

CENÁRIOS DISTINTOS NO MAPEAMENTO DE ÁREAS DE INUNDAÇÃO NOS BAIROS DO MUNICÍPIO DE ALEGRE, ES

Raphael Lima DALFI¹
Alexandre Rosa dos SANTOS²
Rafael Ferraço de CAMPOS¹
Taís Rizzo MOREIRA¹
Fernando Coelho EUGENIO¹
Gleissy Mary Amaral Dino Alves dos SANTOS⁶

¹ Graduando em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. rapha663@hotmail.com; rafaelferraco@yahoo.com.br; taisr.moreira@hotmail.com; coelho.fernando@yahoo.com.br;

² Eng. Agrônomo, Dr. Engenharia Agrícola. Prof. DSc. Adjunto do Depto. de Engenharia Rural, UFES. mundogeomatica@yahoo.com.br

³ Farmacêutica, Mestranda em Ci. Farmacêuticas, Universidade de Vila Velha – UVV. gleissym@yahoo.com.br

RESUMO. Inundação é um evento natural, entretanto vem ocasionando cada vez mais danos humanos e materiais. O mapeamento das áreas inundáveis é importante para eliminar os riscos de ocorrência do fenômeno e estabelecer o uso adequado de determinados locais da bacia. O objetivo deste trabalho foi elaborar e comparar dois cenários distintos obtidos por metodologias diferentes no mapeamento das áreas sujeitas à inundação em bairros do município de Alegre no Espírito Santo. O CENÁRIO 1 foi obtido aplicando a metodologia desenvolvida pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), adaptada pelos autores, enquanto que o CENÁRIO 2 resulta da aplicação da metodologia proposta por Saaty em 1977. O método obtido pela análise de campo apresentou uma área inundável de risco muito alto – R4 18,64 há, e o Método proposto por Saaty (1977), apresentou uma área inundável de risco muito alto – R4 de 69,48 ha.

Palavras Chave: inundação; modelagem; geotecnologia

ABSTRACT. Distinct scenarios on mapping areas of inundation in the neighborhood of the county of Alegre – Espírito Santo State. Flooding is a natural event, however is leading increasingly human and material damages. The mapping of to flood is important to eliminate the risk of occurrence of the phenomenon and establish the proper use of certain areas of the basin. The aim of this study was to develop and compare two different scenarios obtained by different methods in the mapping of areas subject to flooding in neighborhoods of the municipality of Alegre in the Holy Spirit. SCENARIO 1 was obtained by applying the methodology field developed by the Institute for Technological Research (IPT), adapted by the authors, while Scenario 2 results from the application of the methodology proposed by Saaty in 1977. The method obtained by field analysis showed a flooded area of very high risk - R4 18.64 ha, and method proposed by Saaty (1977), presented a flooded area of very high risk - R4 of 69.48 ha.

Keywords: flood; modelling; geotechnology

INTRODUÇÃO

Quando uma precipitação é intensa, a quantidade de água que escoar na bacia hidrográfica e que chega ao leito de um rio pode ser superior à sua capacidade de drenagem, resultando na inundação das áreas ribeirinhas. Os problemas resultantes da inundação dependem do grau de ocupação da várzea pela população e da frequência com a qual ocorrem inundações (TUCCI, 2002).

No Brasil, as inundações são frequentes, dentre os desastres naturais observados (TUCCI; BERTONI, 2003), causando danos significativos para as populações ribeirinhas.

A inundação é um evento natural, entretanto vem ocasionando cada vez mais danos humanos e materiais devido ao aumento da urbanização,

ocupação de áreas de riscos, uso indevido da terra, assoreamento, solapamentos da margem fluvial e do desmatamento da cobertura vegetal. Todas essas ações têm como consequência direta a impermeabilização do solo e redução da infiltração que implica no aumento do escoamento superficial e da vazão em certos trechos de uma bacia hidrográfica, contribuindo assim para o agravamento das enchentes (ENOMOTO, 2004).

As cidades sofrem constantes problemas advindos das inundações por não respeitarem a legislação de uso e ocupação do solo devido à falta de gestão para quais informações geográficas são fundamentais.

Campana e Tucci (2001) afirmam que um dos maiores desafios a serem enfrentados pelo poder público é antecipar os impactos gerados pela ocupação desordenada do espaço urbano, antes

que os mesmos sejam realidades. É extremamente difícil evitar um desastre natural, mas é possível reduzi-lo e mitigá-lo, de forma a minimizar os prejuízos e os impactos (MACHADO et al., 2009).

O mapeamento de áreas afetadas por desastres naturais é uma das principais atividades a serem desenvolvidas para evitar a ocorrência de danos que possam afetar a população. Assim, o uso de geotecnologias fornece informações de síntese para avaliação de riscos, tomada de decisões e entendimento das causas e consequências destes eventos (GILLESPIE et al., 2007; JOYCE et al., 2009; TRALLI et al., 2005).

De acordo com Mendes e Cirilo (2001), é essencial a existência de informações sistematizadas para subsidiar, por exemplo, a previsão e o controle de processos naturais ou induzidos pelo homem nas bacias hidrográficas.

Magalhães et al (2011), em estudo do caso do município de Guaçuí – ES, utilizou de metodologia semelhante e afirmou que o método de mapeamento *in loco* quanto o proposto por Saaty 1977 apresentam resultados satisfatórios, apesar de possuírem alguma peculiaridades.

Para tanto foram utilizados dois modelos distintos objetivando identificar e mapear áreas

susceptíveis à inundação nos bairros do município de Alegre no Estado do Espírito Santo.

Cenário 1: Obtido a partir de mapeamento *in loco*;

Cenário 2: Obtido através da metodologia proposta por Saaty 1977.

MATERIAIS E MÉTODOS

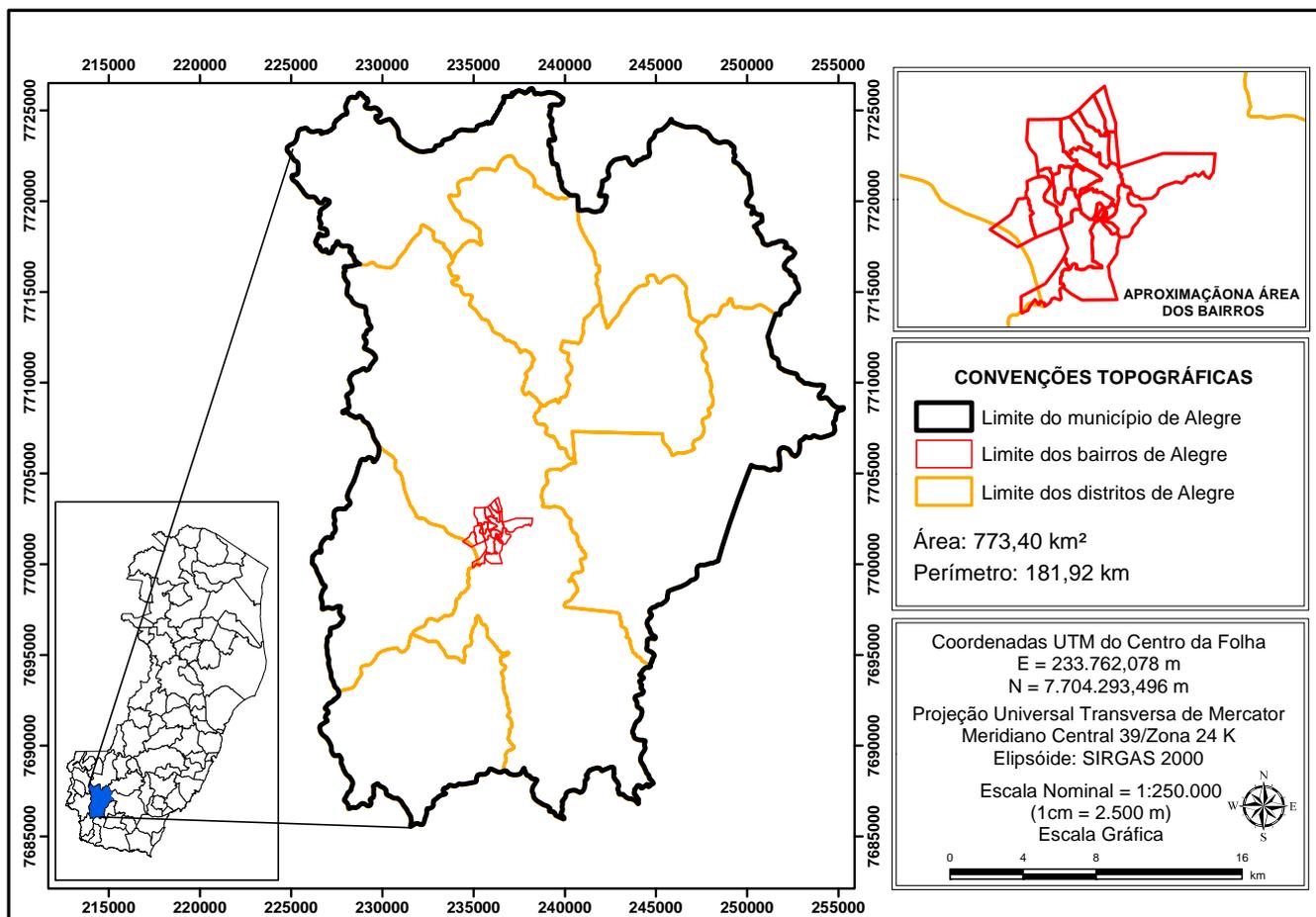
A área determinada para o estudo foi os bairros do município de Alegre, extremo Sul do Estado do Espírito Santo, Brasil, localizado entre as latitudes 20° 31' e 20° 55' Sul e longitudes 41° 21' e 41° 39' Oeste (Figura 1).

Metodologia proposta pelos autores para mapeamento *in loco*

Para a elaboração do CENÁRIO 1, foi utilizado um GPS Garmin modelo 12 XL, com precisão de 15m, na execução dos passos descritos a seguir.

Passo 1 - determinação da montante do rio na zona limítrofe do primeiro bairro: Após fotointerpretação em tela na escala cartográfica de trabalho de 1:500, determinou-se a localização precisa da montante do rio na zona limítrofe do primeiro bairro.

Figura 1 - Localização da área de estudo no estado do Espírito Santo



Passo 2 - entrevista com os moradores mais antigos localizados nas proximidades do ponto de coleta: Foram entrevistados todos moradores próximos da área de coleta dos pontos, a fim de obter informações primárias do histórico das Inundações e Enchentes ocorridas nos últimos anos no local.

Passo 3 - observação sensorial dos vestígios de inundação máxima das margens direita e esquerda do leito do rio: Observou-se a presença de vestígios de inundação máxima de ambas as margens do leito do rio baseado na marcação erosiva, nos taludes inclinados, nas inclinações das árvores, nas marcações da lâmina d'água sobre árvores, edificações e pedras, entre outras características.

Passo 4 - marcação dos pontos com GPS: Utilizou-se aparelho GPS e trena para marcação, respectivamente, do ponto vetorial e da distância em linha reta máxima de Inundação em relação às margens direita e esquerda do leito do rio.

Passo 5 - adição das coordenadas X e Y (m) dos pontos no *Software* ArcGIS 10.0: utilizou-se o *Software* para transformação das colunas X, Y e Z (distância em linha reta máxima de Inundação), em formato .xls, para o formato vetorial de pontos (formato *shapefile*). Posteriormente, por meio da técnica de fotointerpretação em tela foi realizada, a correção espacial dos pontos vetoriais

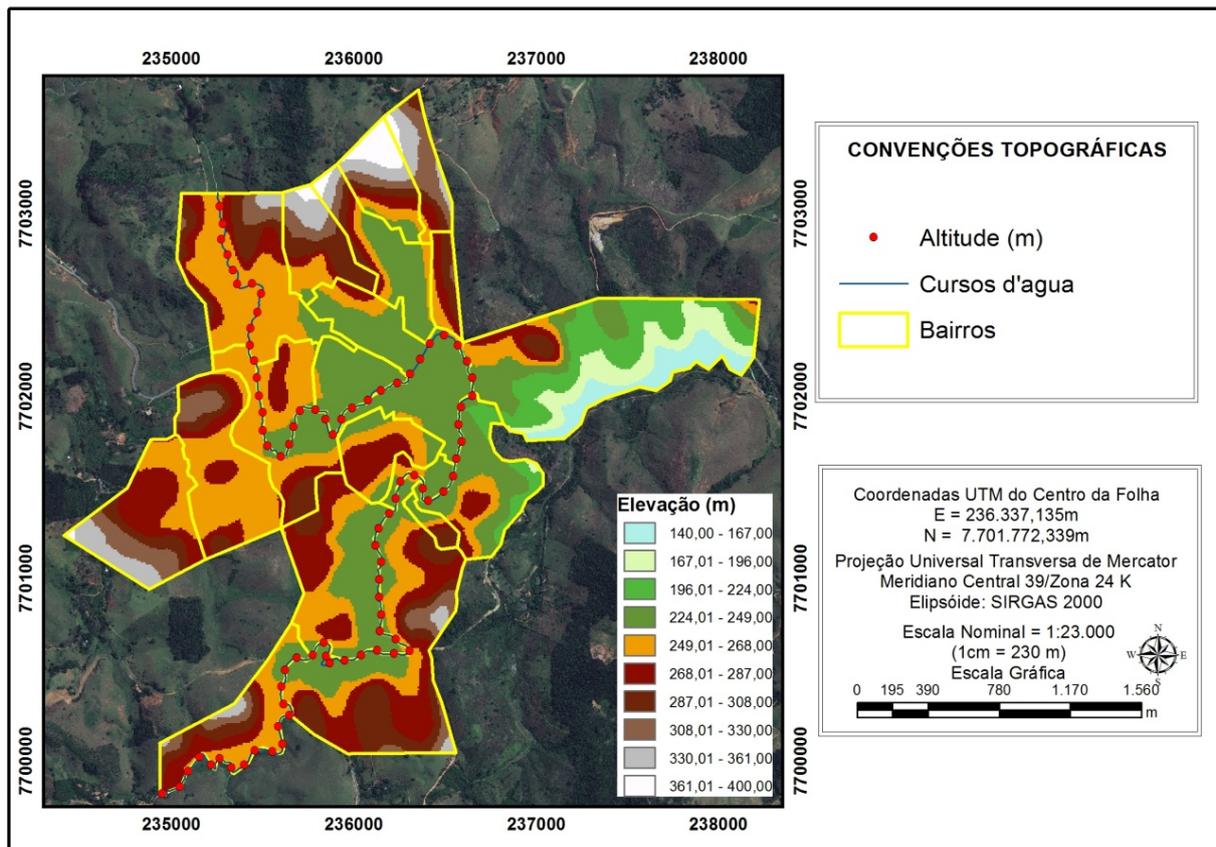
supracitados, sobrepostos sobre a aerofoto digital em alta resolução espacial (20 cm).

Passo 6 - utilização da trena para marcação do próximo ponto distante 100 metros do ponto anterior: Essa distância média foi percorrida em estrada que margeia o leito do rio. Caso não existam estradas que margeiem o leito do rio, os autores sugerem que seja utilizada a técnica de fotointerpretação em tela sobre imagem matricial de alta resolução, a fim de se delimitar a localização do ponto posterior distante, em média, 100 metros do anterior.

Passo 7 - implementação em campo dos PASSOS 1, 2, 3, 4, 5 e 6, até a jusante do rio na zona limítrofe do último bairro.

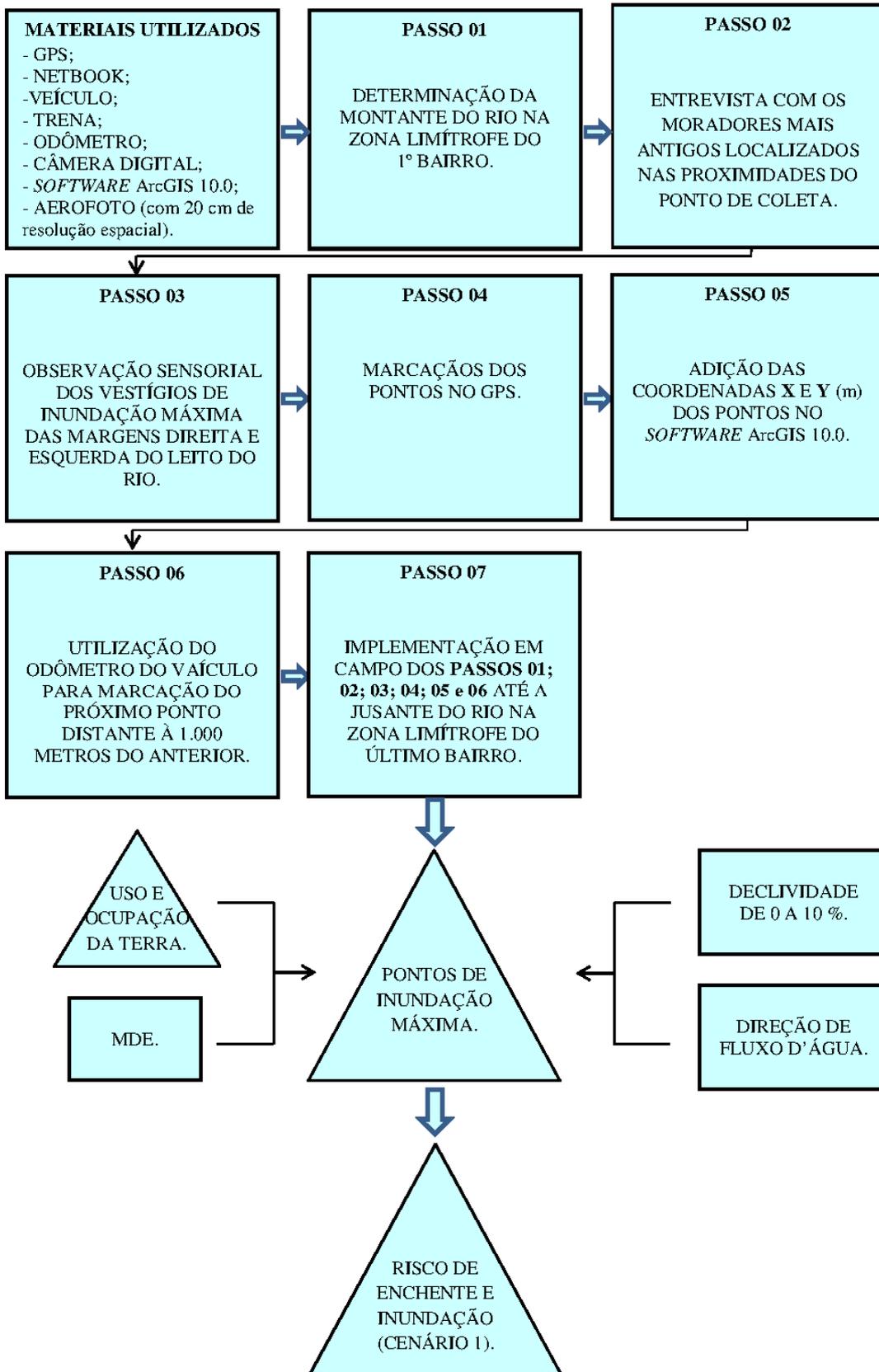
Passo 8 - mapeamento do risco de Inundação e Enchentes (CENÁRIO 01): De posse de um banco de dados espacial, georreferenciado e com controle de erros, realizado por meio do comando *FILL*, disponível no módulo *ArcToolbox* do programa ArcGIS 10.0., representados pelos mapas: a) Modelo Digital de Elevação (MDE) (Figura 4), b) declividade reclassificada de 0 a 10% (Figura 4), e; c) uso e ocupação da terra, fotointerpretou-se sobre a aerofoto digital de alta resolução, o polígono representativo das áreas de Inundação e Enchentes classificadas como sendo de risco muito alto – R4.

Figura 2 - Modelo Digital de Elevação (MDE) nos bairros de Alegre, ES



O fluxograma do método utilizado contendo as etapas necessárias para a aplicação é apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma das etapas desenvolvidas para o método tal que deu origem ao CENÁRIO 1.



Metodologia proposta por Saaty 1977

De acordo com Berger et al., (2007), o método proposto por Saaty (1977) gera uma escala de importância entre os fatores avaliados e posteriormente coloca-os em uma matriz de relacionamento para ser realizada uma comparação pareada, podendo dessa forma haver uma percepção de que há uma hierarquia de importância entre os mesmos.

Os fatores considerados como importantes podem influenciar no nível da água alcançado por uma enchente, independente da precipitação incidente são: altitude, declividade e uso e ocupação da terra (SANTOS, et al., 2010).

Fatores e justificativas

Altitude

Quanto maior for a altitude, menor a probabilidade de inundação devido a lei da gravidade que direciona a água para regiões mais baixas.

Declividade

Áreas planas apresentam maior probabilidade de sofrer inundação do que áreas declivosas.

Uso da Terra

O tipo de ocupação da terra influencia na infiltração superficial da água. Áreas pouco permeáveis tendem a acumular mais água em superfície.

A execução da metodologia se deu em quatro etapas: 1) reclassificação da elevação; 2) reclassificação da declividade; 3) reclassificação do uso e ocupação da terra e; 4) Modelagem do risco de enchente e inundação.

Etapa 1 - Para o diagnóstico correto do risco de enchentes e inundações para os bairros do município de Alegre, ES, foram utilizadas curvas de nível com equidistância de 2m e rede hidrográfica fotointerpretada em tela (escala de 1:400) sobre aerofotos digitais com resolução espacial de 20 cm, disponibilizada com cortesia pela Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN).

Para a reclassificação da elevação as curvas de nível passaram por um processo de interpolação a fim de gerar um Modelo Digital de Elevação (MDE), utilizando o algoritmo de interpolação *TOPO TO RASTER*, disponível no aplicativo computacional *ArcGIS 10.0*, sendo posteriormente corrigido (função *FILL*) para eliminar a ocorrência de imperfeições (depressões espúrias). De acordo com Tribe (1992) e Garcia e Camarasa (1999), essas imperfeições são muito frequentes nos MDEs.

De posse do MDE corrigido, foi feita uma reclassificação das alturas encontradas. De acordo com Santos et al. (2010), foram atribuídos os seguintes valores a cada classe de altitude de acordo com (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores atribuídos para cada classe de altitude

Classes de Altitude (m)	Peso
70-100	10
100-200	9
200-300	8
300-400	7
400-500	6
500-600	5
600-700	4
700-800	3
800-900	2
900-1000	1

Etapa 2 - De posse do MDE corrigido, elaborou-se a declividade em porcentagem da área. Após a elaboração da declividade em porcentagem, foi feita a reclassificação da declividade por meio da função *RECLASSIFY*, sendo atribuídos os valores da Tabela 2 (SANTOS et al., 2010), para cada classe de declividade e gerou-se o mapa, mostrado na Figura 4 (próxima página).

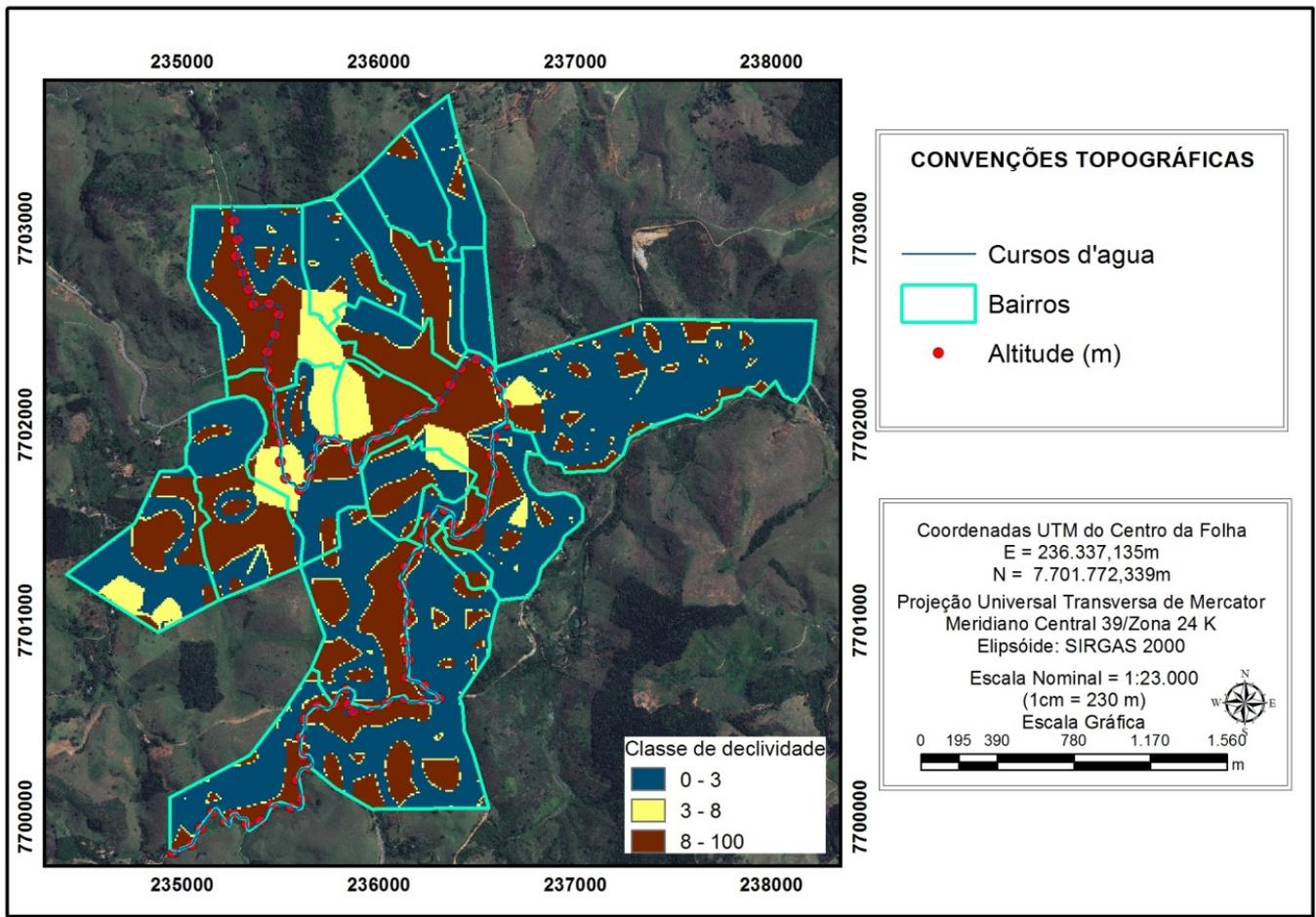
Tabela 2 - Valores atribuídos para cada classe de declividade

Classes de Declividade (%)	Peso
0 - 3	10
3 - 8	5
8 - 100	1

Etapa 3 - Utilizando fotointerpretação em tela, na escala de 1:400, sobre aerofotos com resolução espacial de 20cm, foi gerado um arquivo vetorial poligonal para cada classe de uso e ocupação da terra, totalizando 14 classes, presente nos bairros do município de Alegre. De acordo com Santos et al. (2010), após a elaboração do mapa de uso e ocupação da terra, foi feita a reclassificação por meio da função *RECLASSIFY*, sendo atribuídos os seguintes valores a cada classe de uso da terra (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores atribuídos para cada classe de uso da terra

Classes de Uso da Terra	Peso
Área agricultada	5
Área edificada	7
Área urbana	7
Café	5
Campo sujo	4
Capoeira	3
Corpos d'água	10
Formação rochosa	7
Fragmentação florestal	1
Pastagem	4
Reflorestamento	1
Reservatório	10
Solo exposto	6
Várzea	9

Figura 4 - Reclassificação da declividade para os bairros do município de Alegre, ES

Etapa 4 - Para a Modelagem do risco de inundação, utilizou-se o método de Análise Hierárquica Ponderada (AHP), proposto por Saaty (1977), o qual consiste na elaboração de uma escala de importância entre os fatores (altitude, declividade e uso e ocupação da terra).

A fase de atribuição dos valores, com base na escala de comparadores, é considerada um dos momentos mais importantes durante processo de confecção dos mapas de inundação, já que os valores de importância atribuídos a um fator podem interferir diretamente no resultado obtido (SANTOS, et al., 2010).

A matriz de comparação pareada desenvolvida é apresentada conforme a (Tabela 4). Portanto o fator declividade foi definido como mais importante diante os três fatores, e a altitude com menor importância. No presente estudo, os valores dos pesos foram obtidos por meio do *script* AHP customizado no aplicativo computacional ArcGIS 10.0.

O modelo proposto, validado pela razão de consistência de 0,037, é representado por:

$$REI - 0,6370DEC + 0,2583UOT + 0,1047MDE \quad (\text{Eq. 1})$$

em que: REI = risco de enchente e inundação; DEC = declividade reclassificada; UOT = uso e ocupação da terra; MDE = modelo digital de elevação reclassificado.

De posse do mapa preliminar de risco de enchente e inundação, foi realizada a filtragem por meio da função *FILTER* com o objetivo de eliminar a ocorrência de *pixels* isolados não representativos da análise em estudo.

Finalmente, foi aplicado a função *RECLASSIFY*, com o intuito de gerar quatro classes de risco, sugeridas pelo Ministério das Cidades e Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT (BRASIL, 2007), descritas a seguir:

R1 (baixo risco): baixa ou nenhum processo de deslizamentos e solapamentos. Não apresentam

Tabela 4 - Matriz de comparação dos fatores

Fatores	Altitude	Uso da Terra	Declividade	Pesos
Altitude	1	0,3333	0,1249	0,0880
Uso da Terra	3	1	0,3333	0,2426
Declividade	5	3	1	0,6694

evidências de instabilidade de encostas e de ocorrência de eventos destrutivos.

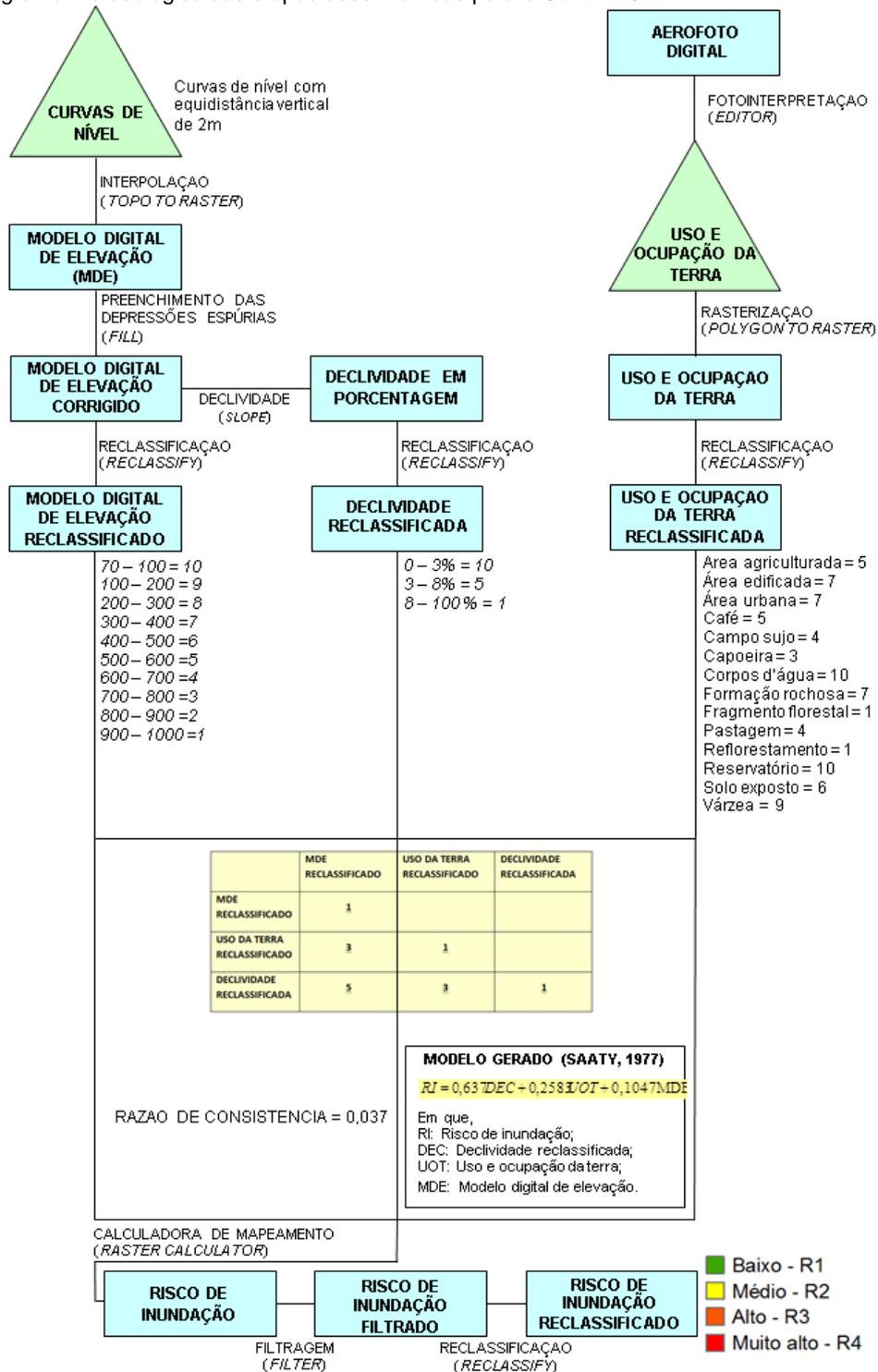
R2 (médio risco): médio processo de deslizamentos e solapamentos. Apresenta algumas evidências de instabilidade de encostas e reduzida ocorrência de eventos destrutivos.

R3 (alto risco): alto processo de deslizamentos e solapamentos. Apresenta evidência de instabilidade de encostas e ocorrência de eventos destrutivos, durante período chuvoso.

R4 (muito alto risco): muito alto processo de deslizamentos e solapamentos. Apresenta expressivas evidências de instabilidade de encostas e ocorrência de eventos destrutivos.

O fluxograma do método de Análise Hierárquica Ponderada (AHP), proposto por Saaty (1977) que deu origem ao CENÁRIO 02—é apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Fluxograma metodológico das etapas desenvolvidas para o CENÁRIO 2



RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados apresentados na tabela 5, pode-se observar que para o CENÁRIO 1 foi mensurada uma área de inundação de risco muito alto – R4 correspondente a 18,64 ha, representando 3,31% em relação à área dos bairros, conforme pode ser observado nas Figuras 6 e 7. Para o CENÁRIO 2, foi mensurada uma área de inundação de risco muito alto – R4 correspondente a 69,48 ha, o que representa 12,33% em relação à área dos bairros, evidenciando um aumento de 372,74% do que fora obtido por meio do método proposto pelos autores (CENÁRIO 1).

O método proposto por Saaty (1977) (CENÁRIO 2) “demarca” para toda região de estudo índices que variam de R1 (baixo) a R4 (muito alto), conforme pode ser observado na Figura 8 (Tabela 6).

Conforme pode ser observado na Figura 8 (CENÁRIO 2), a região de índice R4 se apresenta

ao longo dos rios e também em áreas mais afastadas, entretanto a mesma possui uma menor continuidade no decorrer dos cursos d’água, tendo uma maior dispersão quando comparada com a distribuição evidenciada no CENÁRIO 01. Essa diferenciação é justificada pelo fato da metodologia implementada no CENÁRIO 1 manter continuidade e sequenciamento dos pontos de coleta no campo desde a montante até a jusante dos pontos vetoriais limítrofes dos bairros, representativos das distâncias de inundação máxima em relação ao leito dos rios.

Nos CENÁRIOS 1 e 2, as áreas que possuem o relevo mais suave apresentam o maior risco de enchente, por constituírem menor grau de declividade e menor capacidade de escoamento da água, pois quanto maior a altitude e declividade, menos susceptível a ocorrência do fenômeno natural. As áreas com maiores riscos de intensidade a inundação são as áreas que margeiam todo o leito do rio que atravessa os bairros da cidade.

Tabela 5 - Resultado estatísticos do risco muito alto – R4 calculado para os CENÁRIOS 1 e 2 na área total dos bairros do município de Alegre, ES

Área Hectares (ha)	Risco Muito alto - R4	
	Canário 1	Canário 2
	18,64	69,48
% em relação à área dos bairros	3,31	12,33

Figura 6 - Risco de inundação (CENÁRIO 1) sobre o TIN para os bairros do município de Alegre, ES

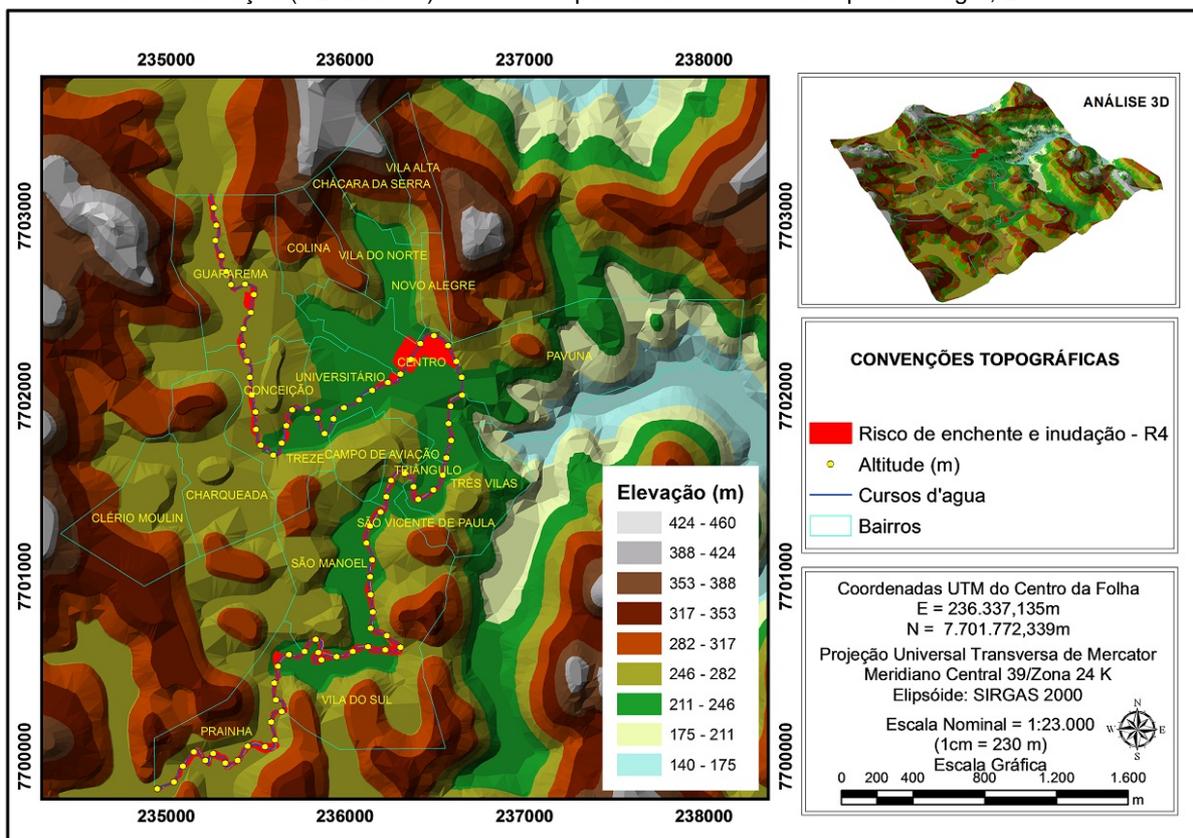


Figura 7 - Risco de inundação (CENÁRIO 1) para os bairros do município de Alegre, ES

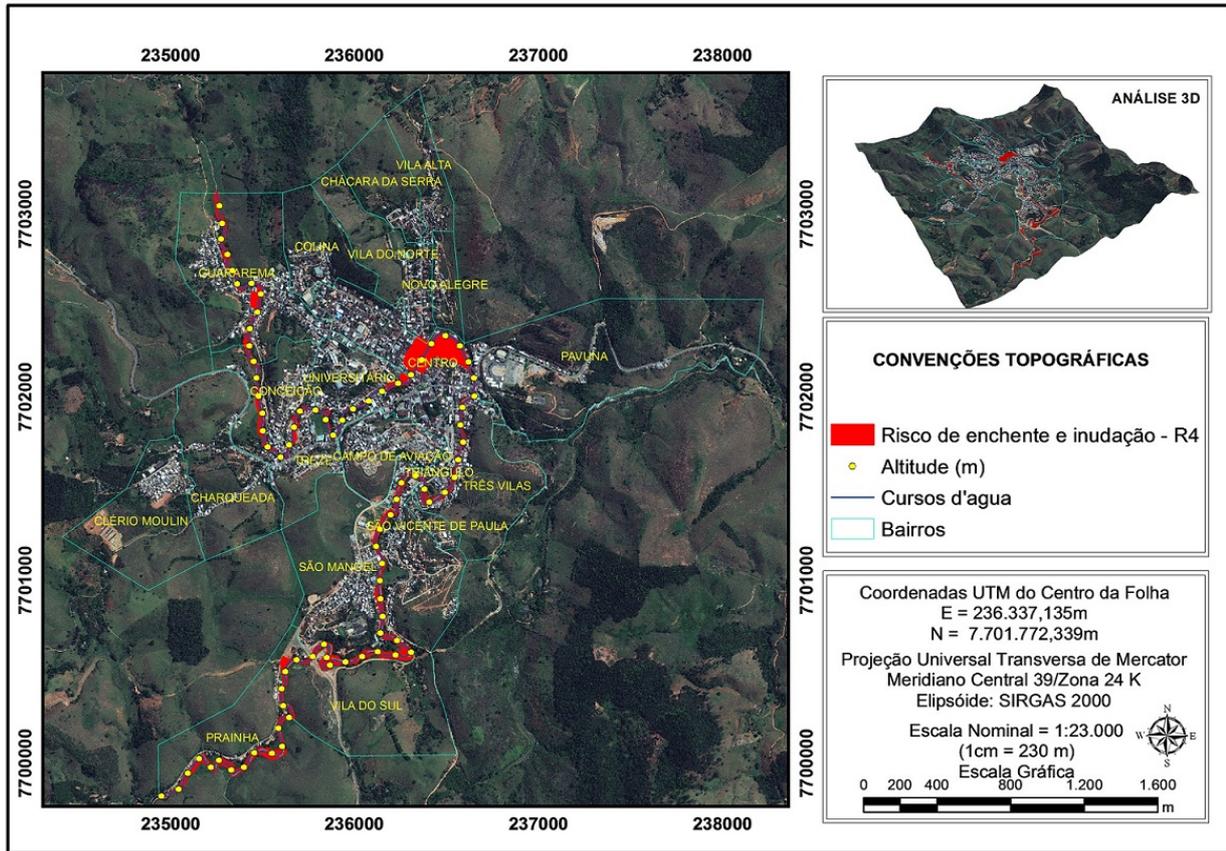


Figura 8 - Risco de inund o (CENÁRIO 2) para os bairros do município de Alegre, ES

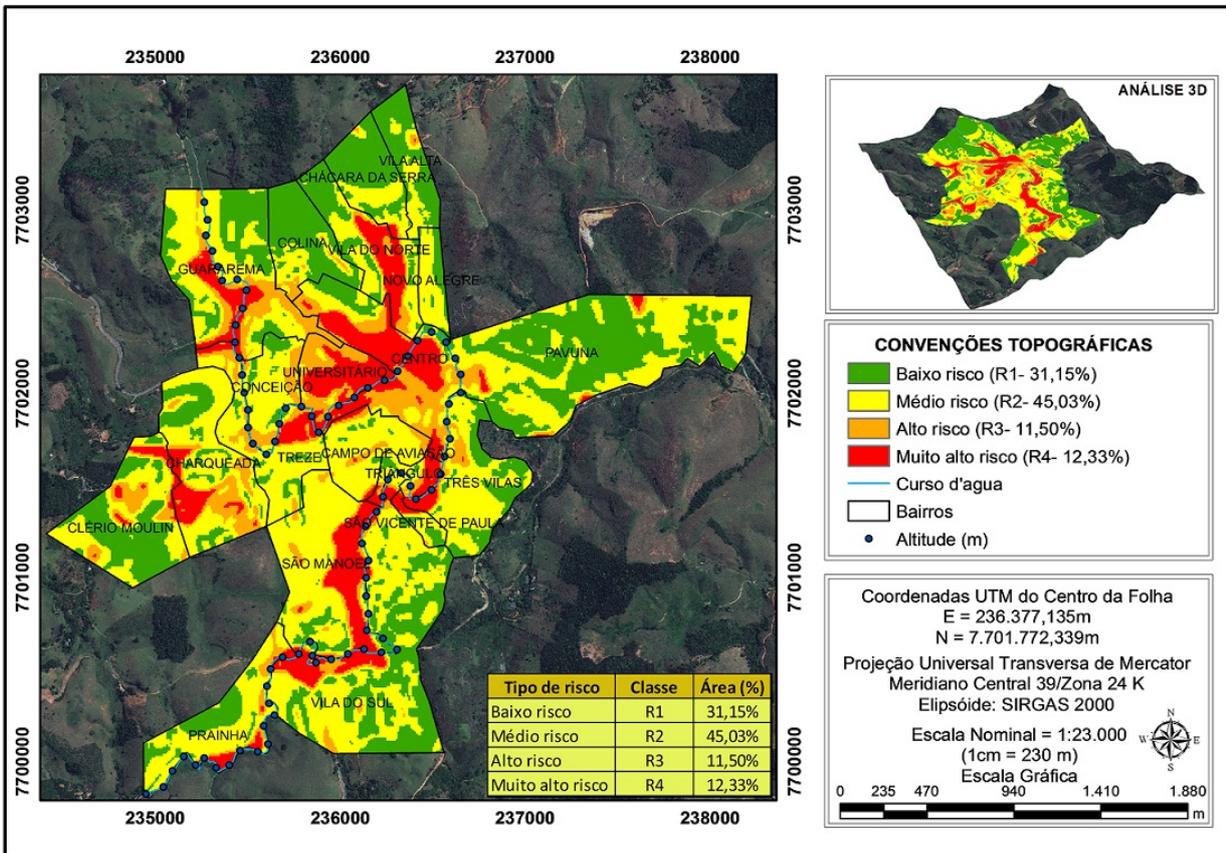


Tabela 6 - Resultados estatísticos do risco de enchente e inundação calculado para os CENÁRIOS 1 e 2 na área total dos bairros do município de Alegre, ES

Riscos	Área de Inundação e Enchente (ha)		Percentual de Inundação e Enchente em Relação à Área dos Bairros (%)	
	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2
Baixo - R1	-	175,47	-	31,15
Médio -R2	-	253,72	-	45,03
Alto - R3	-	64,79	-	11,50
Muito alto - R4	18,64	69,48	3,31	12,33
TOTAL	18,64	563,46	3,31	100

A metodologia que originou o CENÁRIO 1 é baseada a partir de informações obtidas *in loco* fornecendo dados mais próximos da realidade, enquanto que o método aplicado no CENÁRIO 2, superestimou a área de inundação no ambiente de estudo.

CONCLUSÕES

Nas condições em que os estudos foram conduzidos, a análise dos resultados permitiu-se apresentar as seguintes conclusões:

O método proposto pelos autores apresenta uma área de inundação de Muito alto risco - R4 de 18,64 ha, representando 3,31% em relação à área dos bairros no cenário 1.

O método proposto por Saaty (1977) mensurou uma área de inundação e enchente de risco muito alto – R4 correspondente a 69,48 ha, o que representa 12,33% em relação à área dos bairros.

O método AHP superestimou o risco de inundação em relação aos dados gerados pelo coleta de dados *in loco*.

O Modelo AHP possui boa aplicabilidade, fornecendo em geral bons resultados, especialmente em locais de difícil acesso e distante de análise de campo.

Em ambos cenários as áreas de risco fazem parte da planície de inundação que margeiam todo o leito do rio que atravessa os bairros da cidade. São áreas que possuem o relevo mais suave.

A metodologia proposta por Saaty (1977) pode sofrer influência direta do pesquisador no momento de atribuir os valores aos fatores, dificultando a comparação entre os métodos propostos no trabalho.

A metodologia que gerou o cenário 1 foi implementada pelos autores e mostrou-se mais correta na delimitação dos locais com maior probabilidade de inundação, pois os limites máximos de inundação foram estabelecidos por meio de marcas de inundação presente nos locais e informações e registros de moradores.

REFERÊNCIAS

BERGER, M. V. S.; SILVA, M. C. da.; SALDANHA, J. C. S. Análise de vulnerabilidade da RPPN Cafundó. In: MORAES, A. C. de; SANTOS, A. R. dos. (Org.). **Geomática e análise ambiental**. Vitória, ES: EDUFES, 2007. p. 32-46.

BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de riscos em encostas em margens de rios**. CARVALHO, E. S. M.; OGURA, A. T. (orgs.). Brasília. 2007, 176p

CAMPANA, N. A.; TUCCI, C. E. M. Predicting floods from urban development scenarios: case study of the Diluvio basin, Porto Alegre, Brazil. **Urban Water**, v. 3. p. 113-124., 2001.

ENOMOTO, C. F. **Método para elaboração de mapas de inundação**: estudo de caso na bacia do rio Palmital, Paraná. 2004.132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental), Setor de Tecnologia. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

GILLESPIE, T. W.; CHU, J.; FRANKENBERG, E.; THOMAS, D; Assessment and prediction of natural hazards from satellite imagery. **Progress in Physical Geography**, v. 31, n. 5, p. 459-70, 2007.

JOYCE, K. E.; BELLISS, S. E.; V, S.; MCNEILL, S. J.; GLASSEY, P. J. A review of the status of satellite remote sensing and image processing techniques for mapping natural hazards and disasters. **Progress in Physical Geography** v. 33, n. 2, p. 183-207, 2009.

MACHADO, M. dos S.; MACHADO, S. W. S.; COHEN, S. C. A rota das chuvas em Petrópolis: cenário de uma inundação. In: Seminário internacional de defesa civil, 5., 2009, São Paulo. **Anais Eletrônicos – Artigos**. São Paulo: DEFENCIL, 2009. p. 1-9.

MAGALHÃES, I. L.; THIAGO, C. R.; AGRIZZI, D. V.; SANTOS, A. R. dos; Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas de risco de inundação em Guaçuí, ES: uma análise comparativa entre dois

métodos. **Cadernos de Geociências**. v. 8, n. 2, p. 63-70, 2011.

MENDES, C.A.B.; CIRILO, J.A. **Geoprocessamento em Recursos Hídricos: Princípios, Integração e Aplicação**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 536 p., 2001.

SAATY, T. H. A scaling method form priorities in hierarquical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v.15, n 3, p.234-281, 1977.

SANTOS, A. R.; LOUZADA, F. L. R. O. ; EUGENIO, F. C.. **ArcGIS 9.3 total: aplicações para dados espaciais**. Alegre, ES: Ciências Agrárias Universidade Federal do Espírito Santo/CAUFES,. 2010, 180 p.

TRALLI, D. M.; BLOM, R. G.; ZLOTNICKI, V.; DONNELLAN, A.; EVANS, D. L. Satellite remote sensing of earthquake, volcano, flood, landslide and coastal inundation hazards. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v. 59, p.185-198, 2005.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 943 p. (Coleção ABRH, v. 4)

TUCCI, C.E.M.; BERTONI, J.C. (Orgs.). **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. 474 p.