

NÍCIA BEZERRA FORMIGA LEITE

**Associação da Análise Booleana e Lógica Fuzzy ao sistema de
informação geográfica aplicados a Planos Diretores. Estudo de
caso: Ponte Nova, MG.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

**Viçosa
Minas Gerais – Brasil
2005**

Nícia Bezerra Formiga Leite

**Associação da Análise Booleana e Lógica Fuzzy ao sistema de
informação geográfica aplicados a Planos Diretores. Estudo de
caso: Ponte Nova, MG.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

APROVADA, 15 de setembro de 2004

Prof. Eduardo Antônio Gomes Marques
(Conselheiro)

Prof. Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá
(Conselheiro)

Prof. Paulo Tadeu Leite Arantes

Prof^a Christianne de Lyra Nogueira

Prof^a Maria Lúcia Calijuri
(Orientadora)

DEDICO

Ao meu marido Luiz Fernando,
sem ele, não teria conseguido

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre ao meu lado, nesta longa jornada.

Aos meus filhos, Luis Felipe e Ana Livia, pelo amor transmitido e por compreenderem os momentos de ausência pelo quais passamos durante todo o processo para conclusão deste Mestrado.

Aos meus pais, Amaro e Nice, a minha Tia Nira, e a todos meus familiares pelo apoio e incentivo.

Ao meu sogro e sogra, Magela e Socorro, e a minha cunhada, Ana Laura, pelo incentivo e torcida para conclusão deste trabalho.

À Professora Maria Lúcia Calijuri, pela orientação, apoio, confiança e paciência dedicada a mim durante a elaboração deste trabalho.

Aos Professores Eduardo Marques e Antônio Cleber Tibiriça, pela amizade, apoio e ensinamentos científicos, fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Aos Professores Paulo Tadeu e Christianne de Lyra Nogueira, pelas sugestões apresentadas para melhoria da qualidade deste trabalho.

Aos Professores Roberto Azevedo e Izabel Azevedo, pela confiança, incentivo e carinho nos momentos difíceis durante todo o Curso.

Ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa – UFV, pela acolhida e acreditar no trabalho a ser desenvolvido.

À Cristina, Secretária da Pós-Graduação do DEC, pelo apoio e auxílio em todos os momentos.

À Prefeitura de Ponte Nova, que me auxiliou e forneceu os dados necessários para a elaboração e desenvolvimento deste trabalho, em especial, Yuri de Assis e Germano, que tão bem acolheram a idéia e a incentivaram.

Aos colegas do LabSigeo, principalmente a Juliana, pelo apoio e paciência, durante o desenvolvimento deste trabalho

Á todos os colegas e amigos, do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, por terem sido à base de apoio e incentivo para concretizar este trabalho.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo concedida.

Aos colegas da pós-graduação, que acreditaram e apoiaram uma Arquiteta Urbanista na Engenharia Civil.

À todos que de uma forma ou de outra, contribuíram para conclusão deste trabalho.

CONTEÚDO

<u>LISTA DE QUADROS</u>	vi
<u>LISTA DE FIGURAS</u>	vii
<u>RESUMO</u>	ix
<u>ABSTRACT</u>	xi
<u>INTRODUÇÃO GERAL</u>	1
<u>CAPÍTULO 1</u>	4
<u>ANÁLISE DA ASSOCIAÇÃO DO MÉTODO BOOLEANO AO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) NA PROPOSTA DE ZONEAMENTO URBANO DE PONTE NOVA-MG.</u>	4
<u>1. INTRODUÇÃO</u>	4
<u>2. MATERIAL E MÉTODOS</u>	7
<u>2.1. Localização da área de estudo</u>	7
<u>2.2. Materiais Utilizados</u>	8
<u>2.3. Procedimentos</u>	8
<u>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	20
<u>4. CONCLUSÕES</u>	25
<u>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	26
<u>CAPÍTULO 2</u>	29
<u>PROPOSTA DE ZONEAMENTO URBANO DO MUNICÍPIO DE PONTE NOVA- MG POR MEIO DA ASSOCIAÇÃO DA LÓGICA FUZZY AO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG).</u>	29
<u>1. INTRODUÇÃO</u>	29
<u>2. material e Métodos</u>	32
<u>2.1. Localização da área de estudo</u>	32
<u>2.2. Materiais Utilizados</u>	33
<u>2.3. Procedimentos</u>	34
<u>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	55
<u>4. CONCLUSÕES</u>	60

<u>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	61
<u>CAPÍTULO 3</u>	64
<u>ASSOCIAÇÃO DA ANÁLISE BOOLEANA E DA LÓGICA FUZZY, AO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NO ZONEAMENTO URBANO DE PONTE NOVA-MG.</u>	64
<u>1. INTRODUÇÃO</u>	64
<u>2. MATERIAL E MÉTODOS</u>	66
<u>2.1. Localização da área de estudo</u>	66
<u>2.2. Materiais Utilizados</u>	68
<u>2.3. Procedimentos</u>	68
<u>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	72
<u>4. CONCLUSÕES</u>	77
<u>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	78
<u>CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	80
<u>ANEXOS</u>	81

LISTA DE QUADROS

CAPITULO 1

<u>Quadro 1. Áreas totais do Zoneamento proposto para o Município de Ponte Nova-MG , por meio do método Booleano</u>	21
<u>Quadro 1 – Fatores e restrições associados aos critérios ambiental e socioeconômico e as respectivas funções <i>Fuzzy</i> adotadas</u>	39
<u>Quadro 2. Áreas totais do Zoneamento proposto para o Município de Ponte Nova-MG por meio da lógica <i>Fuzzy</i></u>	56
<u>Quadro 1. Percentagem das áreas propostas para o Zoneamento do Município de Ponte Nova-MG pelos métodos Booleano e <i>Fuzzy</i> e seu comparativo</u>	73

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

<u>Figura 1. Localização do Município de Ponte Nova em relação ao Estado de Minas Gerais e sua capital.</u>	7
<u>Figura 2. Percentual de unidades residenciais do Município de Ponte Nova.</u> ..	11
<u>Figura 3. Percentual de unidades comerciais do Município de Ponte Nova.</u>	12
<u>Figura 4. Percentual de unidades industriais do Município de Ponte Nova.</u>	13
<u>Figura 5. Percentual de unidades institucionais do Município de Ponte Nova.</u> .	14
<u>Figura 6. Percentual de unidades de serviço do Município de Ponte Nova.</u>	15
<u>Figura 7. Carta de declividade do Município de Ponte Nova.</u>	16
<u>Figura 8. Hidrografia do Município de Ponte Nova.</u>	17
<u>Figura 9. Mapa de Vias do Município de Ponte Nova.</u>	18
<u>Figura 10. Carta de riscos geológicos de esgotamento do Município de Ponte Nova.</u>	19
<u>Figura 11. Zoneamento proposto para o Município de Ponte Nova.</u>	22

CAPITULO 2

<u>Figura 1. Localização do Município de Ponte Nova em relação ao Brasil, ao Estado de Minas Gerais e Microrregião da Zona da Mata Mineira.</u>	32
<u>Figura 2. Representação gráfica de uma função triangular</u>	35
<u>Figura 3. Representação gráfica de uma função trapezoidal.</u>	35
<u>Figura 4. Representação gráfica de uma função LR (Left-Right)</u>	36
<u>Figura 5. Exemplos de função sigmoidal</u>	37
<u>Figura 6. Exemplos de função linear</u>	38
<u>Figura 7. Restrição de corpos d'água e áreas limítrofes de 15m de suas margens.</u>	41
<u>Figura 8. Restrição de áreas com declividade superior a 30% .</u>	42
<u>Figura 9. Restrição perímetro da área urbana total (AUT).</u>	43
<u>Figura 10. Fator referente ao grau de incidências de áreas residenciais (40-60%), com função sigmoidal decrescente.</u>	43
<u>Figura 11. Fator referente ao grau de incidências de áreas residenciais (60-80%), com função sigmoidal decrescente.</u>	44
<u>Figura 12. Fator referente ao grau de incidências de áreas residenciais (80-100%), com função sigmoidal decrescente</u>	45

<u>Figura 13. Fator referente ao grau de incidências de áreas comerciais (15-20%), com função sigmoidal decrescente.</u>	46
<u>Figura 14. Fator referente ao grau de incidências de áreas comerciais (15-20%), com função sigmoidal crescente.</u>	47
<u>Figura 15. Fator referente ao grau de incidências de áreas comerciais (05-15%), com função sigmoidal decrescente.</u>	48
<u>Figura 16. Fator referente ao grau de incidências de áreas institucionais, com função sigmoidal decrescente.</u>	49
<u>Figura 17. Fator referente ao grau de incidências de áreas industriais, com função sigmoidal crescente.</u>	50
<u>Figura 18. Fator referente ao grau de incidências de áreas de serviço, com função sigmoidal decrescente.</u>	51
<u>Figura 19. Fator de distância dos eixos axiais das vias públicas, com função linear decrescente.</u>	52
<u>Figura 20. Fator associada as distância dos riscos geológicos(nível alto), com função sigmoidal decrescente.</u>	53
<u>Figura 21. Fator relativo as alturas das construções(gabarito acima de 3 pavimentos), com função sigmoidal decrescente.</u>	54
<u>Figura 22. Zoneamento para o Município de Ponte Nova.</u>	57
<u>Figura 23. Zonas de preservação.</u>	59
CAPITULO 3	
<u>Figura 1. Localização do Município de Ponte Nova em relação ao Estado de Minas Gerais e sua capital. Imagem de satélite com articulação compatível com a escala 1:25.000 (IBGE).</u>	67
<u>Figura 2. Comparação entre o modelo Booleano (A) e a lógica Fuzzy (B). Adaptado de Borrough (1989).</u>	70
<u>Figura 3. Mapas de zoneamento proposto pelos métodos Booleano (A) e Fuzzy (B).</u>	71
<u>Figura 4. Áreas de coincidência entre os métodos Booleano e Fuzzy.</u>	74
<u>Figura 5. Áreas de coincidência das Zonas de Preservação entre os métodos Booleano e Fuzzy.</u>	76

RESUMO

LEITE, Nícia Bezerra Formiga, M.S., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2004. **Associação da Análise Booleana e Lógica Fuzzy ao sistema de informação geográfica aplicados a Planos Diretores. Estudo de caso: Ponte Nova, MG.** Orientadora: Maria Lúcia Calijuri. Conselheiros: Eduardo Antônio Gomes Marques e Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá.

Os métodos mais utilizados nas Ciências da Terra aplicadas as áreas urbanas são o sensoriamento remoto, a geologia, a geoquímica e a geofísica. Os dados obtidos com estes métodos são integrados, de forma multidisciplinar, às informações de caráter social, econômico, cultural e arquitetônico, em Sistema de Informações Geográficas (SIG). A integração desses dados permite a compreensão de diferentes problemáticas e o emprego de métodos específicos de mitigação, reestruturação e planejamento do ambiente urbano. Os objetivos deste trabalho foram: a) resolver problemas de modelagem espacial, tendo como principal fator o Plano Diretor. b) avaliar a capacidade de métodos diferentes de análise de decisão, na apresentação de dados em diferentes níveis de detalhes, dentro do enfoque holístico ou analítico com que se estuda a cidade. c) testar a aplicabilidade e viabilidade do SIG no processo de formulação de um Plano Diretor. Para a consecução desses objetivos, foram gerados mapas temáticos a partir dos diagnósticos realizados para o Plano Diretor do Município de Ponte Nova, Estado de Minas Gerais, para posteriores interpretações e interações, por meio de dois métodos de análises de apoio à decisão: Booleano e *Fuzzy*. Como resultado final, foram obtidos dois mapas de zoneamento, nos quais, foram propostas zonas residenciais (ZR1, ZR2 e ZR3), comerciais (ZC1 e ZC2), expansão (ZE) e de preservação (ZP). Houve pouca homogeneidade das zonas propostas, quando se procedeu a comparação entre os dois métodos. Pelo método *Fuzzy*, a avaliação é mais completa,

considerando-se o emprego de funções que classificam áreas de modo gradual, indicando um aumento ou decréscimo contínuo entre regiões de nenhuma adequabilidade para uma de total adequabilidade, diferentemente do método Booleano, que se baseia em uma função binária, classificando a partir de critérios aptos e não-aptos. Apesar da diferenciação entre as propostas geradas pelos dois métodos, o uso de SIG como subsídio para o apoio à tomada de decisão no planejamento urbano pode ser considerado de fundamental importância para as organizações administrativas do Poder Público.

ABSTRACT

LEITE, Nícia Bezerra Formiga, M.S., Universidade Federal de Viçosa, september, 2004. **Association of the Boolean Analysis and Fuzzy Logic to the geographical information system applied to master plans. Study of case: Ponte Nova, MG.** Adviser: Maria Lúcia Calijuri. Committee Members: Eduardo Antônio Gomes Marques and Antonio Cleber Gonçalves Tibiriçá.

The most used methods in the Sciences of the Earth applied to the urban areas are the remote sensing, the geology, the geochemistry and the geophysics. The data obtained with these methods are integrated, in a multidisciplinary form, to the information of social, economical, cultural and architectural character, in Geographical Information Systems (GIS). The integration of those data allows the understanding of different problems and the use of specific methods of mitigation, restructuring and planning of the urban environment. The objectives of this work were: a) to solve problems of space modeling, having as main factor the Master Plan. b) to evaluate the capacity of different methods of decision analysis, in the presentation of data in different levels of details, inside of the holistic or analytical focus which the city is studied. c) to test the applicability and viability of GIS in the process of formulation of a Master Plan. For the attainment of those objectives, thematic maps were generated starting from the diagnoses accomplished for the Master plan of the Municipal district of Ponte Nova, State of Minas Gerais, for subsequent interpretations and interactions, through two methods of support decision analyses: Boolean and Fuzzy. As final result, two zoning maps were obtained, in which residential zones (ZR1, ZR2 and ZR3), commercial (ZC1 and ZC2), expansion (ZE) and preservation (ZP) were proposed. There was little

homogeneity of the proposed zones, when the two methods were compared. For the Fuzzy method, the evaluation is more complete, considering the use of functions that classify areas in a gradual way, indicating an increase or continuous decrease among areas of any appropriateness for one of total appropriateness, differently from the Boolean method, that bases on a binary function, classifying by capable and no-capable criterion. In spite of the differentiation among the proposals generated by the two methods, the use of GIS as subsidy to the decision support making in the urban planning has fundamental importance for the public administrative organizations.

INTRODUÇÃO GERAL

A degradação da qualidade ambiental urbana, em decorrência de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente natural remanescente e cultural (construído), torna-se cada vez mais presente e visível no cotidiano das cidades brasileiras, expostas aos impactos e agressões advindos da intensa concentração populacional e do contínuo processo de urbanização e industrialização.

Esta urbanização e a emergência dos problemas ambientais urbanos têm induzido os pesquisadores do planejamento urbano a considerarem os pesos variados da localização, distância, topografia, características geológicas, morfológicas, distribuição da terra, crescimento populacional, estruturação social do espaço urbano e processo de seletividade suburbana ou segregação espacial, com o intuito de procurar as soluções que realmente contribuam para resolver e antever os problemas do meio urbano (Coelho, 2001).

Isso indica que é fundamental otimizar o conhecimento acerca do espaço urbano, ou da cidade, estudando e analisando a forma urbana e seu crescimento como subsídios às políticas de planejamento. Frequentemente, os estudos mostram que o crescimento de cidades é um processo dinâmico, que decorre, constantemente, da invasão de áreas que não são adequadas para uso como solo urbano, induzindo-se, assim o crescimento não planejado da mancha urbana.

A proposta metodológico-conceitual que orienta o processo de planejamento urbano é aquela que coloca a simultaneidade das dimensões política e técnica como elementos constitutivos deste processo, e o instrumento fundamental é o Plano Diretor, que teve o seu ressurgimento, em associação com o planejamento urbano, nas agendas de debate público e governamental, a partir da imposição de sua obrigatoriedade aos Municípios com mais de 20 mil habitantes pela Constituição Federal de 1988. Para consubstanciar o planejamento urbano, em 2001 foi sancionada a Lei Federal 10.257, o Estatuto da Cidade, que reafirma os princípios básicos estabelecidos pela Constituição da União. Nesse instrumento legal reforça-se o caráter municipalista, destacando a importância do Plano Diretor como instrumento básico de

planejamento das políticas urbanas enfatizando a gestão democrática. (Carvalho, 2001).

Em cidades de pequeno e médio portes, os problemas relacionados à urbanização refletem-se principalmente na degradação do solo, provocada na maior parte das vezes pela erosão e desmatamento das áreas rurais (Ribeiro, 1998). Todos esses fatores justificam a necessidade de se elaborar e implantar o Plano Diretor nesses municípios.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são ferramentas adequadas às análises do planejamento urbano, apesar de não terem sido, a princípio, elaborados para desenvolver este tipo de trabalho. De acordo com a complexidade das diretrizes definidas no planejamento, um SIG é capaz de proporcionar um bom serviço de suporte para tomadas de decisão. Loh e Rykel Jr. (1992) definem as seguintes vantagens do uso desse sistema por um gerenciador: todas as informações relevantes do planejamento e gerenciamento estão em um só local; um grande número de alternativas pode ser considerado com a mesma intensidade; as regras de gerência a serem aplicadas podem ser desenvolvidas pelos próprios gerentes; e, principalmente, o processo de tomada de decisão é documentável e as decisões, consistentes, podem ser repetidas.

A maior parte dos planos é fracassada por estarem calcados em conceitos de desenvolvimento unidimensional ou ao conjunto de ações que não representam a realidade, pois não apresentam o conjunto de dados intrinsecamente integrados. Para tanto, é importante a existência de mecanismos que permitam uma permanente realimentação de dados e reavaliação do planejamento. Assim, é necessário que se estabeleça durante o processo de planejamento um banco de dados que possa ser acessado com rapidez e eficiência, que seja georeferenciado, temporal e com referências cruzadas, para ser consultado permanentemente "a posteriori" (Santos et al., 1997).

Os SIGs, ao oferecerem capacidades únicas na automatização, gestão e análise de dados espaciais para a tomada de decisão, têm papel importante na análise de problemas de decisão multicritério. A avaliação multicritério oferece uma vasta coleção de técnicas e procedimentos que permitem revelar as preferências de decisores e incorporá-las em tomadas de decisão baseadas

num SIG, entre as quais estão as lógicas Booleana e *Fuzzy* (Rodrigues et al., 2002).

Estas análises são feitas com o cruzamento de diferentes informações que resultarão em áreas que conterão atributos condizentes com o modelo adotado. Isto, sob o aspecto da lógica Booleana, é o princípio da simultaneidade, no qual vários procedimentos matemáticos, que suportam as diversas relações topológicas entre os objetos espaciais, são representados por um SIG, associados sempre a um atributo ou não (Braghin e Silva, 1997). A lógica *Fuzzy* distingue-se da lógica Booleana por permitir a utilização de um intervalo entre os limites 0 e 1 ou 0 e 255, e não apenas estes, como no caso binário. Como é uma lógica que utiliza valores contínuos, e não discretos, torna-se necessário uma representação por conjuntos, descritos por funções matemáticas (Sui, 1992).

São escassos, na literatura, estudos que visem utilizar a ferramenta SIG na análise de decisões no âmbito geral do planejamento urbano, bem como na análise dos métodos utilizados para este fim. Para elucidar essa assertiva, este estudo objetivou: a) Resolver problemas de modelagem espacial, tendo como principal fator o Plano Diretor. b) Avaliar a capacidade entre métodos diferentes de análise de decisão, na apresentação de dados em diferentes níveis de detalhes, dentro do enfoque holístico ou analítico com que se estuda a cidade. c) Testar a aplicabilidade e viabilidade do SIG no processo de formulação de um Plano Diretor.

CAPÍTULO 1

ANÁLISE DA ASSOCIAÇÃO DO MÉTODO BOOLEANO AO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) NA PROPOSTA DE ZONEAMENTO URBANO DE PONTE NOVA-MG.

1. INTRODUÇÃO

A maior parte da população do planeta concentra-se hoje em áreas urbanas, ocasionando reflexos na degradação ambiental e nas condições de vida. No Brasil, estima-se que 80 % da população esteja hoje nas cidades, diferentemente do que ocorria na década de 60, quando a população rural e urbana era de 70 % e 30 % respectivamente (Hasenack e Weber, 1998). O crescimento populacional e o incremento das atividades econômicas requerem uma ocupação cada vez mais acentuada do território, propiciando uma exploração intensiva dos recursos naturais, com efeitos mais impactantes sobre a biosfera que os processos naturais de alteração do meio ambiente (Gandolfi, 2000).

O processo de crescimento e expansão da área urbanizada no Brasil tem se realizado sem considerar aspectos fundamentais, como a prevenção dos riscos geológicos e hidrológicos urbanos, os quais trazem transtornos e custos para a sociedade e para o ambiente. Além disso, há a necessidade de se realizar um planejamento que contemple a interdisciplinaridade do meio urbano e a perspectiva de soluções em longo prazo.

Um dos instrumentos mais importantes para o planejamento das cidades é o Plano Diretor, cujo objetivo é disciplinar o uso do solo e preservar a qualidade de vida da população. Para implementar os objetivos do Plano, são empregados diversos métodos convencionais, os quais envolvem, essencialmente, análises estatísticas, mapeamentos, zoneamentos e levantamentos cadastrais. Contudo, estes métodos e informações, que representam custos elevados, são pouco integrados para a obtenção de novos e não raro inviabilizam a análise em função do tempo necessário para efetua-la.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) representam uma ferramenta extremamente útil para os propósitos do planejamento urbano, devido essencialmente à capacidade de apresentar os dados em diferentes níveis de detalhe, dentro de enfoques holísticos ou analíticos com que se estuda a região. Além disso, por reunirem um extenso conjunto de aplicativos para coletar, armazenar, recuperar, transformar e representar visualmente dados espaciais e também dados estatísticos ou textuais a ele relacionados, os SIG representam um grande passo para maior racionalização, no planejamento e no gerenciamento de recursos, no rol de atividades de administrações municipais (Hasenack e Weber, 1998).

Neste contexto, as geotecnologias (o uso de tecnologias de sensoriamento remoto (SR) e SIG) têm sido utilizadas como ferramentas importantes para auxiliar os planejadores urbanos a otimizarem os conhecimentos acerca da dinâmica espacial e da forma urbana. Experiências bem sucedidas foram implantadas em países desenvolvidos demonstrando a viabilidade de uma grande quantidade de aplicações do SIG (Weber, 2003). No Brasil, também já existem iniciativas que envolvem o uso do SIG em administrações municipais, em cidades de médio e grande porte (Hasenack e Weber, 1998; Costa e Cintra, 1999; Calijuri et al., 2002). Um dos ganhos que podem ser obtidos por meio do uso do SIG em relação à forma tradicional de analisar o ambiente é a redução da subjetividade, possibilitando a tomada de decisões sobre uma base mais técnica e menos pessoal. Como consequência, obtém-se menor repetição dos processos e procedimentos de rotina das instituições e uma maior racionalização no uso dos recursos financeiros e dos equipamentos sociais.

Com a proposição, por George Boole, dos princípios básicos da lógica Booleana, em meados do século vinte, teve início o tratamento matemático da lógica, fundindo a álgebra à lógica. Atualmente, essa é a base de muitos desenvolvimentos lógicos, algébricos e geométricos. A aplicação desta lógica em um Sistema Informações Geográficas (SIG) resolve boa parte dos problemas do meio urbano (Braghin e Silva, 1997). O modelo Booleano baseia-se na combinação de vários mapas binários, em cada posição x,y para produzir um mapa final, no qual a classe 1 indica áreas que satisfazem determinadas condições pré-estabelecidas e a classe 0 indica todas as áreas restantes, não

satisfatórias, A grande vantagem da abordagem Booleana é a sua simplicidade e a sua facilidade de ser implementada dentro de um ambiente de geoprocessamento (Bonham-Carter, 1994).

Recorrendo ao emprego da abordagem booleana, nesta etapa da pesquisa objetivou-se: a) testar a aplicabilidade e viabilidade do SIG no processo de formulação de um Plano Diretor pelo método Booleano. b) avaliar a capacidade do método Booleano na aplicação do zoneamento urbano.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização da área de estudo

O estudo foi conduzido no Município de Ponte Nova ($20^{\circ} 24' S$, $42^{\circ} 33' W$), localizado ao norte da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais (Figura 1). Com uma área de $471,7 \text{ km}^2$, Ponte Nova possui uma população aproximada de 55.000 habitantes (IBGE, 2002). Devido ao crescimento urbano desordenado, gerando risco de descaracterização no seu patrimônio histórico e ambiental, a Prefeitura, no ano de 2002, iniciou o processo de implementação do seu Plano Diretor.

O Município de Ponte Nova possui uma topografia bastante acidentada, com 80 % de terreno montanhoso e apenas 5 % de plano, com altitude máxima de 862 m. Ponte Nova faz parte da Bacia do Rio Doce e seus principais cursos d'água são o Ribeirão do Canadá e o Rio Piranga.

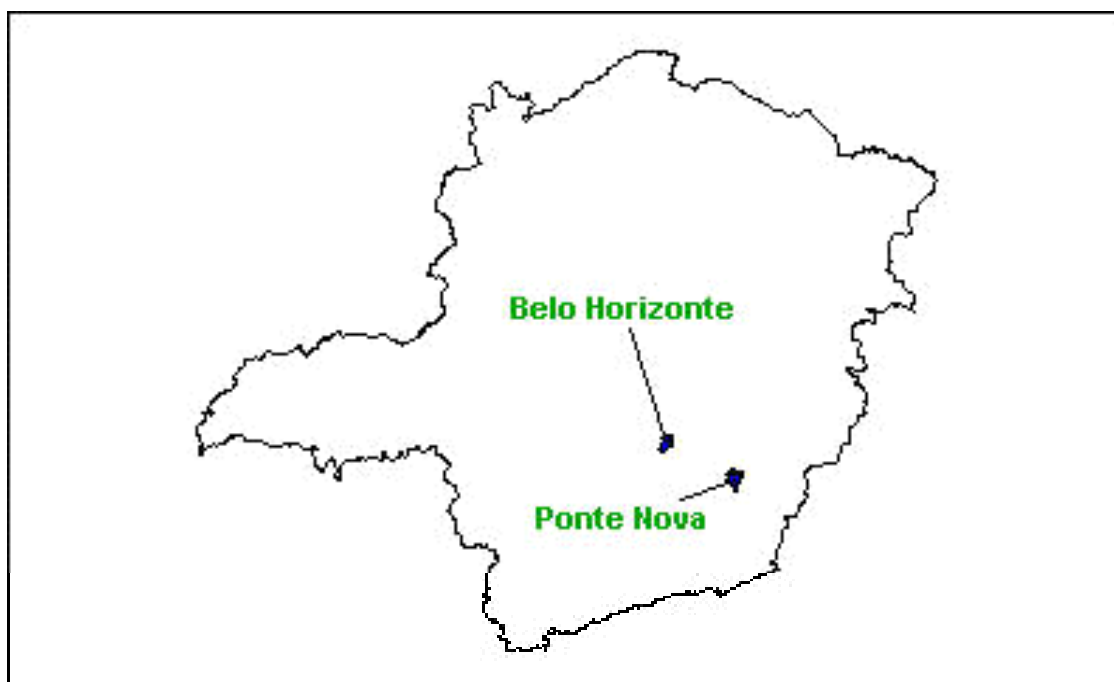


Figura 1. Localização do Município de Ponte Nova em relação ao Estado de Minas Gerais e sua capital.

Fonte: www.cidades.mg.gov.br

O sítio urbano de Ponte Nova é caracterizado geomorfologicamente por morros suaves de cumes arredondados com formato tipo meia-laranja, estrutura típica de terrenos granito-gnássicos, meia encosta e vales abertos. Situa-se na província geotectônica Mantiqueira, ocupando a porção sudeste da folha Ponte Nova SF. 23-X-B-II (CPRM, 1991), e é constituído de solos classificados como Latossolos Vermelhos-Amarelos e Argissolos Vermelhos, predominantemente (IGA, 1982; EMBRAPA, 1999).

2.2. Materiais Utilizados

Foram utilizados os materiais cartográficos digitais e os programas de computador, listados a seguir:

- Cartas planialtimétricas da região do Município de Ponte Nova produzidas pelo IBGE na escala de 1:50.000 (1978) com eqüidistância vertical de 20 metros entre curvas de nível;
- Planta cadastral do núcleo urbano de Ponte Nova, no formato digital;
- Ortofotos da região de Ponte Nova, fornecidas pela CEMIG;
- Mapas temáticos de geologia, pedologia, geomorfologia, malha viária e hidrologia;
- Software GIS Idrisi32, Version I32.2, maio de 2001, The Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis, usado para geração, manipulação e análises espaciais das imagens em formato *raster*;
- Software GIS ArcView 3.2a, Environmental Systems Research Institute, Inc. - para execução do *layout* final das imagens *raster* para impressão;
- Software Cartalinx, The Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis, usado para edição dos mapas obtidos.

2.3. Procedimentos

A primeira etapa do estudo foi a elaboração dos mapas temáticos por meio dos softwares indicados. Os parâmetros utilizados para a elaboração foram àqueles dispostos nas leis federais específicas para parcelamento do

solo urbano e em leis e decretos de diferentes competências que dispõem sobre matérias pertinentes ao parcelamento e ao meio ambiente (Anexo 1).

Em uma segunda etapa, os processos de decisão, visando satisfazer um ou múltiplos objetivos, foram desenvolvidos com base na avaliação de um ou vários critérios (Eastman, 1997). Este processo consistiu na avaliação das melhores áreas para o uso a que lhe foi atribuída, dentro de um determinado espaço geográfico. Um aspecto que constituiu preocupação nessa análise foi à questão do risco associado à decisão. Entre as atitudes mais extremas de risco na avaliação – conservadoras e arriscadas – pode haver lugar para cenários de avaliação que sejam mais compatíveis com as condições que contextualizam a decisão (Melo, 2001). As avaliações foram realizadas por meio da lógica Booleana, compreendendo o levantamento e a análise das condicionantes operacionais, legais, ambientais e socioeconômicos, seguidos da aquisição, armazenamento, descrição e posterior análise, em nível espacial, desses dados georeferenciados.

Após a tomada de decisão, baseada na seleção e hierarquização de alternativas de ação, o processo de planejamento continuou por meio da auto-avaliação. Um dos aspectos de grande importância para o planejamento é analisar, em tempos futuros, a capacidade de manejo ou de implementação das diretrizes propostas em um plano, em vários níveis de administração governamental (Schreier et al., 1994).

O procedimento tradicional de análise Booleana baseia-se no princípio de interseção de conjuntos espaciais de mesma ordem de grandeza. Assim, todos os fatores e critérios adotados para o zoneamento da cidade de Ponte Nova foram ponderados de forma igualitária, e sobrepostos com o intuito de delimitar as áreas finais.

A coleção de mapas obtidos possibilitou uma análise abrangente da área de estudo, com enfoque no planejamento urbano, com o uso das técnicas de geoprocessamento, utilizando principalmente a aplicação da álgebra de mapas, que permite arranjos, combinações e transformações de informações de diversas camadas em uma nova informação. Com a sobreposição, foi possível fazer comparações simultâneas, permitindo arranjos que melhorassem a qualidade das análises. Os parâmetros utilizados para a sobreposição dos mapas obedeceram aos critérios relacionados a seguir: percentual de

residências; percentual de comércio; percentual de indústrias; percentual de serviços; percentual institucional; carta de declividade; carta de riscos geológicos de escorregamento; vias públicas e; hidrografias (Figuras 2-10).

Foram realizadas correlações dos mapas temáticos para obtenção de um zoneamento urbano do Município de Ponte Nova, a partir das áreas sob restrições legais de uso e ocupação do solo, buscando a discriminação das áreas conforme suas características de adequação, levando-se em consideração as condições geológicas desfavoráveis, como em áreas inundáveis ou sujeitas à ação dos processos erosivos. Foram também determinadas as proporções das zonas estudadas em relação à área urbana total (AUT).

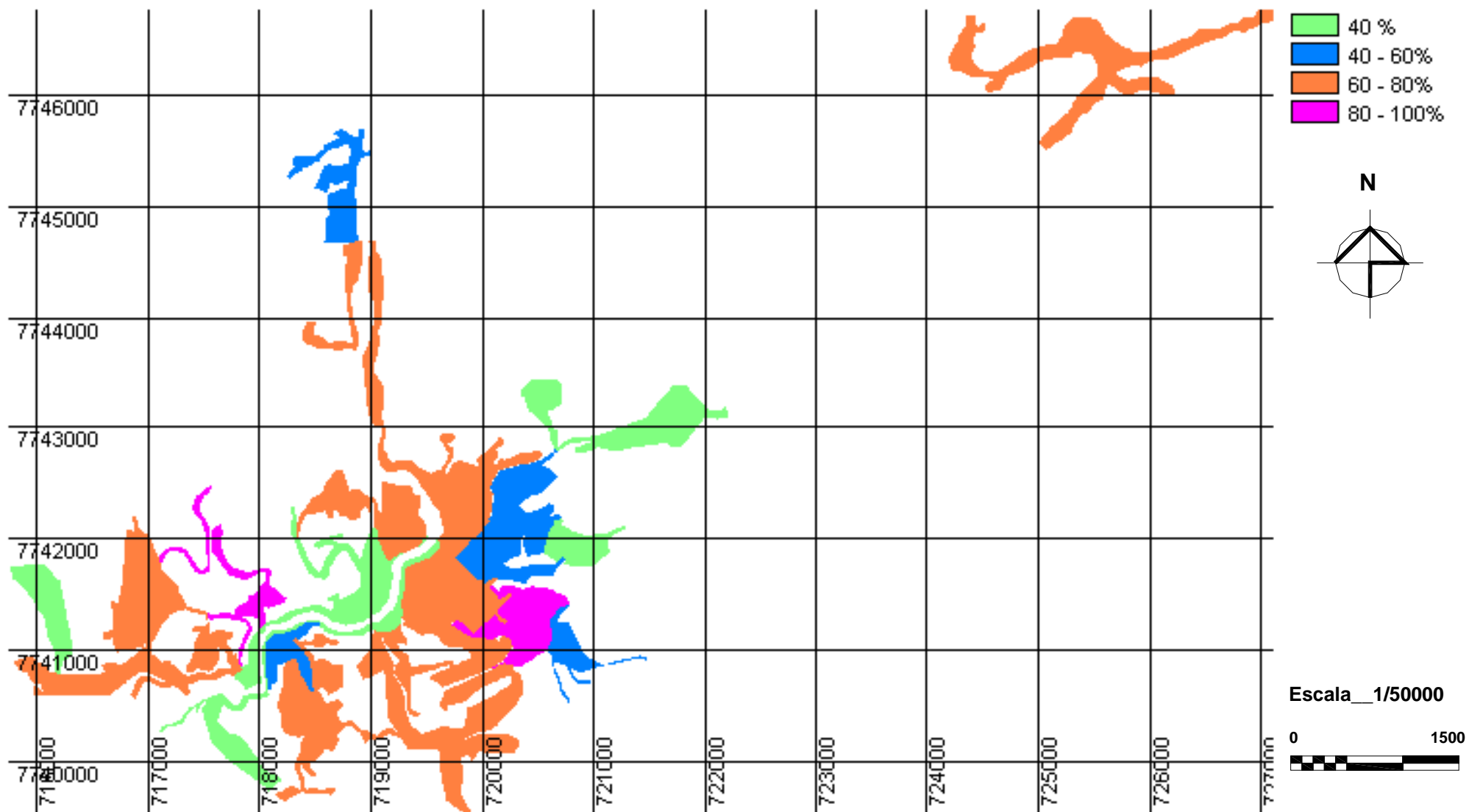


Figura 2. Percentual de unidades residenciais do Município de Ponte Nova.

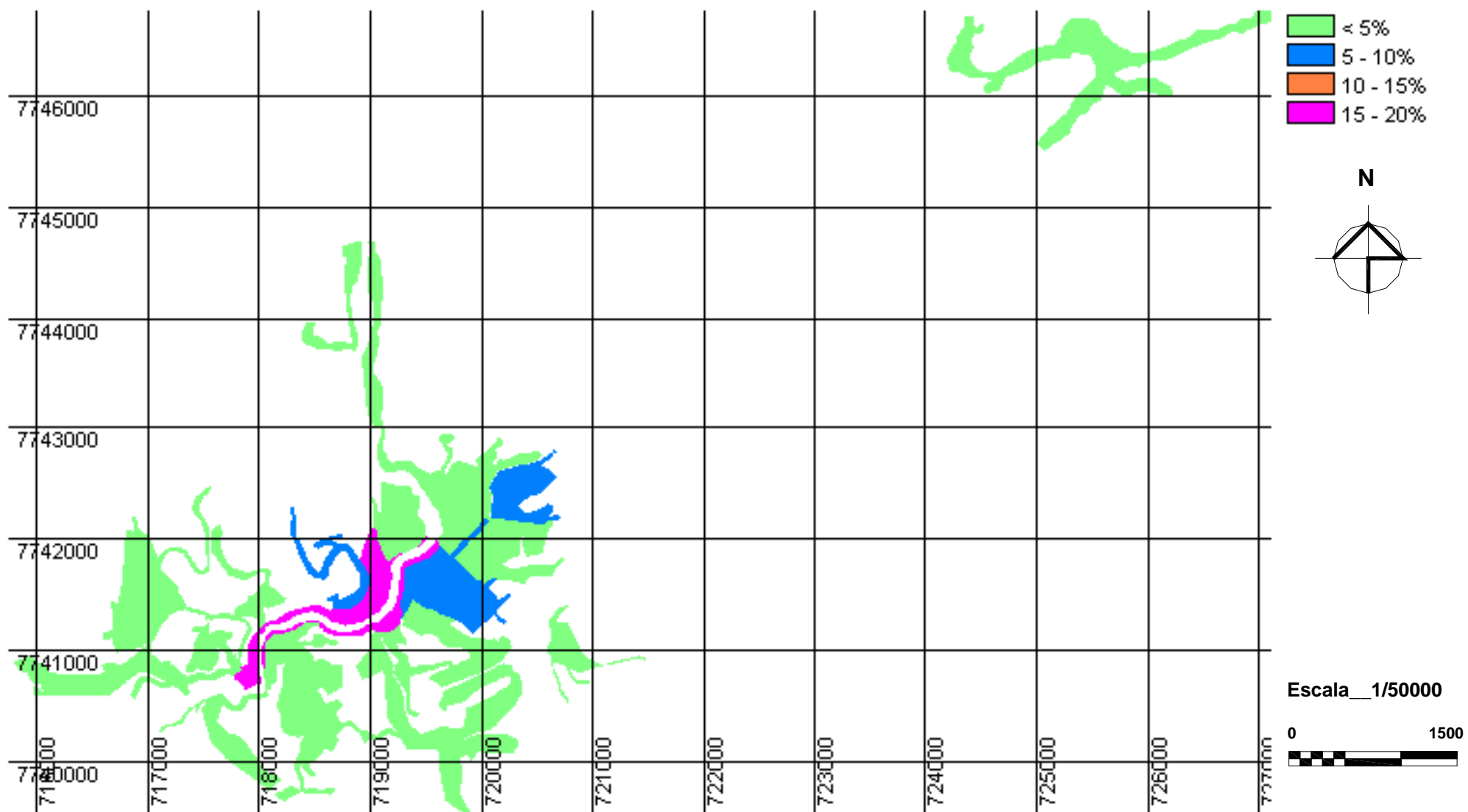


Figura 3. Percentual de unidades comerciais do Município de Ponte Nova.

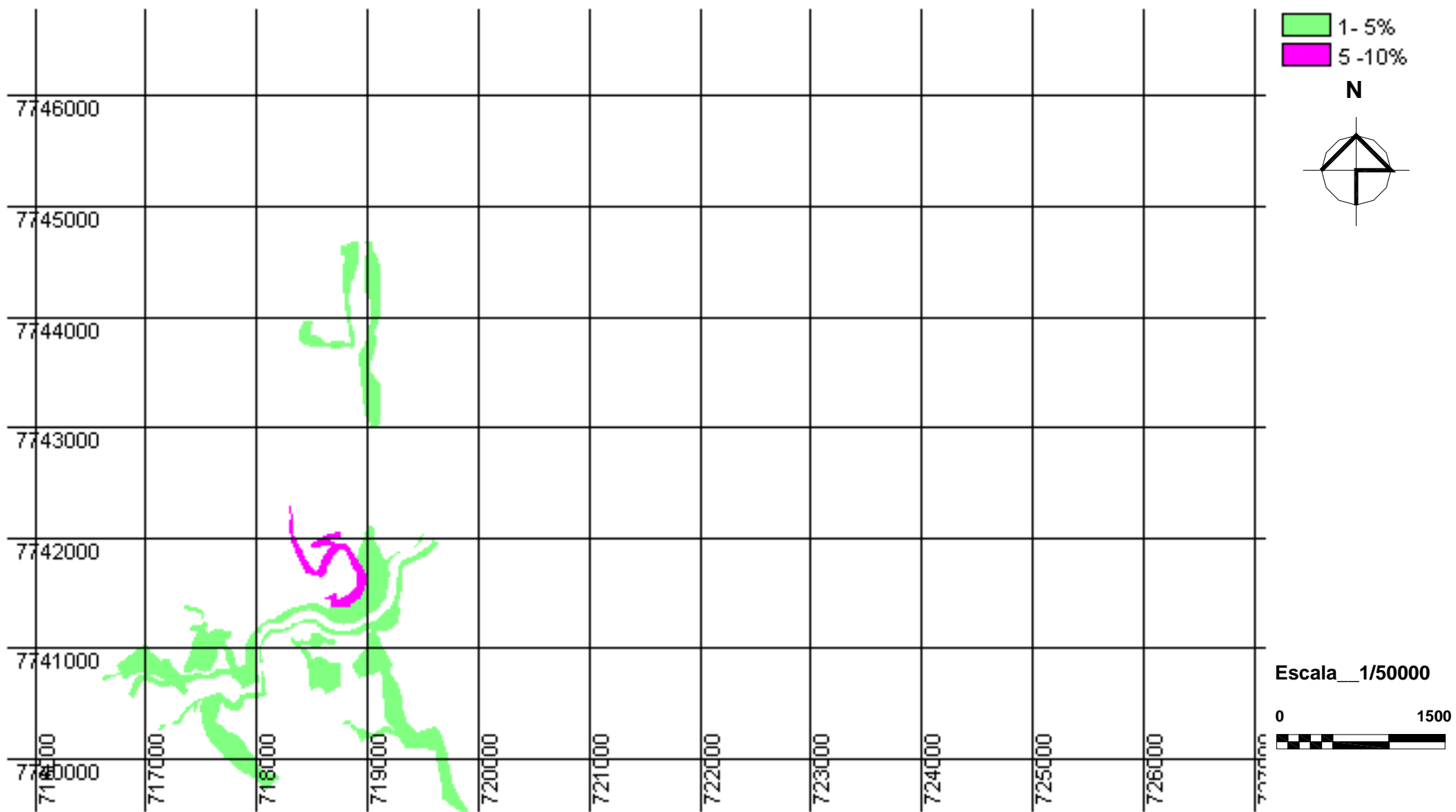


Figura 4. Percentual de unidades industriais do Município de Ponte Nova.

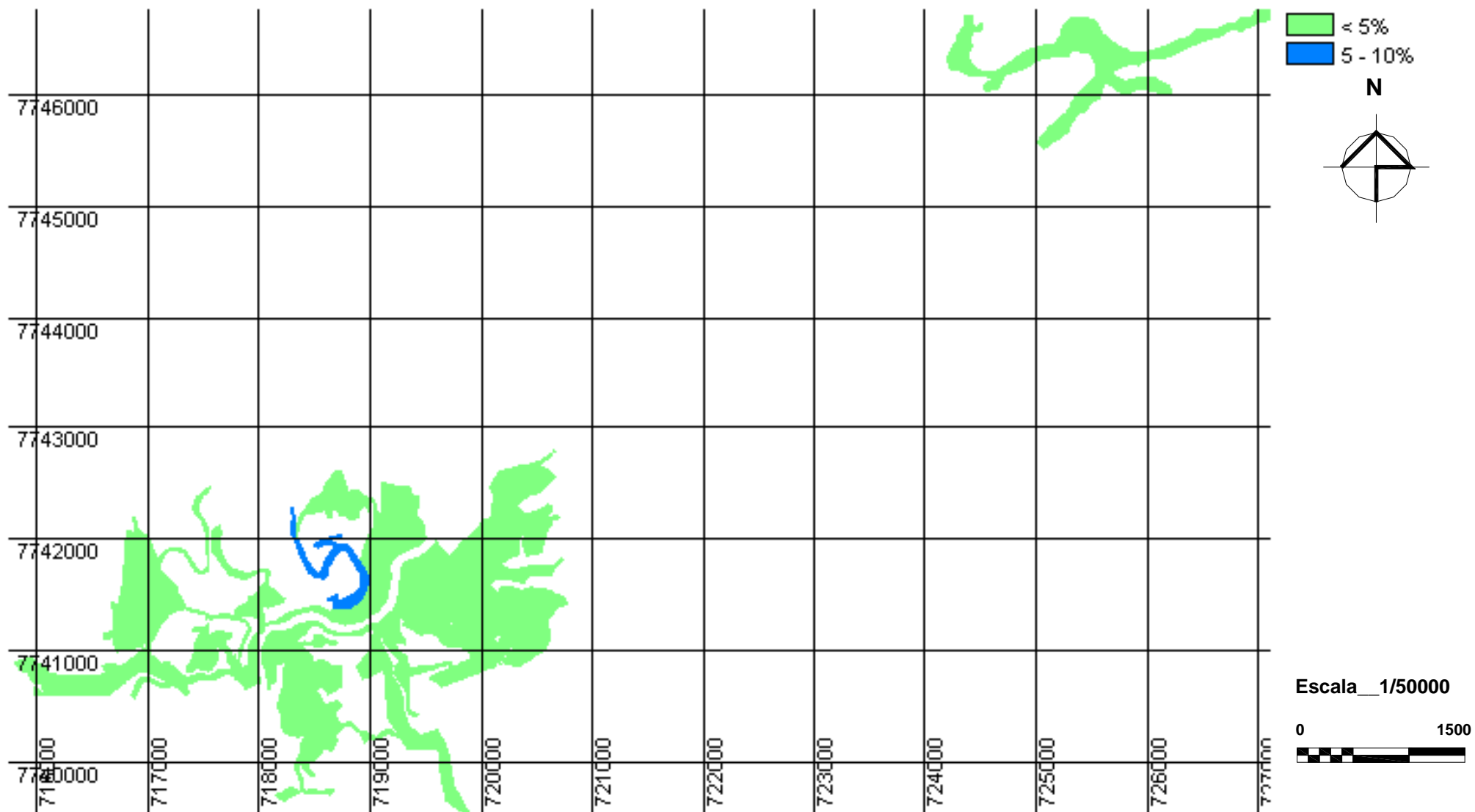


Figura 5. Percentual de unidades institucionais do Município de Ponte Nova.

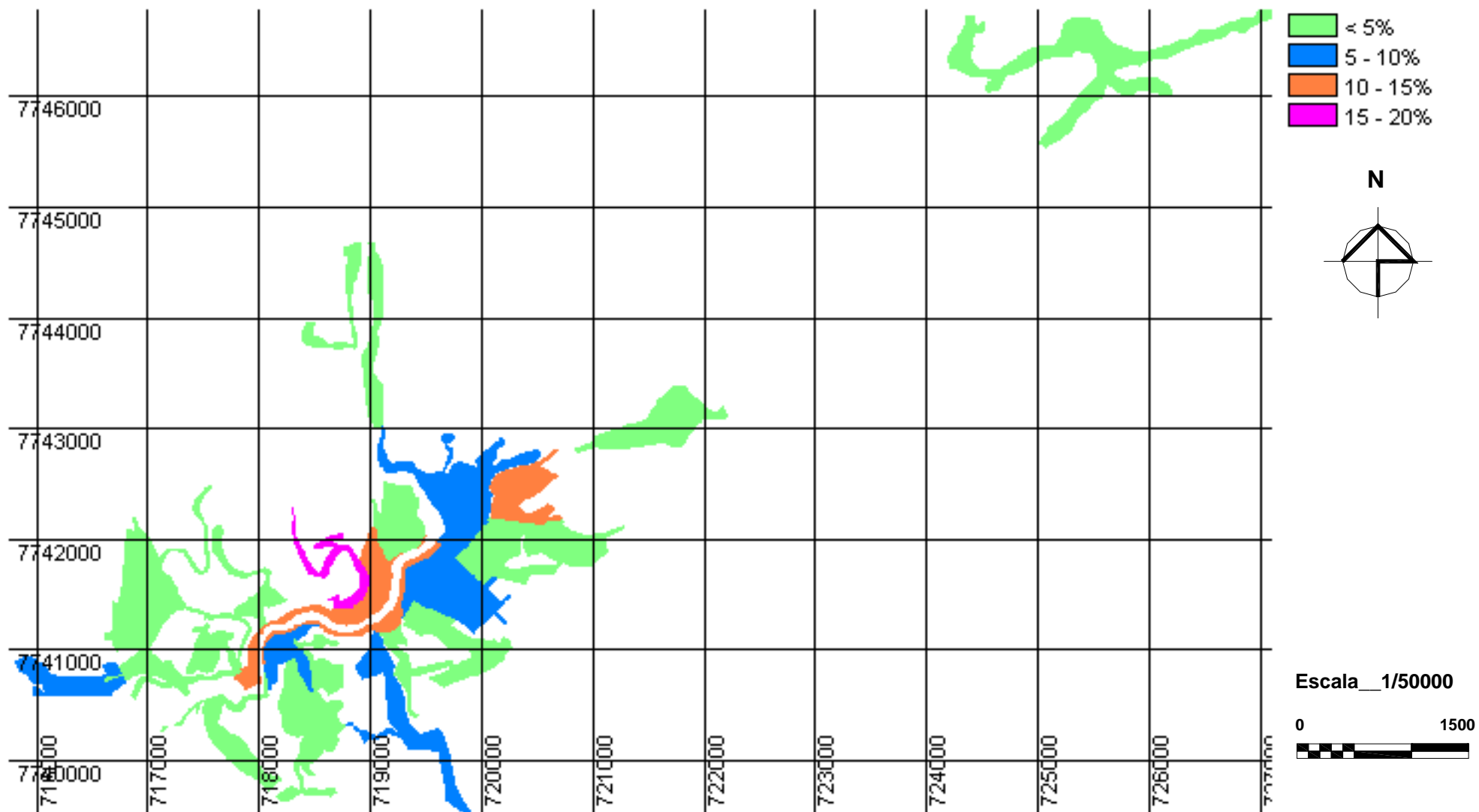


Figura 6. Percentual de unidades de serviço do Município de Ponte Nova.

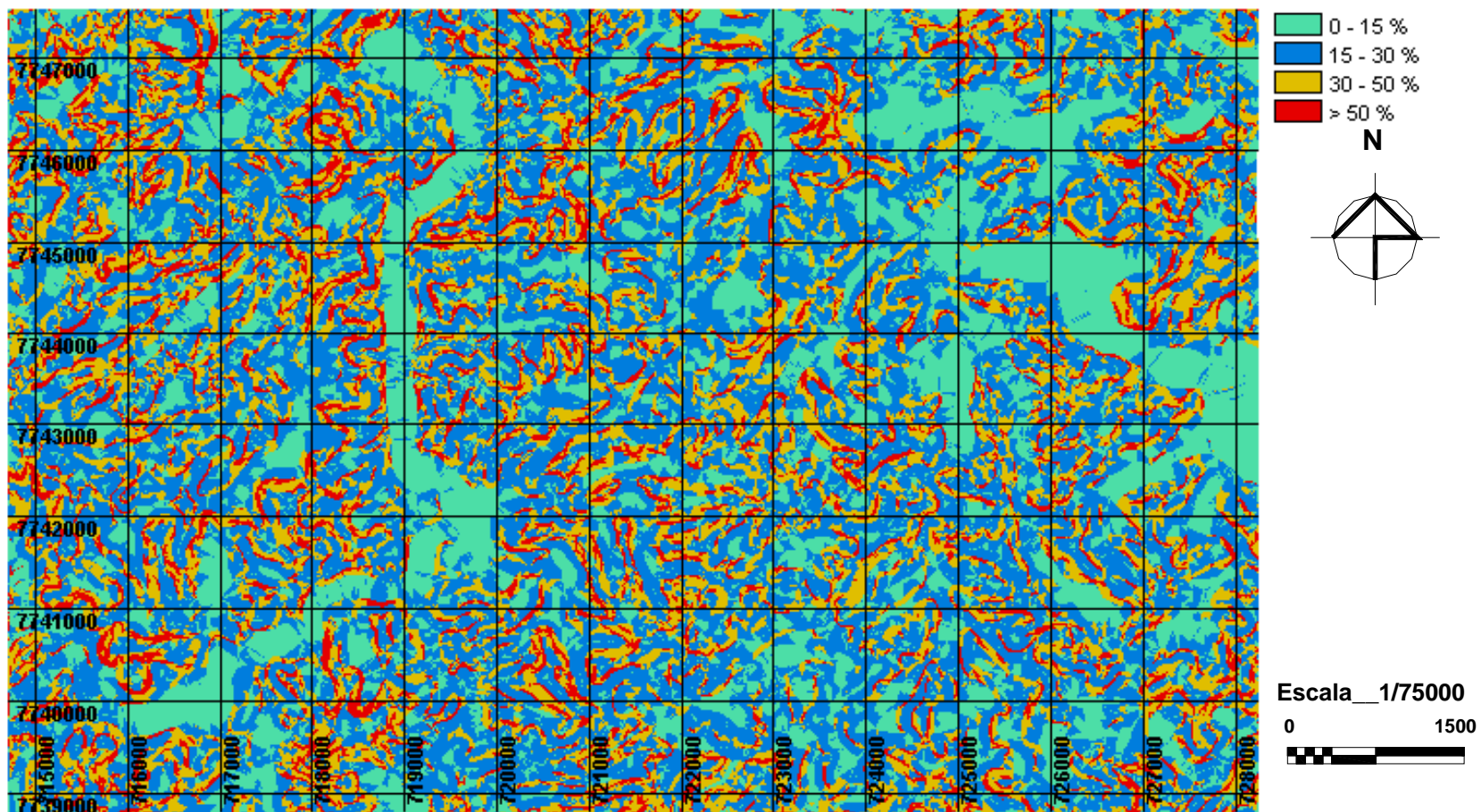


Figura 7. Carta de declividade do Município de Ponte Nova.

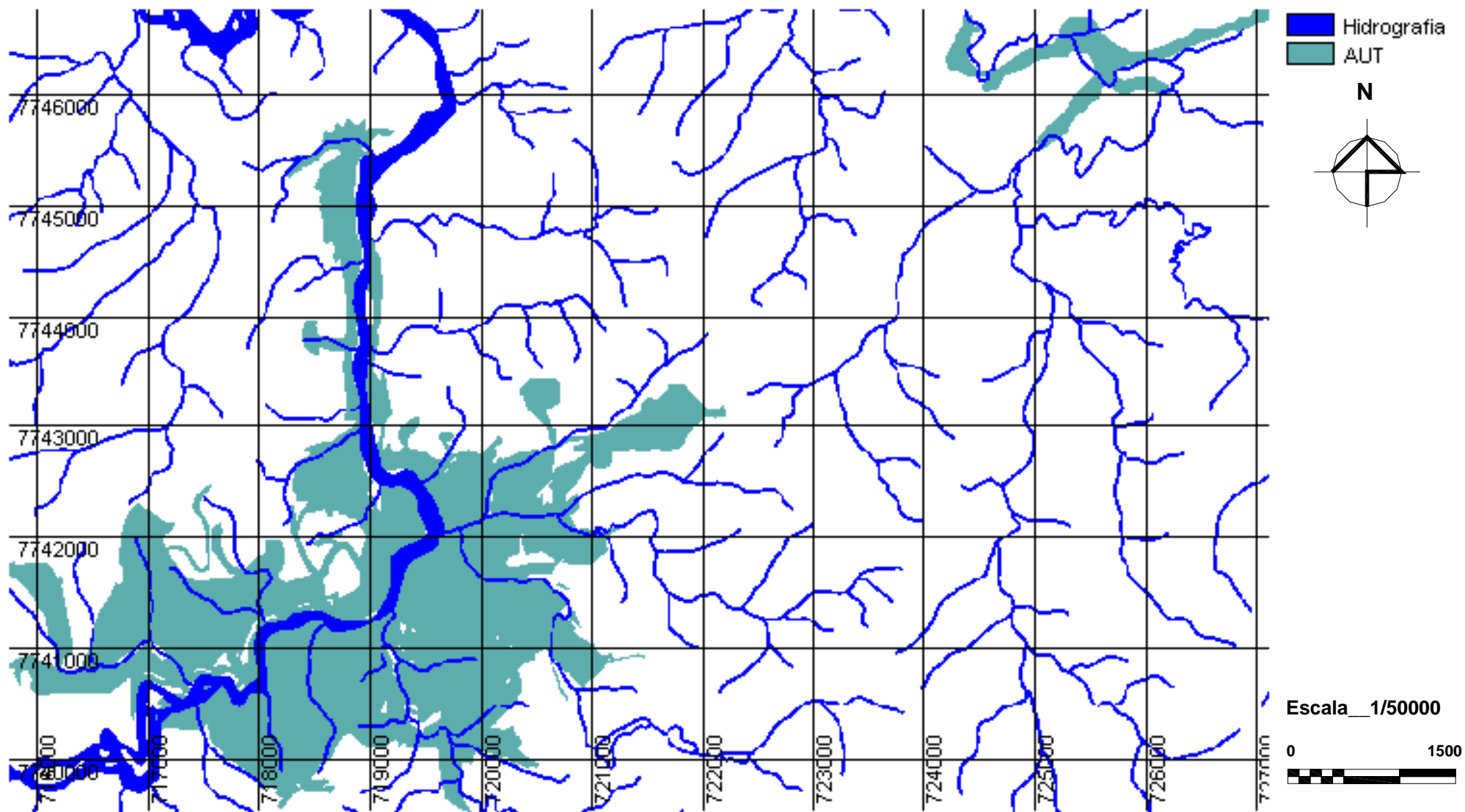


Figura 8. Hidrografia do Município de Ponte Nova.

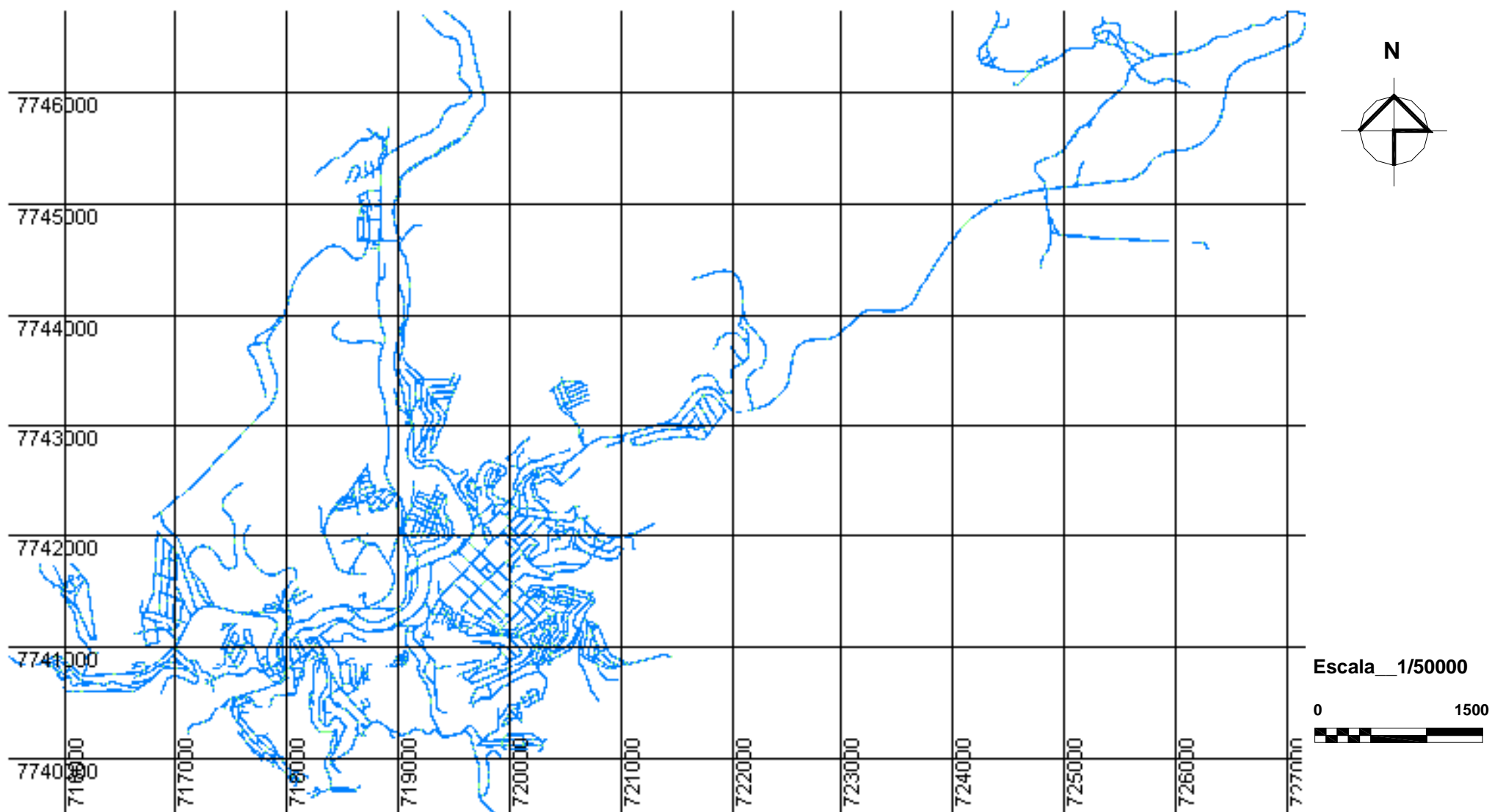


Figura 9. Mapa de Vias do Município de Ponte Nova.

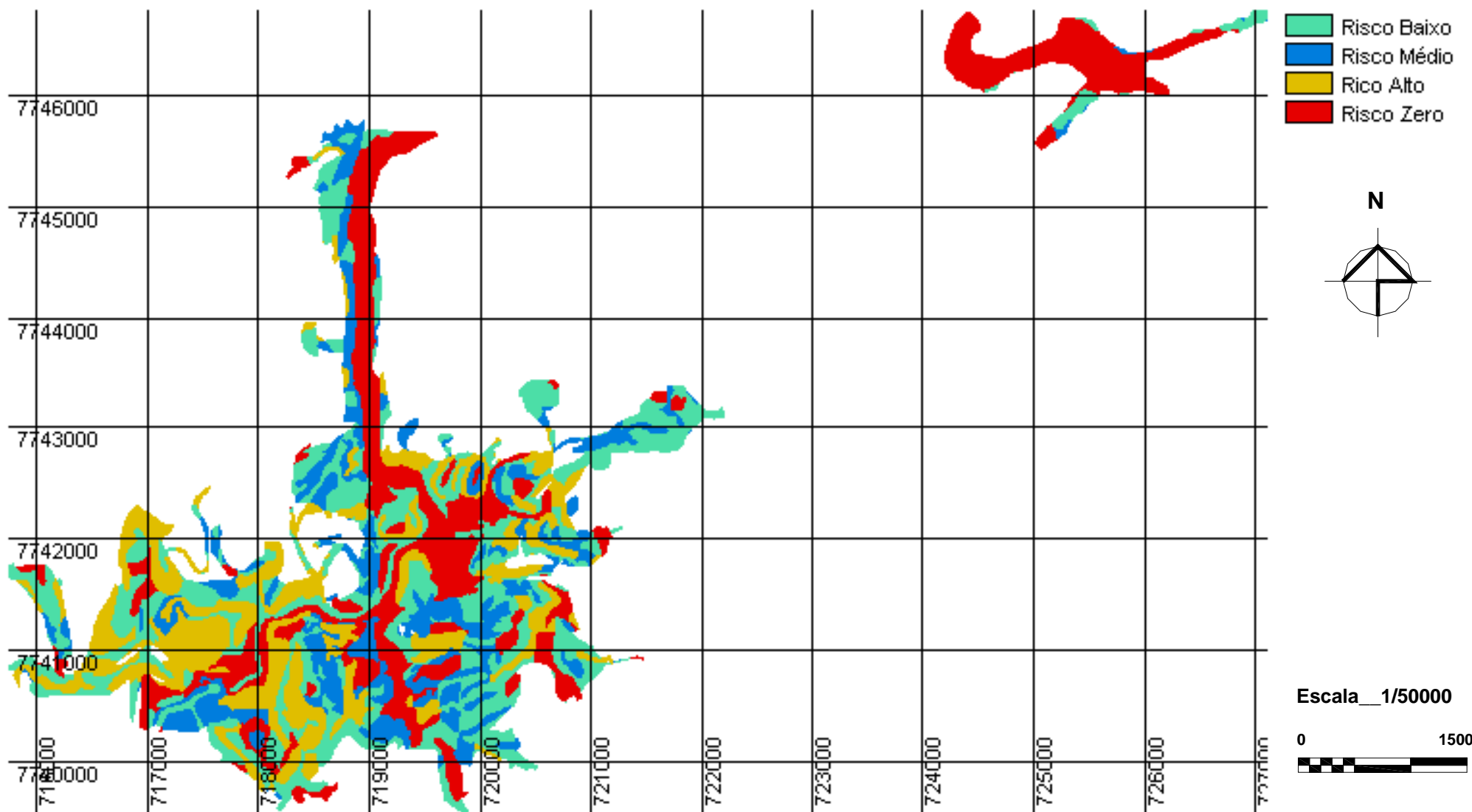


Figura 10. Carta de riscos geológicos de escorregamento do Município de Ponte Nova.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ordenação do uso e da ocupação do solo é um dos aspectos substanciais do planejamento urbanístico, principalmente quanto à aplicação de instrumentos legais de controle de uso e ocupação do solo, os quais se preocupam em distribuir espacialmente as atividades socioeconômicas e a população na cidade, por meio do zoneamento.

Da aplicação das variáveis previstas para a elaboração do zoneamento foi possível delimitar as áreas distintas para o uso e ocupação do solo de forma a elaborar um mapa que abrangesse as seguintes zonas:

Zona Residencial Um (ZR1): caracterizada por ser estritamente residencial com possibilidade de comércio de bairro e unidades de serviço de pequeno porte.

Zona Residencial Dois (ZR2): de caráter residencial, podendo abranger comércios de âmbito local e unidades locais de serviço e institucionais.

Zona Residencial Três (ZR3): área destinada a uso de caráter misto, com exceção do uso industrial.

Zona Comercial Um (ZC1): áreas de uso comercial, serviço e institucional, destinada para a implementação de instrumentos urbanísticos de preservação ambiental.

Zona Comercial Dois (ZC2): área prioritária para uso comercial, podendo abranger unidades locais de serviço e de caráter institucional.

Zonas de Expansão (ZE): zonas prioritárias para incentivos de crescimento urbano.

Zona de Preservação (ZP): área destinada à preservação ambiental e ao lazer.

O zoneamento foi originado a partir do diagnóstico elaborado para o Plano Diretor de Ponte Nova. As áreas das zonas estudadas totalizaram 12,30 km² e variaram de 0,31 km² (ZC1) a 2,04 km² (ZR1) (Quadro 1). As áreas destinadas a ZR1, de caráter estritamente residencial, constituíram-se de 16,59 % da AUT, tendo em vista que a vocação destas áreas aliadas aos fatores naturais, tais como, declividade ou riscos geológicos, favorecem a alocação para esta zona (Figura 10). Para a ZR2, composta por unidades habitacionais maiores, e que representou 6,34 % da AUT, considerou-se que a área tinha possibilidade de crescimento mais amplo, do ponto de vista residencial, por apresentar gabarito maior, i.e., maiores prédios de apartamentos, podendo adequar-se ao adensamento proposto. A ZR3, representou 7,32 % da AUT, e por fazer parte de áreas axiais favorece a sua utilização de forma mais significativa no tocante aos tipos de uso, sejam residenciais, comerciais ou institucionais.

Quadro 1. Áreas totais do Zoneamento proposto para o Município de Ponte Nova-MG , por meio do método Booleano

Zonas	Área (km ²)
ZE	1,09
ZR1	2,04
ZR2	0,78
ZR3	0,90
ZC1	0,31
ZC2	0,60
ZP	6,58

ZE: Zona de Expansão; ZR1: Zona Residencial 1; ZR2: Zona Residencial 2; ZR3: Zona Residencial 3; ZC1: Zona Comercial 1; ZC2: Zona Comercial 2; ZP: Zona de Preservação

As zonas comerciais foram divididas em ZC1 e ZC2, apresentando 2,52 e 4,88 % da AUT, respectivamente (Figura 11). Esta divisão está calcada na especificidade previamente existente entre as duas zonas, i.e., a ZC1, já consolidada e a ZC2, em expansão natural. A ZC1 carece de um planejamento adequado para que o seu desenvolvimento não afete as margens do rio Piranga, pois como o margeia, as suas vias são bastante afetadas nos períodos de fortes chuvas, quando o volume de água no rio aumenta, provocando inundações que acarretam erosões urbanas e conseqüentemente o assoreamento do seu leito.

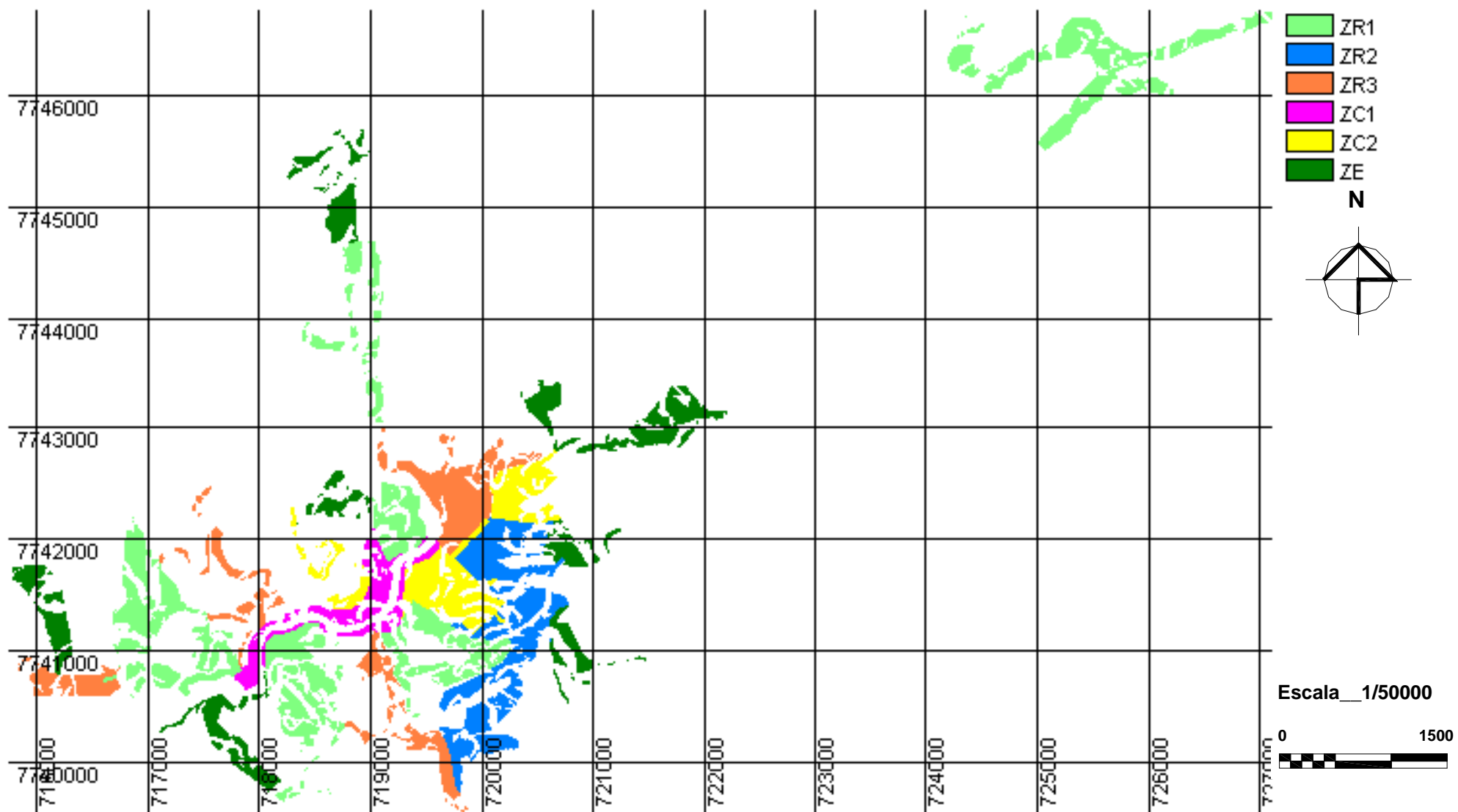


Figura 11. Zoneamento proposto para o Município de Ponte Nova.

As zonas de expansão (ZE) compuseram 8,86 % da AUT e foram determinadas como prioritárias para o incentivo de crescimento urbano, a partir de critérios de decisão fundamentado no Estatuto da Cidade, que estabelece áreas para aplicação dos instrumentos urbanísticos que auxiliam na expansão urbana sustentável. Assim, há a necessidade de se estabelecer uma política de investimentos públicos baseada na equidade e universalização do acesso aos serviços e equipamentos públicos, antevendo as áreas que necessitam de incrementos e incentivos para o desenvolvimento urbano de forma sustentável.

As zonas de preservação, com 53,50 % da AUT, determinadas basicamente pela declividade elevada, áreas de risco e áreas de drenagem são caracterizadas especialmente pelos topos de morro e leitos de rios e foram usadas como áreas de restrições à ocupação. Estas zonas são extremamente importantes, pois o Município de Ponta Nova, em determinadas épocas do ano, é acometido por inundações que, regularmente, impõem danos e prejuízos ambientais e socioeconômicos. A geologia de Ponte Nova compromete seu desenvolvimento urbano em decorrência, tanto da geomorfologia quanto do tipo de solo, especialmente os Argissolos, caracterizados pela baixa infiltração, susceptibilidade à erosão e à lixiviação, que em conjunto com a impermeabilização do solo, repercute na capacidade de infiltração das águas no solo, favorecendo o escoamento superficial e a concentração das enxurradas, afetando o funcionamento do ciclo hidrológico. Com a urbanização, o homem introduziu novas maneiras para a transferência das águas, nas áreas urbanizadas e circunvizinhas, provocando alterações na estocagem hídrica e ocasionando possíveis efeitos adversos e imprevistos, relativamente ao uso do solo (Chistofolletti, 1998).

Com relação às áreas industriais, houve dificuldade para se determinar o local apropriado para esta atividade. Isto foi atribuído à ausência de vocação industrial e à quantidade pouco significativa de indústrias (0-10 % do uso) no Município de Ponta Nova. Além disso, as poucas indústrias existentes estão em áreas inapropriadas, o que torna ainda mais difícil a identificação dessas zonas. É essencial a realização de novos estudos que viabilizem a introdução de uma zona para as indústrias e que obtenham informações mais específicas, além das realizadas pelo diagnóstico para o Plano Diretor de Ponte Nova,

como por exemplo, de carácter ambiental, como o Estudo de Impactos Ambientais (EIA), o que não foi o objetivo deste trabalho.

4. CONCLUSÕES

A Análise Booleana realizada a partir de um SIG, mostrou ser um método de fácil e rápida aplicabilidade para a criação de um zoneamento urbano para a cidade de Ponte Nova, servindo assim de subsídio para as leis de zoneamento e auxílio ao Plano Diretor da cidade.

Como a proposta do método Booleano tem um caráter simples, sua aplicabilidade não requer um conhecimento aprofundado do analista sobre os aspectos levantados, mas requer um diagnóstico preciso para que os resultados propostos estejam coerentes com as necessidades para as quais foram requisitadas.

Este método permite um estudo rápido e preciso do desenvolvimento urbano, auxiliando nas tomadas de decisões dos órgãos públicos para a sustentabilidade do meio-urbano.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONHAM-CARTER, G. F. **Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS**. Ontario: PERGAMON, 1994. 398 p.

BRAGHIN M.A.; SILVA, A.B. **Proposta de Novo Método de Análise Booleana em Pesquisa Metalogenética**. Caderno de Informação Georeferenciadas,1:2, 1997.

BRASIL. Ministério da Infra-Estrutura. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, **Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil, Ponte Nova, folha SF. 23-X-BII**. Estado de Minas Gerais. Brasília. 1991. 161p.

CALIJURI, M.L.; MARQUES, E.A.G.; MEIRA, A.; MAIA, F.; BHERING, E. **Digital land-use cartography – the example of Viçosa, Brazil**. Engineering Geology, 63: 1-16, 2002.

CARVALHO, S.N. de. **Estatuto da Cidade: aspectos políticos e técnicos do plano diretor**. São Paulo; Perspectiva.,15(4): 130-135. 2001.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceito**. Orgs GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. 3^a. ed. Bertrand, Rio de Janeiro, p. 415-440. 1998.

COELHO, A. G. **Requisitos geotécnicos dos locais para a implantação dos aterros de resíduos urbanos. Seminário sobre aspectos geotécnicos do projecto e construção de aterros de resíduos**. Sociedade Portuguesa de Geotecnia, LNEC, Lisboa, Portugal. p. 1-10, 2001.

COSTA, S.M.F.da; CINTRA, J.P. **Environmental analysis of metropolitan areas in Brazil**. Journal of Photogrametry e Remote Sensing, 54: 41-49, 1999.

EASTMAN, J. R. **IDRISI for Windows: User's Guide. Version2.0.** Worcester: Clark University - Graduate School of Geography. 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de **Classificação de Solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999.

GANDOLFI, N. **A cartografia geotécnica no planejamento do uso e ocupação do solo.** In: Ciência da Terra e Meio Ambiente: diálogo para (inter)ações no planeta. Orgs. CHASSOT A. & CAMPOS H. p.113-127. 2000. 284p.

HASENACK, H.; WEBER, E. **Derivação de novas informações cadastrais para o planejamento urbano através de sistemas de informação geográfica.** In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Porto Alegre. 1998.

IGA - Instituto de Geociências Aplicadas/Secretaria de Ciência e Tecnologia, Monografia (mapa do Município de Ponte Nova, escala 1: 50.000), 1982.

LOH, D.K.; RYKEL Jr., E.J. **Integrated resource management: coupling expert systems with data-base management and geographic information systems.** Environmental Management, 16(2):167-177. 1992.

MELO, A.L.O. de. **Avaliação e seleção de áreas para implantação de aterro sanitário utilizando *lógica Fuzzy* e *análise multi-critério*: uma proposta metodológica. Aplicação ao Município de Cachoeiro de Itapemirim- ES.** Viçosa, 2001. 168p. (tese de Mestrado)

RIBEIRO, M.A. **Ecologizar – Pensando o Ambiente humano,** Belo Horizonte, 1998, 392p.

RODRIGUES, D.S.; SILVA, A.N.R.; RAMOS, R.A.R.; MENDES, J.F.G. **Avaliação multicritério da acessibilidade em ambiente SIG.** In: VII Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica, Lisboa, 2002. 13p.

SANTOS, R.F. dos; CARVALHAIS, H.B.; PIRES, F. **Planejamento Ambiental e Sistemas de Informações Geográficas**, Caderno de Informação Georeferenciadas, 1:2, 1997.

SCHREIER, H.; BROWN, S.; SCHMIDT, M.; SHAH, P.; BUBHAN, S.; NAKARMI, G.; SUBBA, K. e WYMANN, S. **Gaining forests but losing ground: a GIS evaluation in a himalayan watershed**. Environmental Management, 18(1): 139-150. 1994.

SUI, D.Z.A. **Fuzzy GIS modeling approach for Urban land evaluation**, Computers, Environment and Urban Systems, 16(2): 101-115, 1992.

WEBER, C. **Interaction model application for urban planning**. Landscape and Urban Planning, 6: 49-60, 2003.

CAPÍTULO 2

PROPOSTA DE ZONEAMENTO URBANO DO MUNICÍPIO DE PONTE NOVA-MG POR MEIO DA ASSOCIAÇÃO DA LÓGICA FUZZY AO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG).

1. INTRODUÇÃO

A partir do início do século XX, a expansão populacional, a utilização indiscriminada dos recursos urbanos naturais e a industrialização, cresceram em ritmo surpreendente. Com o passar dos anos, observou-se, sempre a partir da atuação e intervenção decisiva do homem, a aceleração desses processos, considerados modificadores e desequilibradores da paisagem (Cunha e Guerra, 1996; Mendes, 2001).

A urbanização é o processo de conversão do meio físico natural para assentamento humano, acompanhada de drásticas e irreversíveis mudanças do uso do solo (Oke, 1980). O espaço urbano ou geográfico deve ser considerado como um conjunto de realizações por meio de funções e de forma que se apresentam como testemunho de uma passagem histórica do passado e do presente, i.e., o testemunho de um momento de um modo de produção nestas suas manifestações concretas, o testemunho de um momento do mundo. Nesse contexto, o espaço urbano é a expressão espacial do modo de produção: é mundial, abstrato. Reproduzem, num momento, vários momentos da história (Gonçalves e Guerra, 2001).

Por isso, busca-se a transformação da administração urbana em direção a seu contínuo e crescente interesse no crescimento sustentável, priorizando o aspecto ambiental. Dessa maneira, a reestruturação em curso no cenário internacional, tem implicado na mudança do paradigma de gestão das cidades, passando-se a exigir eficiência, produtividade e focalização das políticas urbanas (Ribeiro e Santos Júnior, 1994).

Para a consecução desses objetivos, e conseqüentemente a adoção de um planejamento ambiental, tem sido utilizado, especialmente a partir dos anos 90, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), com eficácia

comprovada na simulação da realidade do espaço geográfico, na integração das informações espaciais, ou na geração de mapas (Ball, 1994). Inserido nesse contexto, o planejamento urbano tem sido uma das áreas em que se tem observado maior desenvolvimento das aplicações do SIG, decorrente essencialmente, da grande concentração de conflitos no meio urbano. (Denègre, 1994). Em um SIG essas atribuições podem ser encadeadas ou combinadas, por meio da tomada de decisão, freqüentemente baseada na seleção e hierarquização de alternativas de ação. Um dos aspectos de grande importância para o planejamento é um estabelecimento de condições para analisar, *a posteriori*, a capacidade de manejo ou de implementação das diretrizes propostas em um plano, em vários níveis de administração governamental (Conyers e Hills, 1984; Schreier et al., 1994).

É bastante comum, em trabalhos de planejamento, a apresentação de mapeamentos como resultado da combinação entre sensoriamento remoto (SR) e SIG. Os SIGs representam a síntese de todo o avanço tecnológico e conceitual obtido no campo de informação geográfica durante as últimas duas ou três décadas e apresenta-se como uma excelente ferramenta principalmente quando combinada com o sensoriamento remoto (SR) (Denègre, 1994; Weber, 2003). A integração de SR e SIG melhora a capacidade de produção de mapeamentos temáticos, apresentando, por exemplo, bons resultados no mapeamento de vegetação de ambientes alterados, de difícil execução manual, como enfatizado por Lees e Ritman (1991).

A implementação de modelos preditivos pode aumentar a utilidade do banco de dados de um SIG em diversas funções. Um bom modelo é aquele capaz de reproduzir a dinâmica observada no sistema natural e fazer prognósticos após intervalos de tempo específicos. Essa possibilidade é de extrema importância para planejamentos urbanos e ambientais, uma vez que, de forma geral, as etapas que apresentam maior dificuldade na elaboração e análise integrada de dados são o prognóstico e a seleção e hierarquização de alternativas de ações conjuntas, analisadas dentro de uma previsão temporal (Ball, 1994).

O planejamento aponta para uma simultaneidade de processos interativos no meio, o que exige métodos múltiplos de simulação que,

conjuntamente, expressam tempos assíncronos de fenômenos naturais. Nesses casos, Lai (1991) ressalva que essa aplicação vai além da capacidade de ação dos melhores operadores de SIG existentes.

Os SIGs, ao oferecer em capacidades únicas na automatização, gestão e análise de dados espaciais para a tomada de decisão, têm um papel importante na análise de problemas de decisão multicritério. A avaliação multicritério oferece uma vasta coleção de técnicas e procedimentos que permitem revelar as preferências de decisores e incorporá-las em tomadas de decisão baseadas num SIG, entre as quais encontra-se a lógica *Fuzzy* (Rodrigues et al., 2001).

A lógica *Fuzzy* distingue-se da lógica Booleana por permitir a utilização de um intervalo entre os limites 0 e 1 ou 0 e 255, e não apenas estes, como no caso binário. Em outras palavras, pode-se trabalhar não apenas com os valores 0 e 1, mas com todos entre estes valores, ou seja, o intervalo [0;1] ou [0;255]. Como é uma lógica que utiliza valores contínuos, e não discretos, torna-se necessário uma representação por conjuntos, descritos por funções (Sui, 1992).

Considerando-se o potencial e efetivo uso da lógica *Fuzzy* num SIG também se objetiva, neste trabalho, testar a aplicabilidade dessa técnica como elemento da análise à tomada de decisão no processo de planejamento urbano de uma cidade de médio porte, bem como analisar a capacidade da sua aplicação na proposta de zoneamento para a cidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização da área de estudo

Localizado na Zona da Mata de Minas Gerais, o Município de Ponte Nova ($20^{\circ} 24' S$, $42^{\circ} 33' W$), tem área territorial de $471,7 \text{ km}^2$, com uma população aproximada de 55.000 habitantes. O Município de Ponte Nova possui uma topografia bastante acidentada, com 80 % de terreno montanhoso e apenas 5 % plano, com altitude máxima de 862 m. Ponte Nova faz parte da Bacia do Rio Doce e seus rios principais são o Ribeirão do Canadá e o Rio Piranga.

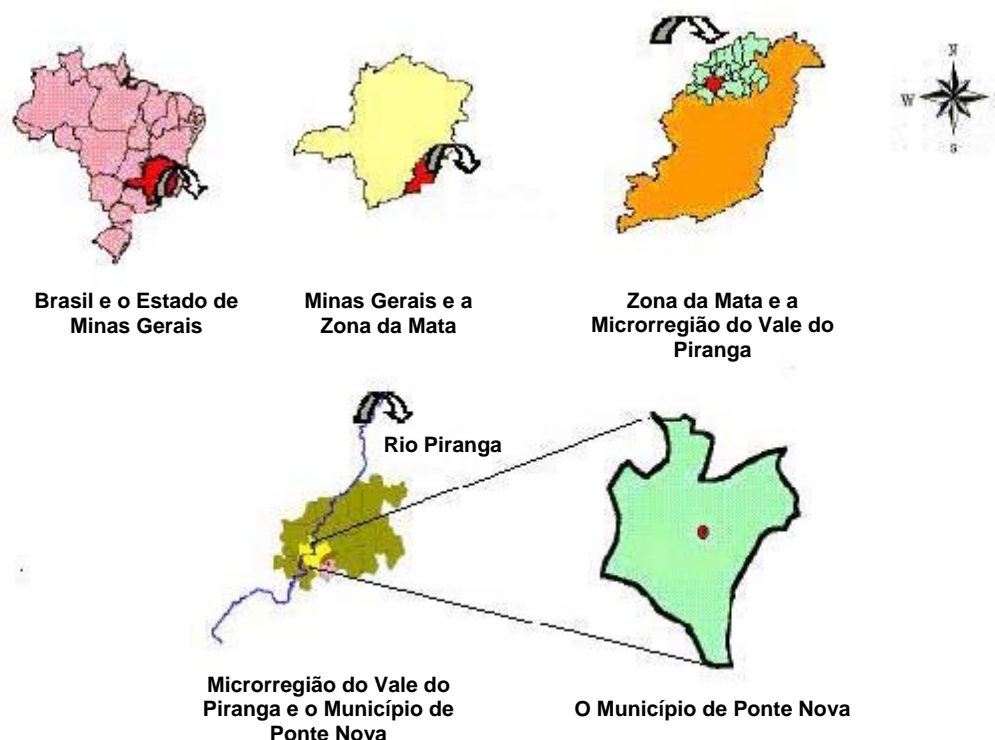


Figura 1. Localização do Município de Ponte Nova em relação ao Brasil, ao Estado de Minas Gerais e à Microrregião da Zona da Mata Mineira.

Fonte: Lustoza, 2001.

O Município de Ponte Nova encontra-se na região pertencente à província geotectônica Mantiqueira, caracterizada por orto e pararochas, de idade Arqueana, metamorfizadas nas fácies anfibolito e granulito; orto e pararochas do Proterozóico Inferior, com metamorfismo nas fácies anfibolito e por último ortorochas de idade incerta, metamorfizadas ou não, atribuídas ao Proterozóico indiferenciado (Natali, 1999).

Ainda sobre os aspectos geológicos, descreve-se como cobertura um solo Terciário pouco espesso e as aluviões Quaternárias, predominando os Latossolos Vermelho-Amarelos, normalmente ácidos, e os Argissolos Vermelhos (IGA, 1982; EMBRAPA, 1999).

O Município de Ponte Nova possui uma rede de drenagem densa, cortado pelo rio Piranga, com direcionamento predominante nos sentidos: sul-norte e oeste-leste. Além disso, tem seu relevo cortado pelas mudanças de curso ao longo de sua calha, marcadas por ângulos de 90°, trechos encaixados alternando-se a outros de vale aberto com várzeas e terraços fluviais. Devido ao seu traçado serpenteante, forma um grande número de ilhas e meandros, contando ainda com um grande número de afluentes.

2.2. Materiais Utilizados

Foram utilizados vários materiais cartográficos digitais e programas, detalhados a seguir:

- Cartas plani-altimétricas produzidas pelo IBGE na escala de 1:50.000 (1978) com equidistância vertical de 20 metros entre curvas de nível;
- Planta cadastral do núcleo urbano, no formato digital;
- Ortofotos da região de Ponte Nova, fornecidas pela CEMIG;
- Mapas temáticos de geologia, pedologia, geomorfologia, malha viária e hidrologia.
- Software GIS Idrisi32, Version I32.2, maio de 2001, The Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis – para geração, manipulação e análises espaciais das imagens em formato *raster*;
- Software GIS ArcView 3.2a, Environmental Systems Research Institute, Inc. - para execução do *layout* final das imagens *raster* para impressão.

- Software Cartalinx, The Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis, para edição dos mapas obtidos.

2.3. Procedimentos

Inicialmente foi realizada a elaboração de mapas temáticos, com o uso dos softwares indicados anteriormente, tendo como pressupostos as leis federais que regem o uso e ocupação do solo urbano (Anexo 1), bem como mapas que acarretariam restrições, do ponto de vista físico-ambiental, para o desenvolvimento urbano da cidade de Ponte Nova. As restrições estão fundamentadas em critérios Booleanos que cerceiam ou limitam a análise a regiões geográficas específicas (Calijuri, 2000).

Por conseguinte, passou-se à análise dos mapas, elaborados a partir de critérios de decisão aliados à técnica *Fuzzy*, inserido no módulo *FUZZY* do *Idrisi32, I32.2*, para fornecer a todas as localizações um valor representando seu grau de adequabilidade. Os fatores passaram por uma padronização *não-Booleana*, no qual foram padronizados a uma escala contínua de adequabilidade de zero (menos adequada) a 255 (mais adequada). A escala de [0-255] foi utilizada com o objetivo de propiciar melhor definição dos valores, pois apresenta uma faixa de valores que permite uma adequada distribuição do escore, principalmente quando comparado com a escala [0-1]. Como é uma lógica que utiliza valores contínuos, e não discretos, torna-se necessário uma representação por conjuntos, descritos por funções como as que seguem (Sui, 1992).

a) Triangular: Este tipo de função serve para indicar apenas um único ponto de máximo no conjunto. A definição é do tipo:

$$f(x) = \begin{cases} y_{min}, & x \leq i \text{ ou } x \geq f \\ y_{min} + (y_{max} - y_{min}) \times (x - i) / (m - i), & i < x \leq m \\ y_{min} + (y_{max} - y_{min}) \times (f - x) / (f - m), & m < x < f \end{cases}$$

em que: y_{min} é o menor valor possível para a função, y_{max} o maior valor, i o início da ascendente da função, m o valor de máximo, e f o final da descendente. (Figura 2).

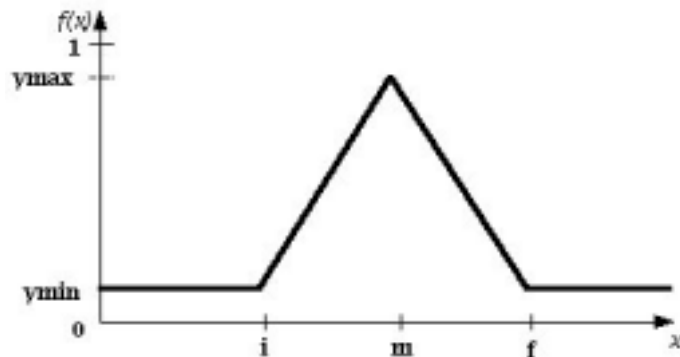


Figura 2. Representação gráfica de uma função triangular.

b) Trapezoidal: Nesta função é possível representar todo um intervalo de pontos de máximo, conforme a fórmula:

$$f(x) = \begin{cases} y_{min}, & x \leq i \text{ ou } x \geq f \\ y_{min} + (y_{max} - y_{min}) \times (x - i) / (m1 - i), & i < x < m1 \\ y_{max}, & m1 \leq x \leq m2 \\ y_{min} + (y_{max} - y_{min}) \times (f - x) / (f - m2), & m2 < x < f \end{cases}$$

em que: y_{min} é o menor valor possível para a função, y_{max} o maior valor, i o início do trapézio, $m1$ o início do intervalo de máximo, $m2$ o fim do intervalo de máximo, e f o final do trapézio (Figura 3).

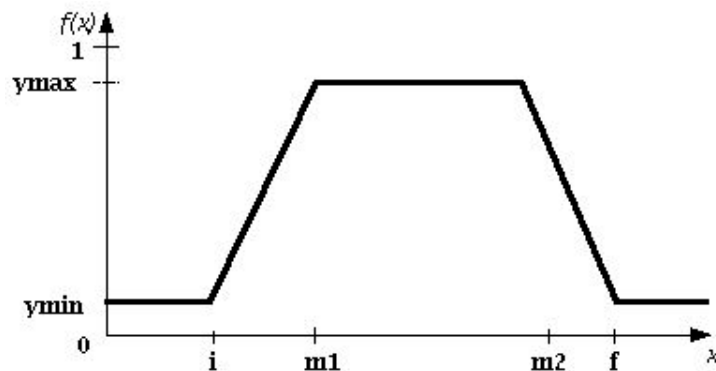


Figura 3. Representação gráfica de uma função trapezoidal.

c) LR (Left-Right): Este tipo de conjunto é mais genérico, pois permite a utilização de vários tipos de funções para definir o intervalo de representação. As funções são chamadas de **L** (*left*, pois define a função à esquerda) e de **R** (*right*, define a da direita). A formulação padrão é do tipo:

$$f(x) = \begin{cases} L((m1 - x)/\alpha). & x < m1 \\ 1, & m1 \leq x \leq m2 \\ R((m2 - x)/\beta). & x > m2 \end{cases}$$

Em que: *L* e *R* podem ser funções do tipo e^{-x} , $1/(1+x^2)$, ou outra qualquer que tenha $f(0) = f(1) = 0$ e mantenha-se no intervalo $[0;1]$; $m1$ é onde inicia o intervalo de máximo, terminando em $m2$; alfa é o espalhamento lateral da esquerda e beta o da direita.

Para exemplificar, se fossem colocadas $L = R = 1/(1+x^2)$, espalhamento esquerdo 5 e direito 2, então ter-se-ia um gráfico semelhante ao da figura 4.

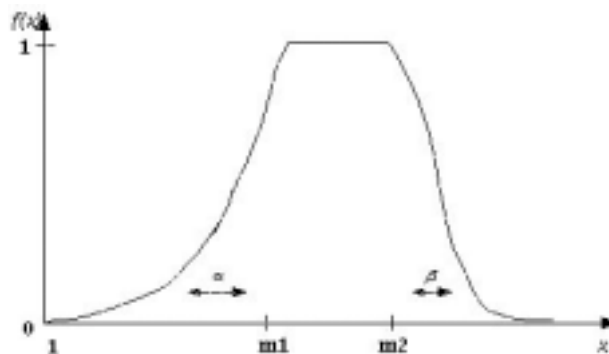


Figura 4. Representação gráfica de uma função LR (Left-Right)

Para a normalização dos critérios, várias são as funções que podem ser utilizadas para reger a variação entre o ponto de mínimo e o ponto de máximo. Algumas das mais utilizadas são: *Sigmoidal*, *J-Shaped*, *Linear* e *Definida pelo Usuário* (Calijuri, 2000; Ramos e Mendes, 2001). Neste trabalho optou-se pelo uso das funções *Sigmoidal* e *Linear*.

A função *Sigmoidal* é a função mais usada na teoria de conjuntos Fuzzy. Utiliza-se, para escrevê-la, uma função cosseno. A operação requer as posições, ao longo do eixo X, de quatro pontos que indiquem a forma da curva (Melo, 2001) (Figura 5).

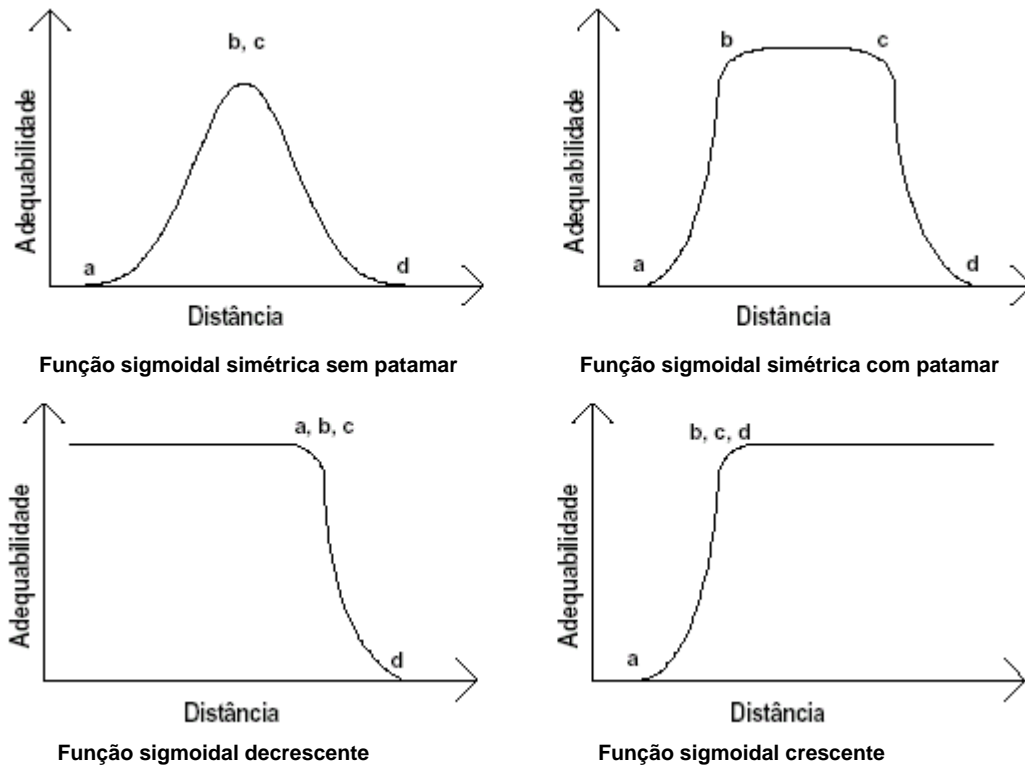


Figura 5. Exemplos de função sigmoideal.

A função linear, devido a sua simplicidade, é bastante utilizada em dispositivos eletrônicos, por possibilidade de monitorar a saída de sensores essencialmente lineares (Figura 6).

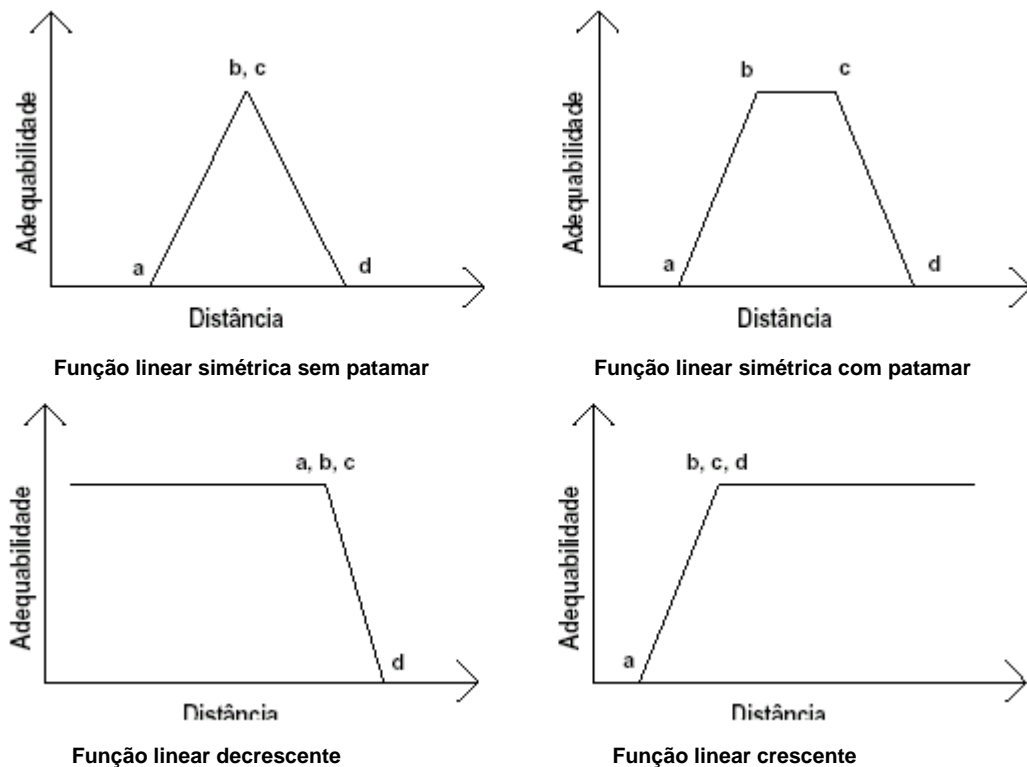


Figura 6. Exemplos de função linear.

Após a definição das funções mais apropriadas para o estudo proposto, passou-se para a determinação dos tipos de critérios e ponderações que seriam realizados. As restrições são um tipo de critério que, como citado anteriormente, restringem o espaço de solução do problema, por meio da exclusão de áreas de acordo com determinadas condições. Foram consideradas as restrições associadas aos critérios físico-ambientais, Os critérios restritivos, como representam restrições absolutas à urbanização, foram aplicados como máscaras para descartar todas as áreas que posteriormente foram incorporadas por zonas de preservação (Quadro 1).

Os fatores, que são critérios que definem algum grau de aptidão para as áreas consideradas para o zoneamento (Figuras 7-21), definem áreas ou alternativas em termos de uma medida contínua de adequabilidade, realçando ou diminuindo a importância de uma alternativa em consideração naqueles locais fora das restrições absolutas. Foram considerados os fatores associados aos critérios físico-ambiental e socioeconômico (Quadro 1).

Quadro 1 – Fatores e restrições associados aos critérios ambiental e socioeconômico e as respectivas funções *Fuzzy* adotadas

ID	Descrição	Função <i>Fuzzy</i>
Restrição		
RA	Distância mínima de 15m (“ <i>buffer</i> ”) de qualquer coleção hídrica ou curso d’água (de acordo com o CONAMA).	-
RD	Declividade menor que 30% (de acordo com a lei Federal –6766/79).	-
RP	Restrições associadas ao perímetro urbano	-
Fatores		
FG	Fatores relativos às alturas das construções (gabarito)	Função sigmoidal decrescente
FR	Fatores referentes ao grau de incidência de residências	Função sigmoidal decrescente
FC	Fatores referentes ao grau de incidência de comércio	Função sigmoidal decrescente
FI	Fatores referentes ao grau de incidência de instituições	Função sigmoidal decrescente
Fin	Fatores referentes ao grau de incidência de indústrias	Função sigmoidal crescente
FS	Fatores referentes ao grau de incidência de serviços	Função sigmoidal decrescente
FE	Fatores de distância dos eixos axiais das vias públicas	Função linear decrescente
FR	Fator de risco geológico – nível 3	Função sigmoidal decrescente

Considerando-se que as variáveis que interferem na escolha das áreas para o zoneamento final da área urbana contribuem com pesos diferenciados no processo final de decisão, foi estabelecida uma ponderação das variáveis de acordo com sua importância na decisão sobre a aptidão de uma área. A rotina utilizada auxilia o estabelecimento dos pesos finais por meio da comparação da importância relativa das variáveis, duas a duas, diminuindo a subjetividade na decisão. É importante salientar que as comparações foram desenvolvidas para cada tipo de zona que estava sendo proposta, onde os pesos atribuídos para cada critério seriam modificados de acordo com as necessidades específicas de cada zona. O peso final de cada variável foi estimado por meio do método AHP (“*Analytical Hierarchy Process*” – Processo de Hierarquização Analítica) aplicado à matriz de comparação par-a-par (módulo WEIGHT) e obtendo o resultado final dos pesos calculados.

Definidas as matrizes de cada zona, com suas valorizações, passou-se para o método de agregação WLC (*Weighted Linear Combination*). O resultado obtido teve a valoração dos fatores com riscos entre o máximo e o mínimo, i.e.,

nível médio de risco, e uma compensação total entre fatores. Dessa forma, foram selecionadas as áreas propícias para cada uso do solo urbano que satisfizessem uma adequabilidade de 200. Na hipótese de ocorrer sobreposições de áreas, foram analisados o grau de adequabilidade referente à cada zona e aquela que melhor se adequasse às existências propostas seria subtraída da menor adequabilidade para a maior.

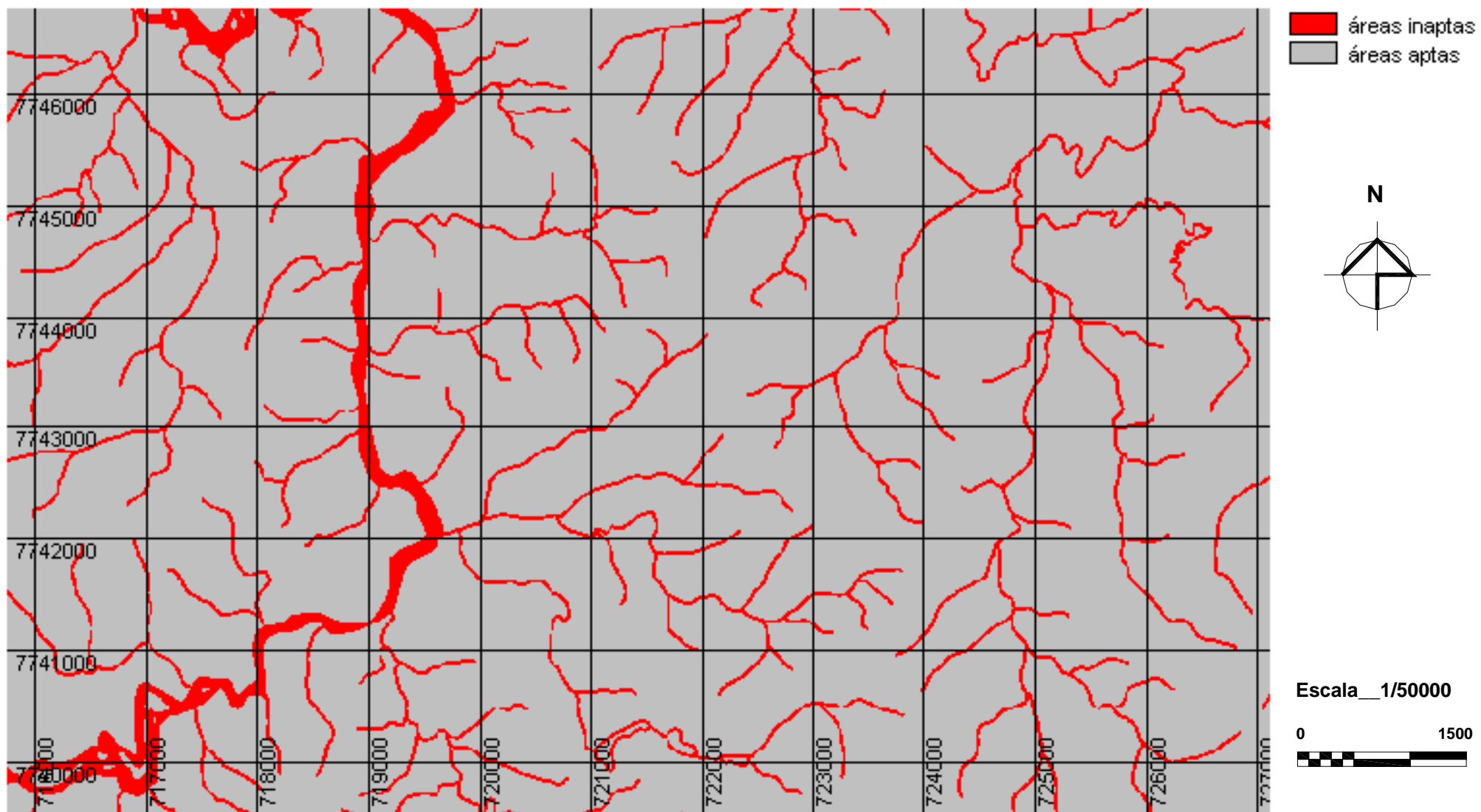
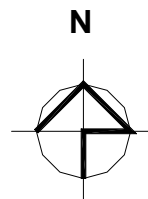
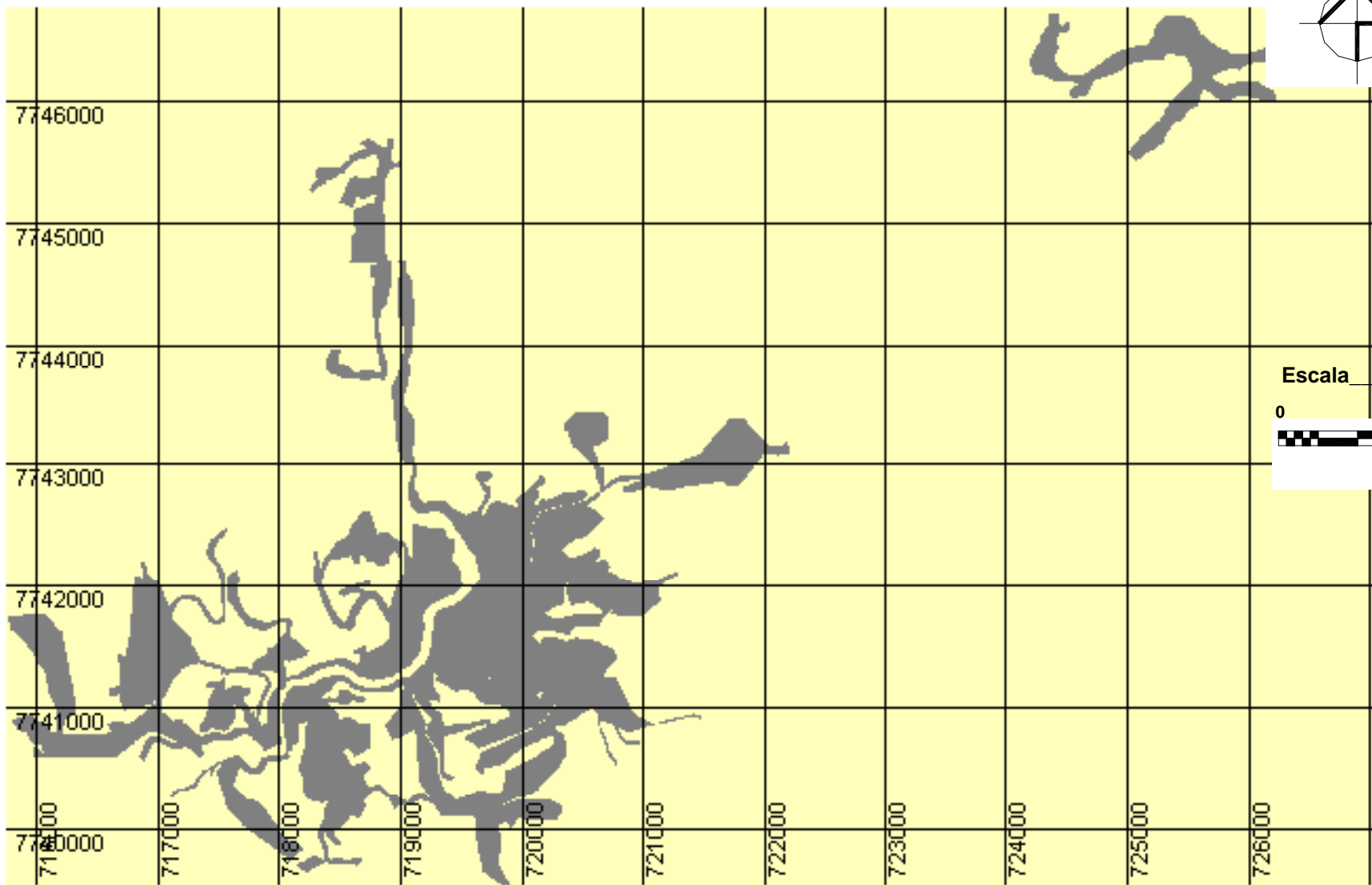
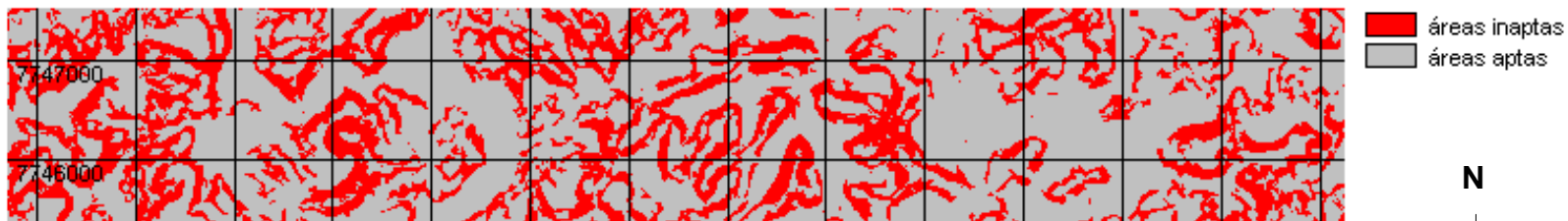


Figura 7. Restrição de corpos d'água e áreas limítrofes de 15m de suas margens.



áreas inaptas
áreas aptas

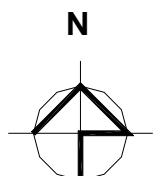
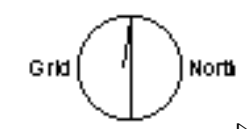
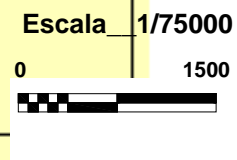


Figura 9. Restrição do perímetro da área urbana total (AUT).

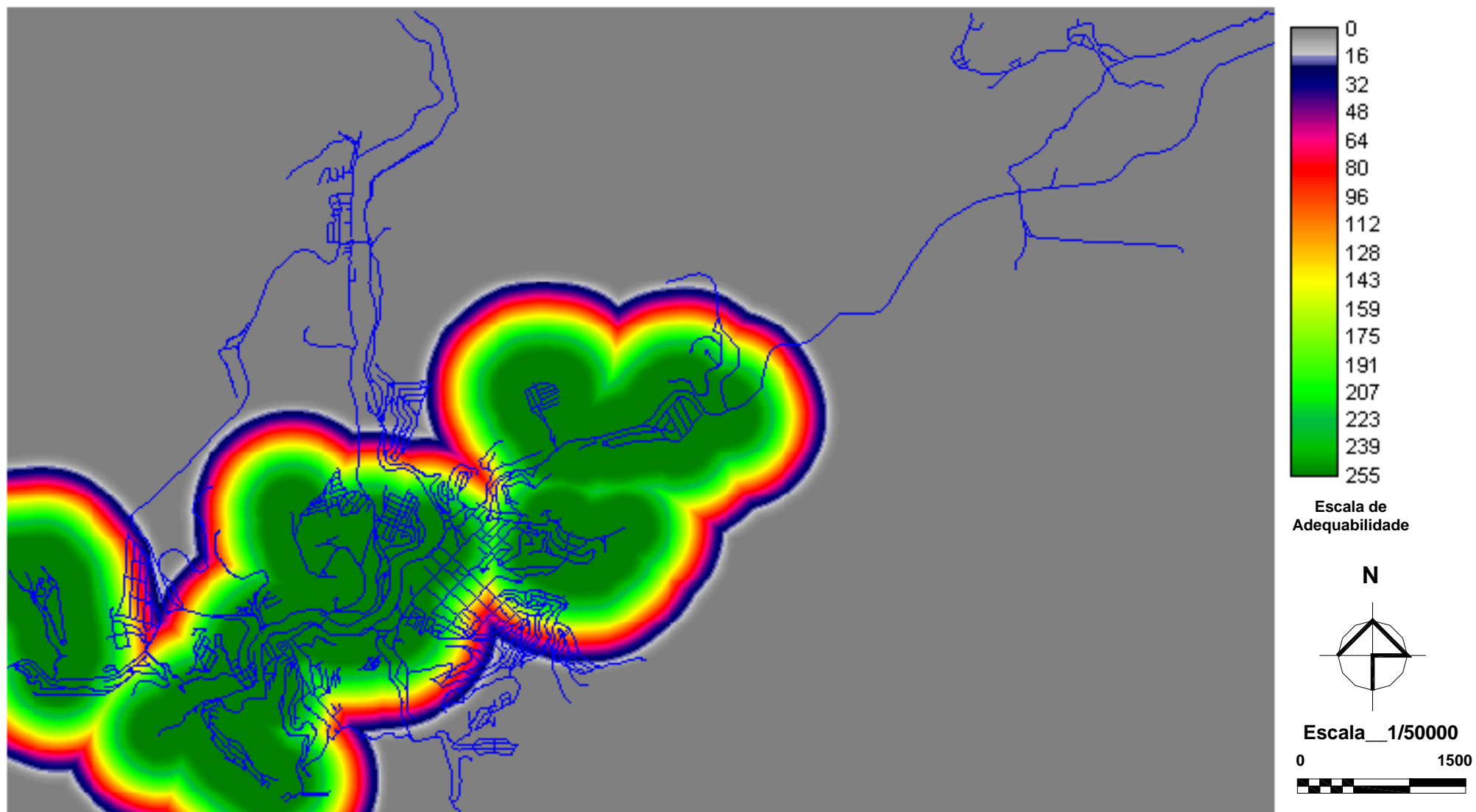


Figura 10. Fator referente ao grau de incidências de áreas residenciais (40-60%), com função sigmoideal decrescente.

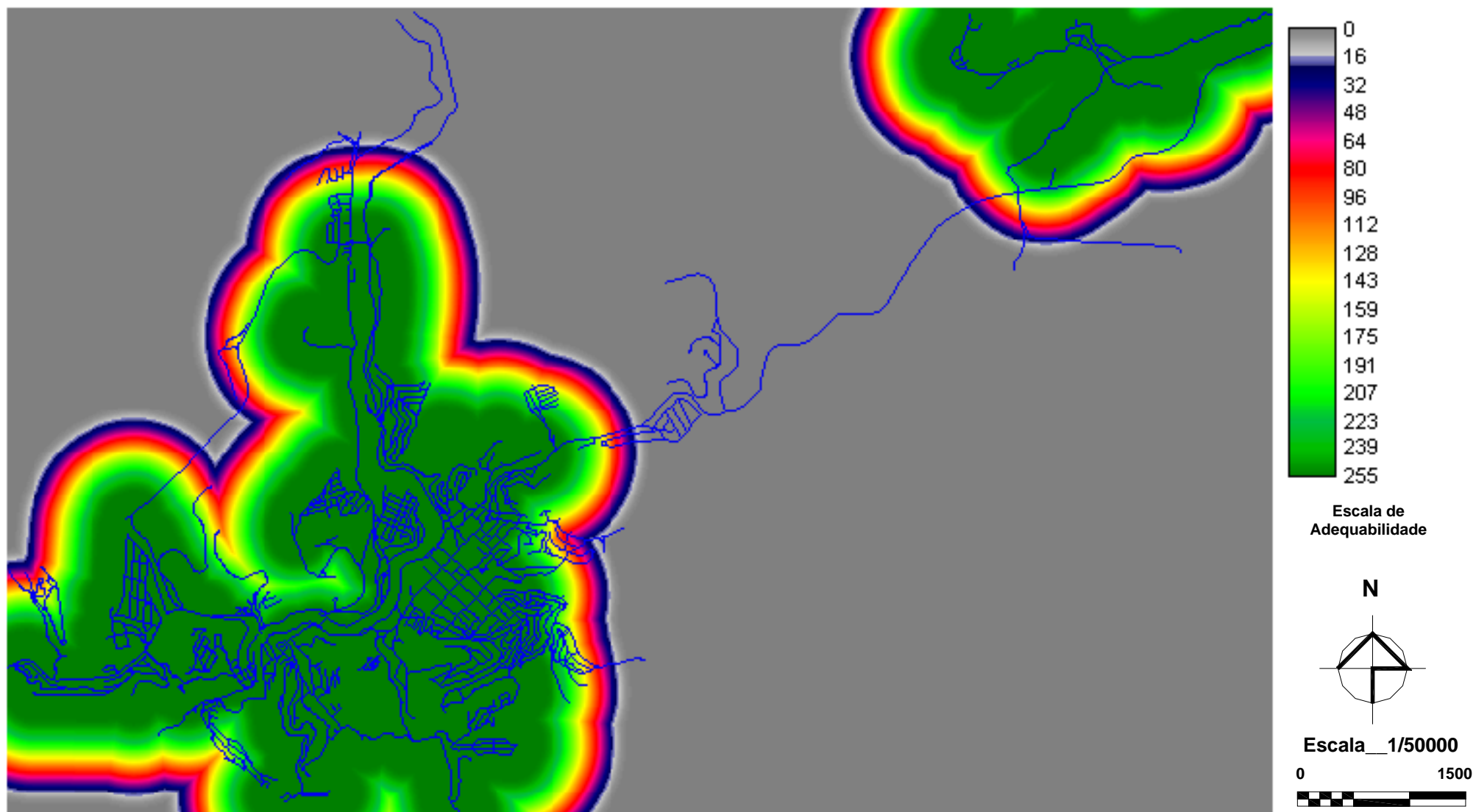


Figura 11. Fator referente ao grau de incidências de áreas residenciais (60-80%), com função sigmoidal decrescente.

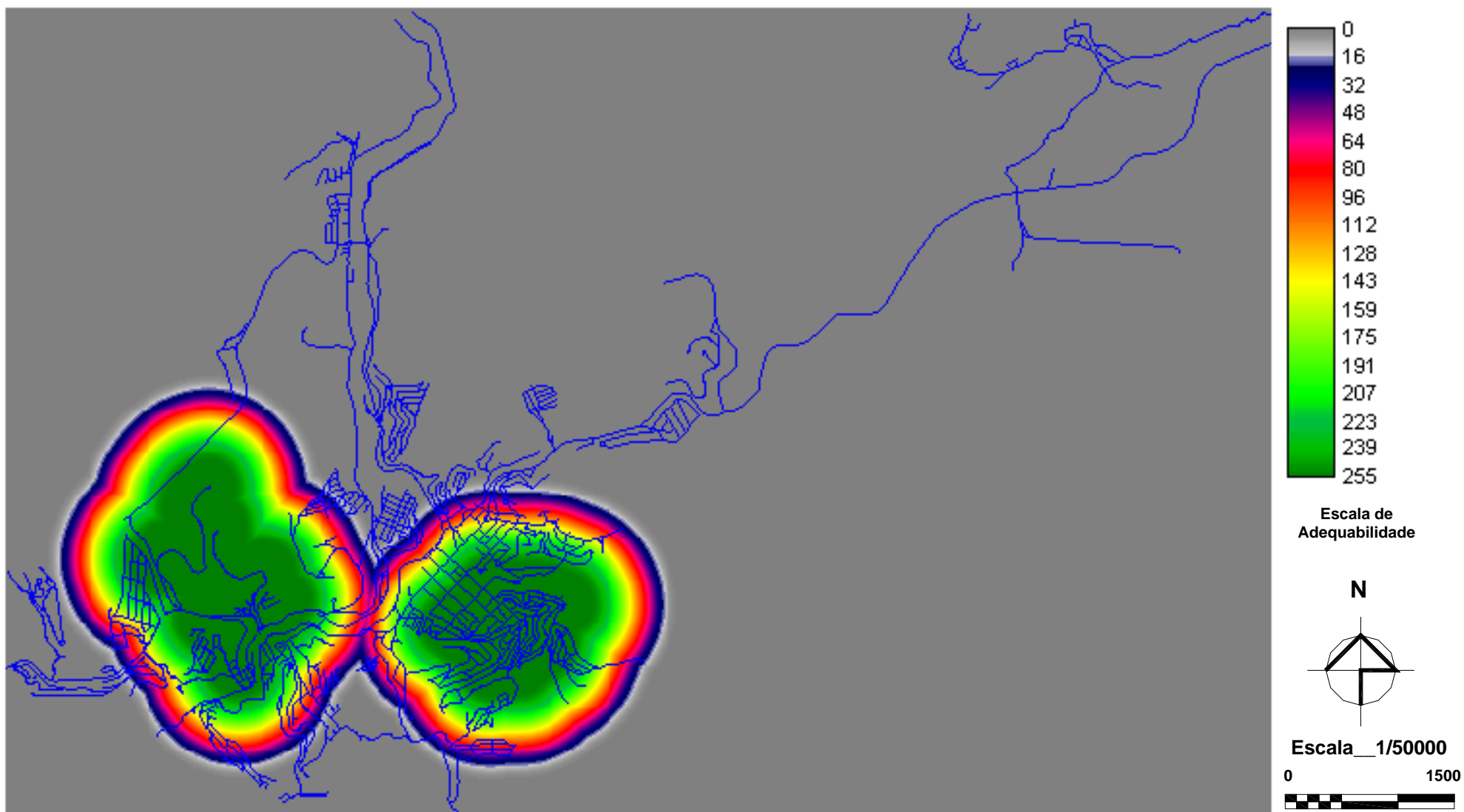


Figura 12. Fator referente ao grau de incidências de áreas residenciais (80-100%), com função sigmoideal decrescente.

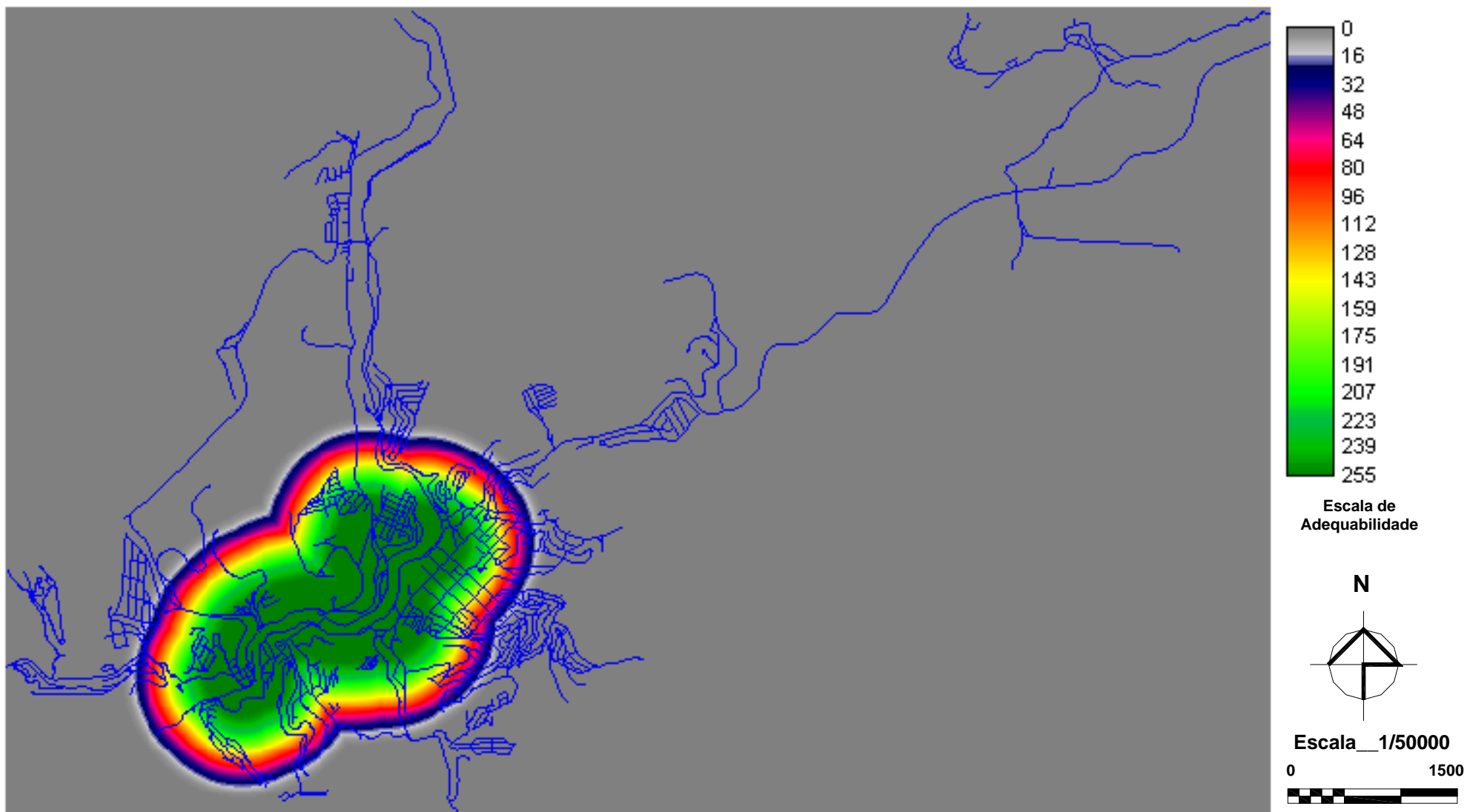


Figura 13. Fator referente ao grau de incidências de áreas comerciais (15-20%), com função sigmoidal decrescente.

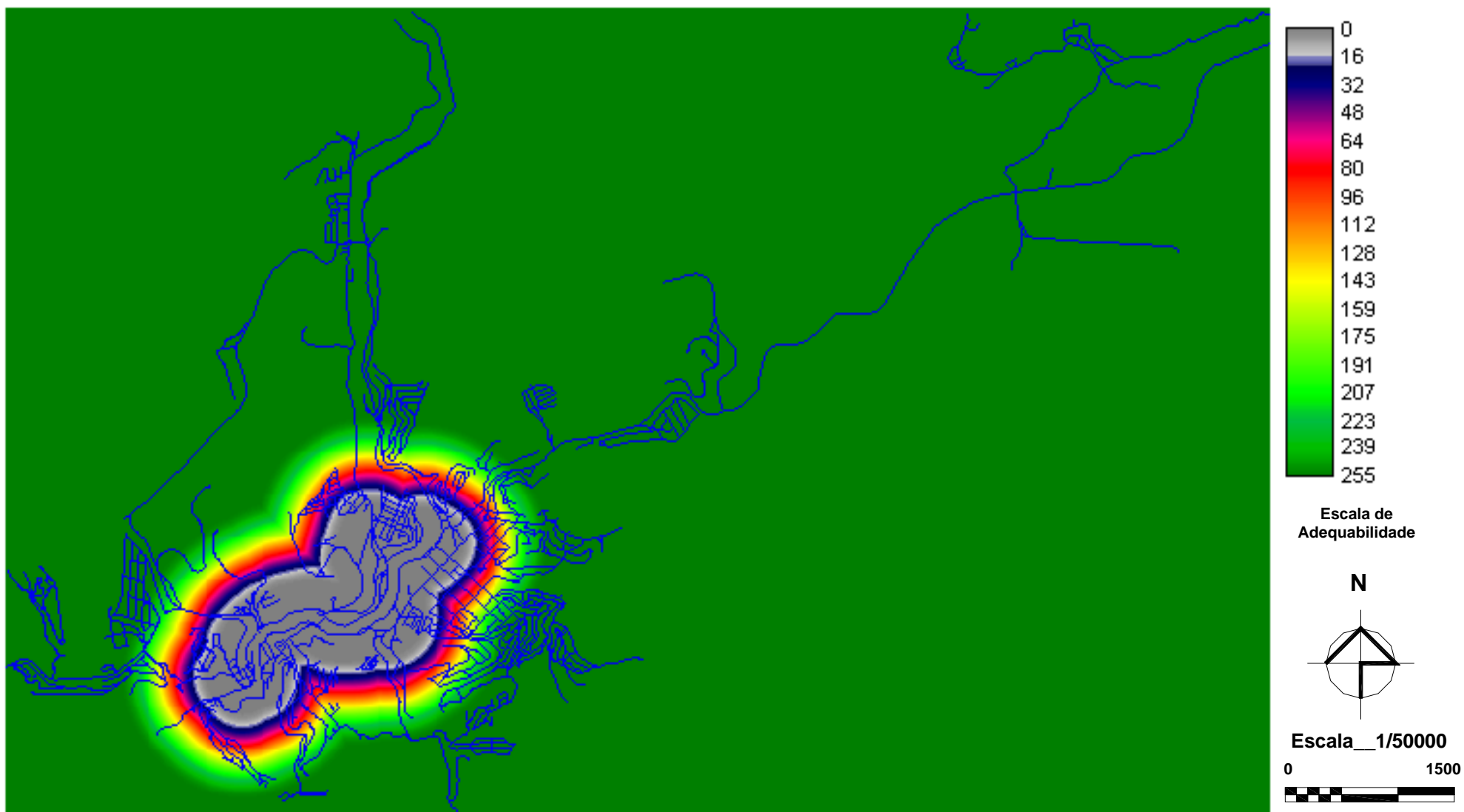


Figura 14. Fator referente ao grau de incidências de áreas comerciais (15-20%), com função sigmoideal crescente.

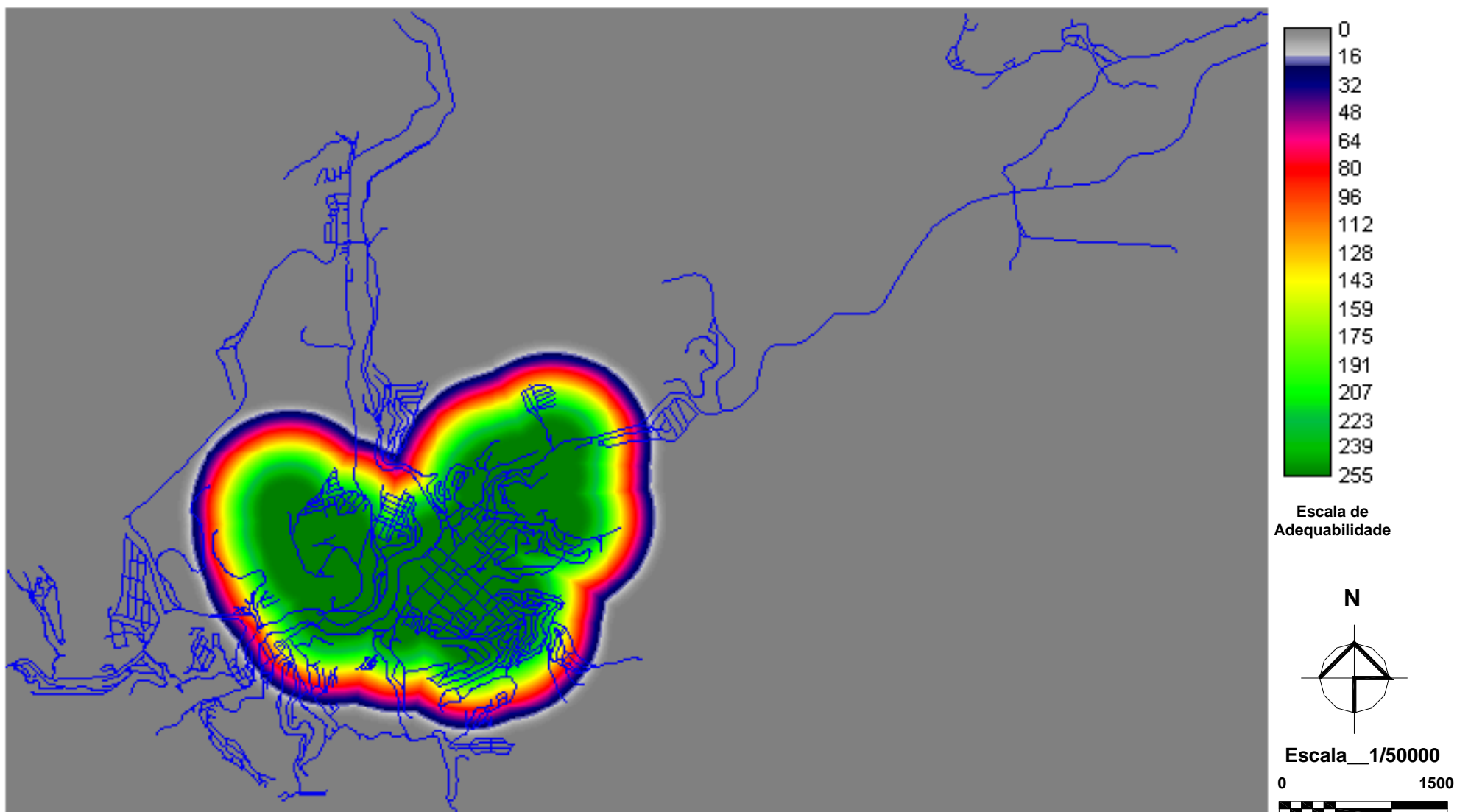


Figura 15. Fator referente ao grau de incidências de áreas comerciais (05-15%), com função sigmoideal decrescente.

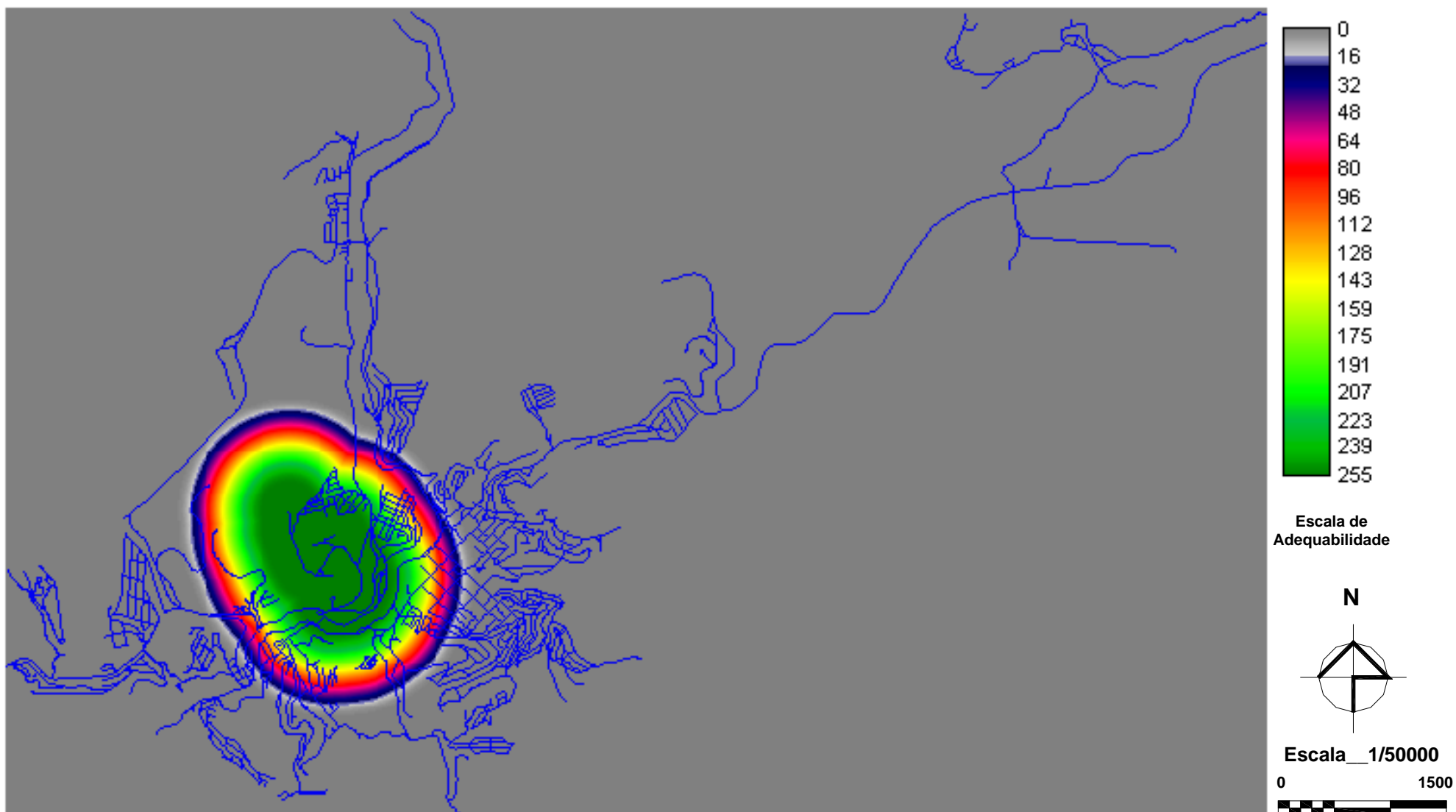


Figura 16. Fator referente ao grau de incidências de áreas institucionais, com função sigmoial decrescente.

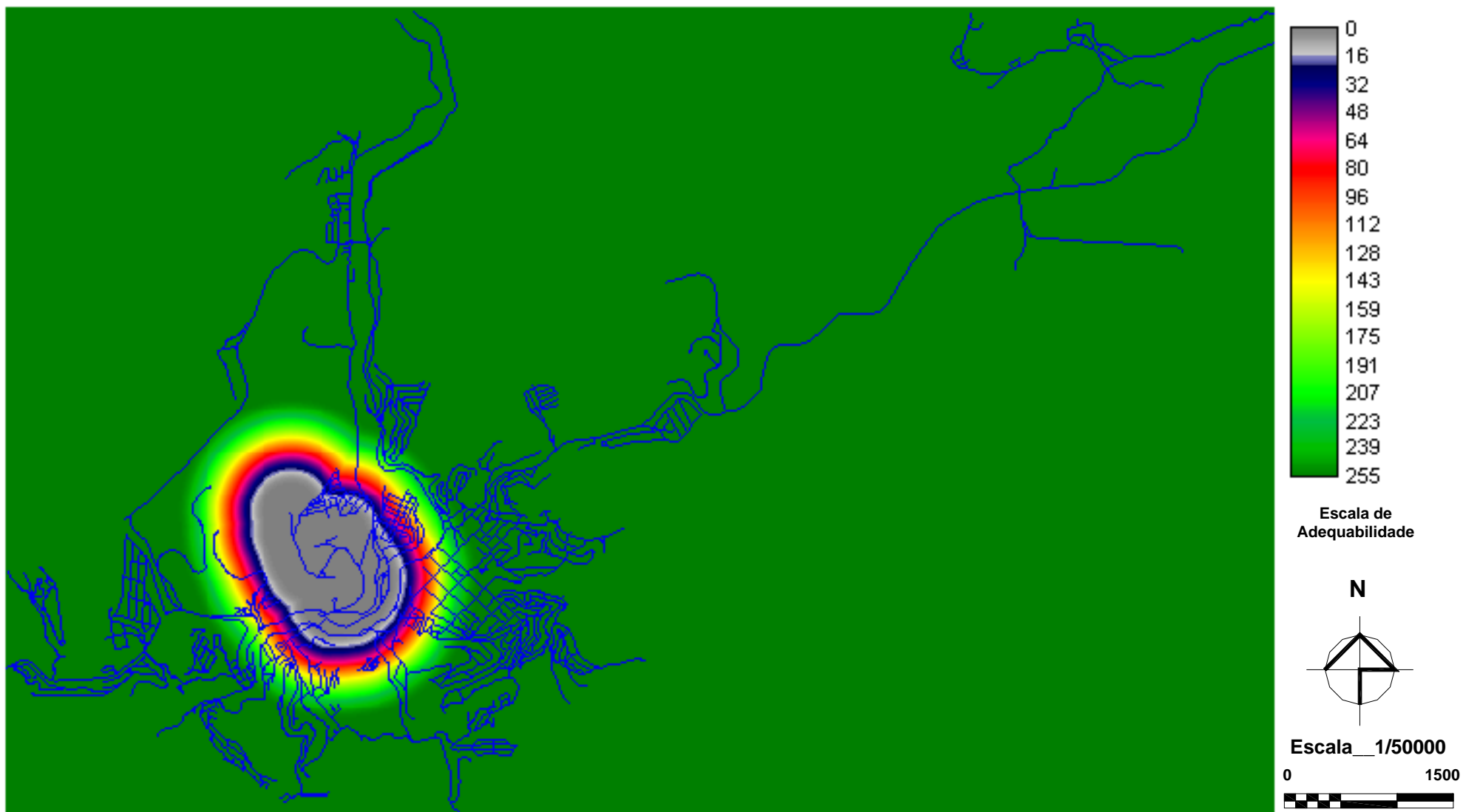


Figura 17. Fator referente ao grau de incidências de áreas industriais, com função sigmoidal crescente.

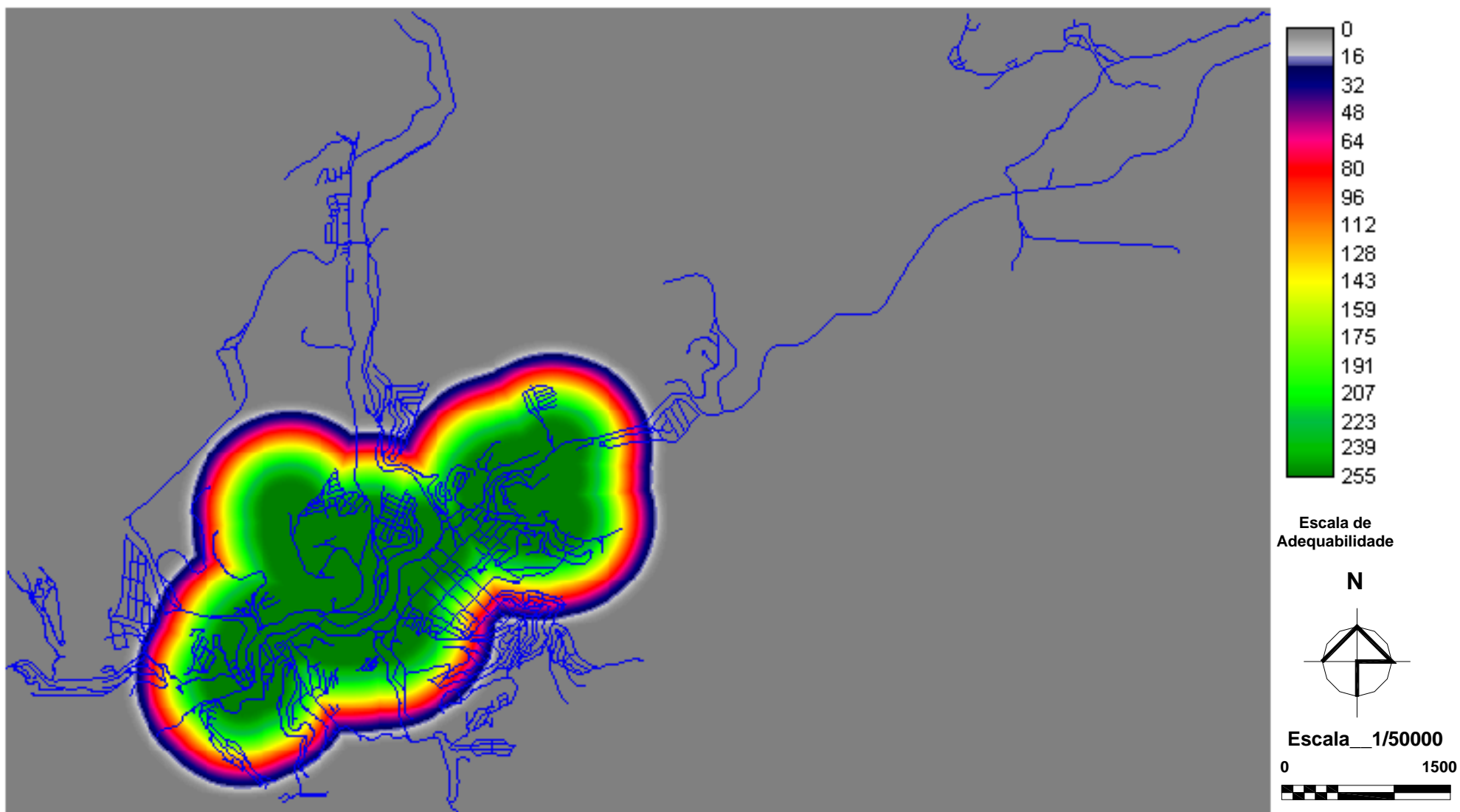


Figura 18. Fator referente ao grau de incidências de áreas de serviço, com função sigmoïdal decrescente.

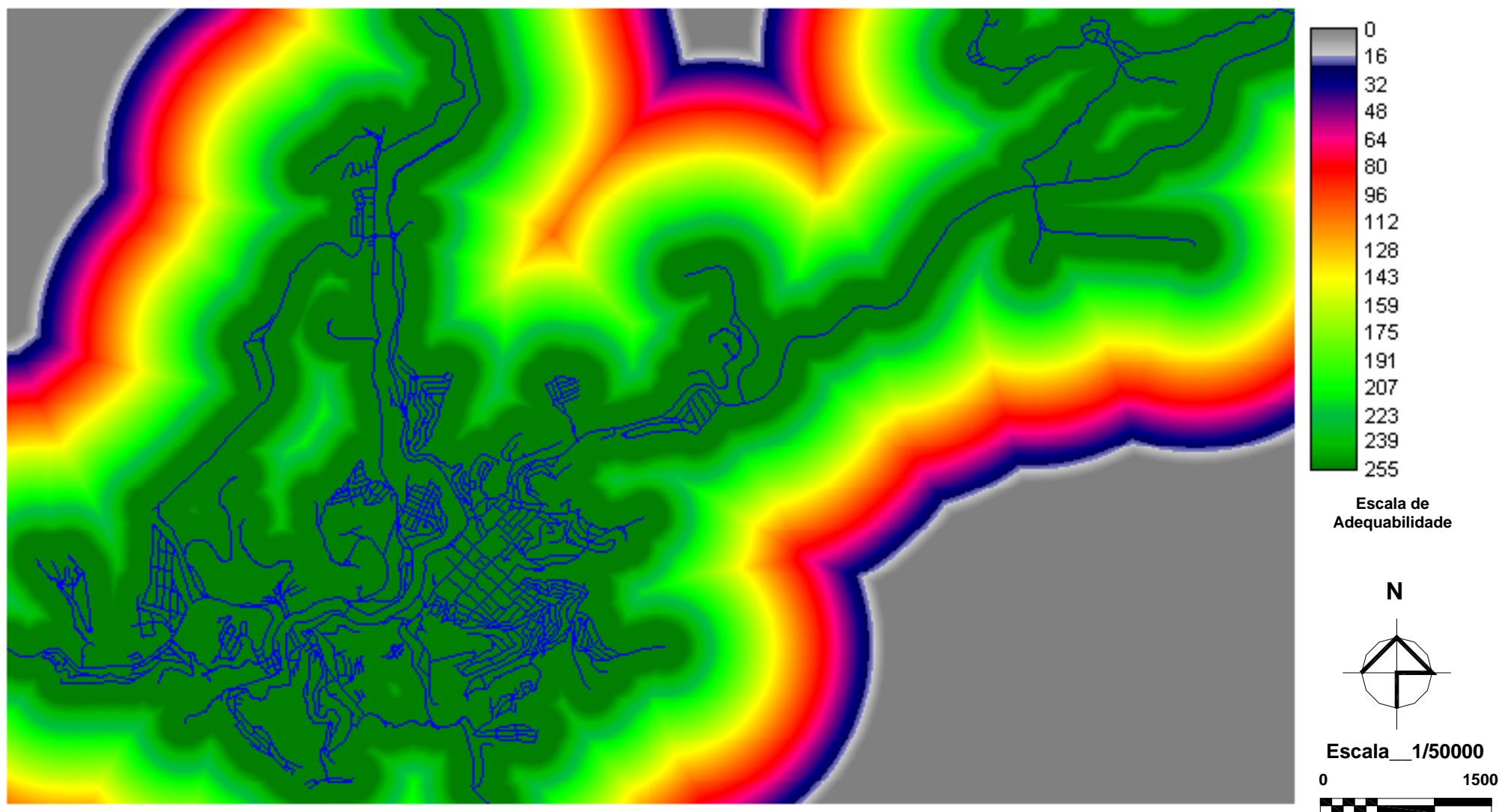


Figura 19. Fator de distância dos eixos axiais das vias públicas, com função linear decrescente.

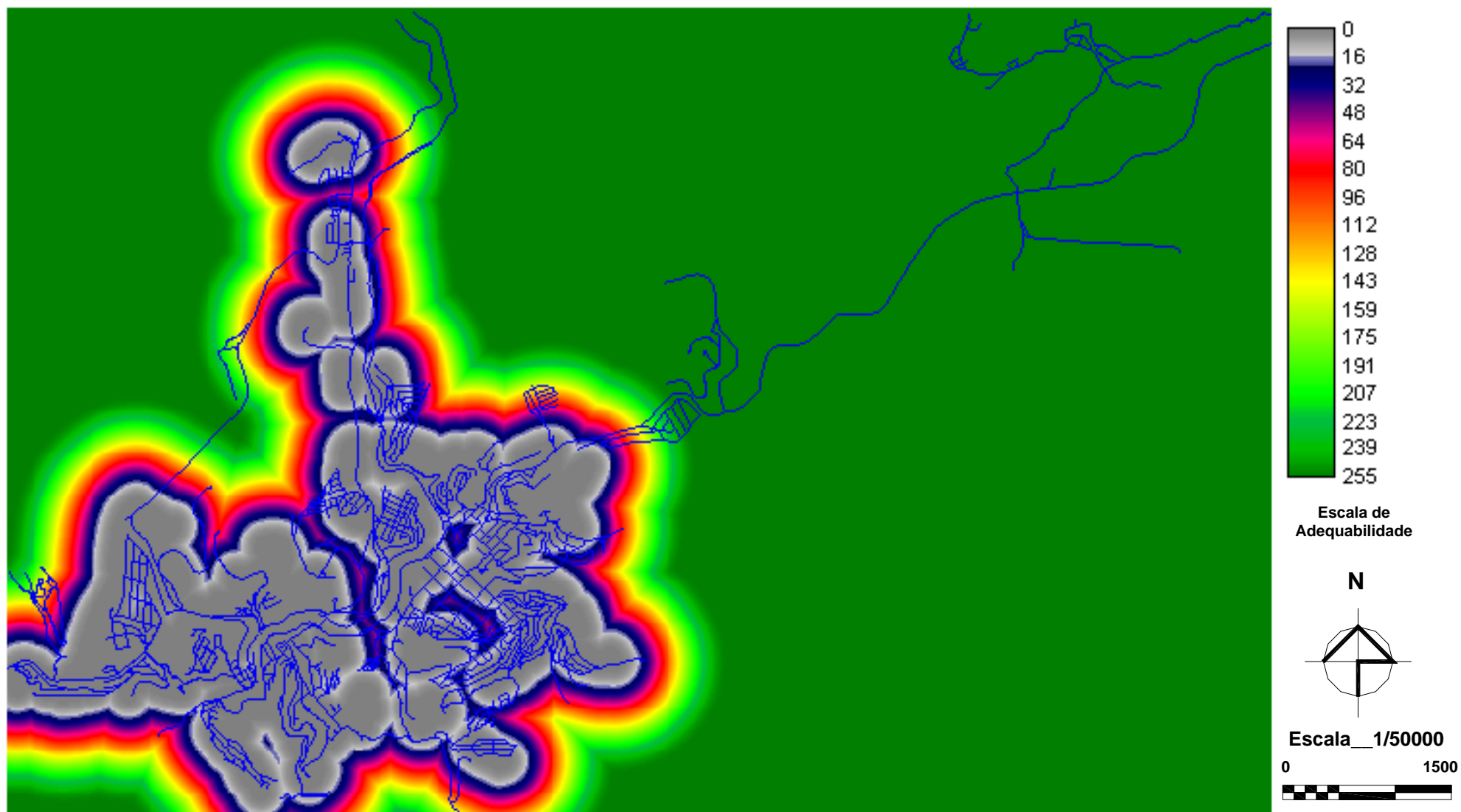


Figura 20. Fator associada as distância dos riscos geológicos(nível alto), com função sigmoial decrescente.

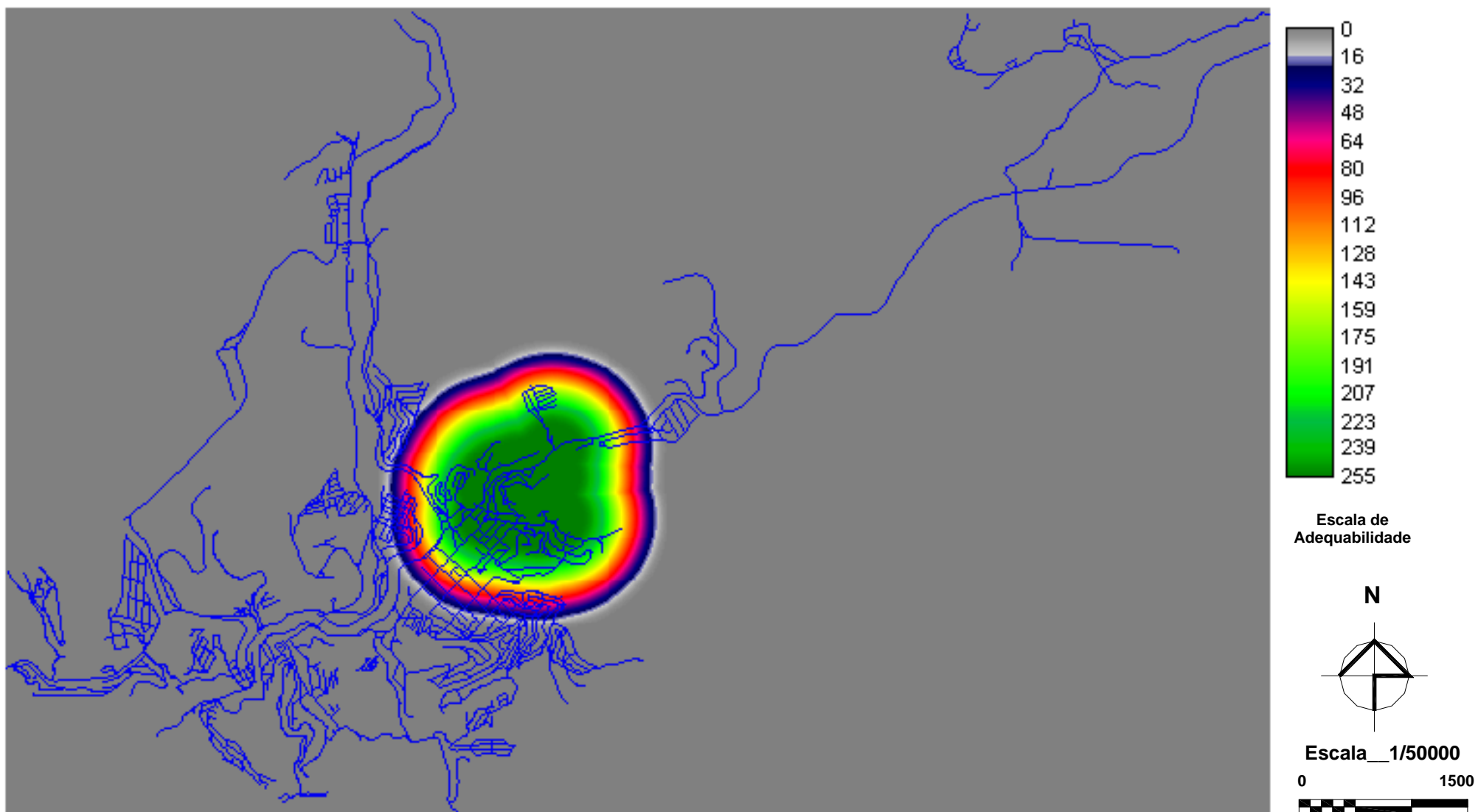


Figura 21. Fator relativo as alturas das construções (gabariito acima de 3 pavimentos), com função sigmoidal decrescente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O zoneamento urbano consiste em delimitar áreas de acordo com a sua destinação urbanística, visando a orientar a ordenação do uso e da ocupação do solo, quando à aplicação de instrumentos legais com o que se preocupa em distribuir espacialmente as atividades socioeconômicas e a população urbana.

Tendo em vista a aplicação das variáveis para a elaboração do zoneamento urbano do Município de Ponte Nova, das análises feitas a partir do uso do SIG e com o cruzamento das informações levantadas pelo diagnóstico elaborado para o Plano Diretor de Ponte Nova, foi possível elaborar um mapa temático que abrangesse os seguintes tipos de zonas:

Zona Residencial Um (ZR1): caracterizada por ser estritamente residencial com possibilidade de comércio de bairro e unidades de serviço de pequeno porte.

Zona Residencial Dois (ZR2): de caráter residencial, podendo abranger comércios de âmbito local e unidades locais de serviço e institucionais.

Zona Residencial Três (ZR3): área destinada a uso de caráter misto, com exceção do uso industrial.

Zona Comercial Um (ZC1): áreas de uso comercial, serviço e institucional, destinada para a implementação de instrumentos urbanísticos de preservação ambiental.

Zona Comercial Dois (ZC2): área prioritária para uso comercial, podendo abranger unidades locais de serviço e de caráter institucional.

Zonas de Expansão (ZE): zonas prioritárias para incentivos de crescimento urbano.

Zona de Preservação (ZP): área destinada a preservação ambiental e ao lazer.

A área total das zonas estudadas foi de 14,08 km² variando desde 0,59 km² (ZR3) até 2,18 km² (ZR2) (Quadro 2). As áreas destinadas às zonas residenciais perfizeram um total de 30,33 % da AUT, devido à vocação inerente destas áreas, aliados aos fatores naturais, tais como, declividade, drenagem ou riscos geológicos. Desta forma, a ZR1, de caráter predominantemente residencial com baixa densidade, constituiu-se de 10,65 % da AUT. Por outro lado, a ZR2, que permite uma ocupação de habitações que possibilitem um incremento na densidade populacional com gabaritos superiores a dois pavimentos, representou 15,48 % da AUT. A ZR3, por ser uma área de transição entre áreas residenciais e comerciais favorece o tipo de uso misto, sejam residenciais, comerciais ou institucionais e representou 4,19 % da AUT. (Figura 22).

Quadro 2. Áreas totais do Zoneamento proposto para o Município de Ponte Nova-MG por meio da lógica *Fuzzy*

Zonas	Área (km ²)
ZR1	1,50
ZR2	2,18
ZR3	0,59
ZC1	0,63
ZC2	0,68
ZE	2,07

ZR1: Zona Residencial 1; ZR2: Zona Residencial 2; ZR3: Zona Residencial 3; ZC1: Zona Comercial 1; ZC2: Zona Comercial 2; ZE: Zona de Expansão.

As zonas comerciais foram delimitadas por suas especificidades e pela relação de proximidade com as zonas residenciais propostas. A ZC1, já consolidada e a ZC2, em expansão natural, apresentaram 4,47 e 4,83 % da AUT, respectivamente (Figura 22).

As zonas de expansão definidas como áreas de prioridade para os incrementos e incentivos para o crescimento urbano, calcado no Estatuto da Cidade, compuseram 14,70% da AUT. Estas áreas correspondem principalmente aos eixos de crescimento da cidade e estão em locais estratégicos para a utilização de leis urbanísticas que apóiem o crescimento sustentável, as quais são relacionadas, sobretudo, com a preocupação com as especificidades geológicas do sítio urbano.

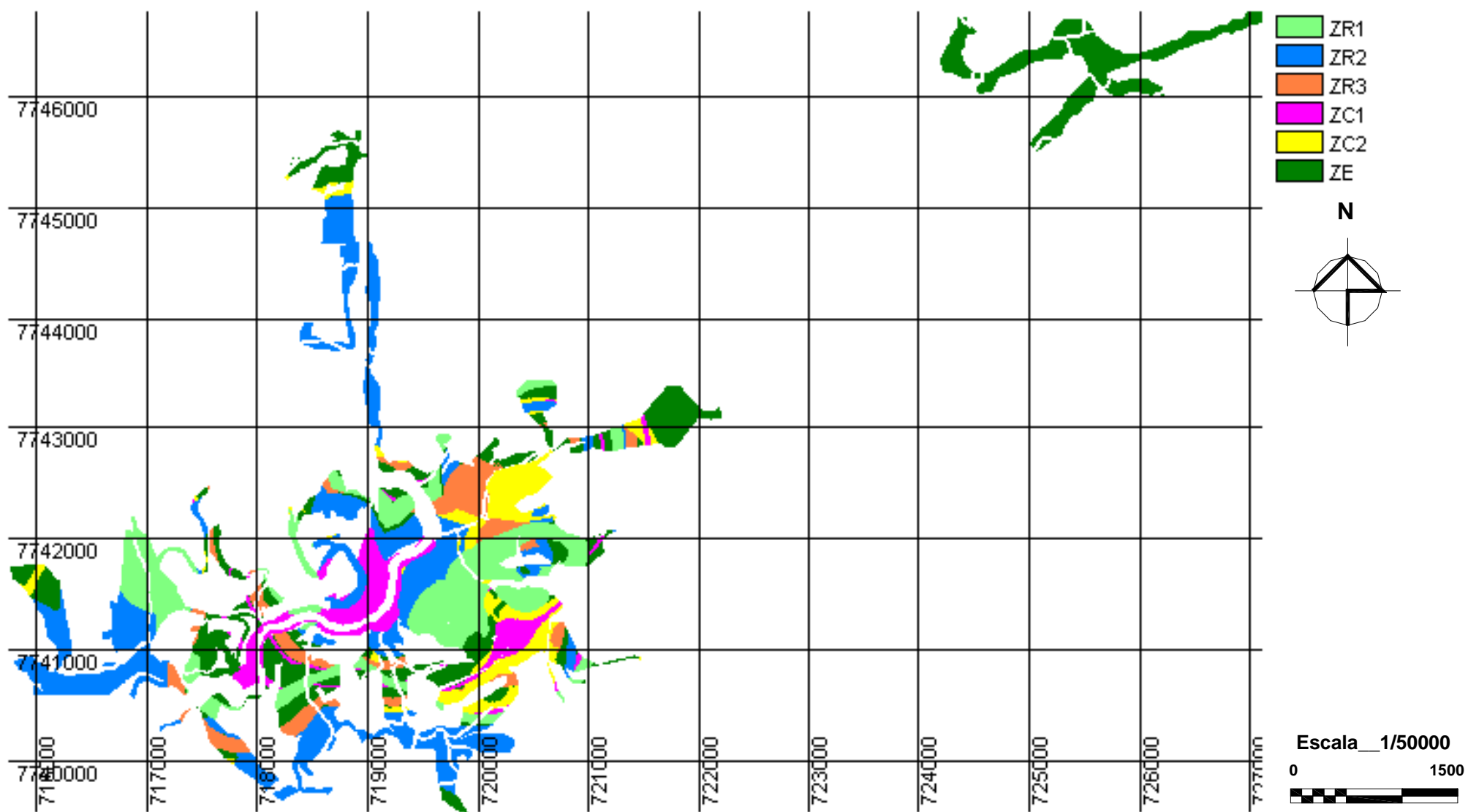


Figura 22. Zoneamento para o Município de Ponte Nova.

As zonas de preservação (ZP) foram determinadas de forma diferenciada das demais, por ser em áreas de grande importância para o desenvolvimento sustentável do Município de Ponte Nova, com um total de 6,43 km². Sua importância está fundamentada nos altos índices de inundações ocorridas em determinadas épocas do ano, que acarretam erosões, deslizamentos e assoreamento do leito do Rio Piranga, propiciando prejuízos ambientais e socioeconômicos para o Município. Para a ZP, foi confeccionado um mapa à parte, delimitando-se três áreas diferenciadas, proibitiva, restritiva e de preservação preventiva. Esta opção foi tomada em decorrência de sua maior área estar relacionada aos leitos dos rios (Lei 6766/79, Anexo 1), o que fragmentaria todo o zoneamento proposto para a cidade.

As áreas de entorno aos leitos dos rios, associadas àquelas com declividades superiores a 30 %, consideradas proibitivas para ao uso e parcelamento do solo urbano, constituíram 2,83 km² ou 44,01 % da área total de preservação. Por outro lado, as áreas restritivas representaram 0,96 km² ou 12,56 % da AUT e 14,93% da área total de preservação, e as áreas de preservação preventiva, que margeiam o perímetro da AUT, com um total de 2,64 km² ou 41,05 % da área de preservação total (Figura 23). Estes dados significam que, anteriormente a qualquer ocupação, o processo de crescimento urbano do Município de Ponte Nova deve estar calcado em estudos ambientais, desenvolvidos por instituições ligadas ao planejamento urbano, como também preconizado por Da Costa e Cintra (1999).

O comprometimento significativo da área urbana do Município de Ponte Nova está, em grande parte, diretamente relacionado às características geomorfológicas das áreas sob estudo. Estas áreas apresentam fortes inclinações, com a presença de relevo ondulado a forte ondulado, além de classes de solos com baixa capacidade de retenção e infiltração de água, o que favorece o aumento do impacto da gota da chuva sobre a superfície do solo, o incremento no escoamento superficial e conseqüentemente o aparecimento de processos erosivos.

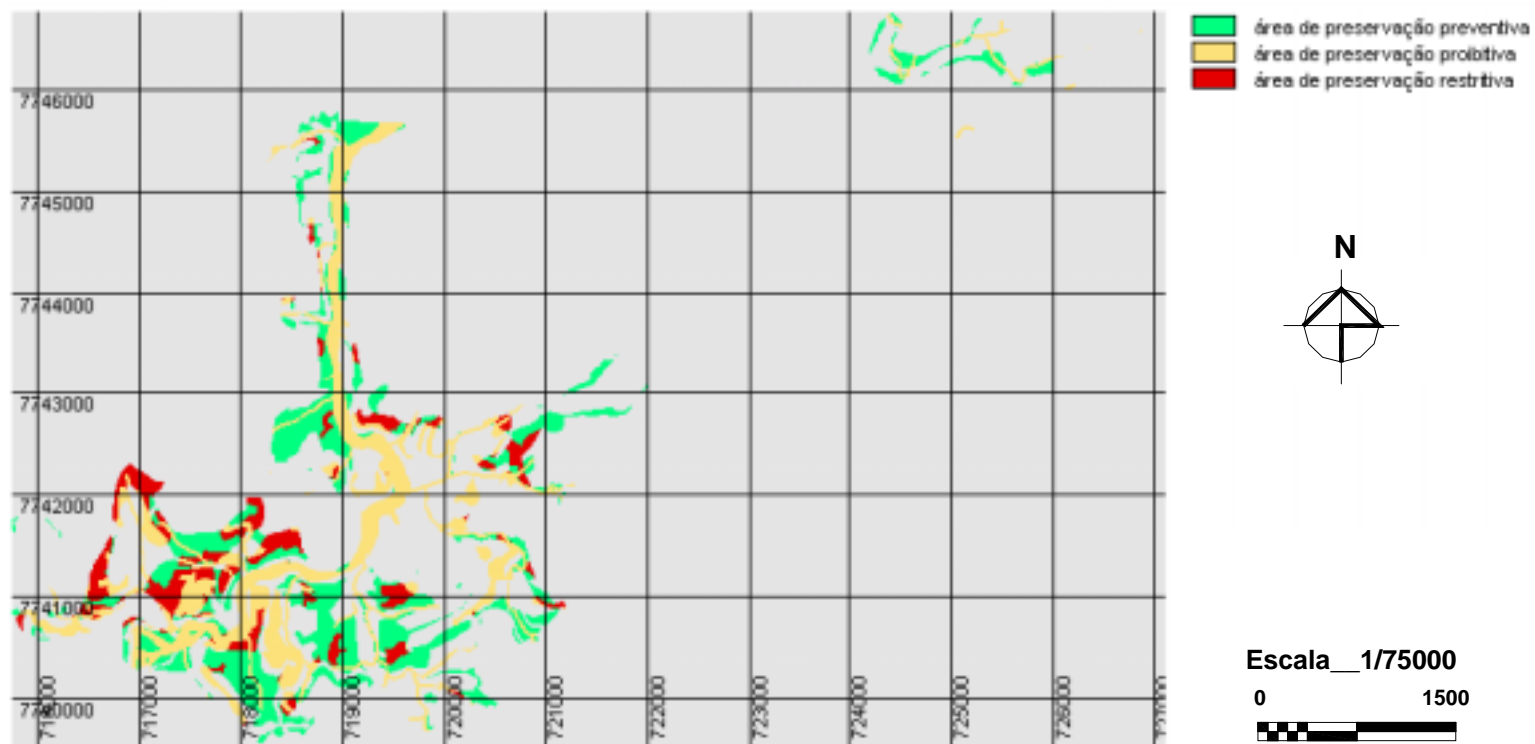


Figura 23. Zonas de preservação.

4. CONCLUSÕES

A utilização da lógica *Fuzzy* no processo de decisão para o zoneamento do Município de Ponte Nova demonstrou ter uma boa aplicabilidade no uso do planejamento urbano.

A metodologia da lógica *Fuzzy*, por possuir uma gama de possibilidades, que dependem dos critérios de decisões adotados pelo analista, requer um levantamento de dados confiável, assim como um conhecimento relativo dos problemas levantados para um diagnóstico coerente com a realidade do Município.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALL, G.L. **Ecosystem modeling with GIS**. Environmental Management, 18(3): 345-349, 1994.

BRASIL. Ministério da Infra-Estrutura. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, **Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil**, Ponte Nova, folha SF. 23-X-BII. Estado de Minas Gerais. Brasília 1991. 161p.

CALIJURI, M.L. **Treinamento em Sistemas de Informações Geográficas**. Núcleo SiGEO. Universidade Federal de Viçosa. 2000, 156p.

CONYERS, D.; HILLS, P. **An introduction to development planning in the third world**. Chichester, John Wiley e Sons. 1984, 271p.

CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. (Orgs), **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro, p.337-379, 1996.

DA COSTA S.M.F.; CINTRA J.P. **Enviromental analysis of metropolitan áreas in Brazil**. Photogrammetry & Remote Sensing, 54:41-49.1999.

DENÈGRE, J. **Technological progress in geographical research: recent developments in satellite remote sensing and geographical information systems**. Mapping Sciences and Remote Sensing, 31(1):3-12. 1994.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de **Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999.

GONÇALVES, L.F.H.; GUERRA, A.J.T. Movimento de massas na cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro). In: Guerra, A.J.T.: CUNHA, S.P. (Eds) **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 189-252p, 2001.

IGA - Instituto de Geociências Aplicadas/Secretaria de Ciência e Tecnologia, Monografia (mapa do Município de Ponte Nova, escala 1: 50.000), 1982.

LAI, P. **Issues concerning the technology transfer of geographic information systems.** Environmental Management, 15(5): 595-601. 1991.

LEES, B.G.; RITMAN, K. **Decision-tree and rule-induction approach to integration of remotely sensed and GIS data in mapping vegetation in disturbed or hilly environments.** Environmental Management, 15(6): 823-831, 1991.

LUSTOZA, R.E. **Análise da paisagem urbana e o planejamento ambiental em Anna Florência, Ponte Nova, Minas Gerais.** Viçosa, 2001, 142p. Tese de Mestrado.

MELO, A.L.O. De. **Avaliação e seleção de áreas para implantação de aterro sanitário utilizando *lógica Fuzzy e análise multi-critério*: uma proposta metodológica. aplicação ao Município de Cachoeiro de Itapemirim- ES.** Viçosa, 2001, 168p. Tese de Mestrado.

MENDES, R.M. **Mapeamento geotécnico da área central urbana de São José do Rio Preto (SP) na escala de 1:10.000, como subsídio ao planejamento urbano.** São Carlos, 2001, 245p. Tese de Mestrado.

NATALI, P.P. **Carta Preliminar de risco de escorregamento para a área urbana de Ponte Nova – MG.** Viçosa, 1999. 112p. Tese de Mestrado.

OKE, T.R. climatic impacts of Urbanization. In: **Interations of energy and climate.** D. Reidel Publishing Company. Dordrecht: Holland/Boston: U.S.A./ London: England, p.339-57. 1980.

RAMOS, R. A. R.; MENDES, J. F. G. **Avaliação da aptidão do solo para localização industrial: o caso de Valença.** Revista Engenharia Civil. Número 10, Universidade do Minho, Portugal. p. 7-29; 2001.

RIBEIRO, L.C. DE Q.; SANTOS JÚNIOR, O.A. dos. O Futuro das cidades brasileiras na crise. In: RIBEIRO, L.C. DE Q. & SANTOS JÚNIOR, O.A. (Orgs) **Globalização, fragmentação e reforma urbana**. Civilização Brasileira, Rio de Janeiro, 1994, p. 11-19.

RODRIGUES, D.S.; SILVA, A.N.R.; RAMOS, R.A.R.; MENDES, J.F.G. **Avaliação multicritério da acessibilidade em ambiente SIG**. In: VII Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica, Lisboa, 2002. 13p.

SCHREIER, H.; BROWN, S.; SCHMIDT, M.; SHAH, P.; BUBHAN, S.; NAKARMI, G.; SUBBA, K. e WYMANN, S. **Gaining forests but losing ground: a GIS evaluation in a himalayan watershed**. Environmental Management, 18(1): 139-150, 1994.

SUI, D.Z.A **Fuzzy GIS modeling approach for Urban land evaluation, Computers**, Environment and Urban Systems, 16(2):101-115, 1992.

WEBER, C. **Interaction model application for urban planning**. Landscape and Urban Planning, 63; 49-60, 2003.

CAPÍTULO 3

ASSOCIAÇÃO DA ANÁLISE BOOLEANA E DA LÓGICA FUZZY, AO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NO ZONEAMENTO URBANO DE PONTE NOVA-MG.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento rápido dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) modificou o procedimento de organização espacial, tanto pelo armazenamento de dados, quanto pela análise e exibição dos mesmos. A partir da década de 80, tornou-se comum no planejamento urbano e regional a adoção de tecnologia de SIG (Scholten e Stillwell, 1990), porém, suas aplicações restringiam-se basicamente às suas funções rotineiras. Embora muito da sua funcionalidade analítica reflita as necessidades percebidas do mercado atual, é consensual a idéia de que as operações analíticas são insuficientes para os problemas diversificados e multidisciplinares dos centros urbanos (Burrough, 1990; Yates e Bishop, 1998).

A maioria dos modelos cartográficos baseados nas funções analíticas do SIG utiliza a tradicional lógica Booleana, que é calcada nos modelos determinísticos e precisos, não tendo nenhum espaço para as imprecisões das informações geográficas e decisão do analista, por fazer os processos associados com um único atributo temático. São impostos limites únicos entre categorias espaciais, podendo pertencer ou não pertencer a uma característica proposta, embora, a maioria das mudanças de fenômenos geográficos esteja relacionada gradualmente em espaço e tempo. A cartografia convencional, como discutido por Tomlin (1990), está baseada na lógica Booleana e foi empregada amplamente no planejamento urbano e regional. Porém, esta técnica é limitada em algumas aplicações do SIG, em que a imprecisão e incertezas prevalecem, porque não podem ser exclusivamente definidas pelo uso de atributos do banco de dados espacial, como requer a lógica Booleana.

Como uma alternativa à lógica Booleana, a teoria *Fuzzy* foi proposta como um novo conceito para o uso do SIG no planejamento urbano (Leung, 1989). As aplicações potenciais da lógica *Fuzzy* nas coleções de dados

espaciais consideram algumas das contribuições mais diretas para o armazenamento de características geográficas como dados lingüísticos. Dessa forma, as representações podem ser modificadas facilmente às necessidades particulares por aplicações específicas.

Discute-se muito sobre a aplicação de SIG para seleção de alternativas e propostas de manejo sustentável, que compreendem as últimas etapas do planejamento, já ligadas às propostas de gerenciamento. Porém, para uso do conceito de manejo sustentável é necessário um conhecimento "maduro" dos recursos naturais em foco, bem como dos processos ecológicos que os mantêm dentro da capacidade de suporte. Nestes casos, costuma-se apontar para SIG de segunda geração, que geram modelos da dinâmica espacial e de manejo de recursos baseados num banco de dados reais e interativos (Loh e Rykel Jr., 1992; Ball, 1994).

Poucos estudos indicam como incorporar a teoria *Fuzzy* no processo de planejamento urbano, a qual modela os processos controlando as imprecisões por tomada de decisão multicriteriais, especialmente em um contexto urbano (Dai et al., 2001). O objetivo deste trabalho foi comparar a aplicação da teoria *Fuzzy* e da lógica Booleana para fins de planejamento urbano no Município de Ponte Nova-MG.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização da área de estudo

O Município de Ponte Nova (20° 24' S, 42 ° 33' W), localizado no Estado de Minas Gerais, Brasil (Figura 1) foi selecionado como objeto deste estudo. Possui uma área de 471,7 km², com uma população aproximada de 55.000 habitantes. Situa-se dentro da província geotectônica Mantiqueira, ocupando a porção sudeste da folha Ponte Nova SF. 23-X-B-II (CPRM, 1991).

Geomorfologicamente é caracterizado por morros suaves de cumes arredondados com formato tipo meia-laranja. As coberturas são compostas por solos Terciários pouco espessos e aluviões Quaternários, constituído de solos classificados como Latossolos e Argissolos (IGA, 1982; EMBRAPA, 1999).

O Município de Ponte Nova faz parte da Bacia do Rio Doce e seus rios principais são o Ribeirão do Canadá e o Rio Piranga, formando uma rede de drenagem densa, com direcionamento predominante nos sentidos: sul-norte e oeste-leste. Tem seu relevo cortado pelas mudanças de curso, marcadas por ângulos de 90°, mostrando forte controle estrutural, trechos encaixados alternando-se a outros de vale aberto com várzeas e terraços fluviais, contando ainda com um grande número de afluentes.

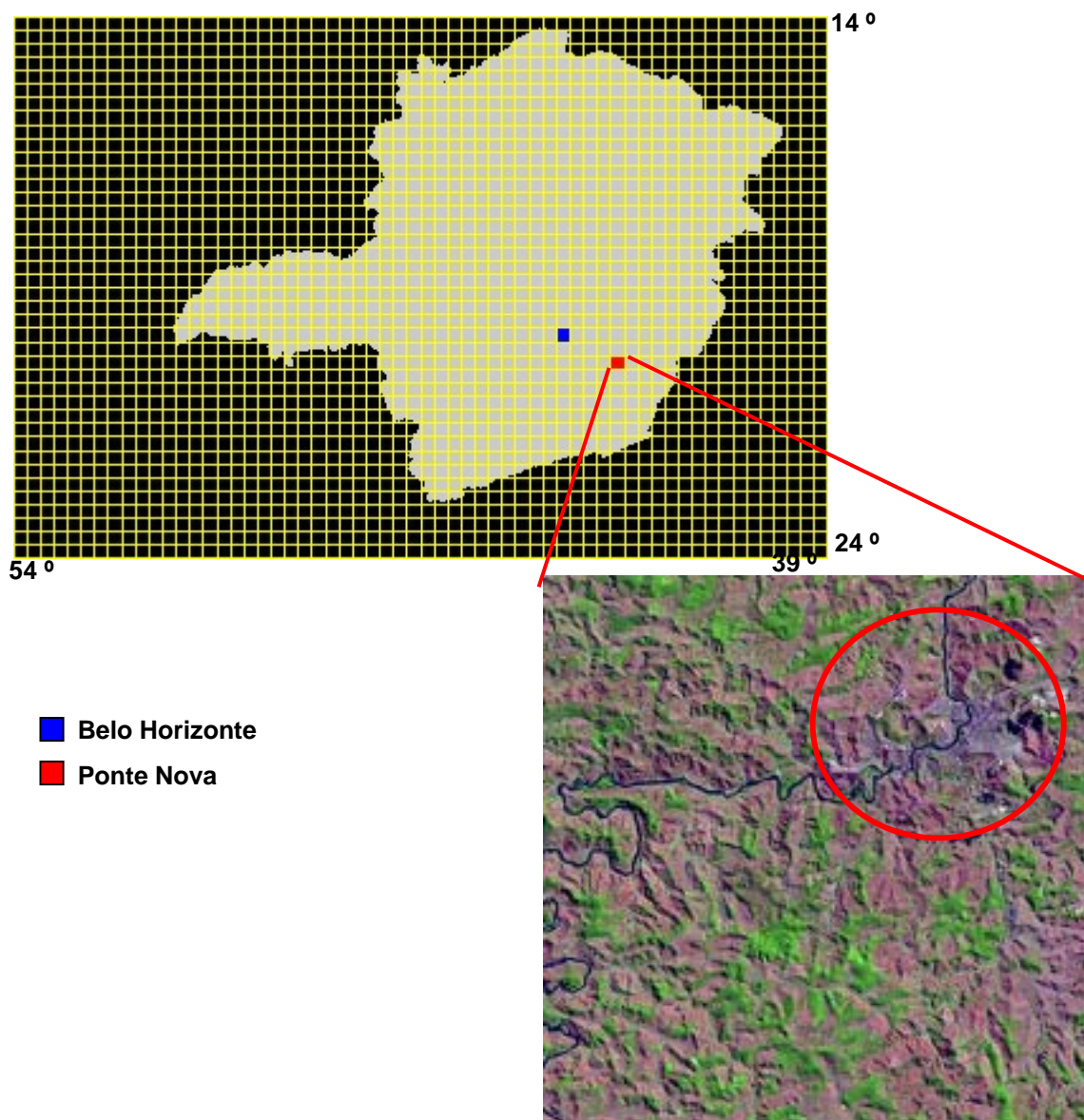


Figura 1. Localização do Município de Ponte Nova em relação ao Estado de Minas Gerais e sua capital. Imagem de satélite com articulação compatível com a escala 1:25.000 (IBGE)

Fonte: Embrapa Monitoramento por Satélite (2002).

A Prefeitura do Município de Ponte Nova, pela necessidade de estruturação e desenvolvimento sustentável urbano iniciou, no ano de 2002, o processo de implementação do seu Plano Diretor. Para sua melhor implementação se faz necessário um conjunto de leis e políticas urbanas calcadas nas especificidades da cidade e de seus habitantes.

2.2. Materiais Utilizados

Foram utilizados vários materiais cartográficos digitais e programas, detalhados a seguir:

- Cartas plani-altimétricas produzidas pelo IBGE na escala de 1:50.000 (1978) com equidistância vertical de 20 metros entre curvas de nível.
- Planta cadastral do núcleo urbano, no formato digital;
- Ortofotos da região de Ponte Nova, fornecidas pela CEMIG;
- Imagem LandSat 7 nas Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 EMBRAPA (2002);
- Mapas temáticos de geologia, pedologia, geomorfologia, malha viária e hidrologia.
- Software GIS Idrisi32, Version I32.2, maio de 2001, The Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis – para geração, manipulação e análises espaciais das imagens em formato *raster*;
- Software GIS ArcView 3.2a, Environmental Systems Research Institute, Inc. - para execução do *layout* final das imagens *raster* para impressão.
- Software Cartalinx, The Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis, para edição dos mapas obtidos.

2.3. Procedimentos

O estudo foi desenvolvido em três etapas. A primeira etapa caracterizou-se pela compilação dos dados obtidos sobre o Município de Ponte Nova e a elaboração de mapas temáticos baseados em pressupostos estabelecidos pelas leis federais (Anexo 1) e estaduais, específicas para o uso e ocupação do solo urbano e para o meio ambiente, como também de áreas com caracterizações distintas pelas funções urbanas, baseadas no diagnóstico realizado pela Prefeitura de Ponte Nova. Estes mapas foram produzidos com o auxílio dos softwares indicados, e concluídos em arquivo do *Idrisi32*, *I32.2*, para serem analisados na fase posterior.

Na segunda fase, foram realizadas a análise e a avaliação dos mapas temáticos, para definição do zoneamento para o Município de Ponte Nova, a

partir de dois métodos de processo de decisão diferenciados e realizados por um SIG: as lógicas Booleana e *Fuzzy*.

Os modelos implementados pelo SIG dependeram dos critérios adotados, i.e., se o critério foi definido por meio de uma série de regras determinísticas aplicou-se o modelo Booleano; caso contrário, quando cada posição foi avaliada, segundo uma combinação ponderada, resultando numa escala de valores, utilizou-se a lógica *Fuzzy*

No modelo Booleano, que é análogo ao empilhamento de mapas em uma mesa de luz, método tradicional e largamente utilizado na cartografia, determinou-se a classificação dos critérios em aptos e não aptos, i.e. a classe 1 (verdadeiro) indicando as áreas que a satisfizessem uma determinada hipótese e a classe 0 (falsa) as áreas não satisfatórias. Desta forma foram realizadas correlações entre os mapas temáticos, em operações sucessivas a cada duas classes, para cada pixel da região de interesse até que se obtivesse uma categoria ou zona de duas classes 0 e 1. Para determinação do mapa final, foram usadas operações algébricas como: interseção, união e negação.

Na lógica *Fuzzy*, tem-se a possibilidade de cada posição x,y pertencer a uma função avaliando uma série de conjuntos *Fuzzy* de funções de adequabilidade. Estas funções descrevem o grau satisfatório dos dados para cada classe. Neste estudo, foram usadas as funções *Fuzzy* sigmoidal (forma de "s") e a função linear.

Diferentemente dos modelos convencionais, Booleanos, que seguem somente funções de pertinência binária (verdadeiro ou falso), a lógica *Fuzzy* admite a possibilidade de uma pertinência parcial, configurando uma situação onde os limites das classes não são bem definidos e a transição entre a pertinência ou não-pertinência de uma posição é gradual e varia entre 0 a 255, indicando um aumento contínuo de uma situação de nenhuma adequabilidade para uma de total adequabilidade (Figura 2).

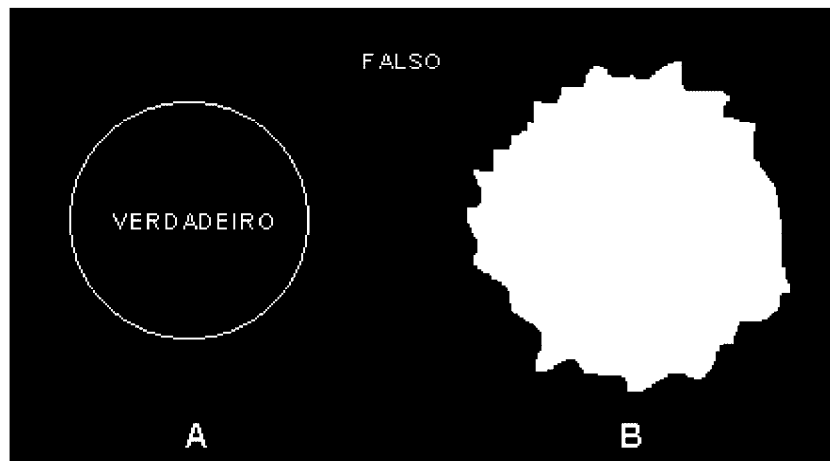


Figura 2. Comparação entre o modelo Booleano (A) e a lógica *Fuzzy* (B).
Adaptado de Burrough (1989).

Para obtenção do zoneamento urbano do Município de Ponte Nova a partir da lógica *Fuzzy*, foram determinados os critérios de restrição e os fatores de ponderação. Para os critérios restritivos, usou-se o método booleano delimitando-se assim as regiões limítrofes para a realização das análises. Para os fatores foi feita uma padronização em escala contínua de adequabilidade de 0 (menos adequada) a 255 (mais adequada) e, posteriormente, aplicou-se o módulo WEIGHT do *Idrisi32, I32.2* obtendo-se a partir da matriz de comparação par-a-par os resultados finais dos pesos ponderados para cada fator de uma determinada zona. Por conseguinte, passou-se para o método de agregação WLC (*Weighted Linear Combination*), no qual os resultados obtidos tiveram a valoração dos fatores com risco médio, e uma compensação total entre fatores.

Na terceira e última etapa, com a obtenção dos resultados de cada método, foram realizadas a avaliação e a comparação entre eles, com o objetivo de melhor configurar as áreas distintas para cada uso urbano e caracterizar as diferenças e semelhanças propostas pelos métodos, para poder qualificar seus resultados (Figura 3).

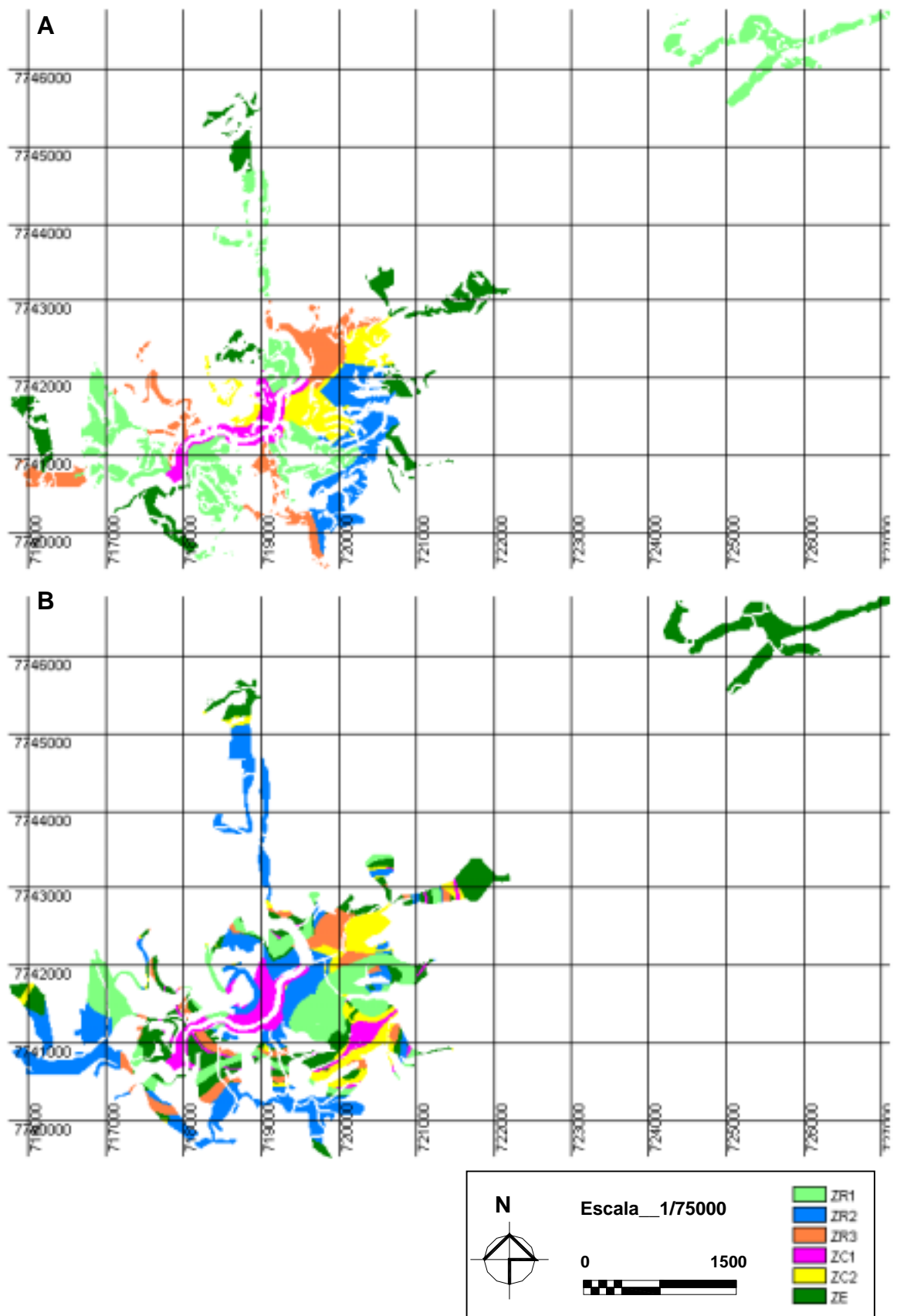


Figura 3. Mapas de zoneamento proposto pelos métodos Booleano (A) e Fuzzy (B).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O zoneamento é, provavelmente, o mais utilizado e importante instrumento do planejamento territorial. Considerando-se que o planejamento envolve aspectos físicos, político-administrativos, sociais, econômicos e ambientais, cabe ao zoneamento utilizar a análise desses diferentes aspectos para indicar qual o mais adequado uso do solo nas diferentes regiões ou zonas. Neste intuito, foram avaliadas e comparadas duas técnicas, com o apoio de um SIG, para determinar o zoneamento do Município de Ponte Nova.(Figura 4).

As propostas de zoneamento abrangeram zonas residenciais (ZR1, ZR2 e ZR3), zonas comerciais (ZC1 e ZC2), zona de expansão (ZE) e zonas de preservação (ZP). A ZR1 contempla área estritamente residencial com possibilidade de comércio de bairro e unidades de serviço de pequeno porte; a ZR2, de caráter residencial, engloba comércios de âmbito local e unidades locais de serviço e institucionais; a ZR3 compreende áreas destinadas a uso de caráter misto, com exceção do uso industrial; a ZC1 associa-se às áreas de uso comercial, serviço e institucional, destinadas à implementação de instrumentos urbanísticos de preservação ambiental; a ZC2 está relacionada às áreas prioritárias para uso comercial, podendo abranger unidades locais de serviço e de caráter institucional; A ZE é destinada para incentivos de crescimento urbano e; a ZP está associada a preservação ambiental e ao lazer.

A partir dos mapas de zoneamento obtidos por meio dos métodos Booleano e *Fuzzy*, foi detectada uma grande diferenciação de resultados, principalmente nas zonas residenciais, constatando-se inversões de percentuais (Quadro 1). O modelo Booleano mostrou áreas potenciais que satisfizeram as condições pré-determinadas, no entanto, sem uma continuidade. Por outro lado, a lógica *Fuzzy* exibiu regiões onde se refletiram as incertezas envolvidas no processo e mostrou um zoneamento dentro destas regiões, onde ocorrem áreas com maior potencialidade do que outras, modificando assim suas funções.

Apesar da diferença existente entre as zonas ZR1, ZR2 e ZR3, na totalização das áreas destinadas ao uso residencial, obter-se-ia um percentual de 23,91% de áreas coincidentes, quando na comparação entre os métodos.

De forma individual, os métodos Booleano e Fuzzy, apresentaram 30,24 % e 30,33 % de áreas residenciais, respectivamente, o que demonstra a predominância dessas áreas em relação aos outros tipos de uso urbano, excetuando-se as áreas de preservação.

Quadro 1. Percentagem das áreas propostas para o Zoneamento do Município de Ponte Nova-MG pelos métodos Booleano e *Fuzzy* e seu comparativo

Zonas	Método Booleano	Método <i>Fuzzy</i>	Áreas Iguais
		%	
ZR1	16,59	10,65	7,38
ZR2	6,34	15,48	2,15
ZR3	7,32	4,19	3,29
ZC1	2,52	4,47	3,79
ZC2	4,88	4,83	2,97
ZE	8,86	14,70	8,42
ZP	53,50	45,67	37,88

ZR1: Zona Residencial 1; ZR2: Zona Residencial 2; ZR3: Zona Residencial 3; ZC1: Zona Comercial 1; ZC2: Zona Comercial 2; ZE: Zona de Expansão; ZP: Zona de Preservação

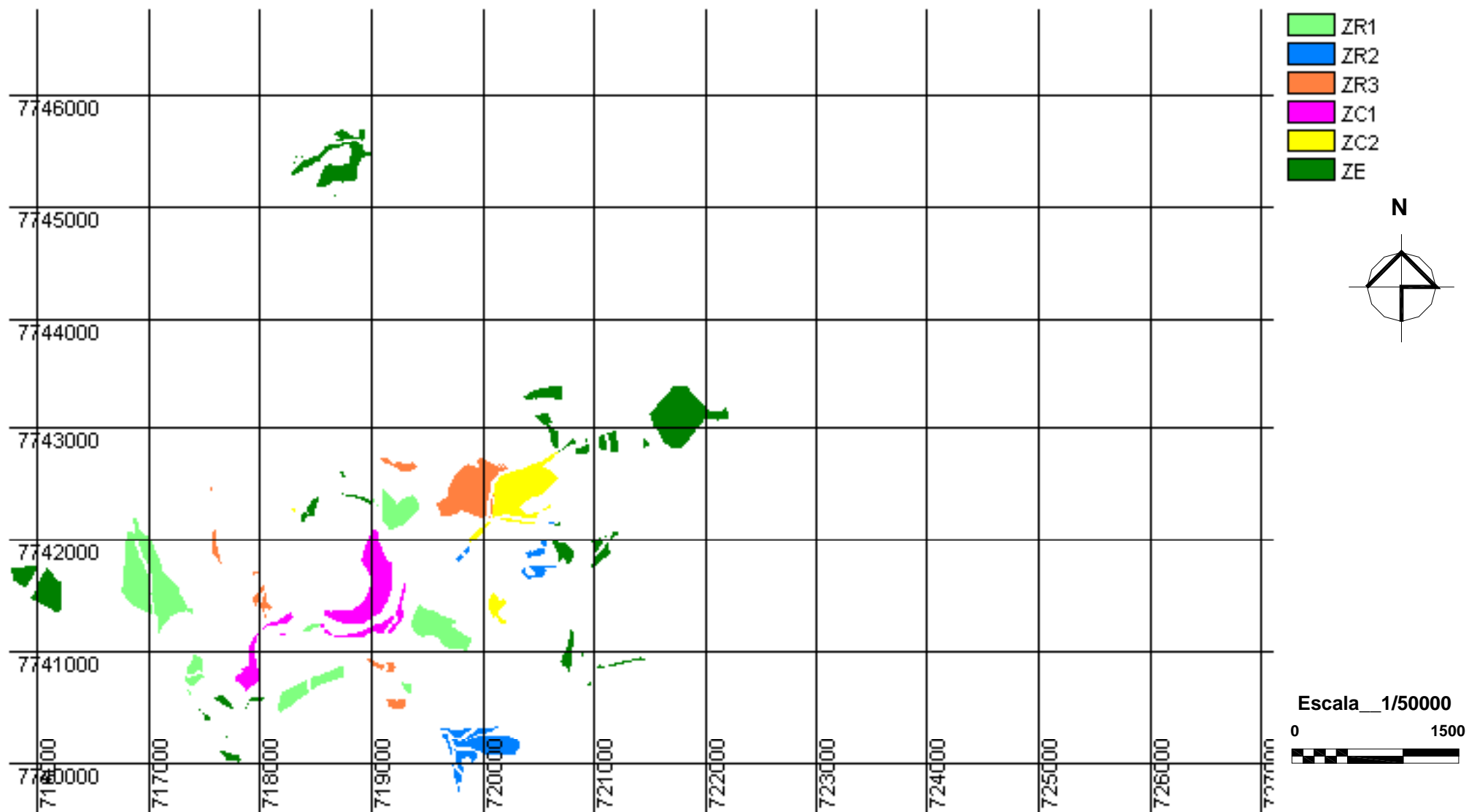


Figura 4. Áreas de coincidência entre os métodos Booleano e *Fuzzy*.

A ZC1 analisada pela lógica *Fuzzy*, teve sua área acrescida em relação ao método Booleano, pois, como a análise *Fuzzy*, abrange um maior número de critérios e pondera os resultados a partir de um grau de adequabilidade, novas áreas surgiram, diferentemente do método Booleano, que classificou a zona a partir do pressuposto de um uso já consolidado e de um local que refletia as características para esta função urbana (Quadro 1).

As zonas de expansão (ZE), quando comparadas pelos dois métodos, obtiveram apenas 0,64 km² de áreas igualitárias, o que representa sobreposição de 8,42%. A principal diferença está relacionada à porção nordeste do Município de Ponte Nova, pois, no modelo Booleano estava classificada como ZR1 e na lógica *Fuzzy* passou a integrar a ZE. Esta modificação está calcada na análise de crescimento urbano, já que esta área está tornando-se um novo núcleo urbano e como tal, necessita de políticas urbanas próprias que promovam o seu desenvolvimento.

Apesar das áreas destinadas às Zonas de Preservação terem sido determinadas em um mapeamento diferenciado (Figura 5), os potenciais foram basicamente os mesmos (6,57 km² e 6,43 km²) para os métodos Booleano e *Fuzzy*, respectivamente, pois para os dois métodos os parâmetros para delimitação das áreas seguiram os mesmos padrões. A diferença ocorreu em decorrência de um novo critério adotado pelo método *Fuzzy*, em que se observou a questão ambiental de regiões que não seriam proibitivas para o crescimento da cidade e sim restritivas, mantendo as características das zonas onde estão inseridas.

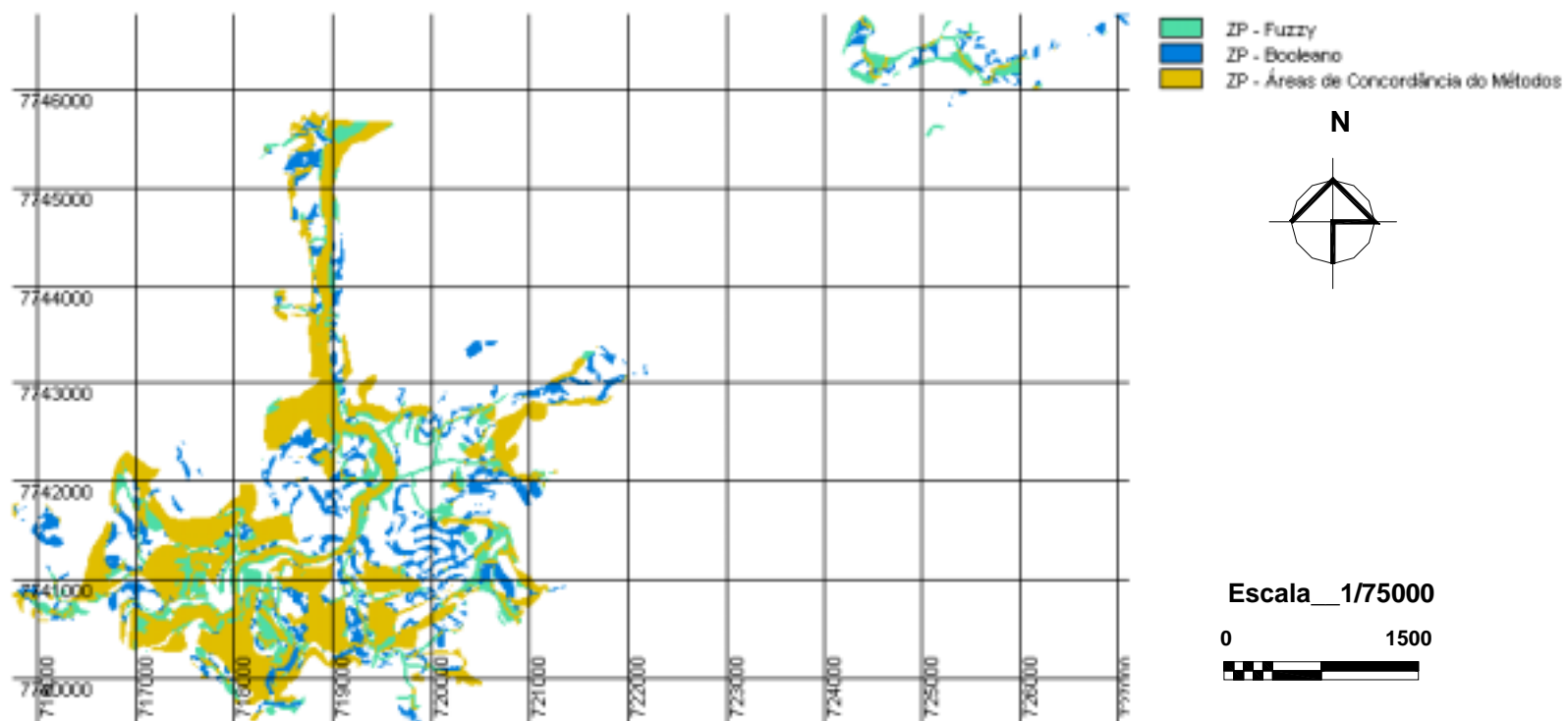


Figura 5. Áreas de coincidência das Zonas de Preservação entre os métodos Booleano e *Fuzzy*.

4. CONCLUSÕES

Na avaliação dos dois métodos, quanto à observância com as necessidades de planejamento urbano, o método *Fuzzy* demonstrou ser mais adequado, partindo do pressuposto de que é essencial agregar vários critérios e que estes não são necessariamente verdadeiros ou falsos, mas todos possuem um grau de adequabilidade e que o desenvolvimento urbano requer uma flexibilidade na avaliação e na proposição de suas normas.

O método Booleano foi de mais fácil aplicação, em comparação com a lógica *Fuzzy*, que requereu mais operações e uma melhor interação do analista com o SIG e com as propostas necessárias para obtenção do resultado final.

É de fundamental importância que as organizações administrativas do Poder Público, principalmente governos municipais, disponham de tecnologias que permitem ao planejador e ao administrador urbano elaborar propostas e alternativas de desenvolvimento urbano, bem como auxiliá-los no processo de tomada de decisão.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALL, G.L. **Ecosystem modeling with GIS**. Environmental Management, 18: 345-349, 1994.

BRASIL. Ministério da Infra-Estrutura. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil, **Ponte Nova, folha SF. 23-X-BII**. Estado de Minas Gerais. Brasília, 1991. 161p.

BURROUGH, P. A. **Fuzzy Mathematical Methods for Soil Survey and Land Evaluation**. Journal of Soil Science. 40: 477-492, 1989.

BURROUGH, P. A. **Methods of spatial analysis in GIS**. International Journal of Geographical Information Systems, 4:221-223, 1990.

DAI, F.C.; LEE, C.F.; ZHANG, X.H. **GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a casa study**. Engineering Geology, 61:257-271, 2001.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de **Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999.

IGA - Instituto de Geociências Aplicadas/Secretaria de Ciência e Tecnologia, **Mapa do Município de Ponte Nova**, escala 1: 50.000, 1982.

LEUG, Y. **Fuzzy logic and knowledge-based GIS: A prospectus**. Proceedings of the 12th Canadian Symposium on Remote Sensing. 1:47-50, 1989.

LOH, D.K.; RYKEL Jr., E.J. **Integrated resource management: coupling expert systems with data-base management and geographic information systems**. Environmental Management, 16:167-177, 1992.

SCHOLTEN, G.I.; STILLWELL, J.H. **Geographical information systems for urban and regional planning**. London: Kluwer Academic. 1990.

TOMLIN, C.D. **Geographic information systems and cartographic modeling.** New Jersey: Prentice Hall. 1990.

YATES, P.M.; BISHOP, I.D. **The integration of existing GIS and modeling systems: with urban application.** Comput. Environ. and Urban Systems, 22: 71-80, 1998.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nos três capítulos possibilitam uma análise crítica acerca dos métodos Booleano e *Fuzzy* associados ao SIG e utilizados como ferramentas em uma proposta de zoneamento para o Município de Ponte Nova. O método Booleano é de processamento rápido, simplificado e de fácil execução, o que o torna extremamente acessível ao planejador urbano. Além disso, está disponível em vários softwares. Por outro lado, limita o processo de decisão por apresentar resultados baseados em apenas dois critérios, o que não condiz com a realidade urbana.

A lógica *Fuzzy*, também de fácil execução, é um método mais eficaz na compreensão dos problemas urbanos, além de ser mais preciso do que o método Booleano, sendo, por isso, mais recomendado para o uso dos planejadores urbanos. Apesar dessas vantagens, este método requer maior quantidade de informações e interação do analista com os problemas propostos, o que dificulta, especialmente nos casos em que o analista desconhece a região a ser estudada, a análise e o resultado final.

Sugere-se que desdobramentos desta pesquisa sejam realizados com o intuito de intensificar o uso do SIG aliado ao planejamento urbano. Há uma grande necessidade, por exemplo, de se identificar, por meio dessas ferramentas, a susceptibilidade de áreas urbanas aos riscos geológicos, tais como, erosão e deslizamentos, evitando assim que as cidades desenvolvam-se sem planejamento sustentável. Também é fundamental que os planejadores urbanos interajam com os geotécnicos, inseridos em um contexto holístico, buscando assim, mitigar os problemas ambientais dos grandes centros urbanos.

ANEXOS

LEI Nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979.

Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras providências.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA

Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Artigo 1º - O parcelamento do solo para fins urbanos será regido por esta Lei.

Parágrafo Único - Os Estados, o Distrito Federal e os Municípios poderão estabelecer normas complementares relativas ao parcelamento do solo municipal para adequar o previsto nesta Lei às peculiaridades regionais e locais.

CAPÍTULO I DISPOSIÇÕES PRELIMINARES

Artigo 2º - O parcelamento do solo urbano poderá ser feito mediante loteamento ou desmembramento, observadas as disposições desta Lei e as das legislações estaduais e municipais pertinentes.

§ 1º - Considera-se loteamento a subdivisão de gleba em lotes destinados à edificação, com abertura de novas vias de circulação, de logradouros públicos ou prolongamento, modificação ou ampliação das vias existentes.

§ 2º - Considera-se desmembramento a subdivisão de gleba em lotes destinados à edificação, com aproveitamento do sistema viário existente, desde que não implique na abertura de novas vias e logradouros públicos, nem no prolongamento, modificação ou ampliação dos já existentes.

Artigo 3º - Somente será admitido o parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas ou de expansão urbana, assim definidas por lei municipal.

Parágrafo Único - Não será permitido o parcelamento do solo:

I - Em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas;

II - Em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados;

III - Em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento) salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes;

IV - Em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação;

V - Em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.

CAPÍTULO II DOS REQUISITOS URBANÍSTICOS PARA LOTEAMENTO

Artigo 4º - Os loteamentos deverão atender, pelo menos, aos seguintes requisitos:

I - As áreas destinadas a sistema de circulação, a implantação de equipamento urbano e comunitário, bem como a espaços livres de uso público, serão proporcionais à densidade de ocupação prevista para a gleba, ressalvado o disposto no Parágrafo 1º deste artigo;

II - Os lotes terão área mínima de 125² (cento e vinte e cinco metros quadrados) e frente mínima de 5m (cinco metros), salvo quando a legislação estadual ou municipal determinar maiores exigências ou quando o loteamento se destinar à urbanização específica ou edificação de conjuntos habitacionais de interesse social, previamente aprovados pelos órgãos públicos competentes;

III - A longo das águas correntes e dormentes e das faixas de domínio público das rodovias, ferrovias e dutos, será obrigatória a reserva de uma faixa "non aedificandi" de 15 (quinze) metros de cada lado, salvo maiores exigências da legislação específica;

IV - As vias de loteamento deverão articular-se com as vias adjacentes oficiais, existentes ou projetadas, e harmonizar-se com a topografia local.

§ 1º - A percentagem de áreas públicas prevista no Inciso I deste artigo não poderá ser inferior a 35% (trinta e cinco por cento) da gleba, salvo nos loteamentos destinados ao uso industrial cujos lotes forem maiores do que 15.000m² (quinze mil metros quadrados), caso em que a percentagem poderá ser reduzida.

§ 2º - Consideram-se comunitários os equipamentos públicos de educação, cultura, saúde, lazer e similares.

Artigo 5º - O Poder Público competente poderá complementarmente exigir, em cada loteamento, a reserva de faixa "non aedificandi" destinada a equipamentos urbanos.

Parágrafo Único - Consideram-se urbanos os equipamentos públicos de abastecimento de água, serviços de esgoto, energia elétrica, coletas de águas pluviais, rede telefônica e gás canalizado.

CAPÍTULO X

DISPOSIÇÕES FINAIS

Artigo 53 - Todas as alterações de uso do solo rural para fins urbanos dependerão de prévia audiência do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA, do Órgão Metropolitano, se houver, onde se localiza o Município, segundo as exigências da legislação pertinente.

Artigo 54 - Esta Lei entrará em vigor na data de sua publicação.

Artigo 55 - Revogam-se as disposições em contrário.

LEI Nº 9.785, de 29 de janeiro de 1999

Altera o Decreto-Lei nº 3.365, de 21 de junho de 1941 (desapropriação por utilidade pública) e as Leis nºs 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (registros públicos) e 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (parcelamento do solo urbano).

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA

Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Art. 3º - A Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, passa a vigorar com as seguintes alterações:

"

"Art. 2º -
.....
.....
....."

"§ 2º - (VETADO)

"§ 3º - (VETADO)

§ 4º - Considera-se lote o terreno servido de infraestrutura básica cujas dimensões atendam aos índices urbanísticos definidos pelo plano diretor ou lei municipal para a zona em que se situe.

§ 5º - Consideram-se infraestrutura 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.

"

"Art. 7º -
.....
....."

"Parágrafo único - As diretrizes expedidas vigorarão pelo prazo máximo de quatro anos." (NR)

"Art. 8º - Os Municípios com menos de cinquenta mil habitantes e aqueles cujo plano diretor contiver diretrizes de urbanização para a zona em que se situe o parcelamento

poderão dispensar, por lei, a fase de fixação de diretrizes previstas nos arts. 6º e 7º desta Lei."(NR)

"Art. 53-A - São considerados de interesse público os parcelamentos vinculados a planos ou programas habitacionais de iniciativa das Prefeituras Municipais e do Distrito Federal, ou entidades autorizadas por lei, em especial as regularizações de parcelamentos e de assentamentos.

Parágrafo único - Às ações e intervenções de que trata este artigo não será exigível documentação que não seja a mínima necessária e indispensável aos registros no cartório competente, inclusive sob a forma de certidões, vedadas as exigências e as sanções pertinentes aos particulares, especialmente aquelas que visem garantir a realização de obras e serviços, ou quem visem prevenir questões de domínio de glebas, que se presumirão asseguradas pelo Poder Público respectivo."

Art. 4º - Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.