

Técnicas de Inferência geográfica para Análise da Susceptibilidade a Incêndios

Pedro José Farias Fernandes ¹

Raphael e Silva Girão ²

Laerte Costa Silva ³

¹ INPE – Divisão de Sensoriamento Remoto

Av. dos Astronautas 1758 – 12201-970 São José dos Campos SP

pjff@dsr.inpe.br

² UFRJ – Departamento de Geologia e Paleontologia

Quinta da Boa Vista/São Cristóvão – 20940-040 Rio de Janeiro RJ

raphaelgirao@hotmail.com

³ UFRJ – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional

Av. Pedro Calmon 550 – 21941-901 Rio de Janeiro RJ

laertes@bol.com.br

Resumo: Localizado na cidade do Rio de Janeiro, o Maciço da Tijuca abriga o Parque Nacional da Tijuca e uma das maiores florestas urbanas do mundo, sendo os incêndios uma ameaça a sua biodiversidade. O presente trabalho tem como objetivo mapear a susceptibilidade de ocorrência de incêndios no Maciço da Tijuca através da técnica Processo Analítico Hierárquico (AHP) de suporte à decisão e da inferência fuzzy. A técnica AHP foi eficaz na atribuição dos pesos para cada Plano de Informação (PI) utilizado no mapeamento, uma vez que fornece o suporte à decisão do pesquisador. A inferência fuzzy viabilizou a manutenção da coerência no mapeamento de acordo com a revisão bibliográfica feita, além de permitir liberdade na geração de cenários de susceptibilidade. Os resultados mostram que as técnicas de Geoprocessamento são úteis para detectar áreas de ocorrência de incêndios.

Palavras-chaves: Inferência Geográfica, Geoprocessamento, Susceptibilidade, Incêndio.

Abstract: Located in the city of Rio de Janeiro, the Tijuca Massif houses the Tijuca National Park and one of the largest urban forests in the world, and the fires are a threat to its biodiversity. This paper aims to map the susceptibility of fire occurrence in the Tijuca Massif through the Analytic Hierarchy Process (AHP) technique for decision support and fuzzy inference. The AHP technique was effective in assigning weights to each layer used in the mapping, since it provides support to the decision of the investigator. The fuzzy inference made possible the maintenance of consistency in the mapping according to the literature review done, besides allowing freedom in generating scenarios of susceptibility. The results show that the techniques of GIS are useful for detecting areas of fire occurrence.

Keywords: Geographic Inference, Geoprocessing, Susceptibility, Fire.

1 Introdução

O Geoprocessamento é uma importante ferramenta para o mapeamento da susceptibilidade de ocorrência de eventos, pois através dele, técnicas de inferência geográfica podem ser utilizadas com o objetivo de se gerar informação nova a partir de um conjunto de dados já existentes (Moreira et al., 2001). Entre as técnicas de inferência geográfica, pode-se citar a técnica Processo Analítico Hierárquico (AHP) e a inferência fuzzy. A primeira serve como suporte na decisão de escolha dos pesos de cada Plano de

Informação (PI) na média ponderada que gera o mapa final. A segunda permite uma flexibilização na criação de mapas, que vão desde cenários otimistas até cenários otimistas.

Segundo Souza (2005), o conceito de susceptibilidade se refere ao grau de probabilidade que os condicionantes de um fenômeno têm de induzir e/ou acelerar a ocorrência do mesmo. É um conceito diferente do de risco, uma vez que risco é resultado da combinação da susceptibilidade com os impactos socioeconômicos potenciais de um determinado fenômeno (Fernandes/Amaral, 2005).

Um tipo de susceptibilidade que pode ser mapeada através das técnicas de inferência geográfica é a de ocorrência de incêndios em áreas florestais urbanas. Os incêndios que ocorrem em florestas causam grande impacto no meio ambiente, pois deterioram a flora e a fauna de um ecossistema.

O Maciço da Tijuca, localizado na cidade do Rio de Janeiro (figura 1), é uma dessas áreas que sofrem com o problema dos incêndios. A expansão urbana não planejada, a favelização e o desmatamento contribuem para as mudanças na cobertura do solo, desencadeando processos como movimentos de massa e incêndios.

Dentro desse contexto, estudos que objetivem o mapeamento de susceptibilidade à ocorrência de incêndios servem como subsídio para a gestão ambiental do Maciço da Tijuca, tendo aplicação na elaboração de políticas públicas preventivas aos incêndios na área, mostrando quais áreas devem receber maior atenção do governo e das autoridades.

Admite-se como hipótese que as técnicas de inferência geográfica contribuem para identificar áreas suscetíveis aos incêndios. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo mapear a susceptibilidade da ocorrência de incêndios no Maciço da Tijuca Janeiro, utilizando a técnica de suporte à decisão AHP e a inferência fuzzy para gerar diferentes cenários do fenômeno em estudo.

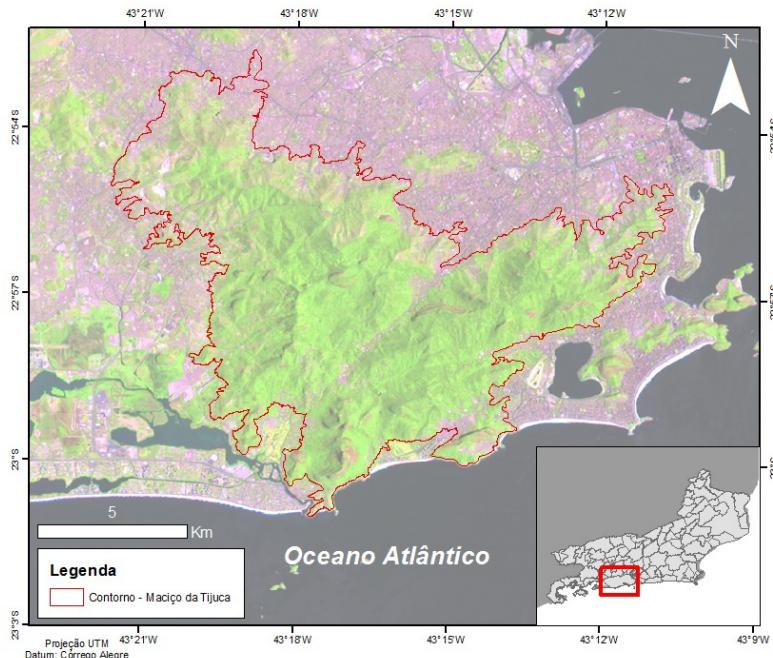


Figura 1: Mapa de localização do Maciço da Tijuca

2 Área de estudo

Como visto, o Maciço da Tijuca está localizado na cidade do Rio de Janeiro. O Maciço da Tijuca possui grande importância por abrigar o Parque Nacional da Tijuca, e por possuir uma das maiores florestas urbanas do mundo.

A área de estudo conta com relevo montanhoso, e está inserida no compartimento geomorfológico dos Maciços Litorâneos (Fernandes/Avelar/Coelho Neto, 2006). Geologicamente, conta com granitos, gnaisses, biotita gnaisses, metagabros e leptinitos (Fernandes/Avelar/Coelho Neto, 2006). Alguns afloramentos de gnaisse possuem cornijas graníticas que servem como proteção à erosão, como no caso da Pedra da Gávea e da Pedra Bonita (Penha, 2007).

O clima pode ser caracterizado como tropical de altitude, possuindo temperatura média anual de 22º C e precipitação média anual por volta de 2200 mm (Fernandes/Avelar/Coelho Neto, 2006) abrangendo uma faixa de 1600 mm a 3300 mm (Oliveira et al., 1995). A pedologia da área, segundo Oliveira et al. (1995), conta com um manto intemperizado de espessura fina nas áreas mais íngremes, e latossolos com perfil composto por horizontes não definidos.

A orientação das vertentes influencia na vegetação, na temperatura do ar, nas chuvas e na recepção de radiação solar. Como visto, as vertentes voltadas para o sul possuem maior teor de umidade devido à ocorrência de chuvas orográficas. Assim, os ventos vindos do mar, que carregam umidade, são responsáveis pela precipitação nas vertentes orientadas para o Sul (Oliveira et al., 1995). Além disso, a temperatura do ar e a quantidade de radiação solar recebida por m² são maiores nas encostas voltadas para o Norte (Oliveira et al., 1995). Pode-se concluir que a orientação das vertentes influencia na vegetação encontrada no Maciço da Tijuca. A vegetação encontrada nas vertentes Sul é familiar a condições mais úmidas, enquanto nas vertentes Norte, as espécies possuem familiaridade com condições de menor umidade.

3 Materiais e Métodos

3.1 Seleção de variáveis que condicionam incêndios

Segundo Julião et al. (2009), um incêndio florestal se refere ao fogo que não pode ser controlado em florestas, matas e outros tipos de áreas com vegetação abundante. Os autores afirmam que o fator humano também influencia através de incêndios criminosos e da negligência.

Julião et al. (2009) mencionam fatores condicionantes de incêndios em áreas florestais, como dados climáticos, uso e cobertura do solo/vegetação, grau de combustibilidade da vegetação, grau de continuidade de espaços florestais, declividade, orientação das encostas, rede viária, demografia, distribuição de pontos d'água, tempo de deslocamento do corpo de bombeiros e campo de visão dos postos de vigia.

Dessa forma, variáveis como orientação das encostas, declividade, forma das encostas, altimetria e uso e cobertura do solo envolvem e relacionam grande parte dos fatores ditos acima, e por isso foram utilizados nesse trabalho.

A orientação das encostas mostra a direção (Norte, Nordeste, Noroeste, Leste, Oeste, Sul, Sudeste e Sudoeste) para onde a face da vertente está voltada. Essa variável influencia no grau de insolação que a encosta recebe e na quantidade de chuvas, sendo, portanto, segundo Fernandes/Rosas/Coelho Neto (1998), a principal variável que influencia na susceptibilidade de ocorrência de incêndios.

No caso do Rio de Janeiro, encostas voltadas para o Norte recebem maior insolação e menor quantidade de chuva. Segundo Oliveira et al. (1995) as vertentes do Maciço da Tijuca voltadas para o Norte possuem menor teor de umidade na serrapilheira e maior temperatura do ar. Esses fatores aumentam a probabilidade de ocorrência de incêndios nas vertentes orientadas para o Norte. De acordo com Oliveira et al.(1995), os incêndios florestais no Maciço da Tijuca ocorrem com maior frequência nas encostas voltadas para o Norte, mostrando que a susceptibilidade à incêndios aumenta com o decréscimo da umidade na serrapilheira.

Além disso, a orientação das encostas influencia na quantidade de chuva incidente sobre a vertente. No caso do Rio de Janeiro, ocorrem chuvas orográficas nas encostas voltadas para o Sul, o que acarreta em menor quantidade de chuvas nas vertentes e nos bairros da zona Norte carioca, aumentando a probabilidade de ocorrência de incêndios nessas áreas (Oliveira et al., 1995).

A variável declividade também é um fator importante, pois afeta diretamente o comportamento do fogo.

Segundo Chuvieco e Congalton (1989) o fogo se espalha com maior velocidade nas encostas mais íngremes, além de dificultar o acesso dos bombeiros e a segurança contra incêndios nessas áreas.

A forma da encosta afeta o teor de umidade presente na mesma. Vertentes convexas e retilíneas tendem a acumular menor teor de umidade, pois são áreas dispersoras de fluxo. Já, as encostas côncavas são áreas onde o fluxo converge, fazendo com que a vegetação seja mais densa e que o solo armazene maior teor de umidade (Coura/Sousa/Fernandes, 2009). Consequentemente, as vertentes côncavas possuem menor grau de probabilidade de ocorrência de incêndios.

O uso do solo é importante para o mapeamento por incluir os fatores humanos no modelo, além de fornecer o grau de combustibilidade da cobertura do solo/vegetação. Sendo assim, favelas (pela presença de madeira, incêndios criminosos e falta de infraestrutura), áreas urbanas (por possuir aglomeração de pessoas), campos antrópicos (por serem áreas que foram desmatadas e que possuem vegetação de gramínea), florestas (áreas com vegetação densa), afloramentos rochosos e corpos d'água (onde a susceptibilidade é nula) podem ser incluídas no mapeamento através da variável de uso e cobertura do solo.

A altimetria deve ser incluída no modelo também por fatores climáticos. Conforme Chuvieco e Congalton (1989) afirmam, altitudes mais altas tendem a possuir pluviosidade mais alta do que as elevações mais baixas. Como resultado, as consequências do fogo tendem a serem menos severas em altitudes elevadas.

As cinco variáveis descritas acima são fundamentais e básicas para a realização de um mapeamento de susceptibilidade à ocorrência de incêndios por incluírem diversos fatores no mapa final. Assim, o presente trabalho fez uso de planos de informação (PIs) de curvas de nível e de pontos cotados (através dos quais se gerou uma grade triangular que permitiu a extração dos PIs com as grades regulares de declividade, altimetria, orientação de encostas e forma da encosta), e o PI de uso e cobertura do solo.

3.2 Técnicas de inferência geográfica

A inferência geográfica (ou espacial) tem o poder de combinar dados pré-existentes através de uma função, gerando um dado novo de saída (Moreira et al., 2001). Esse processo cria dados novos, que podem ser expressos em mapas confeccionados num Sistema de Informação Geográfica (SIG), que permite análises complexas ao integrar dados de diferentes fontes. No presente trabalho, duas técnicas de inferência espacial foram utilizadas: a técnica AHP (Processo Analítico Hierárquico) para o suporte à decisão, e a inferência fuzzy com objetivo de gerar diferentes cenários de susceptibilidade à ocorrência de incêndios.

A técnica AHP envolve uma teoria matemática que auxilia na organização e a avaliação da importância relativa entre diferentes critérios, medindo a consistência dos julgamentos (Moreira et al., 2001). Ela é importante quando há diversos fatores que contribuem para uma decisão. Em outras palavras, essa técnica permite que o usuário avalie diferentes fatores que contribuem para um fenômeno em comum, fornecendo um grau de importância para cada fator. Sendo assim, a AHP utiliza a lógica de comparação pareada, comparando dois a dois os fatores que contribuem para a tomada de decisão, fazendo uso de valores de importância relativa entre esses fatores, como mostra a tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – A escala de valores utilizada na técnica AHP para a comparação entre fatores

Intensidade de importância	Significado
1	Importância igual - os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância moderada - um fator é ligeiramente mais importante que o outro
5	Importância essencial - um fator é claramente mais importante que o outro
7	Importância demonstrada - Um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática
9	Importância extrema - A evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre julgamentos - possibilidade de compromissos adicionais

Fonte: Moreira et al., 2001

A abordagem *fuzzy* é uma extensão da lógica booleana, que manipula o conceito de “verdade parcial”, ou seja, considera valores intermediários, estimados através de uma função de pertinência, entre o que é absolutamente falso e o que é absolutamente verdadeiro. Dessa maneira, classes com fronteiras abruptas podem ser mapeadas fazendo uso dessa lógica, permitindo, também, maior flexibilidade no mapeamento.

Segundo Moreira et al. (2001), é possível manipular dados em conjuntos *fuzzy* através de métodos lógicos com o objetivo de selecionar e combinar dados advindos de conjuntos diferentes. Para isso, da mesma maneira que existem os operadores booleanos, existem os operadores *fuzzy*. No presente trabalho, utilizou-se o operador gama para gerar diferentes cenários de susceptibilidade. O operador gama é composto por dois termos, o produto algébrico *fuzzy* e a soma algébrica *fuzzy* (Moreira et al., 2001), e é dado pela Equação 1 abaixo:

$$\mu = (\text{Soma Algébrica Fuzzy})^\gamma * (\text{Produto Algébrico Fuzzy})^{1-\gamma} \quad (1)$$

A soma algébrica *fuzzy* é dada pela seguinte função:

$$\mu = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i) \quad (2)$$

Enquanto que o produto algébrico *fuzzy* é expresso por:

$$\mu = \prod_{i=1}^n \mu_i \quad (3)$$

Sendo μ_i o termo que representa o valor do membro *fuzzy* para um plano de informação “i”. Já, o expoente γ representa um valor entre 0 e 1, através do qual, pode-se variar a importância de cada termo. Quando $\gamma = 0$, o resultado será dependente somente do produto algébrico, já quando $\gamma = 1$, o resultado dependerá da soma algébrica somente.

Portanto, através da variação do valor de γ , foi possível gerar diferentes cenários de susceptibilidade, que vão desde cenários otimistas (valores de γ mais próximos de zero) até cenários pessimistas (valores de γ mais próximos de um).

3.3 Métodos

Primeiramente, fazendo uso das curvas de nível e dos pontos cotados, gerou-se uma grade triangular, a partir da qual se extraiu grades regulares de altimetria, declividade, de orientação de encostas e de forma da encosta. As grades de altimetria e de declividade foram normalizadas por *fuzzy* através da função sigmoide (Equação 4), onde α representa o ponto de cruzamento, x o valor do pixel da grade e β o valor máximo da grade, gerando Pls numéricos com valores entre 0 e 1:

$$f(x) = \frac{1}{1 + \alpha (x - \beta)^2} \quad (4)$$

Posteriormente, os Pls numéricos de orientação de encosta e de forma da encosta foram fatiados em classes que possuem significado temático. Segundo, os Pls de uso do solo, orientação de encostas de forma da encosta foram ponderados por um algoritmo programado em LEGAL (Linguagem Espacial de Geoprocessamento Algébrico) no software SPRING com o objetivo de se gerar Pls numéricos com valores entre 0 e 1, assim todos os Pls utilizados ficaram com valores entre o intervalo 0 e 1. Para criar os mapas de susceptibilidade à ocorrência de incêndios, utilizou-se a técnica AHP, que permitiu a geração de um Pl numérico através da média ponderada das variáveis (orientação de encostas, forma das encostas, declividade, uso do solo e altimetria) envolvidas, e o operador gama *fuzzy* que viabilizou a criação de 8 Pls numéricos representando cenários de susceptibilidade com os valores de γ variando de 0,20 (cenário mais otimista) até 0,90 (cenário mais pessimista).

Os graus de importância, atribuídos aos PIs utilizados no mapeamentos para a realização da técnica AHP, foram atribuídos com base na revisão bibliográfica feita no presente trabalho (Tabela 2), obtendo-se uma razão de consistência de 0,036.

Tabela 2 - Graus de importância fornecidos aos PIs utilizados

PI	Intensidade de importância	PI
Orientação de encostas	Bem melhor (Peso 6)	Altimetria
Forma da encosta	Moderadamente Melhor (Peso 4)	Altimetria
Uso e cobertura do solo	Algo Melhor (Peso 3)	Altimetria
Declividade	Um pouco melhor (Peso 2)	Altimetria
Orientação de encostas	Algo Melhor (Peso 3)	Forma da encosta
Orientação de encostas	Um pouco melhor (Peso 2)	Declividade
Orientação de encostas	Moderadamente Melhor (Peso 4)	Uso e cobertura do solo
Declividade	Um pouco melhor (Peso 2)	Forma da encosta
Forma da encosta	Algo Melhor (Peso 3)	Uso e cobertura do solo
Declividade	Moderadamente Melhor (Peso 4)	Uso e cobertura do solo

A partir dos parâmetros definidos na Tabela 2, a técnica AHP forneceu a seguinte equação (Equação 5) de média ponderada para a geração de uma grade regular (*raster*) de susceptibilidade à ocorrência de incêndios:

$$\text{Susceptibilidade} = 0.056 * \mathbf{A} + 0.403 * \mathbf{O} + 0.174 * \mathbf{F} + 0.250 * \mathbf{D} + 0.080 * \mathbf{U} \quad (5)$$

Onde A = Altimetria, O = Orientação de encostas, F = Forma da encosta, D = Declividade, U = Uso e cobertura do solo.

Foi executado o fatiamento dos PIs numéricos de susceptibilidade para se obter os mapas temáticos finais. Foram utilizadas quatro classes, propostas por Julião et al. (2009), como mostra a tabela 3 abaixo:

Tabela 3 – As fatias e suas classes correspondentes

Fatias	Classes de susceptibilidade
0 – 0,25	Muito Baixa ou Nula
0,25 – 0,5	Baixa
0,5 – 0,75	Moderada
0,75 - 1	Elevada

A figura abaixo *figura 2* mostra o fluxograma da metodologia utilizada:

4 Resultados

As técnicas de geoprocessamento permitiram a confecção de 9 mapas de susceptibilidade à ocorrência de incêndios. Um mapa (*figura 3*) foi gerado pelo uso da técnica AHP, enquanto que os outros 8 foram gerados através da inferência fuzzy (*figura 4*).

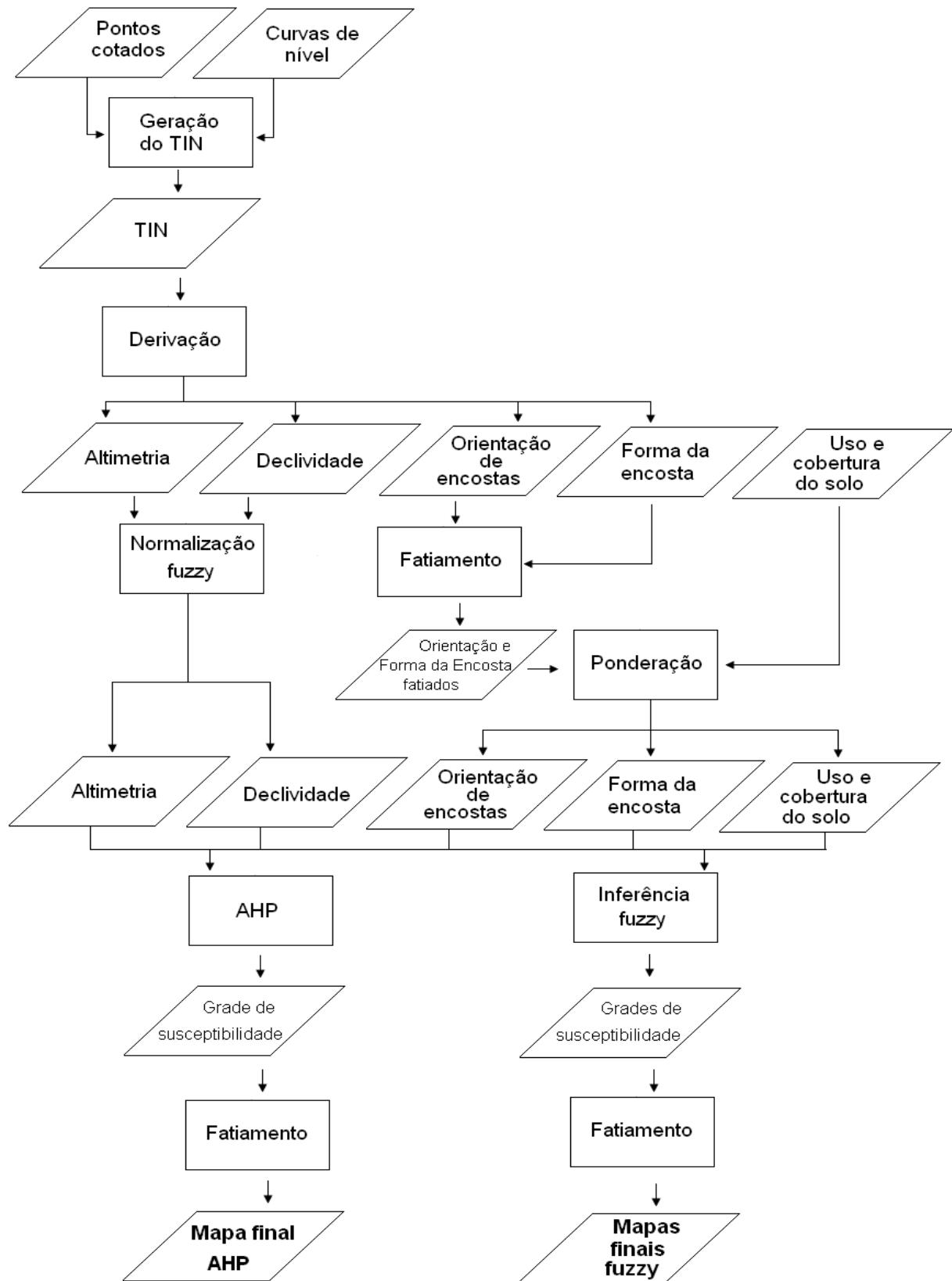


Figura 2: Fluxograma da metodologia utilizada

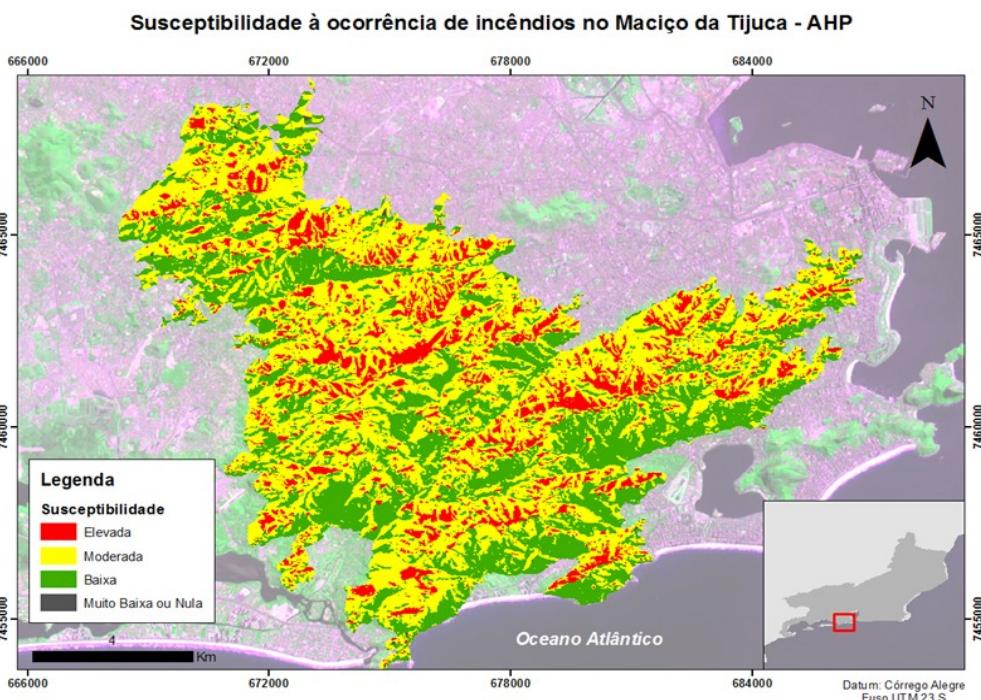


Figura 3 : Mapa gerado pelo emprego da técnica AHP

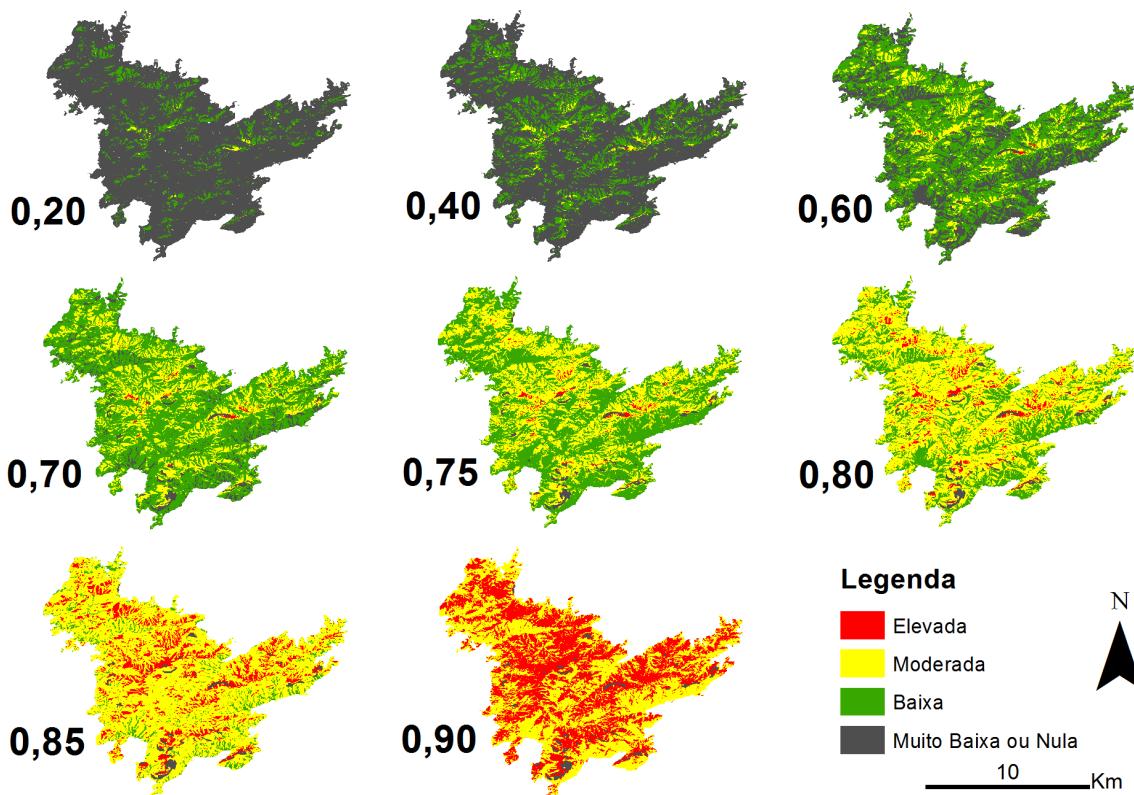


Figura 4 : Mapas de susceptibilidade gerados utilizando diferentes valores de gama fuzzy

Através dos exames dos mapas, pode-se perceber que o mapa gerado pelo uso da técnica AHP e os gerados pela inferência fuzzy com $\gamma = 0,75$ e $\gamma = 0,80$ apresentaram maior semelhança entre si. Nesses 3 mapas, a maior parte do maciço é dominada por áreas de susceptibilidade moderada, que estão localizadas, predominantemente nas encostas voltadas para o Norte. As áreas de susceptibilidade elevada

ficaram concentradas nas vertentes orientadas para o Norte e ao longo de encostas convexas que possuem menor acumulação de água, uma vez que esse formato sugere que a encosta seja uma área de dispersão de fluxos. A partir dessa análise, percebe-se que a técnica AHP se mostrou lógica de acordo com a bibliografia citada.

Verifica-se nos mapas gerados pela inferência *fuzzy*, que a orientação das encostas (em primeiro lugar), a forma das encostas (em segundo lugar) e a declividade (em terceiro lugar) tiveram a maior parte da influência na susceptibilidade. Nota-se que os afloramentos rochosos da área, onde a susceptibilidade é considerada muito baixa ou nula, permaneceram constantemente com essa condição, desde os cenários mais otimistas até os mais pessimistas. De maneira geral, percebe-se que a inferência *fuzzy* manteve a importância de cada variável de acordo com a revisão bibliográfica feita no item 3.1 do presente trabalho, o que mostra a consistência do modelo.

5 Conclusão

Os resultados obtidos mostram que o geoprocessamento é uma importante ferramenta para a gestão ambiental, pois identifica as áreas de maior susceptibilidade à ocorrência de incêndios, o que pode servir como contribuição para o desenvolvimento de políticas públicas e para a fiscalização dessas áreas por parte do governo. Logicamente, é possível confirmar a hipótese de que as técnicas de inferência geográfica contribuem para esse tipo de mapeamento.

Através do mapa gerado pela técnica AHP, percebe-se que essa técnica foi eficaz na atribuição dos pesos para cada PI utilizado no mapeamento, uma vez que fornece o suporte à decisão do pesquisador, o que permitiu um resultado satisfatório.

A inferência *fuzzy* também apresentou resultados satisfatórios, pois manteve a coerência no mapeamento de acordo com a revisão bibliográfica feita (principalmente pela manutenção da maior importância do PI de orientação de encostas), além de permitir liberdade na geração de cenários de susceptibilidade.

6 Referências bibliográficas

- Câmara,G.; Souza,R.C.M.; Freitas,U.M.; Garrido,J.:** SPRING: *Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling*, *Computes and Graphics*, No 3/1996, p. 395-403.
- Chuvieco,E.; Congalton,R. G.:** *Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping*, *Remote Sensing of Environment*, No 2/1989, p. 147-159.
- Coura,P.H.F.; Sousa,G. M.; Fernandes,M. C.:** *Mapeamento geoecológico da susceptibilidade à ocorrência de incêndios no maciço da Pedra Branca, município do Rio de Janeiro*, Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, No 2/2009, p. 14-25.
- Fernandes,N. F.; Amaral,C. P.:** *Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica*, In: **Guerra,A. J. T.;CUNHA, S. B.:** *Geomorfologia e meio ambiente*, Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2005, cap. 3, p. 123-194.
- Fernandes,M. C.; Avelar,A. S.; Coelho Netto,A. L.:** *Domínios geo-hidroecológicos do maciço da Tijuca, RJ: subsídios ao entendimento dos processos hidrológicos e erosivos*, Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, No 2/2006, p. 122-148.
- Fernandes,M. C.; Rosas,R. O.;Coelho Netto,A. L.:** *Potencialidade de ocorrência de queimadas no maciço da Tijuca/RJ: uma abordagem utilizando geoprocessamento*, In: IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, 1998, Anais, São José dos Campos, INPE, 1998, p. 537-548.
- Julião,R. P. et al.:** *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal*, Autoridade Nacional de Protecção Civil, Portugal, 2009.
- Moreira,F.; Barbosa,C.; Câmara,G.; Almeida Filho,R.:** *Inferência geográfica e suporte à decisão*, In: **Câmara,G.; Davis,C.; Monteiro,A. M. V.:** *Introdução à ciência da geoinformação*, INPE, São José dos

Campos, 2001.

Oliveira,R.R. et al.: *Significado ecológico da orientação de encostas no maciço da Tijuca, Rio de Janeiro,* Oecologia Brasiliensis, No 1/1995, p. 523-541.

Penha,H. M.: *Processos endogenéticos na forma do relevo,* In: **Guerra,A. J. T.; Cunha,S. B.:** *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos,* Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2007, cap. 2, p. 51-91.

Souza,C. R.: *Susceptibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras,* Revista Brasileira de Geomorfologia, No 1/2005, p. 45-61.

Vieira,C. S.; Sousa,G. M.; Fernandes,M. C.; Menezes,P. M. L.: *Mapeamento geoecológico do risco à deflagração de incêndios no maciço da Pedra Branca/RJ,* In: *14º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, 2009, Anais, São José dos Campos, INPE, 2009, p. 4527-4534.