

# ÁREAS URBANIZÁVEIS E EXPANSÃO URBANA: UMA PROPOSTA DE MAPEAMENTO PARA O MUNICÍPIO DE VIÇOSA-MG UTILIZANDO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (ANÁLISE MULTICRITÉRIO)

Anderson de Freitas Barros<sup>17</sup>  
Éder Teixeira Marques<sup>18</sup>

## RESUMO

A demanda por imóveis urbanos tem aumentado de forma acentuada em Viçosa-MG, motivando as autoridades a criarem leis que ordenem a ocupação do espaço. No entanto, verifica-se a necessidade de ponderar fatores que influenciem na ocupação e que atualmente são descartados pelas leis por falta de estudo mais aprofundado no que se refere à identificação de novas áreas para a expansão urbana. Em Viçosa-MG, o relevo é um dos fatores limitantes à ocupação das áreas urbanas. Problemas como os relacionados às ocupações desordenadas das encostas e topos de morros forçam um estudo detalhado de identificação de novas áreas para a expansão urbana. A utilização destas novas áreas evitaria ou amenizaria a ocupação das áreas de risco. O objetivo deste trabalho é mapear as áreas urbanizáveis em Viçosa-MG, considerando apenas os aspectos legais, através do Sistema de Informação Geográfica, utilizando análise multicritério, com base nos seguintes itens: a legislação e os mapas digitais de declividade, uso e ocupação do solo, estradas; hidrografia e limite urbano. O resultado obtido foi uma superfície de adequabilidade de 0-255, onde as áreas com maiores adequabilidades seriam as áreas mais indicadas à expansão urbana.

**Palavras-chave:** Planejamento Urbano, Sistema de Informação Geográfica, Expansão Urbana.

## URBANIZING AREAS AND URBAN EXPANSION: A MAPPING PROPOSAL FOR VIÇOSA-MG USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (MULTI-CRITERIA EVALUATION)

### ABSTRACT

The demand for urban buildings has increased considerably in Viçosa-MG, leading authorities to create laws to order space occupation. However, there is a need to ponder factors which might influence in occupation and which are currently cast aside by the law due to the lack of deep studies concerning identification of new areas for urban expansion. In Viçosa-MG, relief is one of the limiting factors for the occupation of urban areas. Problems like the ones related to disorderly occupations on hillsides and mountain tops ask for a detailed identification study of new areas for urban occupation. The use of these new areas would avoid or decrease the occupation in areas of risk. The aim of this paper is to map urbanizing areas in Viçosa-MG, considering only legal aspects, through geographic information system, using multi-criteria analysis, based on the following items: legislation and digital slope maps, soil use and occupation, roads, hydrography and urban limit. The result obtained was an adequacy surface of 0-255, where the areas with higher adequacy would be the more indicated ones to urban expansion.

---

<sup>17</sup> Engenheiro Agrimensor, rioand@yahoo.com

<sup>18</sup> Universidade Federal de Viçosa, Professor do Departamento de Engenharia Civil, eder@ufv.br

**Keywords:** Urban Planning, Geographic Information System, Urban Expansion.

## **1. Introdução**

O aumento de forma acentuada da demanda por imóveis urbanos no município de Viçosa-MG tem motivado as autoridades a criarem leis que ordenem a ocupação do espaço. No entanto, no que se refere à identificação de novas áreas para a expansão urbana, verifica-se a necessidade de ponderar fatores que influenciem esta ocupação e que atualmente são descartados pelas leis devido à falta de estudos mais aprofundados sobre o assunto.

No município de Viçosa-MG, o relevo é um dos principais fatores limitantes à ocupação das áreas urbanas. Sua população vem crescendo a cada ano e problemas como os relacionados às ocupações desordenadas das encostas e topos de morros exigem um estudo detalhado de identificação de novas áreas para a expansão urbana. Essa ocupação é verificada principalmente no perímetro urbano do município. Do ponto de vista do planejamento urbano, o cuidado na utilização destas novas áreas evitaria ou amenizaria a ocupação das áreas de risco.

Desta forma, propõe-se, neste trabalho, a obtenção de mapas com áreas urbanizáveis no município de Viçosa-MG, considerando os aspectos legais, por meio da integração sistema de informação geográfica e análise multicritério, para auxiliar no planejamento urbano e na tomada de decisão quanto à expansão urbana deste município.

## **2. Aspectos importantes**

### **2.1. Aspectos históricos e regionais**

A estrutura dos primeiros agrupamentos humanos de localização fixa configurava-se na necessidade de defesa de ataques de animais, de tribos ou grupos inimigos e das condições climáticas adversas (SILVA 2004, p.10).

Duarte (1999, p.13) afirma que a cidade é a sobreposição de histórias, culturas, formas urbanas e arquitetônicas que tramam e organizam a fruição humana no cotidiano urbano.

Segundo Silva (2004, p.11), quando se tratava de enriquecer as cidades de novos requisitos materiais ou espirituais “entrava em cena a preocupação com a estética e o padrão artístico, muitas vezes, em prejuízo com a funcionalidade”. O autor ainda diz

que “com relação ao urbanismo, as características da cidade moderna bem planejada refletem sua funcionalidade na época em que ela é moderna”.

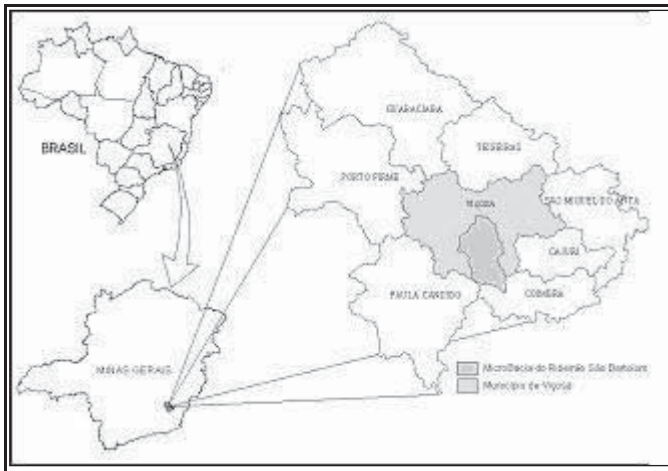
No Brasil, a cidade de Belo Horizonte, fundada em 1897, foi inspirada nos moldes da cidade de Washington (EUA). Para Gadret (1969, p.83), “o erro de Belo Horizonte foi seguir um padrão geométrico rígido num terreno acidentado [e] os resultados foram ruas com forte inclinação”.

Outro exemplo, a cidade de Brasília, fundada em 1960, foi construída em obediência a um projeto que eliminasse os cruzamentos em níveis com a utilização de viadutos, trevos e rótulas. Entretanto, o pedestre não foi integrado ao projeto, por isso, não foi favorecido pelas facilidades de deslocamento a pé, exceto no deslocamento motorizado no trânsito rápido e movimentado dos veículos (SILVA 2004, p.15).

O mesmo autor apresenta em seu trabalho os principais tipos de traçados de cidade (ortogonal, radial-irregular, radial-circular, linear, irregular, misto e racional). Ele considera que no planejamento da cidade moderna

se faz necessário um estudo das melhores soluções quanto ao zoneamento, serviços públicos, distribuição de produtos, abastecimentos e outros; e que estes recebam maior peso de importância em relação à funcionalidade do trânsito, para que todas as atividades urbanas também funcionem (SILVA, p.52).

O município de Viçosa-MG é um dos mais importantes da Zona da Mata de Minas Gerais. Possui coordenadas geográficas 20°45'54''S e 45°52'54''W e está a 649 metros acima do mar. A área total do município é 279Km<sup>2</sup>. Limita-se ao norte com os municípios de Teixeiras e Guaraciaba; ao sul com os municípios de Paula Cândido e Coimbra; a leste com os municípios de Cajuri e São Miguel do Anta; e a oeste com o município de Porto Firme (Figura 1). Todos esses municípios, incluindo Viçosa-MG, carecem de atividades industriais como fonte de renda e de trabalho (IBGE, 2005).



**Figura 1.** Localização do município de Viçosa-MG.

Viçosa-MG está na bacia do rio Turvo Sujo, afluente do rio Turvo Limpo. O rio Turvo Sujo corta o município seguindo a direção SE-NW. O relevo, denominado “mar de morros”, apresenta regiões de ocorrência de rochas gnáissicas do Pré-Cambriano, com amplos vales de fundo chato formados por terraços e leitos maiores, onde existem cursos d’água pouco expressivos (SILVA 2004, p.18).

Segundo Corrêa (1984, p.42), as condições recentes de dissecamento, a pedoforma convexo-convexa, que outrora teve expressão máxima, vem sendo destruída pelo ravinamento e voçorocamento. A evolução dessas ravinas leva ao estabelecimento transitório da pedoforma côncava-côncava, a qual evolui para o plano inclinado, cujo declive pode variar de forte a suave.

Para Ribeiro Filho (1997, p.20), “a presença da Universidade Federal de Viçosa fez com que a cidade de Viçosa-MG adquirisse uma nova dinâmica espacial, social, econômica e política, diferenciando-a das demais cidades da região”. Como pode ser observado na Tabela 1, Mello (2002, p.19) apresenta uma sistematização do processo de crescimento da cidade de Viçosa-MG, tendo por base dados de censos demográficos levantados pelo IBGE.

**Tabela 1.** Dados sobre o crescimento da cidade de Viçosa-MG

| <b>População</b> | <b>Até 1960</b><br>(habitantes) | <b>1960</b><br>(habitantes) | <b>2000</b><br>(habitantes) |
|------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Zona Urbana      | 9.221                           | 15.551                      | 54.730                      |
| Zona Rural       | 11.625                          | 10.226                      | 5.062                       |

|       |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|
| Total | 20.846 | 25.771 | 59.792 |
|-------|--------|--------|--------|

Fonte: MELLO (2002).

Segundo os valores apresentados na Tabela 1, percebe-se significativo crescimento da população do município de Viçosa-MG. Entretanto, merece destaque o aumento da população urbana desse município. Só nos últimos anos, o número de habitantes na zona urbana triplicou.

Segundo Mello (2002, p.22), “a ocupação das áreas de topografia plana nos fundos dos vales deveu-se, em grande parte, às oportunidades de emprego oferecidas pela Universidade Federal de Viçosa durante os anos 60”. Para esse autor, a cidade entrou em processo de urbanização acelerado a partir dos anos 70 e, em pouco tempo, ocupou toda a área urbanizável do fundo dos vales.

## 2.2. Aspectos legais e técnicos

Foi consultada para análise a seguinte legislação:

- Lei Federal n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965 (Novo Código Florestal);
- Lei Federal n.º 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (Lei de Parcelamento do Solo Urbano, atualizada em 30/03/2001 pela última Lei Federal n.º 9.785 de 29 de janeiro de 1999);
- Lei Federal n.º 9.985, de 18 de julho de 2000 (Lei de Unidade de Conservação);
- Lei Estadual n.º 14.309, de 19 de junho de 2002 (Lei das Políticas Florestal e de Proteção à Biodiversidade);
- Lei Municipal n.º 1.420, de 21 de dezembro de 2000 (Lei de Ocupação, Uso do Solo e Zoneamento do Município de Viçosa-MG);
- Lei Municipal n.º 1.383, de 25 de março de 2000 (Plano Diretor de Viçosa-MG).

A delimitação da área urbana é de responsabilidade do Poder Municipal, através do Plano Diretor ou Lei Municipal, conforme determina a Lei Federal n.º 6.766/79, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano. Entretanto, uma vez delimitada a área urbana, isto não significa que toda esta área será ocupada. Áreas como os topos de morro, as nascentes, os cursos d’água, as florestas, entre outros, devem ser resguardadas. Para isso, é necessário seguir a legislação que trata do parcelamento do

solo, da ocupação, uso do solo e zoneamento, da unidade de conservação, do Plano Diretor, entre outros.

A legislação que trata do assunto está na esfera federal, estadual e municipal. Assim sendo, estas esferas devem respeitar a hierarquia entre si, ou seja, a legislação municipal não deve incidir sobre a legislação estadual ou federal e, naturalmente, a legislação estadual não deve incidir sobre a legislação federal. Na realidade, muitas leis acabam em reduplicação ou em incorrência, como serão apresentadas a seguir:

O Art. 10, item III, da Lei Estadual<sup>19</sup> n.º 14.309/02, que trata da área de preservação permanente ao redor de lagoa ou reservatório de água, natural ou artificial não incorre sobre o Art. 2º, letra B, da Lei Federal n.º 4.771/65, que trata do mesmo assunto. A Lei Federal não informa a faixa marginal a ser observada nestas áreas e assim, permite à Lei Estadual que estabeleça os devidos padrões a serem observados.

O Art. 10, item V, da Lei Estadual n.º 14.309/02, que trata da área de preservação permanente no topo de morros, monte ou montanha não incorre sobre o Art. 2º, letra D, da Lei Federal n.º 4.771/65, que trata da área de preservação permanente no topo de morros, montes, montanhas e serras. A Lei Federal não informa os padrões a serem observados nestas áreas e assim, permite à Lei Estadual que estabeleça os devidos padrões a serem observados.

O Art. 4º, item III, da Lei Federal n.º 6.766/79, que trata da faixa *non aedificandi*, no momento em que diz “ao longo das águas correntes e dormentes (...), será obrigatória a reserva de uma faixa *non aedificandi* de 15 (quinze) metros de cada lado, salvo maiores exigências da legislação específica” não incorre sobre o Art. 2º, letra A, item 1, da Lei Federal n.º 4.771/65, que trata das áreas de preservação permanente. Sendo assim, devido ao “salvo maiores exigências da legislação específica”, a lei que deve ser considerada é a Lei Federal n.º 4.771/65.

O Art. 5º, item I, da Lei Municipal<sup>20</sup> n.º 1.420/00, que trata das áreas não-edificantes incorre sobre o Art. 4º, item III, da Lei Federal n.º 6.766/79, que trata da faixa *non aedificandi*. Seguindo a interpretação do “salvo maiores exigências da legislação específica” presente na Lei Federal, a Lei Municipal deveria ser mais rígida, entretanto, esta estabelece “nas áreas urbanas, as faixas de terrenos situadas ao longo das águas correntes e dormentes, a distâncias laterais nunca inferior a 10m (dez metros) dos eixos”. A propósito, ambas as Leis não tratam das faixas *non aedificandi* ou dos

---

<sup>19</sup> Será usada Lei Estadual para se referir à Lei Estadual de Minas Gerais.

<sup>20</sup> Será usada Lei Municipal para se referir à Lei Municipal de Viçosa.

afastamentos em relação às linhas de transmissão elétrica e às unidades de conservação (ver definição na Lei Federal n.º 9.985, 18/07/2002, Lei de Unidade de Conservação).

O Art. 5º, item I, da Lei Municipal n.º 1.420/00, que trata das áreas não edificantes incorre sobre o Art. 2º, letra A, item 1, da Lei Federal n.º 4.771/65, que trata das áreas de preservação permanente. A Lei Municipal não dispõe sobre áreas de preservação permanente, mas no momento em que ela permite a edificação a partir dos 10 (dez) metros das águas correntes e dormentes, em áreas urbanas, ela incorre sobre o Art. 2º, letra A, item 1, da Lei Federal n.º 4.771/65, que estabelece preservação permanente a faixa de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura. No parágrafo único, do Art. 2º da Lei Federal n.º 4.771/65, informa que “no caso de áreas urbanas, é preciso seguir o disposto nos respectivos planos diretores e leis de uso do solo; respeitados os princípios e limites a que se refere este artigo”. A interpretação do “a que se refere este artigo” refere-se ao próprio Art. 2º da Lei Federal n.º 4.771/65 e, sendo assim, as Leis Municipais do Plano Diretor e do Uso do Solo não deveriam incorrer sobre a Lei Federal n.º 4.771/65.

Segundo Baptista et al. (2005, p.02), o crescimento e a expansão das áreas urbanizadas no Brasil têm desconsiderado aspectos como a prevenção dos riscos geológicos e hidrológicos, o que tem gerado transtornos à sociedade e ao meio-ambiente. Para evitar os transtornos, o planejamento tem que contemplar a interdisciplinaridade do meio urbano e a perspectiva de soluções em longo prazo.

Os sistemas de informação geográfica (SIG) estão sendo utilizados no planejamento urbano como importante ferramenta na gestão do espaço, devido ao grande poder de automatização e análise de dados espaciais. Esses sistemas permitem realizar análise multicritério que, segundo Silva (2004, p.35), “é um processo de decisão que avalia as áreas com maior adequabilidade para o estudo proposto, num determinado espaço geográfico”.

A partir do levantamento e da análise das condicionantes serão determinados os critérios que ajudarão no processo de decisão. Os critérios podem ser fatores ou restrições. Para Baptista et al. (2005, p.04) “os fatores são limitações relativas que definem algum grau de aptidão para as regiões geográficas, enquanto as restrições são limitações absolutas que limitam o espaço de análise”. Para isso, são usadas as análises booleana e *FUZZY*. Calijuri e Lorentz (2003, p.14) argumentam que na análise booleana “todos os fatores têm igual importância no mapa de adequabilidade”. Em tempo,

descrevem que esta análise é muito conservadora em termos de risco, em outras palavras, a solução para o problema se dá satisfazendo todos os critérios estabelecidos.

Baptista et al. (2005, p.02) informam que a análise *FUZZY* utiliza valores contínuos no qual a sua representação se faz através de funções matemáticas. Se comparadas as análises booleana e *FUZZY*, percebe-se que o processo de decisão da *FUZZY* é menos conservador em termos de risco, onde o resultado de cada ação é o resultado melhor ou o mais eficiente. Segundo Silva (2004, p.36), entre profissionais e pesquisadores, é crescente o uso da análise *FUZZY* devido à capacidade de explorar variáveis lingüísticas, possibilidade de desenvolver raciocínios mais próximos do humano, diversidade de operações e potencialidade em aplicações.

### **3. Procedimentos metodológicos**

Além da legislação analisada para este trabalho, foram também utilizados os mapas digitais, equipamentos e programas computacionais citados a seguir:

- Mapa digital de curvas de nível do município de Viçosa-MG (2001) com equidistância vertical de 20 (vinte) metros, cedido pelo Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa;
- Mapa digital de uso e ocupação do solo do município de Viçosa-MG (2001), cedido pelo Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa;
- Mapa digital de hidrografia do município de Viçosa-MG (2001), cedido pelo Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa;
- Mapa digital de estradas do município de Viçosa-MG (2001), cedido pelo Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa;
- Mapa digital de bairros do município de Viçosa-MG (2001), cedido pelo Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa;
- Microcomputador modelo PC com processador AMD Athlon XP 3GHz+ com memória RAM de 256Mb e disco rígido de 80Gb.



- SIG Idrisi 32, versão I32.22, © 1987-2002 The Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis, para a geração, manipulação e análises espaciais das imagens em formato raster;
- SIG ArcView 3.2, © 1992-1999 Environmental System Research Institute, Inc., para a elaboração do layout dos mapas para impressão.
- AutoCAD 2004, © 1982-2002 AutoDesk, Inc., para a vetorização de imagens.

A proposta metodológica para o mapeamento das áreas urbanizáveis do município de Viçosa-MG, através da avaliação multicritério, compreende o levantamento e a análise dos condicionantes existentes na legislação; nos mapas digitais de curvas de nível, uso e ocupação do solo, hidrografia, estradas e bairros; e na análise espacial desses dados georreferenciados. A escolha da avaliação multicritério foi devido ao seu processo de decisão que analisa as áreas com maior adequabilidade para o estudo proposto. A partir do levantamento e da análise dos condicionantes são determinados os critérios que ajudam no processo de decisão.

Depois de feitas as análises e interpretações da legislação foi possível encontrar as principais observações a serem implementadas neste trabalho. Estas observações dizem respeito à área de preservação permanente; aos afastamentos frontais em rodovias e vias; e à área de preservação ecológica.

As áreas de preservação permanente regulamentadas pela Lei Federal n.º 4.771/65, são as seguintes: a faixa de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura; nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água" qualquer que seja a sua situação topográfica num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura; nas encostas ou partes destas com declividade superior a 45° equivalentes a 100% na linha de maior declive.

Ainda sobre as áreas de preservação permanente, a Lei Estadual n.º 14.309/02 regulamentou o topo de morros, monte ou montanha, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura da elevação em relação à base.

Os afastamentos frontais mínimos em rodovias e vias estão descritos na Lei Municipal n.º 1.420/00, citados a seguir: 15 (quinze) metros a partir do eixo das rodovias municipais, estaduais e federais, salvo maiores exigências dos órgãos rodoviários municipais, estaduais e federais; e 3 (três) metros para todas as novas vias e para todas as vias existentes, arroladas no Anexo IV.

Nas áreas de preservação ecológica, segundo a Lei Federal n.º 6.766/79, não será permitido o parcelamento do solo ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até sua correção.

A avaliação multicritério na identificação das possíveis áreas urbanizáveis, ou seja, as áreas aptas à urbanização, considerará os seguintes critérios (fatores e restrições): os fatores serão classificados segundo suas aptidões para o uso desejado e as restrições serão definidas como barreiras, ou seja, impedimentos para o uso desejado.

### **Definição dos critérios e identificadores**

Silva (2004, p.48) apresenta duas ordens de problemas: uma operacional e outra teórica. Quanto ao problema operacional, recomenda-se restringir os indicadores o tanto quanto possível, para não dificultar a montagem do quadro de avaliações e sua utilização. Assim, é importante determinar indicadores, em linguagem de significado comum, que constituam fatores de avaliação. Quanto ao problema teórico, recomenda-se fundamentar a resolução dos problemas operacionais referidos.

No Quadro 1, constam as restrições e a descrição dos indicadores. O meio hídrico no que se refere às nascentes ou qualquer outro recurso hídrico (exceto os rios) não foram considerados devido à falta destas bases de dados.

**Quadro 1.** Restrições e indicadores do modelo proposto

| <i>Critérios</i> | <i>Indicadores</i>                      |
|------------------|---|
| Restrições       | Áreas com declividades superiores a 45° |
|                  | Áreas de capoeira e mata densa          |
|                  | Áreas de rios                           |
|                  | Áreas de estradas                       |

No Quadro 2, foram selecionados os fatores e a descrição dos indicadores mais significativos para efeito de análise. Os critérios aspectos geológico, geotécnico, topo de morros, monte ou montanha e nascentes, não foram considerados devido à falta destas bases de dados.

**Quadro 2.** Fatores e indicadores do modelo proposto

| <i>Critérios</i> | <b>Indicadores</b>                               |                        |
|------------------|--|------------------------|
| Fatores          | Classes de declividades                          | Áreas favoráveis       |
|                  |  | Áreas pouco acentuadas |
|                  |  | Áreas muito acentuadas |
|                  |  | Áreas restritas        |
|                  | Distância da área urbana (bairros estabelecidos) |                        |
|                  | Distância das áreas de capoeira e mata densa     |                        |
|                  | Distância das estradas                           |                        |
|                  | Distância dos rios                               |                        |

### **Padronização dos Critérios e a Função Fuzzy**

As definições das restrições para o estudo proposto foram estabelecidas sobre as áreas de proteção permanente (áreas de encostas ou partes destas com declividades superiores a 45°, áreas de capoeira e mata densa e áreas com faixa de 30 metros ao longo dos rios) e áreas não edificantes (áreas com faixa de 15 metros ao longo das estradas). Para o modelo em estudo, essas restrições receberam adequabilidade nula.

As definições dos fatores para o estudo proposto foram estabelecidas segundo o uso da função *FUZZY*, como pode ser observado no Quadro 3.

**Quadro 3.** Fuzzy adotada e seus respectivos pontos de controle

| <b>Critérios</b> | <b>Indicadores</b>                               | <b>Função Fuzzy</b>                | <b>Pontos de controle</b> |          |          |          |
|------------------|--|------------------------------------|---------------------------|----------|----------|----------|
|                  |  |                                    | <b>a</b>                  | <b>b</b> | <b>c</b> | <b>d</b> |
| Fatores          | Distância da área urbana (bairros estabelecidos) | Linear<br>monotônica<br>decrecente | ---                       | ---      | 0m       | 5.000m   |
|                  | Distância das estradas                           | Linear<br>monotônica<br>decrecente | ---                       | ---      | 0m       | 5.000m   |
|                  | Distância dos rios                               | Linear<br>monotônica<br>crescente  | 0m                        | 30m      | ---      | ---      |

|  |                         |                  |     |
|--|-------------------------|------------------|-----|
|  | Classes de declividades | Escala [0 – 255] | --- |
|--|-------------------------|------------------|-----|

Para a distância em relação à área urbana (bairros estabelecidos), foi considerada a importância da área em estudo estar o mais próximo da área urbana. Com isso, a implantação da nova área urbana acarretaria um custo menor na instalação da infra-estrutura básica de equipamentos urbanos<sup>21</sup>. Assim, na função **FUZZY linear monotônica decrescente**, o primeiro ponto de controle foi o valor igual a 0 metro e o segundo ponto de controle igual a 5.000 metros de distância, a partir da qual a adequabilidade será nula.

Para a distância em relação às estradas, foi considerada a importância da área em estudo estar o mais próximo das estradas, assim, a sua implantação estaria ligado à facilidade de acesso às estradas. Os parâmetros utilizados na função **FUZZY linear monotônica decrescente** foram os seguintes: o primeiro ponto de controle correspondeu a 0 metro e o segundo ponto de controle correspondeu a 5.000 metros de distância, a partir da qual a adequabilidade será nula.

Para a distância dos rios, foi determinada a máxima adequabilidade para as distâncias superiores a 30 metros. Dessa forma, a função **FUZZY linear monotônica crescente** foi usada com as distâncias de 0 e 30 metros para os pontos de controle a e b, respectivamente.

Para as declividades do terreno foram estabelecidas 4 (quatro) categorias com intervalos em graus, conforme descrição a seguir:

- Áreas favoráveis: 0° a 15° (0% a 26,79%);
- Áreas pouco acentuadas: 15° a 30° (26,79% a 57,73%);
- Áreas muito acentuadas: 30° a 45° (57,73% a 100%);
- Áreas restritas: acima de 45° (100%).

As adequabilidades das declividades foram adotadas considerando a limitação que a legislação impõe quanto à ocupação do solo nas áreas com declividades superiores a 45°. Dessa forma, para as áreas topograficamente desfavoráveis foram adotados valores de adequabilidade menores, conforme descrição a seguir:

---

<sup>21</sup> Segundo o Art. 2º, § 5º, da Lei Federal 6.766/79, consideram-se infra-estrutura básica os equipamentos urbanos de escoamento das águas pluviais, iluminação pública, redes de esgoto sanitário e abastecimento de água potável, e de energia elétrica pública e domiciliar e as vias de circulação pavimentadas ou não.

- Áreas favoráveis (0° a 15°): Adequabilidade 255;
- Áreas pouco acentuadas (15° a 30°): Adequabilidade 170;
- Áreas muito acentuadas (30° a 45°): Adequabilidade 85;
- Áreas restritas (acima de 45°): Adequabilidade 0.

### **Padronização dos critérios nos Módulos WEIGHT e MCE (Multi-Criteria Evaluation)**

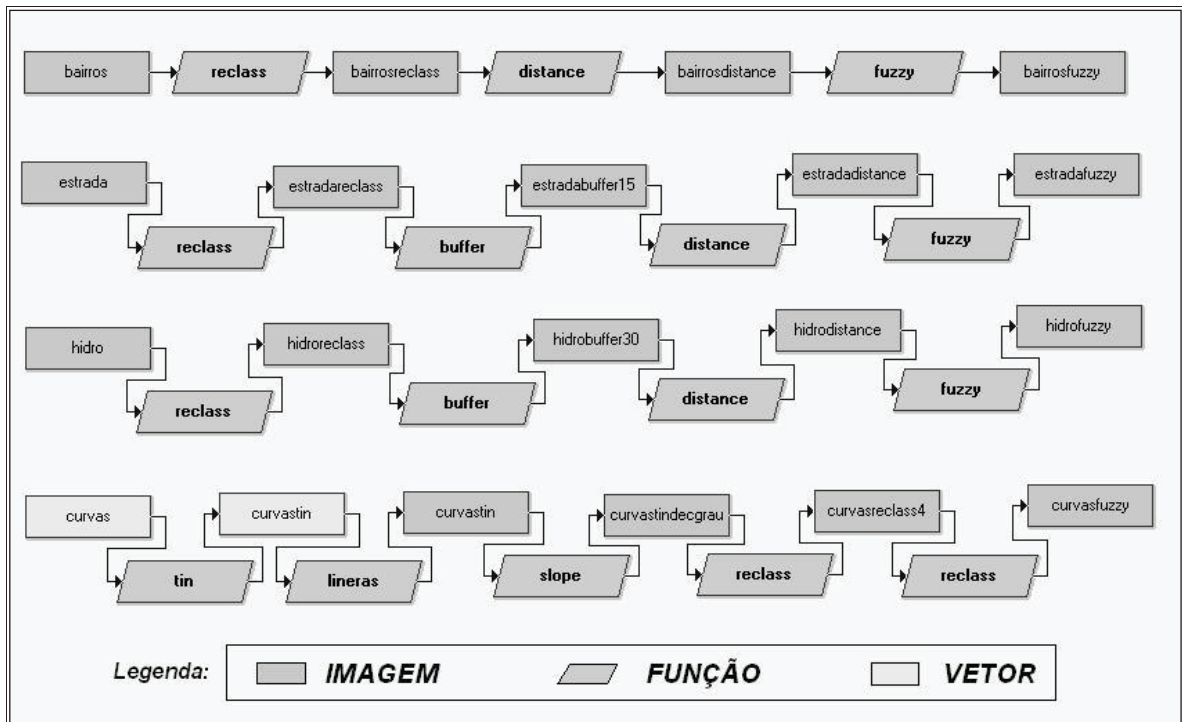
Na padronização dos fatores, a matriz de ponderação relativa foi elaborada utilizando o módulo *WEIGHT*, em que os fatores foram comparados dois a dois considerando suas importâncias relativas.

No módulo *MCE*, as restrições utilizadas foram as áreas com declividades superiores a 45°, o uso do solo com capoeira ou mata densa, a áreas com a faixa de 30 metros ao longo dos rios e as áreas com faixa de 15 metros ao longo das estradas. Em seguida, os autovetores gerados pelo módulo *WEIGHT* foram carregados no módulo *MCE*.

### **4. Discussão dos resultados**

Para se chegar ao resultado final conforme o objetivo proposto por este trabalho, desde a obtenção das bases confiáveis até o processamento final da imagem com as áreas mais adequadas à expansão urbana, vários passos importantes foram seguidos.

De forma resumida, a Figura 2 representa os resultados de cada etapa de processamento que foi iniciado com a imagem ou o vetor até a última imagem que recebeu a devida adequabilidade.



**Figura 2.** Seqüências das etapas de processamento no *Macro Modeler*.

É importante lembrar que os critérios *aspectos geológico, geotécnico, topo de morros, monte ou montanha e nascentes*, não foram considerados devido à falta destas bases de dados. Também, para a simplificação do estudo proposto foi realizada somente uma combinação dos fatores na matriz de ponderação relativa, utilizando o módulo *WEIGHT*, como pode ser visto na Figura 3.

**Pairwise Comparison 9 Point Continous Scale**

|  |                       |               |          |            |         |                       |          |               |           |
|--|-----------------------|---------------|----------|------------|---------|-----------------------|----------|---------------|-----------|
|  | 1/9                   | 1/7           | 1/5      | 1/3        | 1       | 3                     | 5        | 7             | 9         |
|  | extremely             | very strongly | strongly | moderately | equally | moderately            | strongly | very strongly | extremely |
|  | <b>Less Important</b> |               |          |            |         | <b>More Important</b> |          |               |           |

Pairwise comparison file to be saved:

|                  | bairrosreclassdi | curvastindegra | hidroreclassbuff | estradoreclassb |
|------------------|------------------|----------------|------------------|-----------------|
| bairrosreclassdi | 1                |                |                  |                 |
| curvastindegra   | 1/3              | 1              |                  |                 |
| hidroreclassbuff | 1/3              | 1              | 1                |                 |
| estradoreclassb  | 1/7              | 1/3            | 1/7              | 1               |

**Figura 3.** Matriz de comparação entre os fatores.

Foi ponderado o valor 1/3 para os fatores *curvas de nível* e *bairros* sob a interpretação de que as *curvas de nível* são **moderadamente menos importantes** do que os *bairros* na identificação da área em estudo. A mesma interpretação foi dada aos fatores *hidrografia* e *bairros*. Entretanto, para a ponderação entre *estradas* e *bairros*, o valor 1/7 significa que as estradas são **muito fortemente menos importantes** do que os *bairros*. Já a ponderação de valor 1 para os fatores *hidrografia* e *curvas de nível* significa que ambas são **igualmente importantes**.

Os resultados dos autovetores dos pesos foram os seguintes:

- *bairrosreclassdistancefuzzy1* : 0.5252
- *curvastindecgraureclass4fuzzy* : 0.1838
- *hidroreclassbuffer30distancefuzzy1* : 0.2366
- *estradoreclassbuffer15distancefuzzy1* : 0.0544

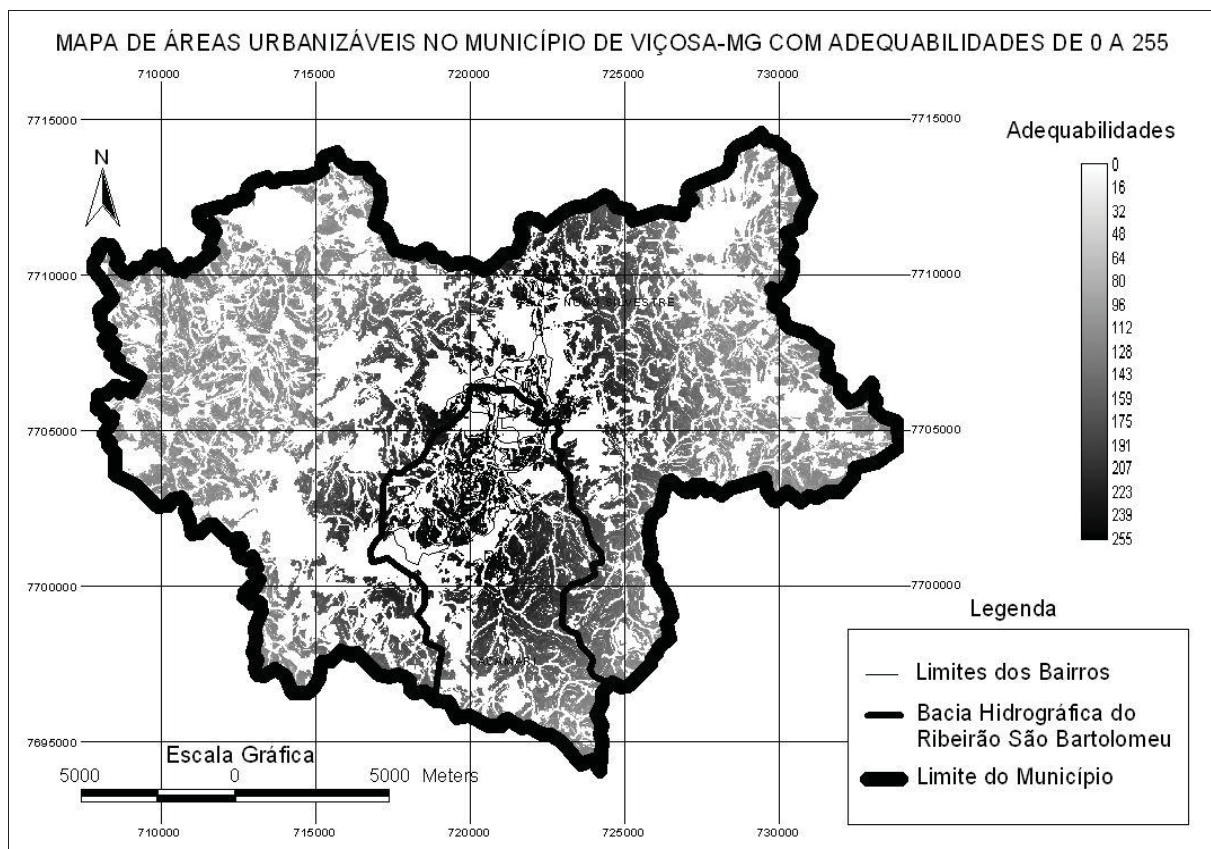
razão de consistência = 0.05

consistência é aceitável

O valor da razão de consistência 0.05 mostra que a matriz de julgamento está consistente, visto que, para os valores de razão de consistência inferiores a 0.10 não necessitam de reavaliação. Sendo assim, a consistência foi aceitável.

No módulo *MCE*, as restrições utilizadas foram as áreas com declividades superiores a 45°, o uso do solo com capoeira ou mata densa, as áreas com a faixa de 30 metros ao longo dos rios e as áreas com faixa de 15 metros ao longo das estradas. Em seguida, os autovetores gerados pelo módulo *WEIGHT* foram carregados no módulo *MCE*.

O resultado deste processamento foi a imagem que está representada na Figura 4.



**Figura 4.** Mapa de áreas urbanizáveis no município de Viçosa-MG com adequabilidades de 0 a 255.

A Figura 4 representa o mapa das áreas urbanizáveis com adequabilidades que variam de 0 a 255. É possível observar que as áreas mais adequadas estão localizadas próximo à área urbana (bairros estabelecidos). Isto aconteceu porque na matriz de comparação entre os fatores a imagem correspondente à área urbana (bairros estabelecidos) entrou na 1ª ordem da matriz. Esse resultado era de se esperar, visto que satisfaz um dos parâmetros propostos inicialmente que é o da importância da área em estudo estar o mais próximo da área urbana. Com isso, a implantação da nova área urbana acarretaria um custo menor na instalação da infra-estrutura básica de equipamentos urbanos.

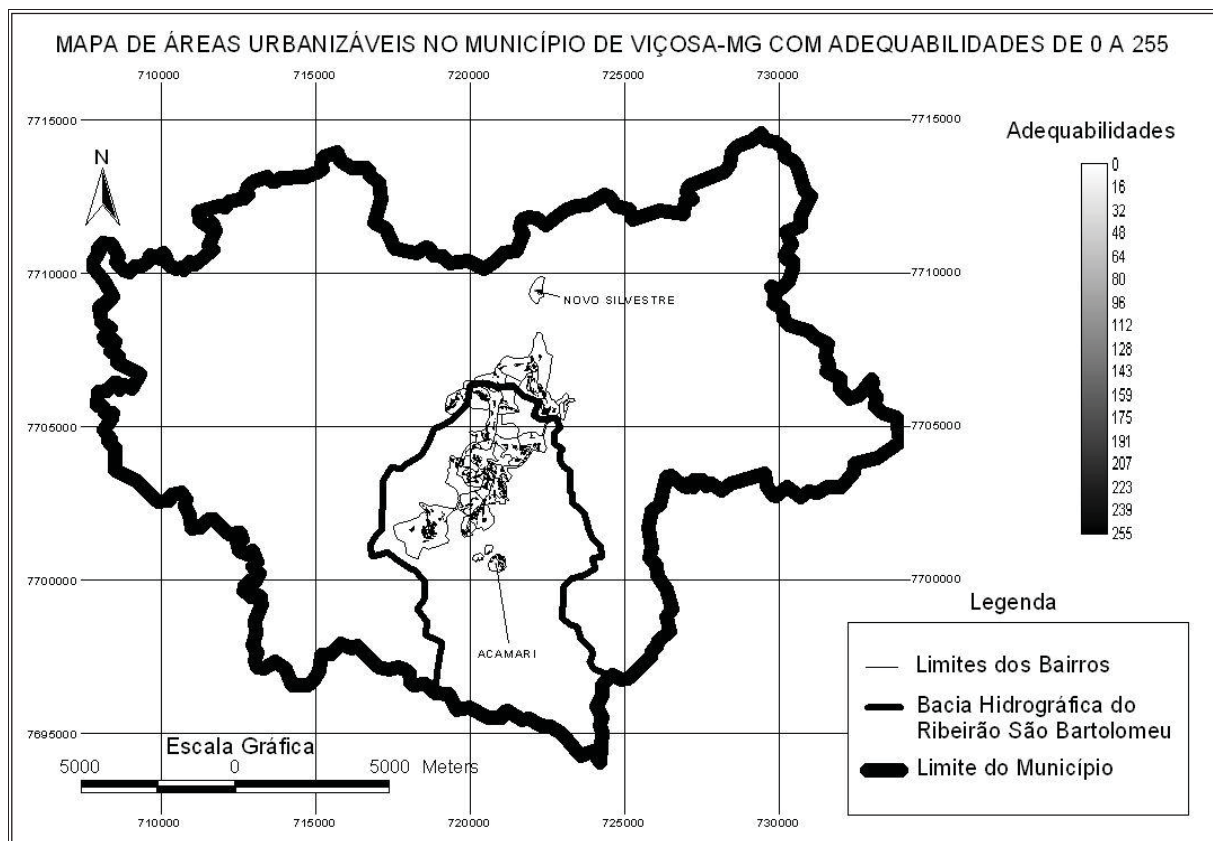
Também, é possível observar a grande quantidade de áreas com adequabilidade nula. Estas áreas estão associadas às restrições estabelecidas no módulo *MCE*, principalmente, às que se referem à ocupação de áreas com declividades superiores a 45° e às áreas com capoeira ou mata densa.

Outra observação importante, é que a Bacia do Ribeirão São Bartolomeu apresentou muitas áreas com elevada adequabilidade. Em outras palavras, a princípio, essa região seria uma excelente proposta de expansão urbana. Entretanto, é preciso um



estudo mais aprofundado para assegurar que uma acentuada ocupação nessa região não cause a degradação dos recursos hídricos da bacia, visto que, o abastecimento de água da cidade de Viçosa-MG provém, principalmente, do Ribeirão São Bartolomeu.

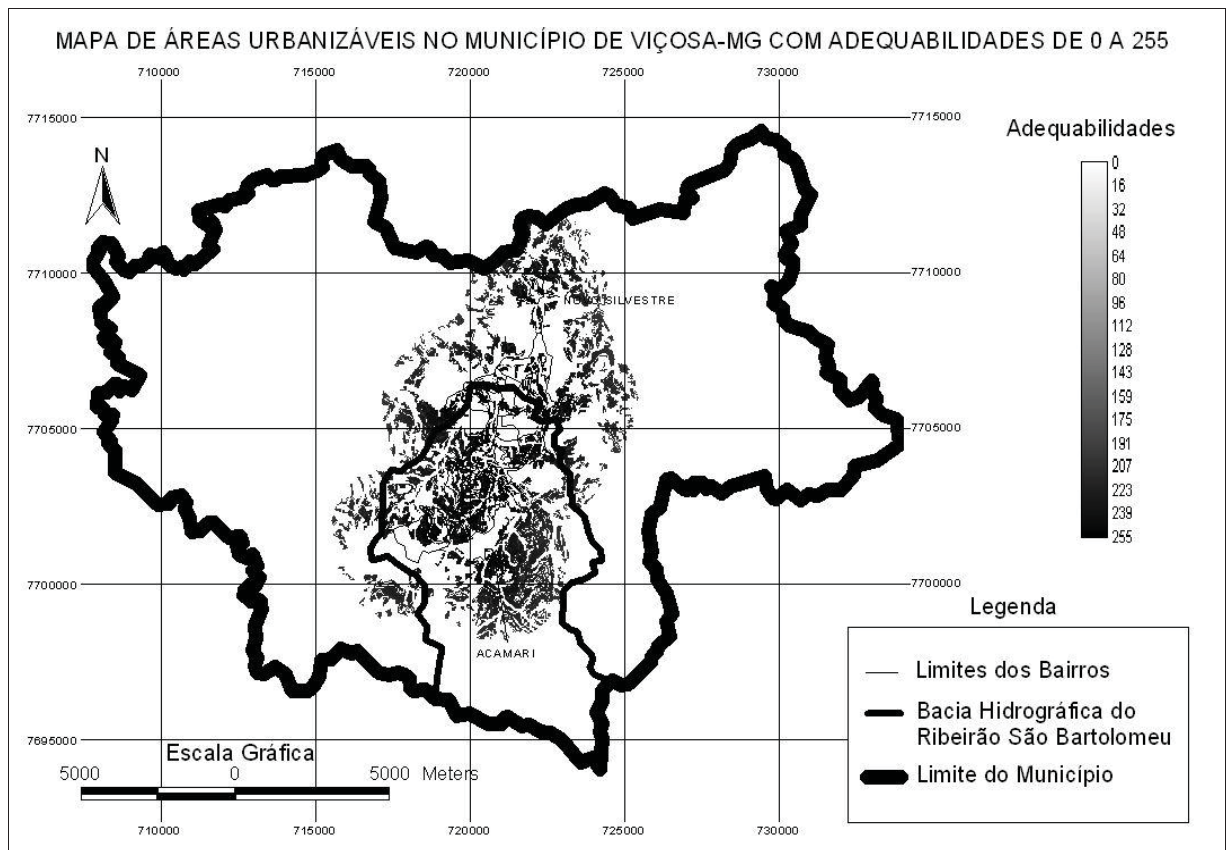
O operador *RUM MACRO* foi usado para identificar as áreas iguais ou superiores a 1ha e com a máxima adequabilidade (255). O resultado deste processamento foi a imagem que está representada na Figura 5.



**Figura 5.** Mapa de áreas urbanizáveis no município de Viçosa-MG iguais ou superiores a 1ha e com máxima adequabilidade (255).

Foram encontradas 56 áreas que atenderam as condições estabelecidas. Ou seja, são poucas as áreas com a máxima adequabilidade (255).

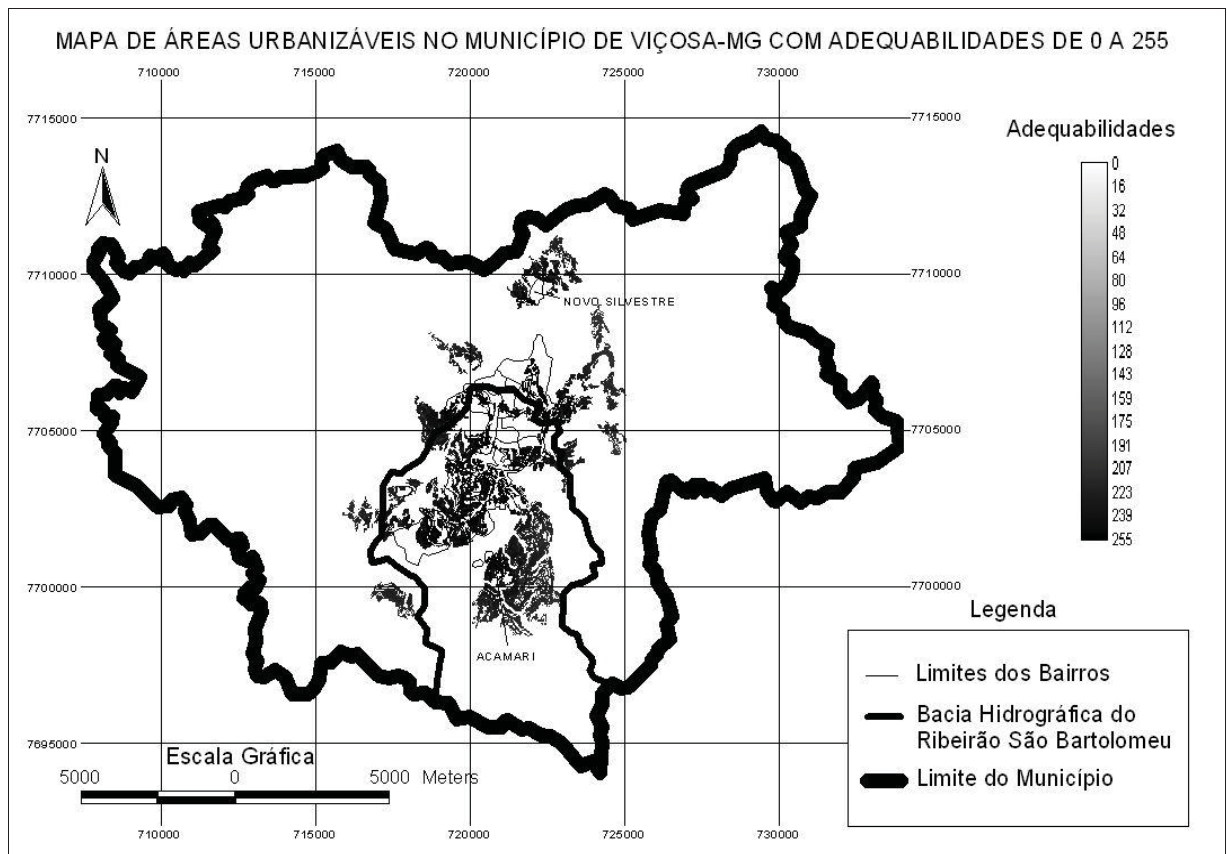
Novamente, o operador *RUM MACRO* foi usado para identificar as áreas iguais ou superiores a 1ha e com adequabilidades iguais ou superiores a 200. O resultado deste processamento foi a imagem que está representada na Figura 6.



**Figura 6.** Mapa de áreas urbanizáveis no município de Viçosa-MG iguais ou superiores a 1ha e com adequabilidades iguais ou superiores a 200.

Com esta maior flexibilidade, isto é, exigindo menos no procedimento (redução da adequabilidade para 200), foram encontradas 218 áreas.

Por fim, um novo processamento foi realizado com o objetivo de identificar as áreas iguais ou superiores a 30ha e com adequabilidades iguais ou superiores a 200. O resultado deste processamento foi a imagem que está representada na Figura 7.



**Figura 7.** Mapa de áreas urbanizáveis no município de Viçosa-MG iguais ou superiores a 30ha e com adequabilidades iguais ou superiores a 200.

Baseado nos parâmetros estabelecidos no operador *RUN MACRO*, a imagem processada apresentou 20 áreas, dentre as quais, uma boa parte destas áreas se encontra dentro da região da Bacia do Ribeirão São Bartolomeu.

Uma análise particular foi feita em dois bairros: Novo Silvestre e Acamari. Ambos apresentam áreas com valores semelhantes e estão em locais opostos dentro do município de Viçosa-MG. Entretanto, segundo os parâmetros estabelecidos, o bairro Novo Silvestre não poderia existir, visto que a região onde o bairro se encontra não foi selecionada por possuir adequabilidade abaixo de 200 e área abaixo de 30ha. Ao contrário, o bairro Acamari está completamente inserido numa excelente região, ou seja, a região possui altas adequabilidades e grandes dimensões.

## 5. Considerações finais

O objetivo de obter mapas com áreas urbanizáveis baseando-se nas informações do município de Viçosa-MG foi alcançado. Na Figura 4, foram identificadas as áreas com adequabilidades que variam de 0 a 255. Em síntese, é possível verificar as áreas com maior ou menor adequabilidades no que se refere à

ocupação urbana. Entretanto, é na imagem da Figura 5, que foram determinadas as áreas com a máxima adequabilidade (255), conforme os parâmetros estabelecidos.

É importante deixar claro que deve ser utilizado um maior número de informações para dar maior credibilidade às áreas identificadas como aptas ao crescimento urbano. Então, como recomendações para trabalhos futuros, é sugerido que sejam acrescentados a este trabalho os seguintes itens:

- A identificação de áreas do terço superior de morros, montes ou montanhas, como esta descrito na Lei Estadual n.º 14.309, de 19 de junho de 2002;
- Mapa Geotécnico do Município;
- Mapa Hidrogeológico do Município;
- Mapa de Arruamento (atualizado) do Município;
- Melhorar a escala das curvas de nível;
- Etc..

Ao agregar maior número de variáveis ao sistema utilizado, podem-se estabelecer critérios que nortearão a ocupação das áreas identificadas como propensas à ocupação de novos equipamentos urbanos o que é de suma importância para a segurança dos novos empreendimentos imobiliários bem como para a administração municipal.

Por fim, uma vez definida a área de expansão urbana, é sugerido que a sua ocupação efetiva siga as recomendações e conceitos contidos no Manual de Recomendações para a Elaboração de Projetos de Loteamentos, principalmente no que se refere aos seguintes itens: a hierarquização do sistema viário; o adensamento das áreas mais favoráveis; a implantação de lotes com maior dimensão ao longo das curvas de nível; a preservação das linhas de drenagem natural; a localização das áreas comerciais e de áreas públicas destinadas à implantação de equipamentos comunitários; e a infra-estrutura. É importante ressaltar que de nada adiantará a identificação das áreas aptas à ocupação urbana se não houver um ordenamento estruturado na própria ocupação destas áreas aptas.

## 6. Referências Bibliográficas

BAPTISTA, A. C. et al. Análise multicritério aplicado à seleção de áreas para expansão urbana, na APA Petrópolis-RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 22., Macaé, 2005. Anais... São Paulo: Monferrer Produções Ltda., 2005. p. 01-10.

BRASIL. Lei Federal n.º 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano.

BRASIL. Lei Federal n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo código florestal.

BRASIL. Lei Federal n.º 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui a lei de unidade de conservação.

CALIJURI, M. L. e LORENTZ, J. F. Análise multicritério. Viçosa: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFV, 2003. 77p.

CORRÊA, G. F. Modelo de evolução e mineralogia da fração argila de solos do planalto de Viçosa-MG. 1984. 87f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1984.

DUARTE, F. Arquitetura e tecnologias de informação: da revolução industrial à revolução digital. São Paulo: UNICAMP, 1999. 204 p.

GADRET, H. J. Trânsito: superfunção urbana. Rio de Janeiro de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1969.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados populacionais. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso: 20 de novembro de 2005.

MELLO, F. A. O. Análise do processo de formação da paisagem urbana de Viçosa, Minas Gerais. 2002. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

MINAS GERAIS. Lei Estadual n.º 14.309, de 19 de junho de 2002. Institui a Lei das Políticas Florestal e de Proteção à Biodiversidade.

MORETTI, R. S. Loteamentos: manual de recomendações para elaboração de projetos. São Paulo: IPT, 1986 (Pub. 1635).

RIBEIRO FILHO, G. B. A formação do espaço construído: cidade e legislação urbanística em Viçosa-MG. 1997. 234f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.

SILVA, T. O. Alternativas de traçado do anel viário urbano da cidade de Viçosa-MG, através da integração SIG (análise multicritério). 2004. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

VIÇOSA. Lei Municipal n.º 1.420, de 21 de dezembro de 2000. Dispõe sobre a ocupação, uso do solo e zoneamento do município de Viçosa-MG.

VIÇOSA. Lei Municipal n.º 1.383, de 25 de maio de 2000. Dispõe sobre o Plano Diretor de Viçosa.