocupação das encostas favorece as linhas de drenagem, evitando a concentração dos fluxos de águas, os acessos às moradias são normalmente posicionados na linha de maior declive, favorecendo a enxurrada e funcionando como agente desagregador do solo e de erosão.

De acordo com FERRAZ (1996) as inundações podem causar danos econômicos e sociais de grande proporção. Em áreas residenciais pode haver inúmeras perdas de seus móveis, automóveis e mesmo o imóvel que pode sofrer abalos em suas fundações como mostra a Figura 3. As atividades industriais e comerciais muitas vezes ficam paralisadas e sofrem com a perda de estoques e até mesmo dos funcionários que muitas vezes não têm como chegar ao local de trabalho.



Figura 3. Prédios que caindo e carros boiando. Fonte: Prefeitura Municipal de Caratinga, 2006.

De acordo com TUCCI E MARQUES (2000) existem obras de engenharia que podem ser respostas imediatas aos problemas das inundações como a melhoria no canal principal do rio com o aprofundamento do leito, alargamento e dragagem, aumentando a capacidade de transporte. Também existe o tradicional método da construção de reservatórios para armazenagem de água. O problema está no custo operacional destas medidas, pois são bastante onerosas.

PORTO et al (1993) afirmam que a melhor decisão a ser tomada para solucionar este tipo de problema é o disciplinamento da ocupação urbana através de uma densificação compatível com os riscos de inundação da área. No planejamento da ocupação do espaço, várias medidas de controle de enchentes podem ser adotadas, mas se, no entanto a população ocupar os espaços antes delas serem implementadas, as soluções terão um custo muito mais alto.

No entanto os municípios apresentam problemas para colocarem em prática as diretrizes do planejamento urbano uma vez que existem limitações quanto ao quadro pessoal qualificado e o alto custo quando se contratam estudos para determinação de áreas de risco.

Segundo TUCCI (2000), para se regulamentar o uso de áreas inundáveis, estabelecendo um zoneamento adequado, é necessário estabelecer o risco de inundação das diferentes cotas das áreas ribeirinhas. Nas áreas de maior risco não são permitidas habitações, mas podem ser utilizadas para a recreação, desde que o investimento necessário seja baixo e

não se danifique, como parques e campos esportivos. Para cotas com riscos menores são permitidas construções com precauções especiais, com sistemas de esgoto e viário especiais.

Segundo MOURA & SENA FILHO (2005) a Defesa Civil de Caratinga registrou entre 16 a 24 de janeiro de 2003, 120 movimentos de massa, 13 vias públicas interditadas, 38 vias públicas parcialmente destruídas. Em 2004, entre perigo de desabamento, desabamento, movimentos de massa foram 44 registros. Ainda ressaltaram que estes números não incluem as vítimas das enchentes (Figura 4).



Figura 4. Movimento de massa no Beco José Maria Fernandes. Fonte: Prefeitura Municipal de Caratinga, 2006.

Os órgãos públicos competentes pelo planejamento urbano, estão cada vez mais utilizando a tecnologia de geoprocessamento em suas ações utilizando recursos com as imagens de satélite, aerofotos, radar e mais recentemente com sensores a laser.

De acordo com SILVA & Z Aidan (2004) o Geoprocessamento tornou possível, em uma escala inimaginada a análise da Geotopologia de um ambiente, ou seja, investigar sistematicamente as propriedades e relações posicionais dos eventos e entidades representados em uma base de dados georreferenciados, transformando dados em informação destinada ao apoio à decisão.

Estes autores ainda definem Geoprocessamento com o processamento digital de dados referenciados geograficamente através da sua localização e relação espacial. Estes autores afirmam ainda que:

O geoprocessamento muda a forma de coletar, utilizar e disseminar a informação, possibilitando o acompanhamento – monitoria - do desenvolvimento ou da implementação dos planos de desenvolvimento, por meios diversos, desde imagens de satélite até mapas interativos que permitem medir a espacialização da extensão dos efeitos das políticas e ações de desenvolvimento, sobre o espaço em questão, em tempo real.

Como afirma CÂMARA (2001), o termo geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. As ferramentas computacionais para geoprocessamento, chamadas de *Sistemas de Informação Geográficas*, permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados geo-referenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos.

Os SIGs são uma tecnologia relativamente recente. De acordo com Câmara (O primeiro pacote computacional a funcionar como um verdadeiro SIG e a ser intitulado foi o Canadian Geographic Information System (CGIS), criado em 1966 por R. Thomlinson na Universidade de Harvard (Figura 5).

Ainda segundo CÂMARA (2001), estes sistemas, eram muito difíceis de usar: não existiam monitores gráficos de alta resolução, os computadores necessários eram excessivamente caros e a mão de obra tinha que ser altamente especializada e caríssima. Não existiam soluções comerciais prontas para uso, e cada interessado precisava desenvolver seus próprios programas, o que demandava muito tempo e, naturalmente, muito dinheiro.

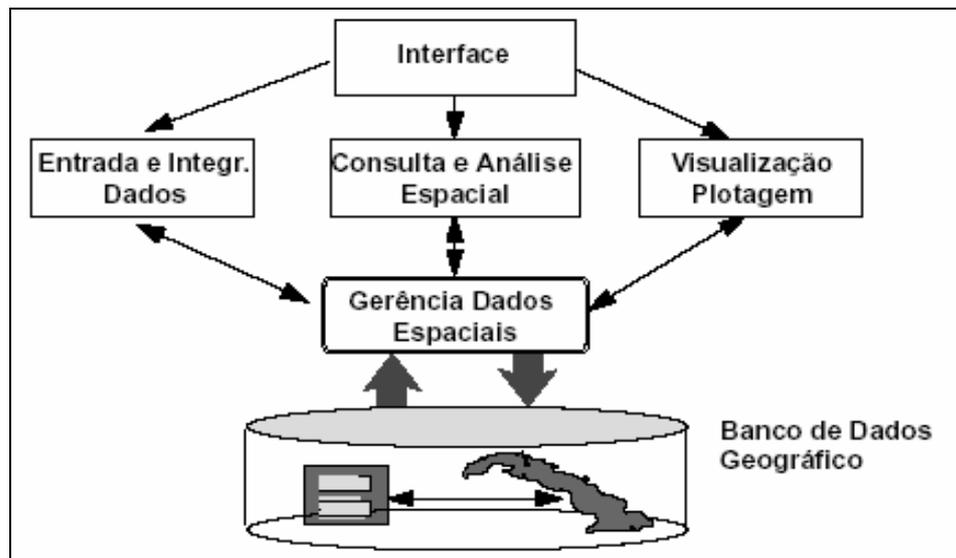


Figura 5. Elementos de um Sig. Fonte: Câmara et al. (2001).

Portanto, devido ao alto custo de implementação na durante a década de 70 os SIG's tiveram pouca evolução. Em 1982, com o lançamento do ARC/INFO pelo Environmental Systems Research Institute (ESRI) e ainda om a popularização dos computadores e o aumento da sua capacidade de processarem dados durante a década de 90 houve uma rápida difusão dos SIG's e as aplicações nas mais diversas áreas do conhecimento.

Há inúmeras definições para SIG de alguns autores que SILVA (2003) cita, como por exemplo:

- Burrough (1986): um poderoso conjunto de ferramentas para colecionar, armazenar, recuperar, transformar e exibir dados espaciais referenciados ao mundo real.

- Dueker (1979): um caso especial de sistema de informações, no qual o banco de dados consiste em informações sobre características distribuídas espacialmente, atividades ou eventos, os quais são definidos no espaço com pontos, linhas ou áreas. Os SIGs manipulam os dados a cerca destes pontos, linhas e áreas para estabelecer perguntas ad hoc e analises.

- Aronoff (1989): qualquer conjunto de procedimentos manual ou computacional usado para armazenar e manipular dados geograficamente referenciados.

Do ponto de vista de SILVA (2003) considera os SIG's como uma tecnologia que possui as ferramentas necessárias para a analise com dados

espaciais e, portanto, oferece, ao ser implementado, alternativas para o entendimento da ocupação e utilização do meio físico. Este mesmo autor faz uma ressalva quanto a estas análises, alertando que se a utilização dos SIGs não garante a certeza e a segurança de que o produto final corresponda a alternativas de soluções corretas. Pois, se a banco de dados for inconsistente, o resultado final será um mapa colorido, capaz de impressionar, mas na prática, nada mais será que um mapa sem significado, impróprio para o uso. Ele afirma também que a análise espacial, ou seja, o modelamento, a simulação, na qual os SIG's são vistos como uma ciência da informação espacial e o campo mais fértil e que diferencia os SIG's dos demais sistemas.

De uma forma mais simples SILVA & ZAIDAN (2004) definem SIG's como ferramentas que manipulam objetos (ou feições geográficas) e seus atributos (ou registros que compõem um banco de dados) através do seu relacionamento espacial (topologia).

Estes mesmos autores afirmam que a aplicação de SIG's atrelada ao uso de outros softwares de mapeamento, permite não somente maior rigor e precisão nas análises, mas também a atualização periódica desses dados, num intervalo de tempo cada vez menor.

Os SIG's aplicados às áreas urbanas configuram uma exigência tecnológica do Planejamento Urbano na atualidade brasileira. Com o rápido crescimento das cidades, o volume de dados e informações necessários para a compreensão do espaço e dos fenômenos urbanos passou a requerer largo período de tempo e inúmeros técnicos para a sistematização, análise e representação destes dados.

MOURA (2003) afirma que se observa uma grande difusão do SIG na produção de inventários e apoio a prática do planejamento, uma vez que permite a definição física e a análise quantitativa dos componentes socioeconômicos, mesmo análises qualitativas, atribuindo pesos as características identificadas dentro de uma escala de valores estabelecida. Tem-se tornado o principal instrumento de planejamento urbano por possibilitar um retrato mais fiel de sua complexidade e permitir a integração de análises por disciplinas diversas (do ponto de vista geológico, arquitetônico, econômico entre outros).

Segundo DONZELI et al. (1992), "a grande quantidade de informações e a sua dinâmica espaço/temporal são características do enfoque de manusear

informações de forma integrada e requerem uma fonte de coleta de dados que atenda às aquelas exigências de forma ágil e de custo relativamente baixo”. Os SIG’s consistem em um conjunto de ferramentas que podem atender tais objetivos. Para o armazenamento, manipulação e organização de grande volume de informações é preciso à utilização dos Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD).

O SIG’s dispõem de um banco de dados, ou seja trabalha com um sistema gerenciador de banco de dados que é um sistema computadorizado de gravação e armazenamento, cujo propósito é manter os dados e permitir sua recuperação quando necessário.

Uma importante função do Sig é a análise espacial. Segundo CÂMARA, et al. (2001), a ênfase da análise espacial é correlacionar propriedades, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo de forma explícita.

Uma importante ciência para esta análise espacial é o Sensoriamento Remoto que é definido como um conjunto de “hardwares” e “softwares” utilizados na coleta e tratamento de informações espectrais obtidas à distância, de alvos na superfície terrestre.

Uma nova tecnologia disponível atualmente na área de Sensoriamento Remoto e a utilização dos Sistema Lidar (Light Detection And Ranging) que e uma varredura a laser. Segundo RIVAS & BRITO (2007) o “Laser Scanner” é um sensor remoto ativo, aerotransportado ou terrestre, que permite descrever a superfície varrida pelo sensor através de milhares de pontos coletados por segundo, que dispõem de posicionamento plani-altimétrico com uma precisão esperada da ordem de 5 a 7 centímetros. Seu funcionamento baseia-se na utilização de um pulso de laser que é disparado na direção da superfície. Ao atingir a superfície, parte do sinal emitido é refletida na direção do sensor. O sensor mede tanto a intensidade do sinal de retorno, como também o tempo decorrido entre a emissão e a captação do retorno, que é usado para calcular a distância sensor-objeto, considerando que o pulso laser se propaga à velocidade da luz.

De acordo com BALTSAVIAS (1999) com base na distância entre o sensor e a superfície da terra e a orientação do raio, é determinada a posição tridimensional do local de onde o raio é refletido. Como a varredura é efetuada

a partir da aeronave, junto com a superfície do terreno outros objetos acima da mesma, como a copa das árvores e telhados, são medidos.

Os trabalhos de RIVAS & BRITO (2007) mostram que os resultados obtidos nas áreas de teste foram bastante animadores quanto às reais possibilidades de emprego dos dados laser nas tarefas de construção de mapas topográficos. A comparação feita no segundo teste entre os dados obtidos com o sensor laser e dados coletados no terreno com apoio do sistema GPS, evidenciam o alto nível de confiabilidade e precisão alcançado pelo sistema de varredura laser, permitindo considerar o sistema como uma metodologia alternativa aos procedimentos empregados tradicionalmente, outorgando aos usuários a possibilidade de empregar o sensor mais adequado a suas necessidades.

Segundo SILVA et al. (2004) as novas tecnologias de coleta e manuseio da informação espacial podem ser resposta à gestão municipal, pois subsidiam o processo de tomada de decisão com informações sobre o território.

Neste sentido, Silva e Veiga, discutem o termo Geoplanejamento como pode ser visto:

Geoplanejamento pode ser entendido como o processo gerador do conhecimento necessário para elaboração de normas de utilização de determinada área geográfica, levando em consideração a territorialidade ou a espacialidade dos fenômenos envolvidos e suas características ambientais (físico-bióticas e socioeconômicas). Tem como base o geoprocessamento dessa informação, permitindo a integração de diferentes unidades espaciais para análise e utilização dos recursos ambientais disponíveis. Dessa forma, o geoprocessamento se constitui na ferramenta que torna viável o geoplanejamento (SILVA; VEIGA, 2005, pág 195).

A geração de cenários é uma possibilidade do geoprocessamento e facilita bastante o trabalho na lógica do Geoplanejamento.

De acordo com MOURA (2003) uma vez montado um sistema informativo geográfico que seja uma representação virtual de uma situação geográfica, é possível realizar estudos preditivos, de relações de causa e efeito. Trata-se do estudo de cenários, que geram subsídios para intervenções mais seguras em uma realidade sócio-espacial.

Uma das possibilidades de um SIG é a geração de um Modelo Digital de Elevação (MDE) a partir de curvas de nível, um limite e uma rede hidrográfica orientada.

Um modelo digital do terreno (MDT), também referido como modelo digital de elevação (MDE) é definido com qualquer representação quantitativa digital da variação contínua do relevo sobre o espaço, ou seja, um mapa de elevação, que pode ser utilizado para derivar diferentes atributos topográficos (BURROUGH, 1986 apud WILSON e GALLANT, 2000).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Características da área de estudo**

O município de Caratinga localiza-se entre as coordenadas 19°45'S e 19°52'30''S, 42°15'W e 42° 07' 30'' W como pode ser observado na figura 6. Está inserida na região VIII denominada Rio Doce e na microregião homogênea da Mata de Caratinga, na porção leste mineira. O município de Caratinga é cortado pela rodovia BR-116 (Rio-Bahia) no sentido Norte-Sul, por rodovias estaduais: Caratinga - Bom Jesus do Galho, Caratinga – Entre Folhas – Vargem Alegre, a rodovia federal Caratinga – Ipanema (parcialmente asfaltada).

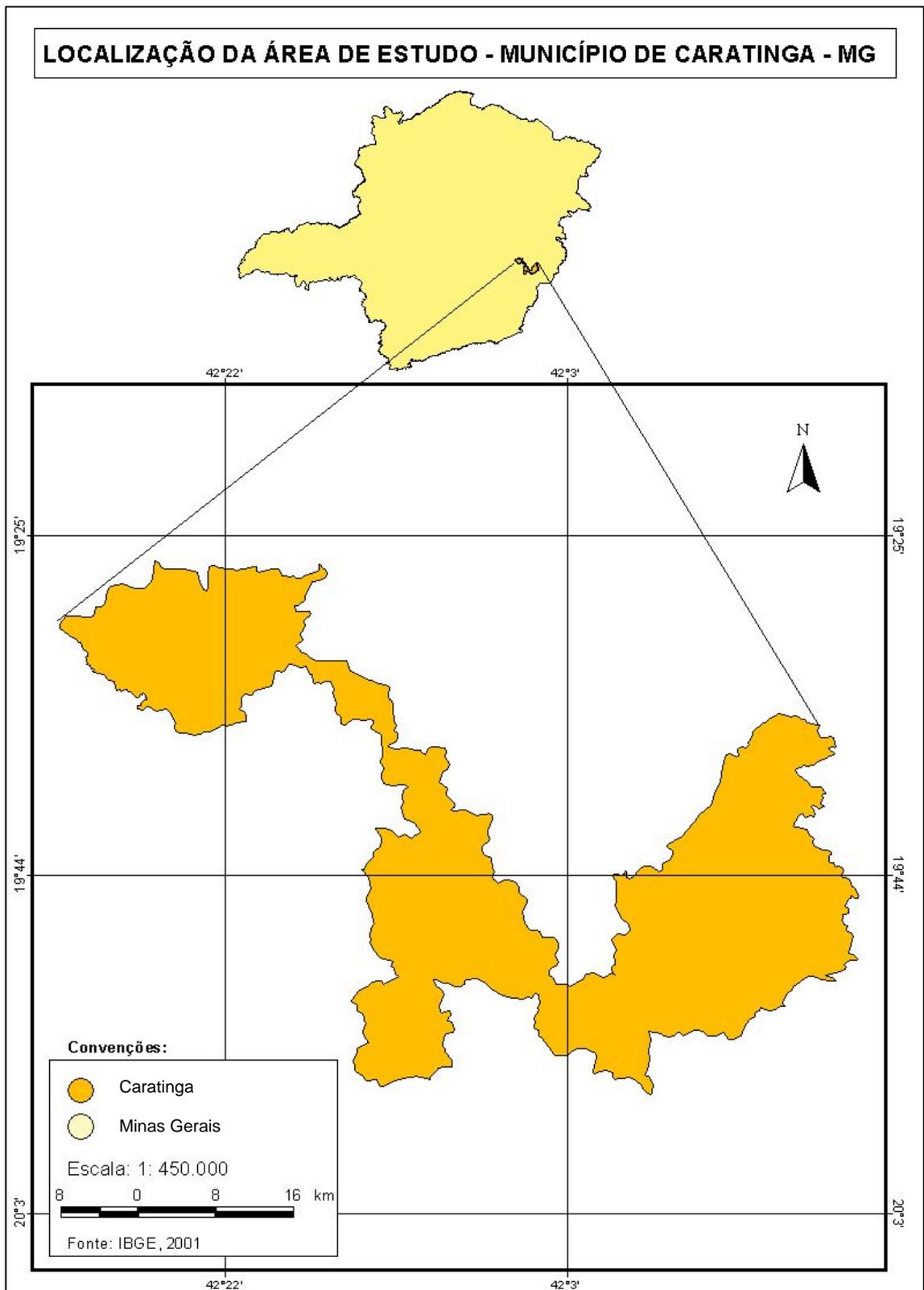


Figura 6. Mapa de localização da área de estudo.

De acordo com Sena Filho e Barros (2005), o povoamento de Caratinga data de 1841 sendo que em junho de 1848 foi elevada à categoria de Paróquia e Conselho Distrital, subordinada à Câmara de Mariana até 1860.

Estes autores descrevem que para afastar a cobiça dos estrangeiros e controlar o transporte de ouro abundante na Vila Rica, e evitar o contrabando, vários decretos proibiam a subida do Rio Doce, à procura de novas minas. O motivo era a proximidade da Capitania do Espírito Santo da região das minas, que a tornava assim, um caminho ideal para o contrabando. Alia-se a isto a presença de índios ferozes na região, os Botocudos, que fortaleciam ainda mais o isolamento desta área, fazendo com que durante muito tempo o médio Rio Doce ficasse alheio a qualquer povoamento efetivo.

Atualmente a atividade econômica baseia-se principalmente no setor de serviços que responde pelo PIB do município (73,62%), seguido pela indústria (16,64%) e agropecuária (9,74%). (Prefeitura Municipal de Caratinga, 2007).

O município é cortado pelo Rio Caratinga afluente da margem esquerda do rio Doce e um dos principais desta bacia. Ele nasce no município de Santa Bárbara do Leste, sendo sua foz no município de Conselheiro Pena. Também é cortado pelo ribeirão Laje, afluente do Rio Caratinga, pelo Rio Manhuaçu e Rio Preto, ambos constituintes da Bacia do Rio Doce.

O clima predominante é do tipo tropical subquente, onde as temperaturas no verão raramente são elevadas e, no inverno, situam-se entre 15 e 18°C. A temperatura média aproximada é de 22,7°C, enquanto a máxima e mínima são de 27,5°C e 16,6°C respectivamente. No período de verão a concentração de chuvas é superior a 70% do total anual e o índice médio pluviométrico anual é de 1140 mm.

Caratinga está incluída na região leste de Minas Gerais e geograficamente inserida no chamado, “domínio dos Mares de Morros”, caracterizada por Aziz Ab’ Saber, com sendo de “áreas mamelonares tropical-atlânticas florestadas” (AB’SABER, 2003, p.16).

Geomorfologicamente, o município integra o domínio dos planaltos dissecados do leste de Minas, onde a morfologia marcante é a presença de colinas com vertente ravinadas. Fundamentando-se na compartimentação topográfica do relevo, pode-se dizer que: 5% da sua área apresenta relevo plano; 10% relevo ondulado e 85% mostra relevo montanhoso. (MOURA & SENA FILHO, 2005).

A sede municipal encontra-se a uma altitude de aproximadamente 578 m, sendo que seus valores altimétricos máximos e mínimos são de 1.516m na Serra do Rio Preto e 330m na foz do Córrego Boachá.

Segundo MOURA & SENA FILHO (2005) a cobertura vegetal natural da área é a floresta estacional semidecídua. Trata-se de uma formação arbórea, condicionada a um período seco durante a qual parte de suas espécies perdem as folhas. No entanto, atualmente são observadas apenas pequenas manchas remanescentes destas florestas, posicionadas nos topos dos morros e, eventualmente, ao longo dos cursos d'água.

A região como um todo, apresenta-se bastante alterada e os espaços antes ocupados pela mata são destinados, ao café e às pastagens.

O município de Caratinga apresenta, predominantemente, quatro classes distintas de solos. A primeira classe, bastante comum na região, é constituída pelos solos Argissolos Vermelho Amarelo distróficos (antigos Podzolicos), em relevo forte ondulado e montanhoso. Trata-se de solos profundos e desenvolvidos, considerados de boa qualidade para a utilização agrícola. No entanto, apresentam-se susceptíveis a erosão e normalmente carecem de correção.

O segundo tipo são os Latossolos Vermelho Amarelo distróficos, em relevo forte ondulado e montanhoso. Estes apresentam certas limitações para mecanização e seu uso está condicionado a adubações e correções, sendo usualmente ocupados com culturas cafeeiras ou pastagens, onde os capins colônio e gordura se destacam.

O terceiro solo ocorrente na região está representado pelos Latossolos Húmicos distróficos, também em relevo forte ondulado e montanhoso. São normalmente muito argilosos e apresentam baixos teores de nutrientes, porém são ricos em matéria orgânica.

Os Neossolos Flúvicos ou solos Hidromórficos ocorrem também, embora discretamente, ao longo da calha fluvial do rio Caratinga e seus principais afluentes, sendo alvo de utilização intensiva, especialmente para a produção de arroz.

### **3.2. Hardwares**

Hardwares – Microcomputador Pentium IV com HD de 180 GB, memória RAM de 1 GB.

### **3.3. Softwares**

Foram utilizados os seguintes softwares neste trabalho:

a) ArcGis<sup>®</sup> – Utilizado para a conversão dos sistemas de projeção, elaboração da edição das curvas de nível, orientação da drenagem e geração do Grid.

b) ArcInfo<sup>®</sup> – Utilizado para a atribuição de cotas as curvas de nível.

c) ArcView<sup>®</sup> – Utilizado para a conversão de formatos dos arquivos, para a atribuição de cotas, para elaboração do TIN.

### **3.4. Métodos**

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Solos da UFV, sob a orientação do Prof<sup>o</sup> Elpidio I. Fernandes Filho.

O banco de dados para a realização deste trabalho foi obtido junto à Prefeitura Municipal de Caratinga. Esta disponibilizou o mapeamento do município de Caratinga feito a partir do Sistema Lidar que havia sido custeado pelo Ministério da Integração das Cidades.

Primeiramente, houve um trabalho de trazer as informações que estavam no formato DWG, disponível para o programa AutoCad para o formato SHP, utilizado pelo ArcView e ArcGis. Desta forma, foram gerados novos arquivos em formato shape, utilizado pelos softwares ArcView e ArcGis. Desta forma também os temas puderam ser separados e cada um ter sua tabela de atributos.

Posteriormente os arquivos em formato SHP foram convertidos para o formato ARC, disponível para o ArcInfo, para que pudesse ser atribuídos a estes, os valores da altimetria. Após esta etapa percebeu-se haver várias falhas no material. O plano de informação curvas de nível foi editado para eliminar curvas que apresentavam falhas no desenho ou com valores errados.

No entanto, o programa não estava processando adequadamente os arquivos que haviam sido editadas. Sendo assim, uma parte do material foi cotado no ArcGis, através de manipulação da tabela de atributos. Outra parte foi cotada utilizando a extensão Topography do ArcView.

A rede hidrográfica foi orientada de acordo com a direção de fluxo da drenagem no ArcGis. A partir das curvas de nível cotadas, do limite da área de estudo e da rede hidrográfica orientada foi gerado o Modelo Digital de Elevação. As curvas de nível utilizadas têm uma equidistância vertical de 2 em 2 m como pode ser observado na Figura 7.

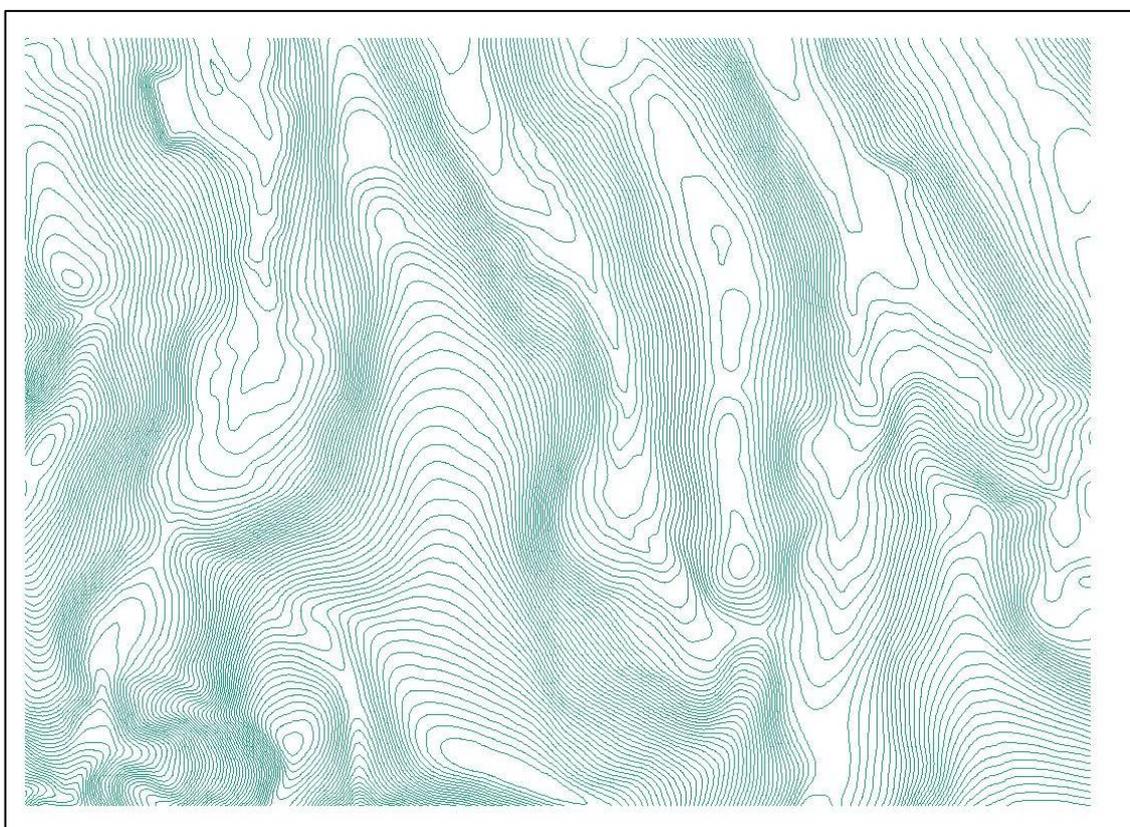


Figura 7. Curvas de Nível extraídas do Lidar.

O Modelo Digital de Elevação (MDE) foi gerado o Topo Grid no ArcMap do ArcGis 9.2 considerando a célula com tamanho 2 metros.

Foi utilizada a extensão Buffer by Rise do ArcView para simular a inundação sobre a área urbana do município. Foram gerados cenários em que o nível do rio extrapolaria sua calha considerando os valores: 0,5; 1; 2; 3; 6 e 8 metros. Considerou-se como cota 0, o leito menor, ou seja, o momento em que o rio estivesse quase transbordando.

Estas simulações foram espacializadas sobre a mancha urbana da cidade. Foi calculado o tamanho destas áreas no ArcView a partir da extensão Spatial Analysis que cruzou as informações entre área de inundação e área do bairro. O mapa de bairros foi produzido através do agrupamento dos setores censitários do IBGE para que fosse possível a obtenção de uma caracterização econômica da população que habita estas áreas.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme o Modelo Digital de Elevação (MDE) que pode ser visto na Figura 8 percebe-se a predominância de baixas altitudes na área onde se localiza o perímetro urbano, variando de 560 a 600 m. Isto confirma a preferência das pessoas pela ocupação das áreas mais planas como o leito maior do rio.

Os cenários de inundação foram obtidos considerando as cotas de 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 6,0 e 8,0 metros. (Figuras 9 a 15). Após a comparação da área inundável para cada bairro, observou-se que predominantemente, o Centro e o bairro Salatiel são os mais susceptíveis à inundação. Este fato pode ser explicado devido as menores altitudes destes bairros e do Zacarias (Figura 8) e da proximidade destes dos cursos d'água.

Os bairros Nossa Senhora Aparecida, Santo Antônio, Esperança, Santa Cruz, Anápolis e Esplanada são menos susceptíveis à inundação, pois estão localizados em uma altitude mais elevada a partir de 600 m.

A inundação do Centro acarreta inúmeros danos econômicos ao município, uma vez que, este bairro é onde se concentra o desenvolvimento econômico. Este espaço aglutina bancos, lojas comerciais, escolas, restaurantes, e monumentos históricos como praças e igrejas.

Percebe-se também prejuízos sociais devido a perda de postos de trabalho, pois devido aos prejuízos econômicos muitos estabelecimentos comerciais são fechados.

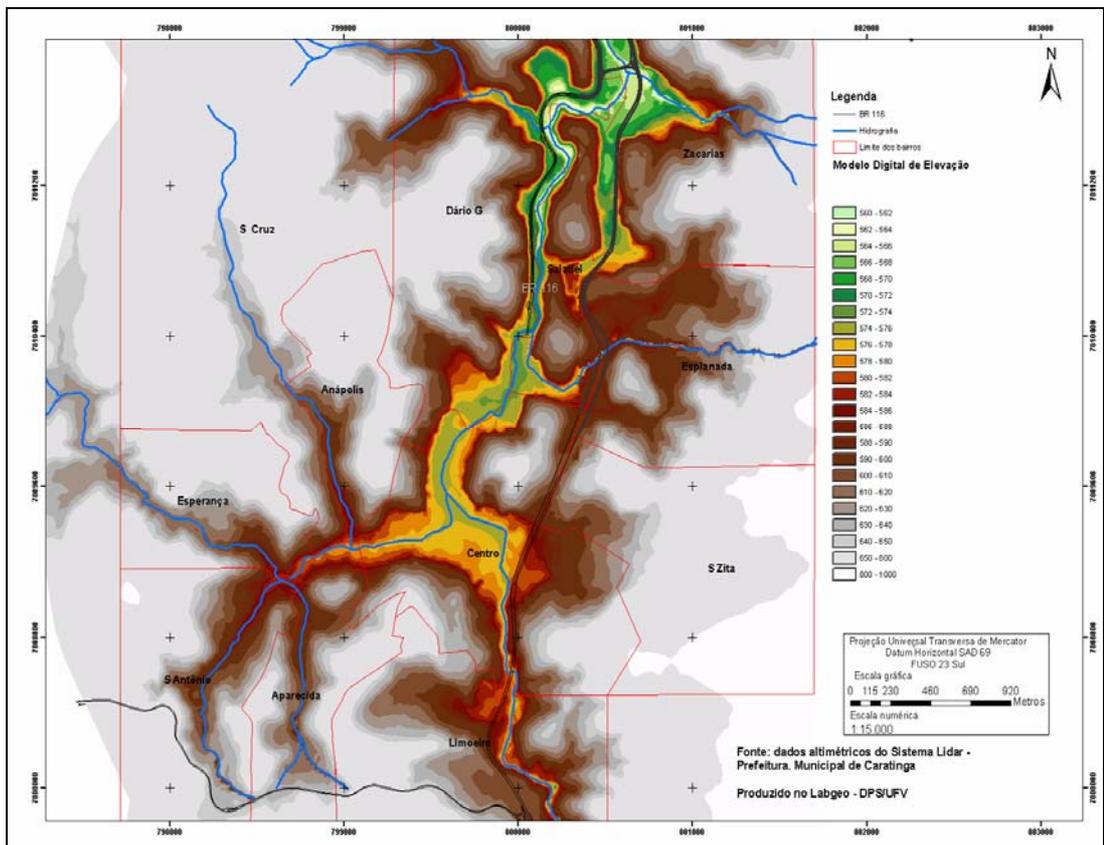


Figura 8. Modelo Digital de Elevação.

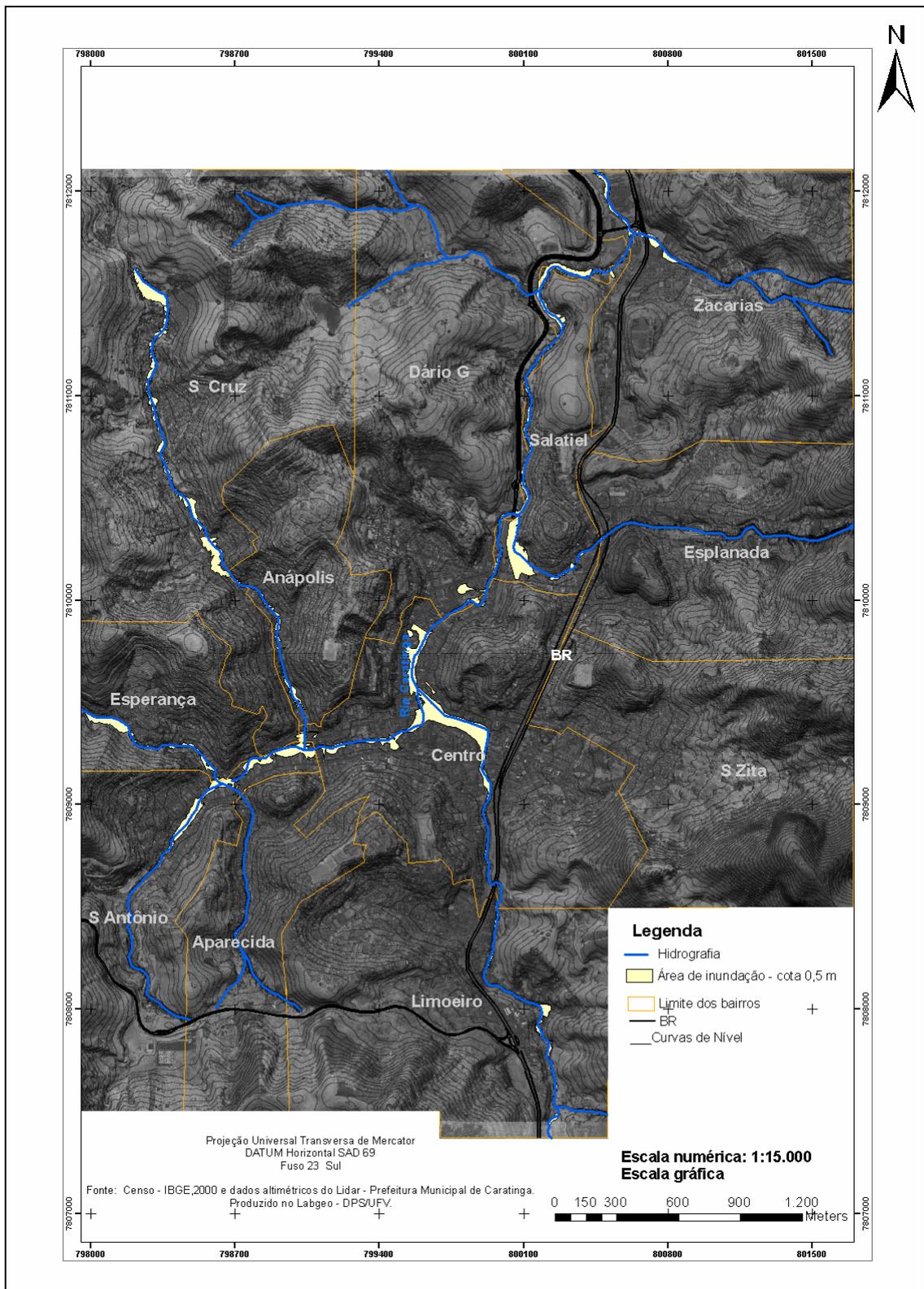


Figura 9. Área inundável considerando a cota de 0,5 metro.

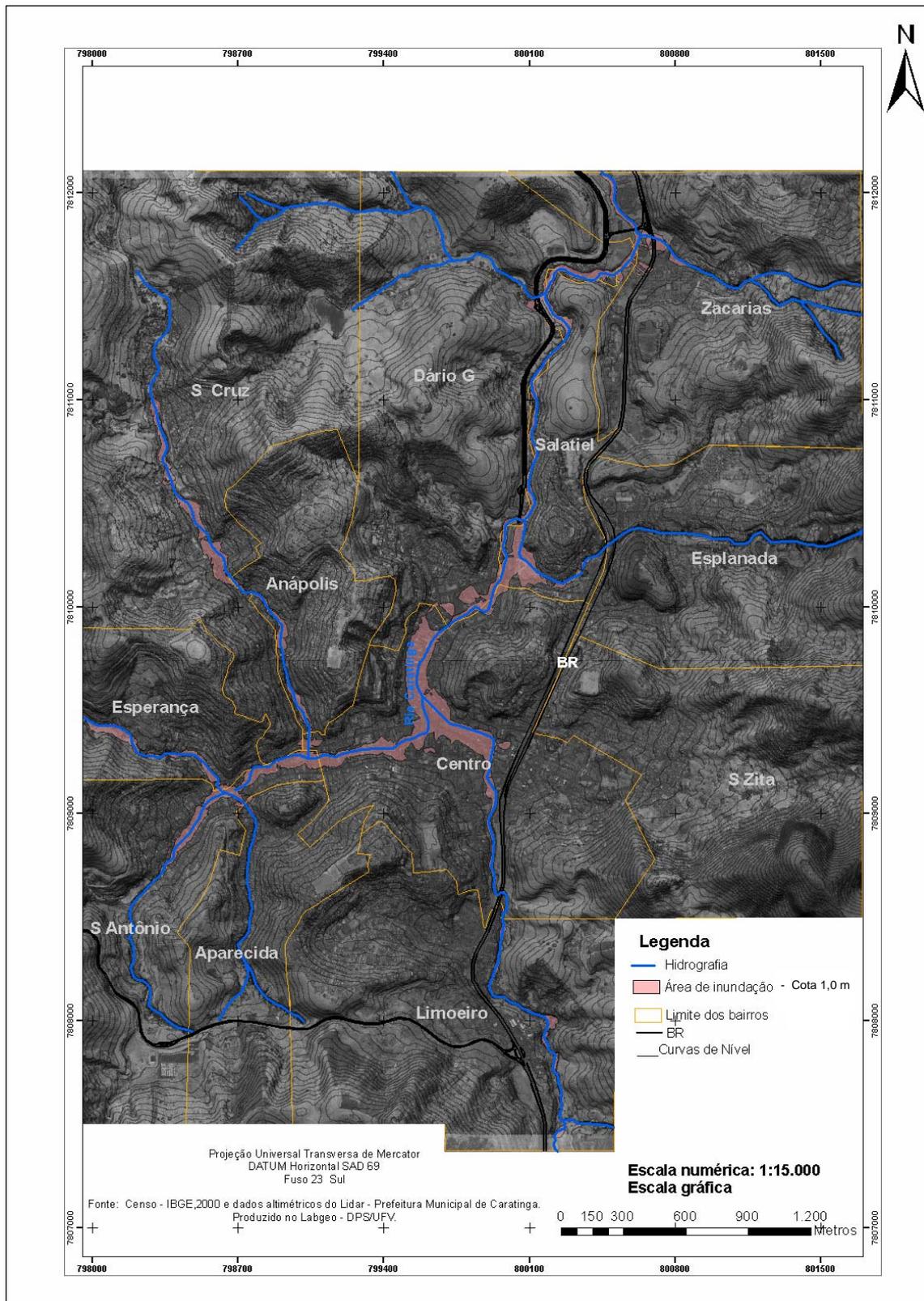


Figura 10. Área inundável considerando a cota de 1,0 metro.

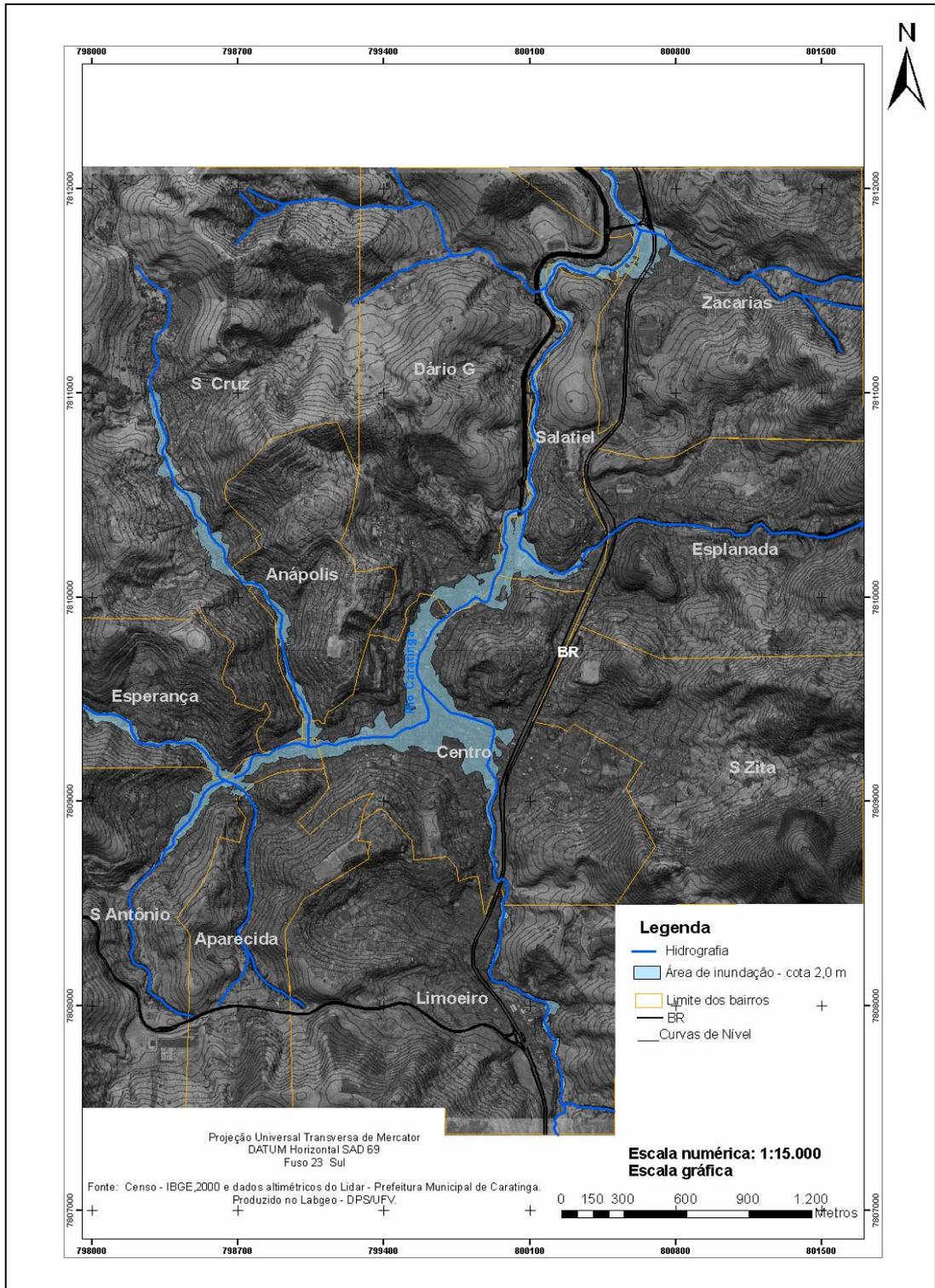


Figura 11. Área inundável considerando a cota de 2,0 metros.

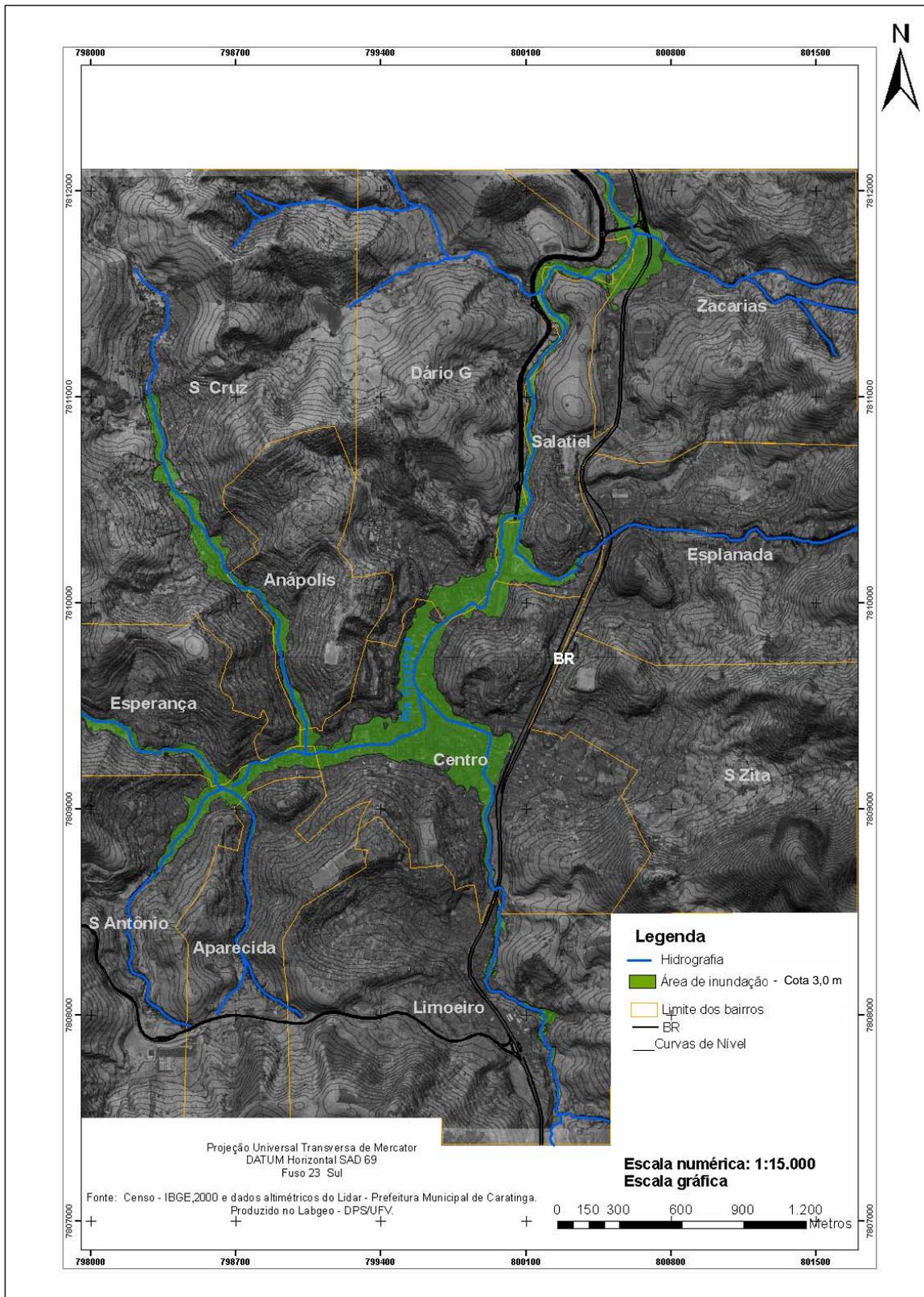


Figura 12. Área inundável considerando a cota de 3,0 metros.

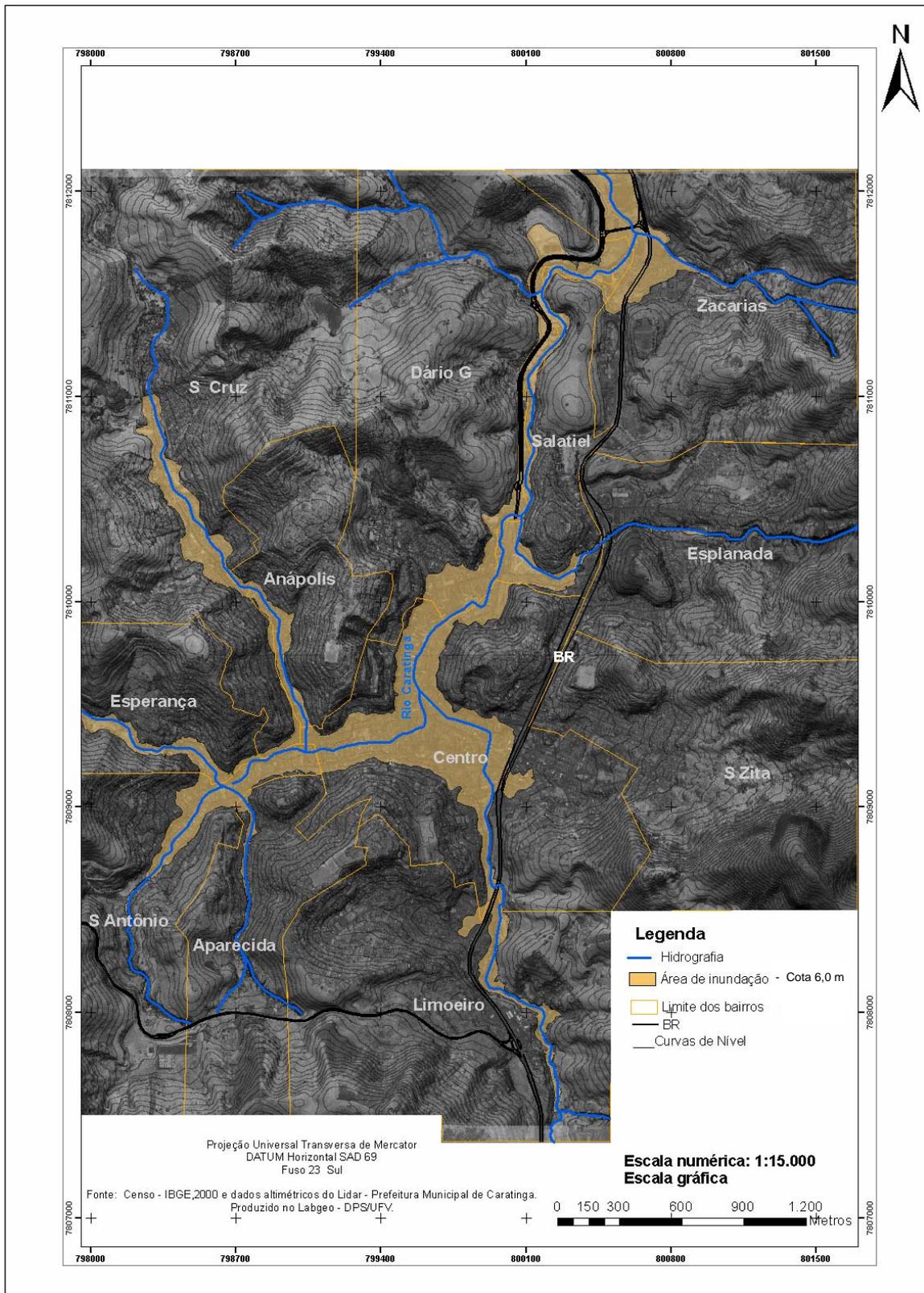


Figura 13. Área inundável considerando a cota de 6,0 metros.

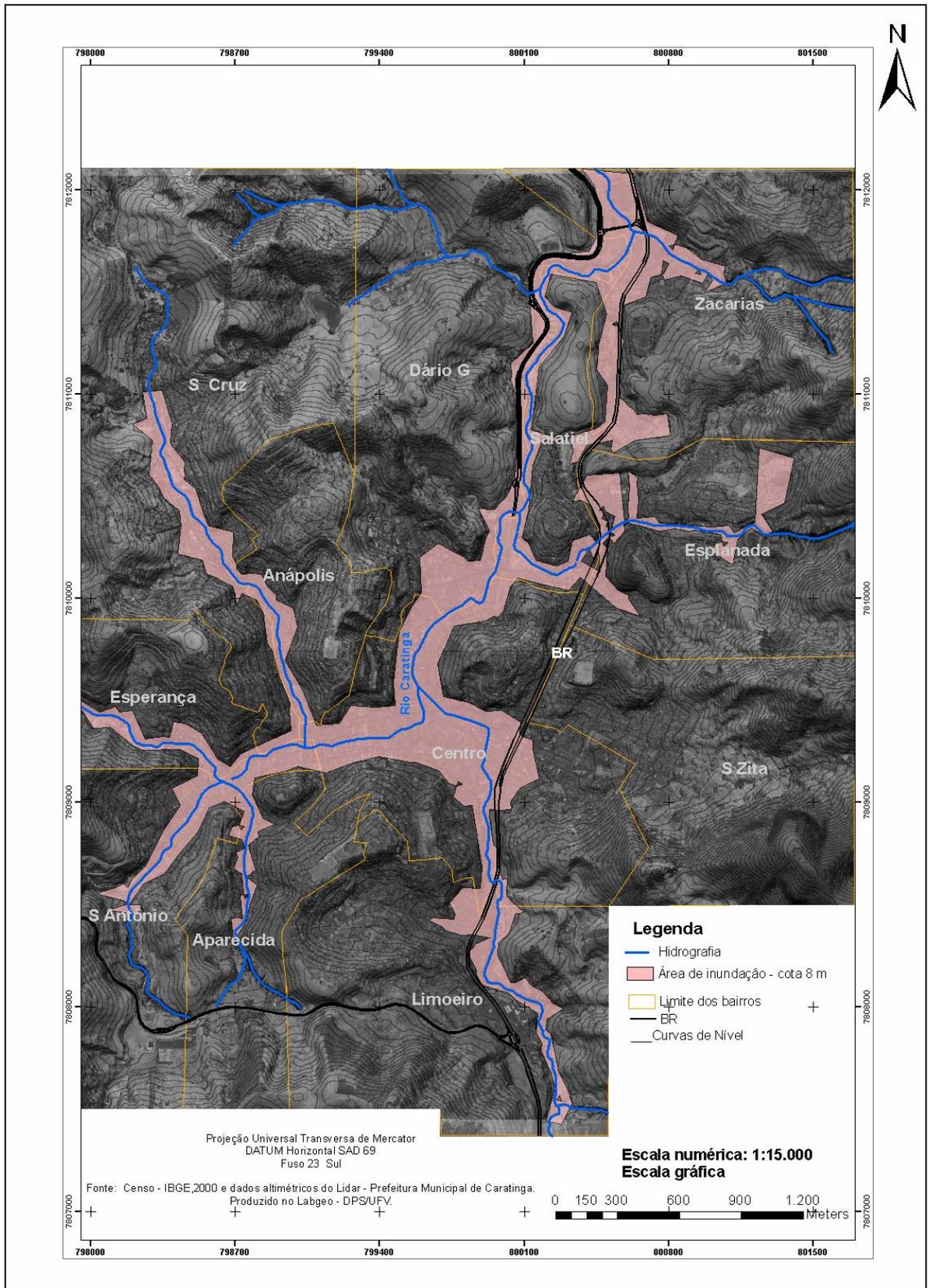


Figura 14. Área inundável considerando a cota de 8,0 metros.

Obteve-se a tabela 2 que relaciona o aumento da área inundável para cada cota considerada.

Tabela 2: Relação entre às áreas que seriam atingidas pela inundação para cada eleva o estimada

Cota considerada (metros)	�rea em (hectare)
0,5	42,86
1,0	73,75
2,0	104,48
3,0	143,83
6,0	216,05
8,0	346,20

O gráfico mostra uma rela o entre o aumento do nível da água e o aumento da área atingida em  rea (Figura 15).

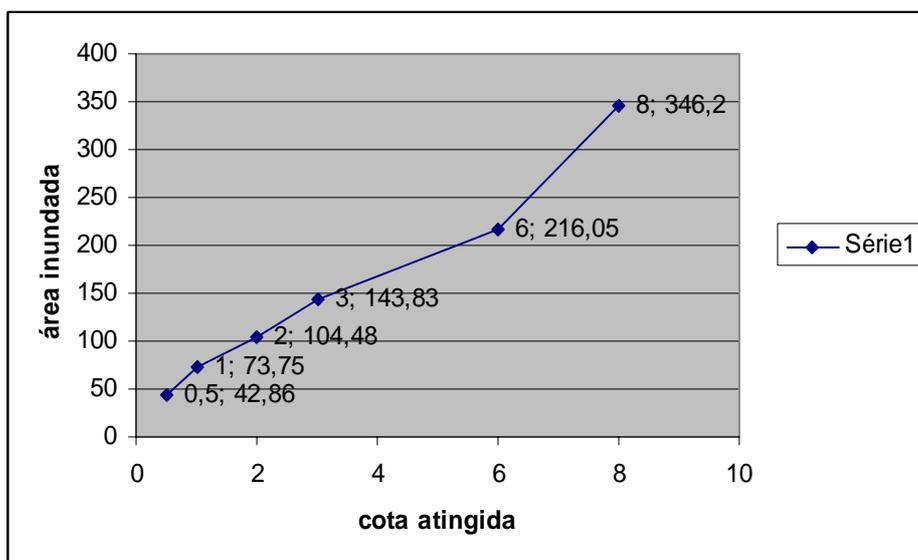


Figura 15. Rela o entre aumento da lâmina d'água e área inundada.

Através do gráfico p de ser constatado que não há uma rela o linear entre o aumento da altura da lâmina d'água e o aumento da área do município atingida. Foi observado que ao subir 0,5 metros   área atingida foi de 42,86 hectares e ao atingir a cota de 6 metros a área inundada   de 216,05 m e que se fosse proporcional seria de 514,32 hectares.

Esta não proporcionalidade entre altura da lâmina d'água e área de inundação pode ser explicada pela compartimentação do relevo. À medida que este se torna mais íngreme há uma maior dificuldade da inundação se expandir.

A partir da extensão Spatial Analyst do ArcView foi feito o cruzamento da área inundável com a área de cada bairro da área de estudo, chegou-se aos seguintes resultados como pode ser observado nas Tabelas 3, 4, 5, 6, 7 e 8).

Tabela 3. Área inundável por bairros considerando cota de 0,5 metro

Bairro	Área total ----- ha	Área inundável ----- ha	Porcentagem %
Centro	165,83	7,72	4,65
Limoeiro	349,85	1,52	0,43
N.Sra.Aparecida	84,31	0,32	0,38
Santo Antônio	140,64	3,70	2,63
Esperança	73,83	1,69	2,29
Santa Cruz	313,93	4,79	1,52
Anápolis	67,61	1,17	1,73
Dario Grossi	186,03	1,90	1,02
Zacarias	258,94	1,48	0,57
Esplanada	133,14	0,42	0,31
Salatiel	51,87	4,75	8,07

Tabela 4. Área inundável por bairros considerando cota de 1,0 metro

Bairro	Área total ----- ha -----	Área inundável -----	Porcentagem %
Centro	165,83	16,37	9,87
Limoeiro	349,85	2,05	0,58
N.Sra.Aparecida	84,31	0,61	0,72
Santo Antônio	140,64	5,25	3,73
Esperança	73,83	2,88	3,90
Santa Cruz	313,93	4,66	1,48
Anápolis	67,61	2,35	3,47
Dario Grossi	186,03	4,66	2,50
Zacarias	258,94	2,74	1,06
Esplanada	133,14	0,49	0,37
Salatiel	51,87	7,48	14,42

Tabela 5. Área inundável por bairros considerando cota de 2,0 metros

Bairro	Área total ----- ha -----	Área inundável -----	Porcentagem %
Centro	165,83	23,13	13,95
Limoeiro	349,85	2,34	0,67
N.Sra.Aparecida	84,31	0,78	0,92
Santo Antônio	140,64	6,72	4,78
Esperança	73,83	3,42	4,63
Santa Cruz	313,93	6,39	2,03
Anápolis	67,61	3,17	4,69
Dario Grossi	186,03	6,89	3,70
Zacarias	258,94	5,28	2,04
Esplanada	133,14	0,59	0,14
Salatiel	51,87	9,65	18,60

Tabela 6. Área inundável por bairros considerando cota de 3,0 metros

Bairro	Área total ----- ha -----	Área inundável ----- ha -----	Porcentagem %
Centro	165,83	33,44	20,16
Limoeiro	349,85	3,04	0,87
N.Sra.Aparecida	84,31	1,01	1,19
Santo Antônio	140,64	8,22	5,84
Esperança	73,83	4,24	5,74
Santa Cruz	313,93	8,09	2,58
Anápolis	67,61	3,89	5,75
Dario Grossi	186,03	9,38	5,04
Zacarias	258,94	7,90	3,05
Esplanada	133,14	0,66	0,49
Salatiel	51,87	11,18	21,55

Tabela 7. Área inundável por bairros considerando cota de 6,0 metros

Bairro	Área total ----- ha -----	Área inundável ----- ha -----	Porcentagem %
Centro	165,83	46,86	28,26
Limoeiro	349,85	7,08	2,02
N.Sra.Aparecida	84,31	1,69	2,00
Santo Antônio	140,64	12,46	8,86
Esperança	73,83	6,49	8,79
Santa Cruz	313,93	13,05	4,16
Anápolis	67,61	5,71	8,44
Dario Grossi	186,03	20,02	10,76
Zacarias	258,94	14,70	5,68
Esplanada	133,14	1,01	0,76
Salatiel	51,87	14,25	27,47

Tabela 8. Área inundável por bairros considerando cota de 8,0 metros

Bairro	Área total ----- ha -----	Área inundável ----- ha -----	Porcentagem %
Centro	165,83	55,09	33,22
Limoeiro	349,85	14,99	4,28
N.Sra.Aparecida	84,31	5,04	5,98
Santo Antônio	140,64	16,44	11,69
Esperança	73,83	8,25	11,17
Santa Cruz	313,93	16,85	5,36
Anápolis	67,61	7,23	10,69
Dario Grossi	186,03	22,82	12,27
Zacarias	258,94	26,98	10,42
Esplanada	133,14	1,64	1,23
Salatiel	51,87	19,17	36,95

Analisando todos os cenários observa-se que os dois bairros que são mais susceptíveis inundações são o Centro e o bairro Salatiel, que para a cota de 3 metros, por exemplo, tem uma área inundada de 20,16% e 21,55% respectivamente. O primeiro porque o Rio Caratinga corta o centro da cidade e o segundo porque situa-se a margem do rio e também devido às baixas altitudes.

A partir da sobreposição dos dados de renda mensal do IBGE e a sobreposição dos bairros mais susceptíveis à inundações nota-se uma diferença significativa em relação à renda média entre os bairros de maior susceptibilidade à inundações. O Centro com renda média mensal por família de 9,5 salários mínimos e o Bairro Salatiel cuja renda média mensal por família é de 3,6 salários mínimos como pode ser observado na tabela 9.

O bairro Dário Grossi apresenta a maior renda média familiar (11,8 salários mínimos) da área de estudo, no entanto devido as altitudes serem mais elevadas ele está pouco sujeito à inundações.

O bairro Salatiel é o mais susceptível à inundações e é ocupado por uma população com renda média de 3,6 salários mínimos. Este bairro é também

margem pelo Rio Caratinga e grande parte das construções foram feitas no leito maior deste rio.

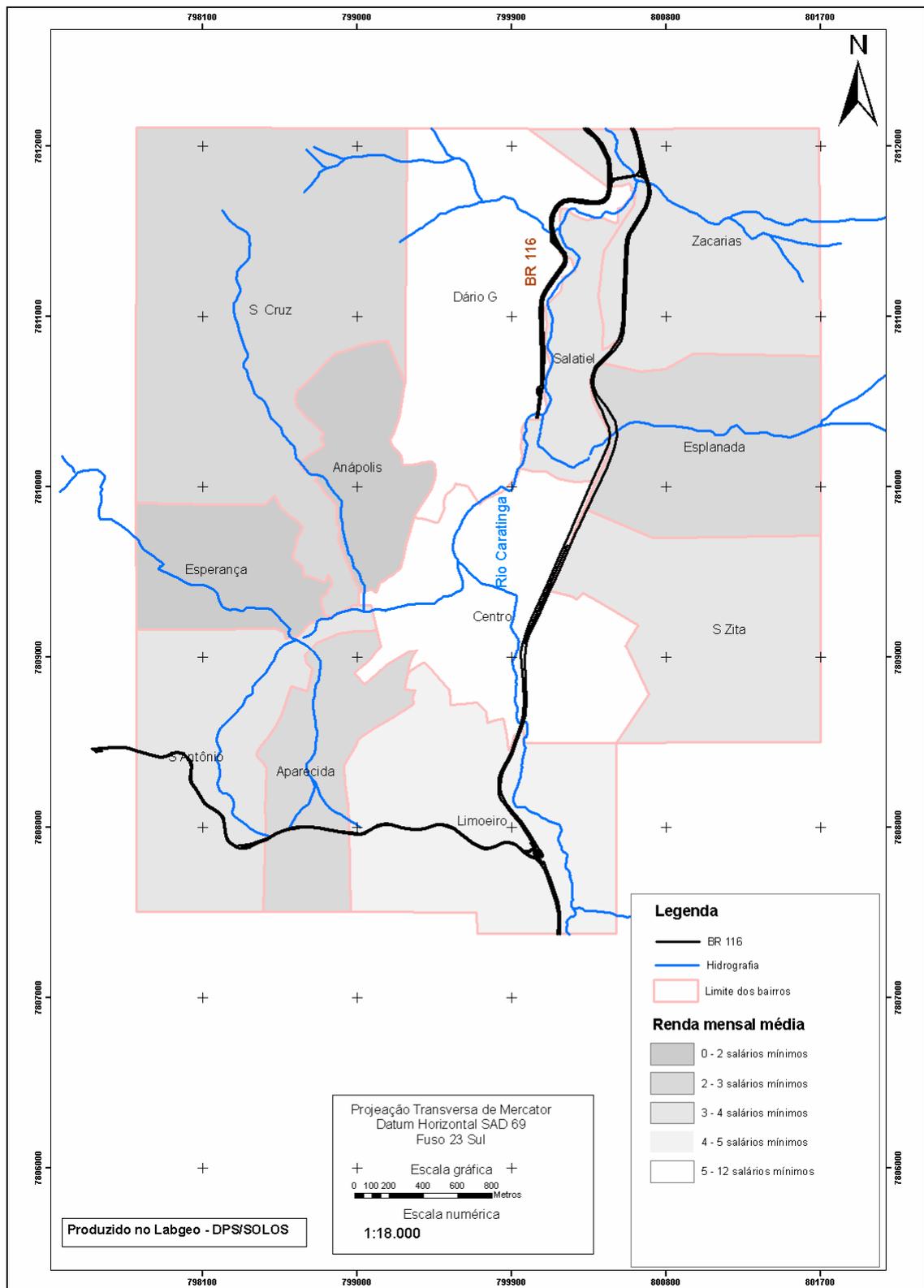


Figura 16. Mapa da renda média dos bairros.

Tabela 9. Apresentação da renda média dos bairros, com base no salário mínimo

Bairro	Renda (R\$) média mensal <sup>1/</sup>
Centro	9,5
Limoeiro	5,4
N. S. Aparecida	2,5
Santo Antônio	3,8
Esperança	2,2
Santa Cruz	2,5
Anápolis	2,0
Dario Grossi	11,8
Zacarias	3,7
Esplanada	3,1
Salatiel	3,6

1/ Salário mínimo da época (Censo 2000) era equivalente a R\$151,00.

Obeve-se a densidade populacional de cada um dos bairros (Tabela 10).

Tabela 10. Densidade populacional nos bairros segundo o Censo de 2000

Bairro	Densidade Populacional
Centro	Não encontrada
Limoeiro	1,75
N. S. Aparecida	7,26
Santo Antônio	6,47
Esperança	12,96
Santa Cruz	2,95
Anápolis	16,02
Dario Grossi	7,87
Zacarias	3,89
Esplanada	7,60
Salatiel	22,17

O centro apesar de não se ter acesso aos dados da densidade populacional, pela imagem da cidade sabe-se que esta é uma área ocupada e a renda está entre as mais altas do município.

## 5. CONCLUSÃO

Em Caratinga as áreas planas e de ocupação densa são as mais susceptíveis a inundação, isto se explica devido à formação histórica das cidades brasileiras nas quais a população buscava ocupar as áreas planas da cidade. Devido a esse modo de ocupação parte da população hoje se encontra em condições desfavoráveis, ocupando áreas susceptíveis a inundação.

Observou-se que o aumento da área atingida não é proporcional ao nível de aumento na altura lâmina d'água.

Identificou-se a importância do Lidar no mapeamento de áreas urbanas devido ao elevado grau de detalhamento deste material, uma vez que este apresenta curvas de nível com uma equidistância vertical de 2 em 2 metros e anteriormente só encontrava-se disponível as curvas de nível do IBGE que apresenta equidistância vertical de 50 em 50 metros.

Uma dos bairros mais susceptíveis a inundação é o centro que para a cota de 3 metros pode vir a atingir 20,16% da área. Foi constatado a partir de dados do IBGE que a população que habita este bairro tem uma renda média de 9,5 salários mínimos, sendo o bairro com a segunda maior renda do município. A inundação no centro afeta também a população de menor renda pelos impactos indiretos devido à existência do comércio que para parte desta população é o local de trabalho e pode ocorrer de estes estabelecimentos encerrarem suas atividades devido aos prejuízos, provocados pelas enchentes.

O bairro Salatiel também se encontra bastante susceptível a inundação, com uma possibilidade de 21,55% de sua área total ser inundada, considerando a cota de 3 metros. No entanto, a população que habita este bairro tem uma renda média mensal de 3,6 salários mínimos/família sendo um dos bairros de menor poder aquisitivo.

O alto poder de barganha que a população da área central, incluindo os comerciantes, têm junto ao poder público levou este a adotar medidas para diminuir a probabilidade de novas enchentes, como a construção de barraginhas e a instalação das réguas de medição ao longo do Rio Caratinga para que seja feito um monitoramento.

Pode-se sugerir que sejam tomadas algumas medidas educativas no sentido de trocar informação com os pequenos agricultores e demais habitantes das áreas de maior declividade na cidade. É preciso discutir com estes a necessidade de estabelecerem o manejo do solo da forma menos impactante possível, de preferência que este esteja sempre coberto para que haja um aumento da infiltração da água no solo e que seja reduzido o aporte de sedimentos aos rios. Deve-se também levá-los a concluir que estas medidas irão beneficiar a área urbana que estará menos susceptível a inundação, como eles que não perderão a camada superficial do solo que é importante como fonte de nutrientes às plantas.

Quanto população da área urbanizada esta deve ser conscientizada sobre a importância de não jogar lixo nos cursos d'água, de manterem a mata ciliar e principalmente de não construírem nas áreas de preservação permanente. Do ponto de vista geomorfológico a ocupação urbana se deu no leito maior, onde enchentes são processos naturais, sendo assim, algumas intervenções mais drásticas como as obras de engenharia, muitas vezes se fazem necessárias.

Sugere-se também que o poder público possa estabelecer leis que visem a regularização de uso e ocupação do solo urbano para que novas construções irregulares não consigam alvará para serem construídas evitando prejuízos futuros econômicos e sociais.

Observou-se que técnicas de sensoriamento remoto como o Lidar são importantes ferramentas que podem auxiliar o poder público por permitirem a geração de informações mais detalhadas que possam subsidiar o planejamento do espaço.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALTSAVIAS, E.P. 1999. **Airborne Laser Scanning: Basic Relations and Formulas**, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 54:199-214
- CAMÂRA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. **Geoprocessamento: teoria e aplicações**. Disponível on-line <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap1-introducao.pdf>> Acesso em: 18 jan. 2007.
- CAMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. **Introdução a Ciência da Geoinformação**. São Jose dos Campos: INPE, 2001.
- CHAGAS, C.S. **Mapeamento digital de solos por correlação ambiental e redes neurais em uma bacia hidrográfica do domínio de mar de morros**. Viçosa: UFV, 2006.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo, Edgar Blucher, 1981. 158p.
- DONZELI, P.L.; Valério Filho, M.; Pinto, S.A.F.; Nogueira, F.P.; Rotta, C.L.; Lombardi Neto, F. **Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao diagnóstico básico para planejamento e monitoramento de microbacias hidrográficas**. Campinas, Documentos IAC, 29:91-119, 1992.
- FERRAZ, F.F.B. **Aplicação de Sistemas de Informações Geográficas em estudo de área urbana de Piracicaba sujeita à inundação**. Piracicaba, SP: CENA/USP. 1996. 97p. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo, 1996.
- <http://www.caratinga.mg.gov.br>. Acessado em 21 de maio 2007.

- MARANHÃO, Ney et al. **Termo de Referência para a confecção do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce**. ANA/UNESCO, 2005.
- MOURA, A.C.M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. Belo Horizonte, Ed. da autora, 2003. 294p.
- PORTO, R.L.; ZAHEL F., K.; TUCCI, C.E.M.; BIDONE, F. 1993. **Drenagem Urbana**. In: **Hidrologia: Ciência e Aplicação** TUCCI, C.E.M. (org.) Editora da UFRGS, EDUSP, ABRH. p.805-847.
- PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. **Escoamento Superficial**. 1 ed. Viçosa: Revista Engenharia Na Agricultura - Série Caderno Didático (AEGRI/DEA-UFV), 1997, v. 26. 37p.
- RIVAS, N.; NUNES, J.L.; SILVA, B. **A tecnologia “LASER SCANNING”: uma alternativa para o mapeamento topográfico**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis (2007): Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007.
- SILVA, A.B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 2003.
- SILVA, J.B.L. **Modelos de Previsão de Enchentes em tempo real para o município de Nova Era – MG**. 2006. 99p. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.
- SILVA, Jorge Xavier da; ZAIDAN, Ricardo Tavares. **Geoprocessamento e Análise Ambiental: Aplicações**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2004. 368p.
- SOUZA, Marcelo Lopes de. **Mudar a cidade, uma introdução crítica ao planejamento e a gestão urbanos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. 560p.
- TUCCI, C.E.M.; MARQUES, D.L.M., Orgs. **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000. 558p.
- TUCCI, C.E.M, org. **Hidrologia – ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS/EDUSP/ABRH, 1993.