

1 **USO DA FERRAMENTA SIG PARA ANÁLISE DE POSSÍVEIS ÁREAS DE EXPANSÃO**  
2 **DA CIDADE DE RIO PARANAÍBA**

3 <sup>(1)</sup> Kamilla Gonçalves Garcia

4 <sup>(2)</sup> Reynaldo Furtado Faria Filho

5 <sup>(1)</sup> Estudante do curso de Engenharia Civil – Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba

6 <sup>(2)</sup> Professor Adjunto do curso de Engenharia Civil – Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba

7 Presidente da banca: Prof. Reynaldo Furtado Faria Filho

8 Membro: Prof. Frederico Carlos Martins de Menezes Filho

9 Membro: Prof<sup>a</sup>. Fernanda Yamaguchi Matarazo

10 **11 de Dezembro de 2019**

11 **RESUMO:**

12 O crescimento urbano, muitas vezes, pode ocorrer de forma desordenada, podendo acarretar  
13 a geração de vários problemas. Com isso, esse trabalho objetivou-se a realização de uma análise  
14 das possíveis áreas de expansão urbana, considerando os aspectos legais, físicos e ambientais  
15 por meio do Sistema de Informação Geográfica (SIG). O trabalho teve como área de estudo o  
16 município de Rio Paranaíba (MG), porém a região analisada compreendeu uma área de 100 km<sup>2</sup>.  
17 Inicialmente foram definidos os critérios que representam as restrições ao crescimento, que são  
18 eles: área urbana, Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba (UFV – CRP),  
19 rodovia, hidrografia, aterro, declividade e aeroporto, e então, foi gerado um banco de dados com  
20 as restrições ao desenvolvimento urbano. Entre os métodos de avaliação multicritério foi  
21 utilizado o Processo de Análise Hierárquica (AHP). Os critérios foram avaliados em uma  
22 análise paritária, conforme a escala de Saaty (1990). Além da análise de critério com critério,  
23 que obteve-se um autovetor normalizado, foi feita também uma análise direta das alternativas e  
24 a partir dela foi possível reclassificar os mapas no QGIS. Por fim, os mapas reclassificados  
25 foram multiplicados pelos seus respectivos autovetores normalizados e somados, e como  
26 resultado, foi gerado um mapa de adequabilidade à expansão urbana, com intervalo de 6,1 a  
27 31,1, onde as áreas mais aptas tendem a 31,1 e as áreas menos aptas a 6,1. Grande parte da área  
28 analisada apresentou baixa adequabilidade a expansão e as áreas mais favoráveis a crescimento  
29 se localizam perto da *non aedificandi*, da UFV-CRP e do aeroporto.

30  
31 **PALAVRAS-CHAVE:** Geoprocessamento, restrição, AHP, QGIS.

32  
33 **USE OF THE GIS TOOL FOR ANALYSIS OF POSSIBLE AREAS OF EXPANSION OF**  
34 **THE CITY OF RIO PARANAÍBA**

35 **ABSTRACT:**

36 Urban growth can often occur in a disorderly manner and can lead to the generation of  
37 various problems. Therefore, this paper aimed to propose an analysis of possible areas of urban  
38 expansion, considering the legal, physical and environmental aspects through the Geographic  
39 Information System (GIS). The study had as its area of study the municipality of Rio Paranaíba  
40 (MG), but the analyzed region comprised an area of 100 km<sup>2</sup>. Initially, the criteria that represent  
41 the restrictions on growth were defined: urban area, Federal University of Viçosa – Rio  
42 Paranaíba Campus (UFV – CRP), highway, hydrography, landfill, slope and airport, and the a  
43 bank was created. Among the multicriteria evaluation methods, the Hierarchical Analysis  
44 Process (AHP) was used. The criteria were evaluated in a paritarian analysis, according to the

45 Saaty scale (1990). In addition to criterion analysis with criterion, which obtained a normalized  
46 eigenvector, a direct analysis of the alternatives was also performed and then it was possible to  
47 reclassify the maps in QGIS. Finally, the reclassified maps were multiplied by their respective  
48 normalized eigenvectors and summed, and as a result, a map of suitability for urban sprawl was  
49 generated, with a range from 6,1 to 31,1, where the most suitable areas tend to 31,1 and the  
50 least suitable areas to 6,1. Much of the analyzed area showed low suitability for expansion and  
51 more the growth – friendly areas are located near non aedificandi, UFV – CRP and the airport.

52  
53 **KEYWORDS:** Geoprocessing, restriction, AHP, QGIS.

## 54 55 **1. INTRODUÇÃO**

56 O crescimento urbano acelerado tem sido desorganizado na maioria das cidades brasileiras e  
57 isso acarreta a geração de vários problemas ao município, como por exemplo, a ocupação de áreas  
58 com declividades acentuadas e de áreas com alta suscetibilidade aos processos erosivos  
59 (NASCIMENTO; LIMA; SANTOS, 2009).

60 Segundo Sartori et al. (2011) no âmbito do planejamento ambiental, gestão do território e  
61 dos recursos naturais, as tecnologias computacionais têm recebido grande importância pelos  
62 pesquisadores, gestores públicos e empresas. O geoprocessamento é uma ciência que utiliza  
63 informações geográficas tratadas e interpretadas por meio de técnicas matemáticas em ambiente  
64 computacional (PIROLI, 2002).

65 A utilização do Sistemas de Informações Geográficas (SIG) no planejamento urbano ocorre  
66 pelo fato dele ser caracterizado como uma ferramenta de apoio à decisão, como por exemplo em  
67 projetos de localização de áreas para determinadas atividades, o que leva a uma variedade de  
68 critérios e análises complexas das alternativas possíveis (GRABSKI; FARINA, 2018). É comum o  
69 uso de múltiplos critérios para atender um ou mais objetivos dentro das aplicações de SIG. Essa  
70 ferramenta é denominada Avaliação Multicritérios (MCE) (MALCZEWSKI, 2006). A escolha da  
71 análise multicritério no presente trabalho ocorreu devido ao seu processo de decisão que analisa as  
72 áreas com maior adequabilidade para o estudo realizado.

73 Neste contexto de planejamento urbano, está inserido o município de Rio Paranaíba, que é  
74 uma cidade do interior de Minas Gerais a qual a maior parte do seu território é voltada para a  
75 agricultura. A instalação do campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV) no município, em  
76 2007, aumentou a perspectiva de crescimento da cidade, como a do setor imobiliário e do comércio.  
77 Com a consolidação da UFV-CRP a tendência é que cada vez mais a cidade cresça para atender a  
78 demanda da população, dos servidores e dos universitários, que escolheram a cidade como morada  
79 por toda sua graduação ou como campo de trabalho. Em consulta ao site do IBGE (2017), foi visto  
80 que a população de Rio Paranaíba no ano de 2010 era de 11.885 pessoas, ao passo que, em 2019,  
81 esse valor chegou 12.313 pessoas.

82 Para que o município não se desenvolva de forma desordenada é necessário a elaboração de  
83 um plano diretor. Porém, em consulta a Prefeitura Municipal de Rio Paranaíba foi constatado que o  
84 plano diretor está em processo de desenvolvimento. Com a não existência de um plano diretor, é  
85 comum observar a ocorrência de vários problemas ligados à ocupação do solo, problemas esses, que  
86 normalmente estão ligados a construção em áreas de risco, locais de difícil acesso e áreas e proteção  
87 ambiental (REIS, 2018).

88 Portanto, é necessário um estudo para analisar quais as áreas passíveis de expansão urbana  
89 que atendam as legislações e proporcionem o crescimento ordenado do município. A partir do uso  
90 de informações geográficas foi possível levantar hipóteses para a soluções de problemas. Assim, o  
91 objetivo do presente trabalho foi determinar áreas aptas para a expansão urbana e que o município  
92 se desenvolva de forma ordenada.

93

94

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

95

### 2.1. Legislações que regulamentam o parcelamento do solo urbano

96

97 Para ditar o uso do solo urbano, em qualquer município, de forma correta, são utilizadas leis  
98 e normas, para que não haja conflitos entre os membros de uma sociedade. Dessa forma, o uso do  
99 solo segue as leis Federais, Estaduais e Municipais, não se esquecendo das legislações ambientais,  
100 tendo em vista o desenvolvimento sustentável do município. Para Hoffmann et al. (2011), um dos  
101 maiores desafios das cidades é conciliar a vida urbana voltada para o desenvolvimento ambiental,  
102 conciliando veículos, pessoas e lixos ao aumento de consumo de materiais inorgânicos e ao  
103 crescimento desenfreado dos centros urbanos. Vale ressaltar que cada Estado pode ter leis  
104 complementares a Federal, assim como as Municipais. No presente trabalho foram abordadas  
105 somente a lei Federal, pois Rio Paranaíba não possui lei a respeito de parcelamento de solo.

105

106

#### LEI Nº 6.766, DE 19 DE DEZEMBRO DE 1979

107

108

109

110

111

A Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano, no seu artigo 3º, descreve que somente será admitido o parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas, de expansão urbana ou de urbanização específica, assim definidas pelo plano diretor ou aprovadas por lei municipal. O seu parágrafo único, destaca que não será permitido o parcelamento do solo:

112

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

113

114

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

115

116

III – em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências especificada das autoridades competentes;

117

118

IV – em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação;

119

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

120

121

122

No artigo Art. 4º da referida Lei está destacado que os loteamentos deverão atender, pelo menos, aos seguintes requisitos:

123

[...]

124

III - ao 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.

125

126

127

128

#### LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012

129

130

131

132

A Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, pertencente ao Código Florestal, dispõe sobre a Proteção da Vegetação Nativa, no seu artigo 4º, refere-se as áreas de preservação permanente nas áreas urbanas e rurais. Neste artigo são determinados a largura mínima das faixas marginais de

133 qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha  
134 do leito regular.

135 [...]

136 I – as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os  
137 efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- 138 a) Em 30 (trinta) metros, para cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;  
139 b) 50 (cinquenta) metros, para cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta)  
140 metros de largura;  
141 c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200  
142 (duzentos) metros de largura;  
143 d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600  
144 (seiscentos) metros de largura;  
145 e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600  
146 (seiscentos) metros;

147 II – as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- 148 a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 hectares  
149 da superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;  
150 b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

151 IV – as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua  
152 situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

153 V – as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem  
154 por cento) na linha de maior declive;

155 VI – as restingas, com fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

156 VII – os manguezais, em toda sua extensão;

157 VIII – as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca  
158 inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

159 IX – no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem)  
160 metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível  
161 correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base,  
162 sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água  
163 adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

164 X – as áreas em altitudes superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que veja a  
165 vegetação;

166 § 2º No entorno dos reservatórios artificiais situados em áreas rurais com até 20 (vinte)  
167 hectares de superfície, a área de preservação permanente terá, no mínimo, 15 (quinze)  
168 metros.

169 [...]

## 171 COPAM N°118,27 DE JUNHO DE 2008

172 A Deliberação Normativa COPAM n° 118,27, de junho de 2008, em seu artigo 3º, dita os  
173 requisitos mínimos para a escolha da localização, implantação e operação do depósito de lixo.

174 [...]

175 I – localização em área situada a uma distância mínima de 500 metros de núcleos  
176 populacionais;

177 II – localização em área com distância mínima de 100 metros de rodovias e estradas, a  
178 partir da faixa de domínio estabelecida pelos órgãos competentes.

179 [...]

## 181 2.2. Geoprocessamento

182 Com o crescente avanço da área urbana de Rio Paranaíba, é necessário realizar um estudo  
183 das novas áreas passíveis de ocupação. Uma das formas de fazer isso é por meio de um

184 planejamento com a finalidade de orientar o poder público e a iniciativa privada na construção dos  
185 espaços urbanos e rurais, preservando a qualidade de vida e o ecossistema (FARINA, 2006). Uma  
186 forma de efetivar esse estudo é utilizar as ferramentas disponíveis nos sistemas de informação  
187 geográfica (SIG).

188 O processo de planejamento pode ser aplicado em qualquer situação, incluindo o uso do solo  
189 e desenvolvimento de uma região. Assim, o planejamento do território é um processo de definições  
190 a serem tomadas no presente para que no futuro, determinada região alcance seus objetivos de  
191 crescimento e desenvolvimento. O planejamento urbano considera a cidade dentro de um processo  
192 social que envolve diversos conflitos e interesses diferentes. Portanto, o planejamento objetiva  
193 medir o conflito social pelo solo urbano e por isso as decisões tomadas neste processo são  
194 democráticas (SARDINHA, 2010).

195 O desenvolvimento da tecnologia de informação modernizou os processos de planejamento  
196 e gestão urbana, e como exemplo disso, tem-se o avanço das técnicas de geração e análise de  
197 informação espacial, o geoprocessamento. Para Fujaco, Leite e Messias (2010), o  
198 geoprocessamento é uma ferramenta muito poderosa, capaz de armazenar, quantificar e manipular  
199 dados georeferenciados, além de cruzar esses dados e trata-. Um dos sistemas de geoprocessamento  
200 que são permite capturar, processar e gerenciar dados georreferenciados são os sistemas de  
201 informação geográfica (SIG), onde dados georreferenciados são objetos com atributos contendo  
202 informações sobre sua localização geográfica em relação a um sistema de coordenadas.

203 Segundo Farina (2006) a função dos SIG consiste em integrar as informações obtidas por  
204 sensoriamento remoto com outros dados espacialmente distribuídos. Dessa forma, o SIG permite  
205 criar um modelo do mundo real ao integrarem dados de naturezas diversas, voltados para uma  
206 aplicação em particular. Conforme Castro et al. (2015) ao usar a ferramenta SIG como tomada de  
207 decisão, um dos métodos utilizados é a análise multicritério. A partir do levantamento e da análise  
208 dos condicionantes são determinados os critérios que auxiliam na tomada de decisão (BARROS;  
209 MARQUES, 2009).

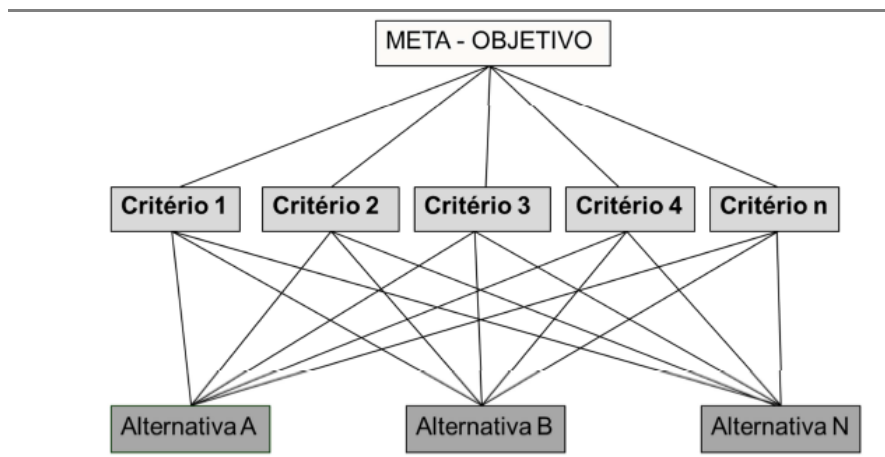
210

### 211 **2.3. Análise multicritério**

212 O Processo de Análise Hierárquico (*Analytic Hierarchy Process* – AHP) foi desenvolvido  
213 por Thomas L. Saaty em 1970. Esse método consiste na elaboração de um modelo que reflita o  
214 funcionamento da mente humana na análise das alternativas dadas em problemas com soluções  
215 complexas. Logo, o AHP cria medidas para as variáveis qualitativas com base em julgamentos  
216 subjetivos dado pelos decisores (SAATY, 1991 apud RIBEIRO, ALVES, 2016).

217 De acordo com Vargas (1990) a aplicação do AHP em problemas de decisão é feita em duas  
218 fases, a primeira é na construção da hierarquia e a segunda na avaliação. A primeira fase envolve  
219 decomposição do problema em uma estrutura hierárquica que mostra as relações entre as metas, os  
220 critérios e as alternativas que envolvem a decisão, como exemplifica a Figura 1. A estrutura  
221 hierárquica forma uma árvore invertida, onde a estrutura desce do objetivo para os critérios (metas),  
222 subcritérios e alternativas, em sucessivos níveis (SAATY, 1990).

223 Na segunda fase ocorre a comparação paritária (par a par) entre os critérios e alternativas e é  
224 a partir dessa comparação que são determinados os pesos de cada critério. Por fim, a avaliação  
225 segue com a valorização global de cada uma das alternativas analisadas (FARIA, 2011). Os critérios  
226 são julgados segundo a Escala Fundamental de Saaty, que possuem valores que variam de 1 a 9,  
227 como pode ser visto na Tabela 1 e Figura 2.



228  
229 **Figura 1** - Exemplificação da estrutura hierárquica (modificado de SAATY, 1990).

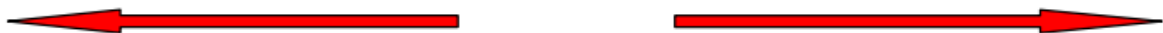
230  
231 **Tabela 1** - Escala de julgamento de importância do Método AHP.

Valores numéricos	Termos Verbais	Explicação
1	Igual importância	Dois alternativas contribuem igualmente para o objetivo.
3	Moderadamente mais importante	Experiência e julgamento favorecem levemente uma alternativa em relação a outra.
5	Fortemente mais importante	Experiência e julgamento favorecem fortemente uma alternativa em relação a outra.
7	Muito fortemente mais importante	Alternativa fortemente favorecida em relação a outra e sua dominância é demonstrada na prática.
9	Extremamente mais importante	A evidência favorece uma alternativa em relação a outra, com grau de certeza mais elevado.
2, 4, 6 e 8	Valores importantes intermediários	Quando se procura uma condição intermediária entre duas definições.

232 **Fonte:** modificada de SAATY, 1990.

233

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremamente	Muito fortemente	Fortemente	Moderadamente	Igualmente	Moderadamente	Fortemente	Muito fortemente	Extremamente



234  
235 **Figura 2** - Escala de julgamentos de critérios (modificado de Eastman, 2003).

236  
237 De acordo com Ribeiro e Alves (2016) os elementos são comparados a partir de uma matriz  
238 quadrada, onde a ordem dessa matriz é igual ao número de elementos subordinados ao nó  
239 imediatamente superior. Esses elementos devem estar dispostos na mesma ordem, formando as  
240 linhas e colunas, como exemplifica a Figura 3.

$$A_{n \times n} = \begin{vmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} = 1/a_{12} & 1 & & a_{2n} \\ : & : & & : \\ a_{n1} = 1/a_{1n} & a_{n2} = 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{vmatrix}$$

242  
243 **Figura 3** - Estruturação da matriz de decisão (Faria, 2011).

244 Onde  $a_{1n}$  são os valores de julgamento paritários. Além disso, os elementos acima da  
245 diagonal da matriz é o inverso dos elementos situados abaixo da diagonal ou elemento  
246 correspondente, ou seja,  $a_{ij} = 1/a_{ji}$ .

247 Rezende, Marques e Oliveira (2017) propôs em seu estudo analisar os riscos de inundação  
248 no perímetro urbano de Paracatu – MG pela elaboração do Modelo de Reclassificação de Variáveis  
249 e aplicação da AHP. Este trabalho teve como resultado que as áreas de risco alto e muito alto estão  
250 localizadas no sul da cidade e apresentam como principais características a urbanização acentuada,  
251 baixas declividades e relevos planos, sendo esses fatores os que mais contribuem episódios de  
252 enchentes. Já, as áreas que contribuem para não ocorrem inundações são onde há predominância de  
253 relevo ondulado, áreas permeáveis e vegetação, e, portanto, foram as áreas consideradas como de  
254 risco baixo ou muito baixo.

255 Barros e Marques (2009) por meio da análise multicritério e usando como base de dados a  
256 legislação, mapas digitais de declividade, uso e ocupação do solo, estradas, hidrografia e limite  
257 urbano tiveram como objetivo mapear as áreas urbanizáveis em Viçosa – MG. O estudo teve como  
258 resultado uma superfície de adequabilidade de 0 a 255, em que as áreas com maiores  
259 adequabilidades, ou seja, mais próxima de 255 seriam as áreas mais propícias a expansão urbana.

260 Para Faria (2011), a fim de aperfeiçoar as abordagens das restrições a expansão do centro  
261 urbano é importante diminuir a subjetividade na análise dessas restrições. No seu trabalho utilizou-  
262 se o AHP no estudo dos indicadores e na hierarquização dos setores de perigo. Foi feito a  
263 comparação do mapeamento de perigo com a aplicação do AHP com o mapeamento de riscos de  
264 escorregamentos realizado no ano de 2005 pelo IG – SMA em São Sebastião – SP. Como resultado,  
265 os mapeamentos de perigo com o uso do AHP foram mais conservadores para algumas áreas e além  
266 disso, o uso do AHP diminuiu a subjetividade e evidenciou a facilidade e praticidade no uso de  
267 pesos na classificação do perigo nos setores mapeados.

268 Já Araujo e Campante (2018) utilizaram o sistema de informações geográficas e o método  
269 de análise multicritério para a definição da capacidade de suporte de carga e o cálculo do estoque de  
270 potencial construtivo em áreas urbanas em Belo Horizonte - MG. O trabalho determinou as áreas de  
271 relevância ambiental, potencial para ocupação e a síntese da proposta de ocupação e proteção, por  
272 meio da análise multicritério. O uso de SIG e da análise multicritério demonstrou as possibilidades  
273 de se avançar na sistematização de critérios técnicos para a definição de áreas de adensamento e  
274 proteção no espaço intraurbano e além disso, o uso dessas ferramentas explicitou e ilustrou os  
275 conflitos socioespaciais e apoio a processos de participação e tomada de decisão em políticas  
276 públicas integradas de desenvolvimento urbano e ambiental.

277 Em todos os trabalhos citados, o uso AHP como ferramenta da análise multicritério se  
278 mostrou promissora, com bons resultados, além de ser uma ferramenta que facilita o julgamento dos  
279 critérios analisados, uma vez que a adoção de pesos ajuda a quantificar características analisadas e  
280 gerar grau de importância de uma em relação a outra.  
281

282

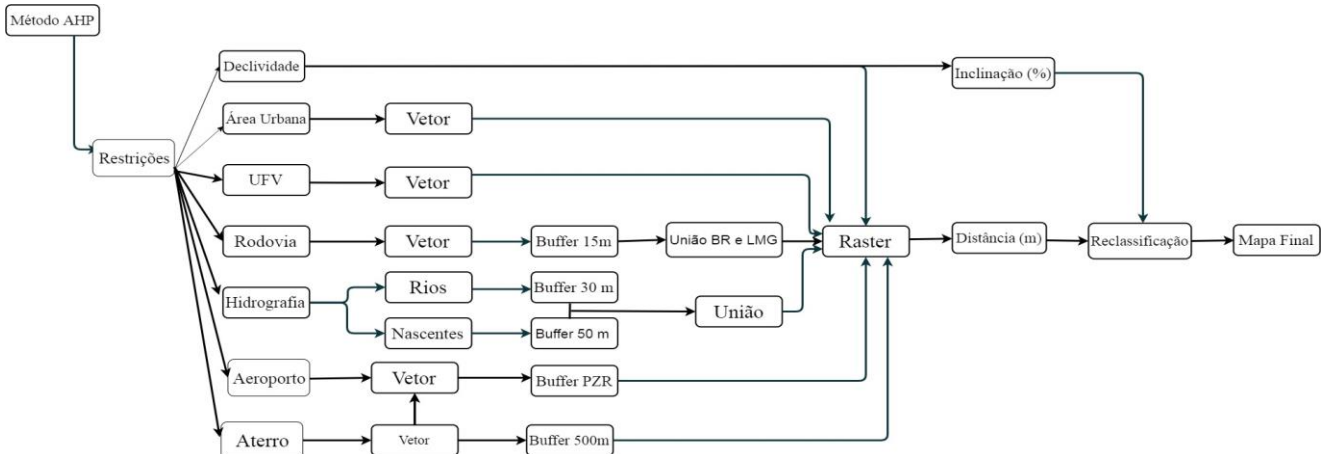
### 3. MATERIAL E MÉTODOS

283

Na Figura 4 está apresentado de forma resumida as etapas realizadas neste trabalho até a geração do mapa final com as áreas aptas a desenvolvimento.

284

285



286

287

288

Figura 4 - Sequência de etapas realizadas no presente trabalho. Fonte: Elaborado pelo autor.

289

#### 3.1. Caracterização da área de estudo

290

O trabalho foi desenvolvido na cidade de Rio Paranaíba e a região estudada compreende uma área de 100 km<sup>2</sup> que está destacada na Figura 5. De acordo com o site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), o município de Rio Paranaíba situa-se na Zona Alto Paranaíba do estado de Minas Gerais. Em geral, seu território é considerado mais plano do que acidentado, com uma área de 1.531 km<sup>2</sup> e é banhado pelos rios Paranaíba, São João e Abaeté. A cidade tem como coordenadas geográficas 19° 12' 00'' de latitude Sul e 46° 16' 45'' de longitude oeste. Ainda, Rio Paranaíba tem uma população estimada de 12.291 hab.

291

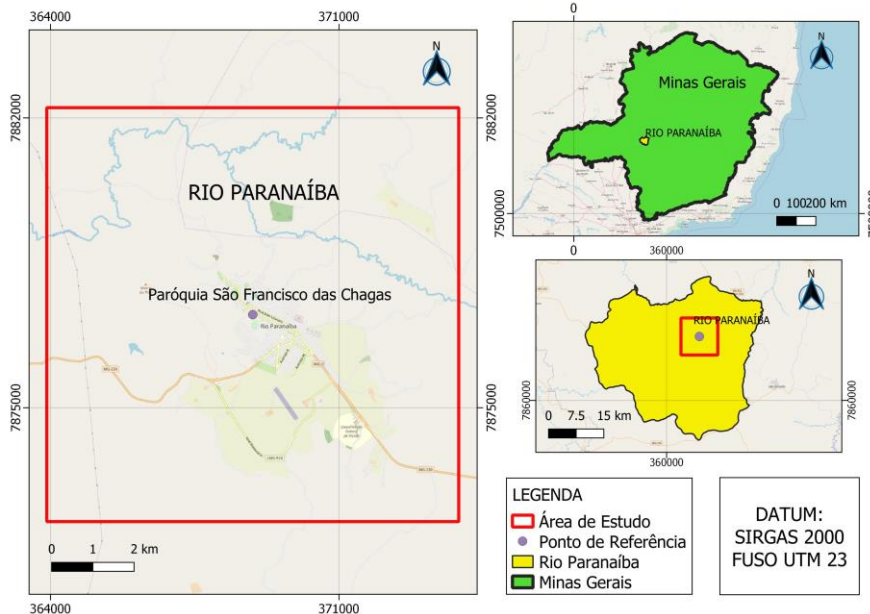
292

293

294

295

296



297

298

Figura 5 - Localização e delimitação da área estudada. Fonte: Elaborado pelo autor.

299

De acordo com o IBGE (IBGE, 2017), o território de Rio Paranaíba apresenta 70% de domicílios com esgotamento sanitário, 36,5% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 14,5% de domicílios urbanos em vias públicas sem arborização. Conforme

300

301



302 informações descritas no site da Prefeitura Municipal de Rio Paranaíba, a principal atividade  
 303 econômica do município é a agricultura, tendo destaque as culturas de café, soja, milho, cenoura,  
 304 alho, batata e cebola. O setor imobiliário também é uma importante atividade da cidade, e isso se  
 305 deve pela vinda da Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba. Em 25 de julho de  
 306 2006 o campus foi implantado na cidade, tornando Rio Paranaíba a menor cidade do Brasil a  
 307 abrigar um campus de uma Universidade Federal. Isso gerou um crescimento na cidade, não só na  
 308 área imobiliária como em outros setores de bens e consumo.

### 310 3.2. Base de dados

311 A proposta metodológica para o mapeamento das possíveis áreas urbanizáveis do município  
 312 de Rio Paranaíba, utilizando o software QGIS compreendeu no levantamento e análise dos  
 313 condicionantes existentes na legislação, a qual abrange rodovias, cursos d’água, aterro controlado,  
 314 aeródromo e a declividade. Além disso, o Campus da UFV e a área já urbanizada também foram  
 315 consideradas.

316 O local onde cada restrição foi obtida e o formato delas estão apresentados na Tabela 2.

317 **Tabela 2** - Base de dados referentes as restrições analisadas.  
 318

<b>BASE DE DADOS</b>
<b>Limite do município de Rio Paranaíba</b>
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Formato vetorial ( <i>Shapefile</i> )
<b>Área Urbana</b>
Google Eath-pro Formato vetorial ( <i>Shapefile</i> )
<b>UFV-CRP</b>
Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba Formato vetorial ( <i>Shapefile</i> )
<b>Rodovia</b>
Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes Formato vetorial ( <i>Shapefile</i> )
<b>Hidrografia</b>
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Formato Vetoria ( <i>Shapefile</i> )
<b>Nascentes</b>
Identificadas no QGIS por meio da função extrair nós Formato vetorial ( <i>Shapefile</i> )
<b>Aterro Controlado</b>
Google Eath-pro Formato vetorial ( <i>Shapefile</i> )
<b>Declividade</b>
TOPODATA - Banco de dados Geomorfométricos do Brasil Formato <i>raster</i>
<b>Aeródromo</b>
Google Eath-pro Formato vetorial ( <i>Shapefile</i> )

319

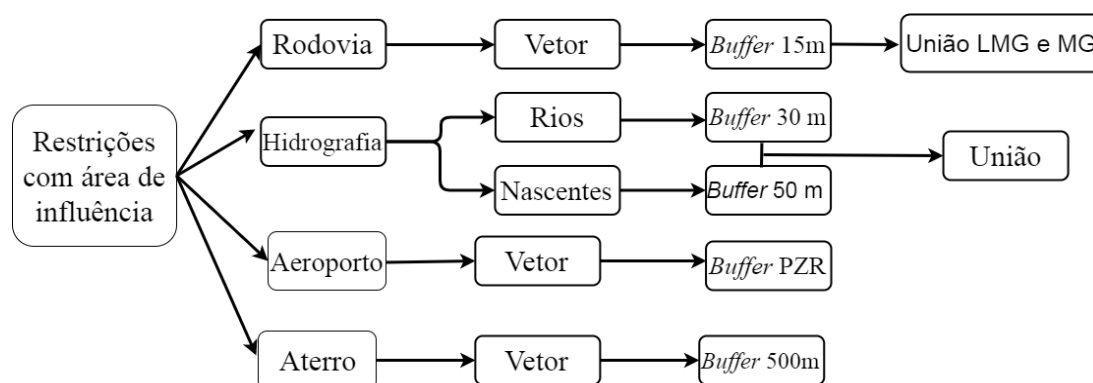
320

Fonte: Elaborado pelo autor.

321 Após a obtenção dos dados necessários a análise das áreas aptas à expansão urbana, os  
 322 arquivos foram inseridos no *software* QGIS 3.4 e convertidos para o sistema de coordenadas  
 323 *Universal Transversa de Mercator (UTM)* com sistema de projeção SIRGAS 2000, fuso 23. Para os  
 324 critérios que não têm restrições a construções no seu entorno, foram inseridos vetores delimitando  
 325 sua área, que é o caso da UFV-CRP e da área urbana. No caso da área urbana, o seu limite foi  
 326 digitalizado no Google Earth-pro, em formato kml e convertidos para *shapefile* e o contorno da  
 327 UFV-CRP já foi obtido em formato *shapefile*. As delimitações para as chamadas áreas de influência  
 328 foram realizadas pela ferramenta vetorial – *Buffer*. Essa ferramenta foi utilizada na hidrografia, nas  
 329 nascentes, no aterro controlado, no aeródromo e nas rodovias, de acordo com as distâncias mínimas  
 330 permitidas por lei.

### 332 3.3. Restrições

333 Para determinar as áreas passíveis de expansão, alguns dos critérios analisados possuíam  
 334 restrições a construção em seu entorno, descritas pela Legislação Federal. Estas restrições estão  
 335 representadas na Figura 6.



337  
 338 **Figura 6** - Restrições analisadas. Fonte: Elaborado pelo autor.

339 Para a área urbana e a UFV – CRP, que não possuem restrições a construção em seu  
 340 entorno, foram utilizados os arquivos já adquiridos com os seus respectivos contornos, em formato  
 341 vetorial, sem a necessidade da criação de um *buffer*. Para a declividade, obtida em formato *raster*,  
 342 também não foi preciso a criação de um *buffer*, uma vez que sua restrição diz respeito a inclinação.

### 344 3.4. Planos de Zoneamento de Ruído de aeródromos (RBAC 161)

345 A cidade tem um aeródromo, onde a restrição analisada foi a respeito do volume de ruídos  
 346 que o aeroporto gera e o buffer do aeródromo seguiu as especificações do Planos de Zoneamento de  
 347 Ruído de aeródromos (RBAC 161) e do Planos de Zoneamento de Ruído (PZR) do Rio Paranaíba,  
 348 como visto em Ruas e Freitas (2018).

349 Segundo Ruas e Freitas (2018) a relação entre o complexo aeroportuário e sua vizinhança  
 350 apresenta restrições com relação ao uso e ocupação do solo ao seu redor. Tais restrições são  
 351 melhores descritas por meio das seguintes diretrizes: Planos de Zoneamento de Ruído (PZR) e  
 352 Planos de Zonas de Proteção de Aeródromos (PZPA).

353 O PZR relaciona o ruído gerado pela operação aeronáutica e aeroportuária com o tipo de  
 354 ocupação do solo que pode haver na vizinhança do aeródromo está definido no RBAC 161: (RUAS;  
 355 FREITAS, 2018).

356 No RBAC 161 é estabelecido qual o tipo de PZR um aeródromo deve ter de acordo com o  
357 volume de tráfego nele existente, onde o volume é medido pela média anual de movimentos de  
358 aeronaves dos últimos 3 anos. Para o Plano Específico de Zoneamento de Ruído (PEZR) a média  
359 anual deve ser superior ou igual a 7.000 movimentos. Abaixo de 7.000 movimentos, é de escolha do  
360 operador do aeródromo adotar o PEZR ou o PBZR, com a ressalva que a ANAC pode solicitar a  
361 elaboração de um PEZR, para qualquer aeródromo, a qualquer momento (BRASIL, 2013).

362 Segundo Ruas e Freitas (2018) PBZR é composto por 2 curvas isofônicas (curva 1 e curva  
363 2) e 3 áreas (área I, área II e área III). Na área I, que está situada no interior da curva 1, é onde se  
364 tem o ruído mais intenso das aeronaves, acima de 75dB, pois está é a área mais próxima a pista de  
365 pouso e decolagem e por isto, a maioria das atividades urbanas é proibida. Na área II, que se  
366 encontra entre a curva 1 e a curva 2, os níveis de ruído e o incômodo são menores, entre 65dB e  
367 75dB, o que torna possível o estabelecimento de algumas atividades urbanas. Já na área III,  
368 normalmente não são registrados níveis de ruído e incômodo significativos e restritivos, abaixo de  
369 65dB, e, portanto, não são estabelecidas restrição quanto à ocupação e uso do solo. A Figura 7  
370 (ANEXO A) mostra o PZR do Rio Paranaíba, e os usos dos solos permitidos para cada área  
371 encontram-se na Figura 8 (ANEXO B).

372

### 373 3.5. Desenvolvimento do método AHP

374 O *software* utilizado para a análise das possíveis áreas em expansão foi o QGIS – Sistema de  
375 Informação Geográfica Livre e Simplificado, versão 3.4. O QGIS é um *software* livre, com código-  
376 fonte aberto, o que permite que o usuário possa utilizá-lo e também modificar seu código. Esse  
377 programa permite a criação de mapas a partir de camadas vetoriais e *raster*. Os dados podem ser  
378 armazenados como pontos, linha e polígono. No presente trabalho, utilizou-se o polígono para  
379 representação das áreas. Além disso, o QGIS permite que se trabalhe com mapas da plataforma  
380 Google, como por exemplo, o Google Earth. Ainda é possível utilizar a interface *Open Street Map*,  
381 que já se encontra no *software*.

382 Após a identificação das restrições ao crescimento, coleta de dados, delimitação das áreas e  
383 criação de *buffer*, foi feita a distribuição de pesos para cada restrição pelo método AHP. Com os  
384 pesos gerou-se a matriz de comparação paritária com os julgamentos. Posteriormente, calculou-se o  
385 autovetor, que expressa as importâncias relativas de cada peso (ABREU, 2000). Seguindo Faria  
386 (2011) o cálculo do autovetor consistiu em três etapas. Na primeira etapa foi feita a soma total dos  
387 elementos de cada coluna da matriz de comparação paritária. Na segunda etapa realizou-se a  
388 normalização relativa dos pesos por meio da divisão de cada elemento da matriz pela soma total da  
389 respectiva coluna, onde a soma resultou em 1. Por fim, na última etapa foi calculada a média  
390 aritmética de cada linha da matriz, gerando o autovetor. Com o autovetor calculado foi possível  
391 determinar a ordem de prioridade dos critérios comparados.

392 Para Faria (2011) após o cálculo do autovetor, deve-se determinar a consistência ou  
393 coerência dos julgamentos (RC). Assim, o cálculo da consistência de julgamentos iniciou-se com o  
394 cálculo do autovalor máximo ( $\lambda_{máx}$ ). Este valor deve ser igual a ordem ( $n$ ) da matriz de comparação  
395 paritária e quanto mais próximo  $\lambda_{máx}$  for de  $n$ , mais consistente será o resultado (SAATY, 1990).  
396 Logo, o autovalor foi calculado pela Equação 1:

397

398

399

$$\lambda_{máx} = T \times W \quad (1)$$

onde:

400  $T$  é o autovetor normalizado;  
401  $W$  é a soma das colunas da matriz de comparações para cada critério.

402  
403 Feito o cálculo do autovalor máximo, calculou-se o índice de consistência (IC). O índice de  
404 consistência de uma matriz de comparações paritárias indica o quanto o autovalor está afastado do  
405 valor teórico esperado  $n$  (FARIA, 2011). O IC foi determinado pela Equação 2.

$$406 \quad 407 \quad IC = \frac{(\lambda_{m\acute{a}x} - n)}{(n - 1)} \quad (2)$$

408 onde:  
409  $\lambda_{m\acute{a}x}$  é o autovalor máximo;  
410  $n$  é a ordem da matriz de comparações paritárias.

411  
412 Enfim, calculou-se a razão de consistência (RC). Segundo Faria (2011), para determinar RC,  
413 o IC é comparado com o índice de consistência aleatório (CA) para determinar se o grau de  
414 consistência é satisfatório. O CA representa o valor que seria obtido em uma matriz de comparações  
415 paritárias em que não fossem realizados julgamentos lógicos, preenchendo-se os elementos com  
416 valores aleatórios. Na Tabela 2, encontra-se os valores de CA.

417  
418 **Tabela 3** - Valores de CA em função da ordem da matriz (Pamplona, 1999).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CA	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51

419  
420 A razão de consistência permite analisar o grau de violação da proporcionalidade e  
421 transitividade dos julgamentos do decisor e é dada pela Equação 3 (FARIA, 2011). RC é aceitável  
422 para valores menores ou iguais a 0,10 ( $RC \leq 0,10$ ). Para valores maiores que 0,10 ( $RC > 0,10$ ) os  
423 julgamentos da matriz de comparação paritária devem ser revisados, buscando torna-los  
424 consistentes (SAATY, 1990).

$$425 \quad 426 \quad RC = \frac{IC}{CA} \quad (3)$$

427 Depois de verificar a consistência dos julgamentos fez-se o cálculo do desempenho global  
428 das alternativas (RIBEIRO; ALVES, 2016). O cálculo consiste em analisar as alternativas em  
429 relação aos critérios, que nesse trabalho consistiu em intervalos de distâncias adquiridos no QGIS  
430 dentro do limite da área de estudo, por meio da função proximidade (distância *raster*). Inicialmente  
431 converteu todos os mapas que estavam em formato vetorial para *raster*, por meio, da ferramenta  
432 converter para *raster* (rasterizar), que são eles: área urbana, UFV, *non aedificandi*, áreas de  
433 preservação permanente (APP), aterro e aeroporto. A análise dos critérios foi elaborada de acordo  
434 com as distâncias, ou seja, para alguns critérios quanto maior a distância, melhor para o  
435 desenvolvimento do centro urbano e, para outros critérios, quanto menor a distância em relação a  
436 área urbana atual, mais contribui para o crescimento do município. Dessa forma, foi calculada a  
437 normalização de cada critério.

438 Para a obtenção do mapa final, após a normalização das alternativas foi realizada a  
439 reclassificação de cada uma das restrições, com a função *r.reclass* disponível no QGIS. Por fim, foi

440 feita a multiplicação dos mapas por seus respectivos pesos e a soma dos resultados, utilizando a  
 441 ferramenta calculadora *raster* do QGIS e a Equação 4.

442

$$\begin{aligned}
 \text{Raster Calculator Expression} = & (\text{área urbana} \times 0.31) + (\text{UFV} \times 0.23) + & (4) \\
 & (\text{non aedificandi} \times 0.23) + (\text{APP} \times 0.05) + \\
 & (\text{buffer aterro} \times 0.05) + (\text{declividade} \times 0.05) + \\
 & (\text{buffer aeroporto} \times 0.07)
 \end{aligned}$$

446

447

#### 448 4. RESULTADOS

449 Após a definição dos critérios foi feita a comparação paritária dos indicadores, o que  
 450 resultou em 21 comparações par a par na escala de SAATY (1990). Essa primeira comparação foi  
 451 definida por meio da matriz recíproca, 7 x 7, ou seja 49 combinações, que incluem as comparações  
 452 entre os próprios critérios, que é composta pela diagonal principal e de valor igual a um, uma vez  
 453 que, a comparação foi feita pelo mesmo critério. A Tabela 4 apresenta as comparações par a par dos  
 454 critérios e a soma total de cada coluna.

455

456

**Tabela 4 - Matriz de decisão AHP dos critérios**

	Área Urbana	UFV	Non Aedificandi	APP	Buffer Aterro	Declividade	Buffer Aeroporto
Área Urbana	1	2	2	5	5	5	3
UFV	1/2	1	1	5	5	5	3
Non Aedificandi	1/2	1	1	5	5	5	3
APP	1/5	1/5	1/5	1	1	1	1
Buffer Aterro	1/5	1/5	1/5	1	1	1	1
Declividade	1/5	1/5	1/5	1	1	1	1
Buffer Aeroporto	1/3	1/3	1/3	1	1	1	1
Soma	2,93	4,93	4,93	19,00	19,00	19,00	13,00

457

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

458

459 A Tabela 5 mostra os valores normalizados dos pesos de cada elemento da coluna. Após a  
 460 normalização da matriz, foi realizado o cálculo do autovetor, como apresentado na Tabela 6.

461

462

**Tabela 5 - Matriz normalizada**

	Área Urbana	UFV	Non Aedificandi	APP	Buffer Aterro	Declividade	Buffer Aeroporto
Área Urbana	0,3409	0,4054	0,4054	0,2632	0,2632	0,2632	0,2308
UFV	0,1705	0,2027	0,2027	0,2632	0,2632	0,2632	0,2308
Non Aedificandi	0,1705	0,2027	0,2027	0,2632	0,2632	0,2632	0,2308
Hidrografia	0,0682	0,0405	0,0405	0,0526	0,0526	0,0526	0,0769
Buffer Aterro	0,0682	0,0405	0,0405	0,0526	0,0526	0,0526	0,0769
Declividade	0,0682	0,0405	0,0405	0,0526	0,0526	0,0526	0,0769
Buffer Aeroporto	0,1136	0,0676	0,0676	0,0526	0,0526	0,0526	0,0769
Soma	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

463

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

464

465 O autovetor representa a ordem de importância dos critérios em relação a expansão do  
 466 município de Rio Paranaíba. Conforme a Tabela 6, a ordem de importância dos critérios em ordem

467 decrescente foi: área urbana, com peso de 31,03%; UFV-CRP e *non aedificandi*, com peso de  
 468 22,80%; aeroporto, com peso de 6,91% e por fim, APP, declividade e aterro, com 5,49%. Nota-se  
 469 uma coerência na ordem de importância dos critérios, uma vez que, quanto mais próximo as áreas de  
 470 expansão do centro urbano já existente, melhor, pois terá fácil acesso a área urbana antiga. Com a  
 471 UFV e a *non aedificandi* acontece a mesma coisa, quanto mais próximo à *non aedificandi* e a  
 472 universidade do centro urbano, melhor é, pois a *non aedificandi* dá fácil acesso a região e a UFV  
 473 contribui para a expansão do município. Para a declividade, quanto menor a inclinação das áreas  
 474 propícias a expansão próximo da atual área urbana, melhor é para o desenvolvimento. Por fim, o  
 475 aeroporto, a hidrografia e o aterro quanto maior a distância da área construída, melhor é, pois eles  
 476 tem restrições a construção em seu entorno.

477  
 478

**Tabela 6 - Autovetor da matriz principal**

	AV	AVnormalizado (%)
<b>Área Urbana</b>	0,3103	31,03
<b>UFV</b>	0,2280	22,80
<b><i>Non Aedificandi</i></b>	0,2280	22,80
<b>APP</b>	0,0549	5,49
<b><i>Buffer Aterro</i></b>	0,0549	5,49
<b>Declividade</b>	0,0549	5,49
<b><i>Buffer Aeroporto</i></b>	0,0691	6,91
<b>Soma</b>	1,0000	100,00

479 **Fonte:** Elaborado pelo autor.

480

481 Para testar a integridade dos julgamentos realizados foi calculado a razão de consistência  
 482 (RC), onde,  $RC = 0,02$ , portanto os pesos atribuídos nos julgamentos da matriz (Tabela 4) são  
 483 consistentes. A Tabela 7 apresenta os dados referentes a  $\lambda_{\max}$ , IC, CA e RC. Após a comparação  
 484 paritária dos critérios e a verificação da consistência do mesmo, foi efetuada a avaliação das  
 485 alternativas em cada um dos critérios. Essa avaliação foi feita através dos intervalos de distâncias  
 486 calculados pelo QGIS, como mostram as Figuras 9A a 15A.

487  
 488

**Tabela 7 - Razão de consistência**

Indicadores				
$\lambda_{\max}$	n	IC	CA	RC
7,19	7,00	0,03	1,32	0,02

489 **Fonte:** Elaborado pelo autor.

490

491 O cálculo do autovetor para cada critério foi feito para os valores de distâncias analisados,  
 492 que variam de 0 ao valor final encontrado em cada uma das figuras citadas acima (Figura 9A a  
 493 15A). Os valores dos autovetores e da normalização estão apresentados nas Tabelas 8 a 14  
 494 (APÊNDICE A).

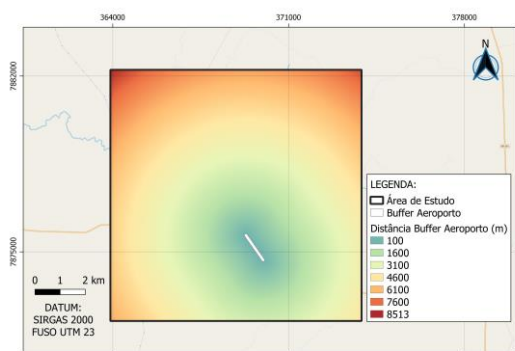
495 Após isso, efetuou-se a reclassificação de cada mapa, de acordo com as distâncias e  
 496 inclinação e o valor normalizado para cada uma, Tabelas 8 a 14 (APÊNDICE A). Por exemplo, para  
 497 a área urbana, os intervalos classificados correspondem as distâncias e as classes correspondem a  
 498 normalização, valores obtidos nas Tabelas 8 a 14 (APÊNDICE A). Com isso, tem-se: de 0 a 999 =

499 30; 1000 a 1499 = 20; 1500 a 1999 = 15; 2000 a 2499 = 12; 2500 a 2999 = 10; 3000 a 3499 = 8 e  
500 por fim, de 3500 a 5000 = 5. Fez-se para todos os critérios. Os mapas reclassificados podem ser  
501 vistos nas Figuras 9B a 15B.

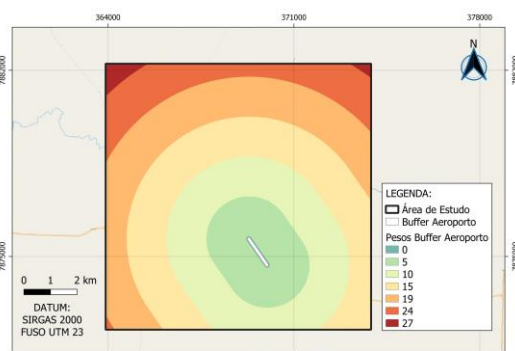
502 Por fim, para a obtenção do mapa final, que identifica quais as áreas mais e menos propícias  
503 a expansão, foi realizada a multiplicação de cada uma das restrições (Figuras 9B a 15B) com os  
504 seus respectivos autovetores normalizados (pesos) (Tabela 6), e depois efetuou a soma de todos os  
505 resultados obtidos, como mostra a Equação 4.

506 O mapa final está apresentado na Figura 16. Como resultado obtivemos que a faixa de  
507 adequabilidade varia de 6,1 a 31,1, na qual quanto mais próximo de 6,1 menos apta é a área ao  
508 desenvolvimento, ao passo que, quanto mais próximo de 31,1 mais apta ao crescimento é a região.  
509 Ainda, através do mapa final é possível perceber que as regiões mais próximas do aeroporto, da  
510 UFV e da *non aedificandi* apresentaram valores mais próximos a 31,1, ou seja, são locais mais  
511 propícios ao avanço da área urbana, isso se dá porque a UFV é um fator que valoriza o progresso da  
512 cidade e a *non aedificandi* facilita a circulação pelo município. Já o aeroporto, por se tratar de um  
513 aeródromo com pequena circulação e a análise ter sido desenvolvido em função do fator ruído, o  
514 mesmo se mostra propício para a expansão urbana.

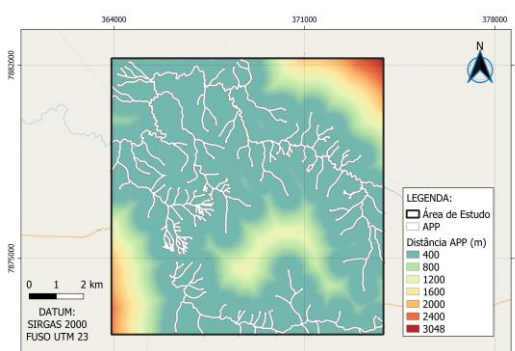
515



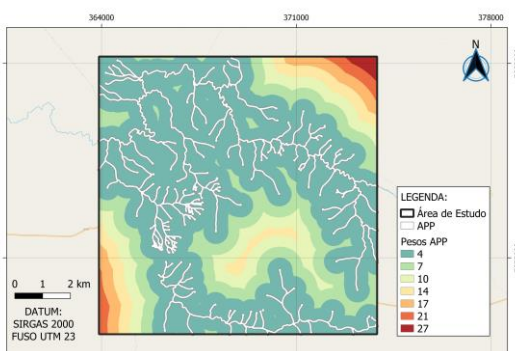
516  
517 **Figura 9A** - Intervalos de distâncias, em  
518 metros, do *buffer* aeroporto. Fonte:  
519 Elaborado pelo autor.



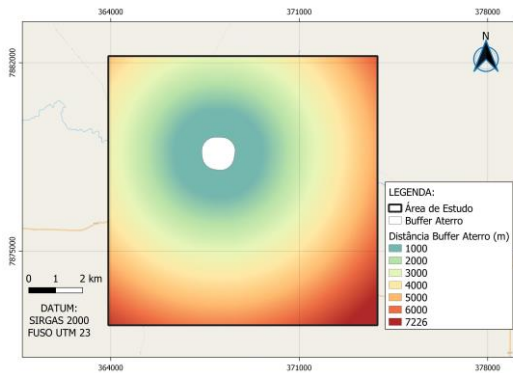
**Figura 9B** - Reclassificação do *buffer*  
aeroporto. Fonte: Elaborado pelo autor.



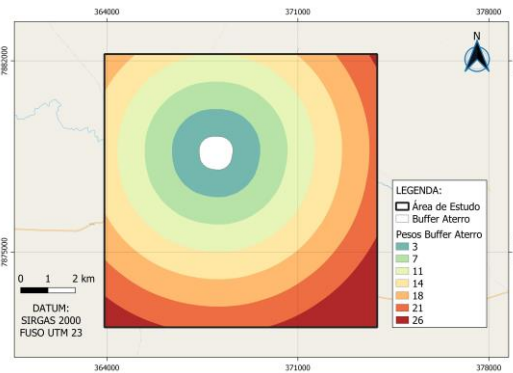
520  
521 **Figura 10A** - Intervalos de distância, em  
522 metros, da APP. Fonte: Elaborado pelo  
autor.



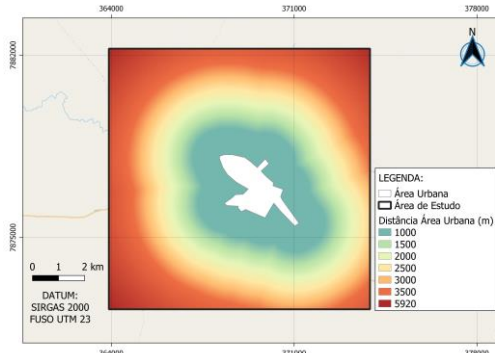
**Figura 10B** - Reclassificação da APP.  
Fonte: Elaborado pelo autor.



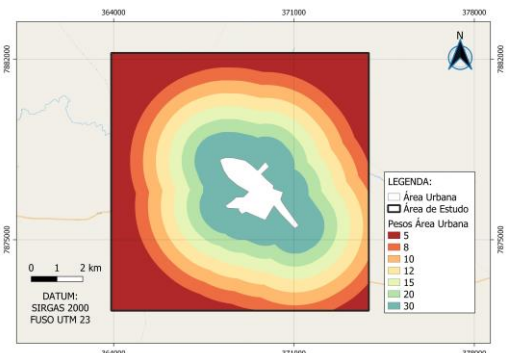
**Figura 11A** - Intervalos de distância, em metros, do buffer aereo. Fonte: Elaborado pelo autor.



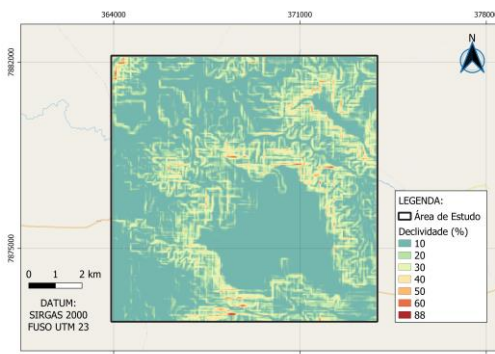
**Figura 11B** - Reclassificação do buffer aereo. Fonte: Elaborado pelo autor.



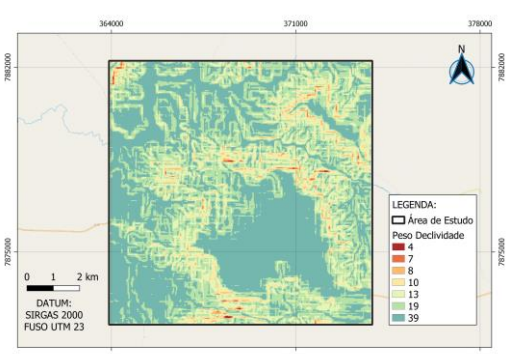
**Figura 12A** - Intervalos de distâncias, em metros, da área urbana. Fonte: Elaborado pelo autor.



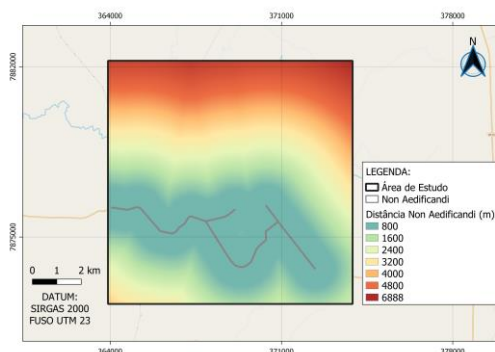
**Figura 12B** - Reclassificação da área urbana. Fonte: Elaborado pelo autor.



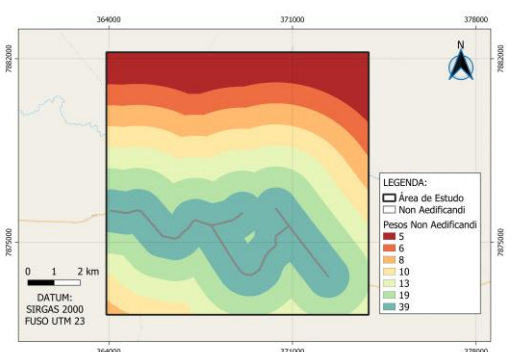
**Figura 13A** - Intervalos, em porcentagem, da declividade. Fonte: Elaborado pelo autor.



**Figura 13B** - Reclassificação da declividade. Fonte: Elaborado pelo autor.



**Figura 14A** - Intervalos de distância, em metros, da non aedificandi. Fonte: Elaborado pelo autor.



**Figura 14B** - Reclassificação da non aedificandi. Fonte: Elaborado pelo autor.

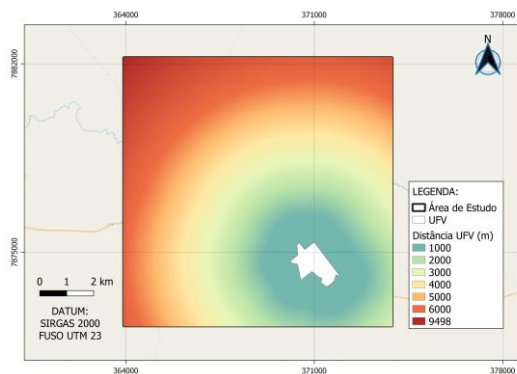
523  
524  
525  
526

527  
528  
529  
530

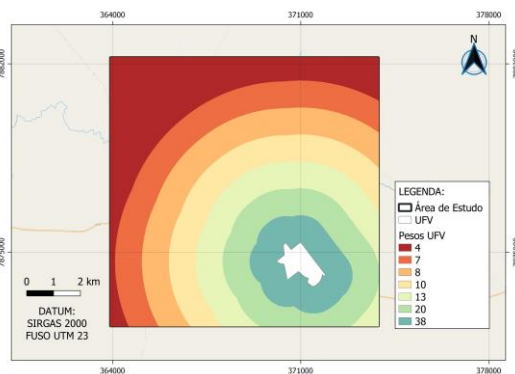
531  
532  
533  
534

535

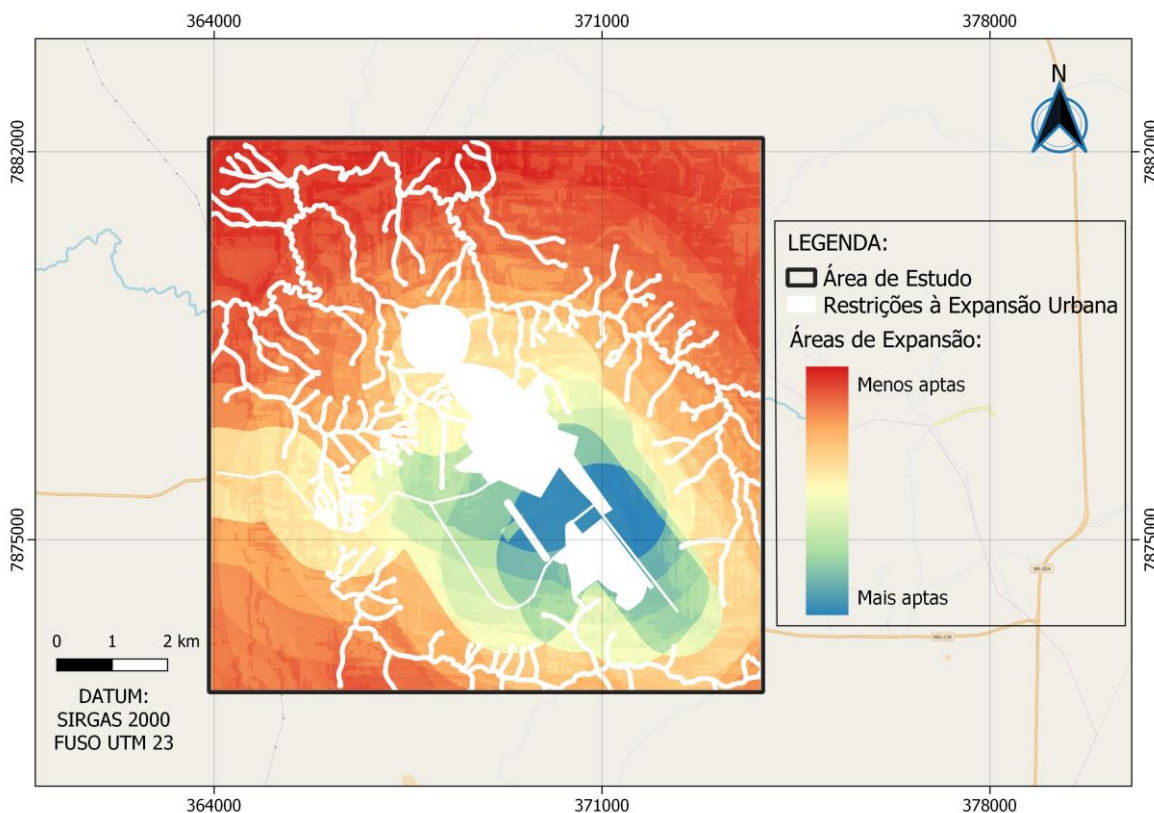




**Figura 15A** - Intervalos de distância, em metros, da UFV. Fonte: Elaborado pelo autor.



**Figura 15B** - Reclassificação da UFV. Fonte: Elaborado pelo autor.



**Figura 16** - Mapa final com as áreas propícias à expansão. Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5. CONCLUSÕES

A falta de planejamento urbano, de plano diretor e de fiscalização dos órgãos competentes em construções pode acarretar um desenvolvimento conturbado e fora das legislações vigentes. No município de Rio Paranaíba isto pode ser notado, por exemplo, pelo fato da pista do aeroporto ter sua extensão diminuída em 200 m com a construção de uma estrada para dar acesso a uma propriedade privada, ou pelo fato que algumas distâncias mínimas, como a construção no entorno de rios e nascentes não são respeitadas.

O Processo de Análise Hierárquica (AHP) facilitou a análise das áreas aptas a expansão, uma vez que ele possibilitou um estudo mais detalhado da região estudada e, o uso de uma escala de peso permitiu uma análise mais abrangente da área de estudo. Além disso, o método AHP mostrou-se uma ótima ferramenta para lidar com problemas que envolvem muitas variáveis, tanto

554 quantitativas como qualitativas. O julgamento dos critérios de acordo com a escala de Saaty (1990)  
555 podem variar um pouco, já que, os julgamentos podem se diferenciar de pessoa para pessoa. Porém  
556 o índice de inconsciência tem que estar sempre dentro do intervalo permitido ( $IC \leq 0,1$ ).

557 Portanto, o estudo realizado foi feito no QGIS 3.4 para uma região de estudo de 100 km<sup>2</sup> e  
558 não para todo o município de Rio Paranaíba, e isso propiciou um estudo mais detalhado, uma vez  
559 que a área analisada é menor. O modelo final resultou em um mapa com um intervalo entre 6,1 a  
560 31,1, em que quanto mais próximo de 6,1 menos apta a crescimento é a região e quanto mais tende  
561 a 31,1 mais apta a expansão é. É possível notar uma grande área com baixa adequabilidade a  
562 expansão. As áreas mais favoráveis a crescimento se localizam perto do já *non aedificandi*, da UFV  
563 e do aeroporto.

564

## 565 6. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

566 ABREU, Lucijane Monteiro de et al. Escolha de um programa de controle da qualidade da água  
567 para consumo humano: aplicação do método AHP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**  
568 **e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p.257-262, 2000.

569 ARAUJO, Rogério Palhares Zschaber de; CAMPANTE, Ana Lucia Goyata. ST5 - 608  
570 Avaliando a capacidade de suporte e o estoque de potencial construtivo no espaço urbano.  
571 reflexões sobre a utilização de métodos de análise multicritérios na experiência recente de  
572 planejamento urbano em Belo Horizonte, MG. **Anais Enanpur**, São Paulo, v. 15, n. 1, p.1-16,  
573 ago. 2018.

574 BARROS, Anderson de Freitas; MARQUES, Éder Teixeira. Áreas urbanizáveis e expansão  
575 urbana: uma proposta de mapeamento para o município de viçosa-mg utilizando sistema de  
576 informação geográfica (análise multicritério). **Revista Geografia & Pesquisa**, São Paulo, v. 3,  
577 n. 1, p.1-144, 2009.

578 BRASIL. Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. **Dispõe sobre o Parcelamento do**  
579 **Solo Urbano e dá outras Providências**, Diário Oficial da República Federativa do Brasil,  
580 Brasília, DF, 20 dez. 1979. Disponível em:  
581 <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6766.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm)>. Acesso em: 28 ago. 2018.

582 BRASIL a. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da**  
583 **vegetação nativa**, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 25 maio.  
584 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)  
585 [2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)>. Acesso em: 28 ago. 2018.

586 BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil nº**  
587 **161: Plano de Zoneamento de Ruído de Aeródromos - PZR**. Ministério da Defesa. Brasília.  
588 2013. Disponível em: <[http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-](http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-161-emd-01)  
589 [rbac/rbac/rbac-161-emd-01](http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-161-emd-01)> Acesso em: 17 set. 2018.

590 BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil nº**  
591 **153: Aeródromos - operação, manutenção e resposta à emergência**. Ministério da Defesa.  
592 Brasília. 2016. Disponível em: < [http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-](http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-153-emd-02)  
593 [e-rbac/rbac/rbac-153-emd-02](http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-153-emd-02) > Acesso em: 17 set. 2018.

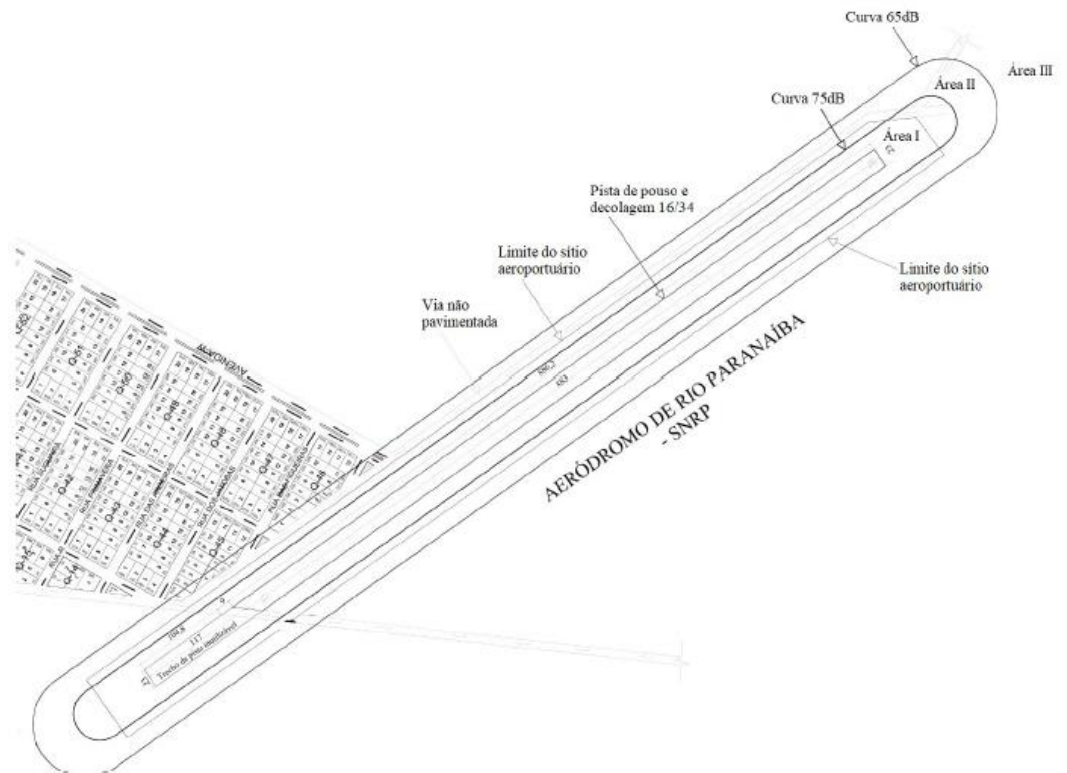
594 CASTRO, Jackeline de Siqueira et al. UTILIZAÇÃO DE SIG E ANÁLISE MULTICRITÉRIO  
595 PARA SELEÇÃO DE ÁREAS COM POTENCIAL PARA A CONSTRUÇÃO DE

- 596 UNIVERSIDADES E LOTEAMENTOS UNIVERSITÁRIOS. **Boletim de Ciências**  
597 **Geodésicas**, Curitiba, v. 21, n. 3, p.652-657, 2015.
- 598 COPAM. **Deliberação Normativa COPAM nº118, 27 de junho 2008**. Disponível em:  
599 <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=7976>>. Acesso em: 01 jul. 2008.
- 600 DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. 2015. Disponível em:  
601 <<http://servicos.dnit.gov.br/vgeo/#>>. Acesso em: 01 fev. 2017.
- 602 EASTMAN, J. Ronald. **IDRISI Kilimanjaro Guide to GIS and Image Processing**. Worcester,  
603 Ma: Idrisi Production, 2003. 328 p.
- 604 FARIA, Daniela Girio Marchiori. **Mapeamento de perigo de escorregamentos em áreas**  
605 **urbanas precárias brasileiras com a incorporação do Processo de Análise Hierárquica**  
606 **(AHP)**. 2013. 194 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geotecnia, Escola de Engenharia de São  
607 Carlos, São Carlos, 2011.
- 608 FARINA, Flávia C. **Abordagem sobre as técnicas de geoprocessamento aplicadas ao**  
609 **planejamento e gestão urbana**. Cadernos EBAPE. br, v. 4, n. 4, p. 1-13, 2006.
- 610 FUJACO, Maria Augusta Gonçalves; LEITE, Mariangela Garcia Praça; MESSIAS, Maria  
611 Cristina Teixeira Braga. Análise multitemporal das mudanças no uso e ocupação do Parque  
612 Estadual do Itacolomi (MG) através de técnicas de geoprocessamento. **Revista Escola de**  
613 **Minas**, Ouro Preto, v. 4, n. 63, p.695-701, 2010.
- 614 GRABSKI, Kledson Róber; FARINA, Flávia. Modelo espacial para seleção de áreas adequadas  
615 627 à expansão urbana baseado em Avaliação Multicritério e Sistemas de Informação  
616 Geográfica. 628 Caso do Município de Monte Belo do Sul, RS. **Ambiência**, Paraná, v. 14, n. 2,  
617 p.282-299, 2018.
- 618 HOFFMANN, R. C.; Miguel, R. A. D.; Pedroso, D. C. **A importância do planejamento**  
619 **urbano e da gestão ambiental para o crescimento ordenado das cidades**, Revista de  
620 Engenharia e Tecnologia, Ponta Grossa, v. 3, n. 3, 2011.
- 621 IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Índice de Cartas e Mapas**. 2015.  
622 Disponível em: <  
623 [ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/bases\\_cartograficas\\_continuas/bc250/versao2017/shape](ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2017/shapefile/)  
624 [file/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2017/shapefile/)>. Acesso em: 01 de fev. de 2019.
- 625 IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas**. 2017. Disponível em:  
626 <<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa221170>>. Acesso em: 01 fev. 2017.
- 627 IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Município de Rio Paranaíba – MG**. Rio  
628 de Janeiro. Brasil. 2017. Disponível em: < [https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/rio-](https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/rio-paranaiba/panorama)  
629 [paranaiba/panorama](https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/rio-paranaiba/panorama)>. Acesso em: 01 de nov. de 2018.
- 630 MALCZEWSKI, Jacek. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the  
631 literature. **International Journal Of Geographical Information Science**, v. 20, n. 7, p.703-  
632 726, ago. 2006.

- 633 NASCIMENTO, Vânia Lima; LIMA, Eduardo Rodrigues Viana de; SANTOS, Celso Augusto  
634 Guimarães. SIG na avaliação de áreas para ocupação urbana de João Pessoa - PB. **Ambiente**  
635 **Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p.107-123, 2009.
- 636 PAMPLONA, Edson de Oliveira. **Avaliação qualitativa de cost drivers pelo método**  
637 **AHP**. 1999. Disponível em: <<https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/3165/3165>>.  
638 Acesso em: 29 out. 2019.
- 639 PIROLI, Edson Luís. **Geoprocessamento na determinação da capacidade e avaliação do uso**  
640 **da terra do município de Botucatu - SP**. 2002. 107 f. Tese (Doutorado) - Curso de  
641 Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu,  
642 2002.
- 643 Prefeitura de Rio Paranaíba – Compromisso com o Desenvolvimento. Rio Paranaíba. Brasil.  
644 2018. Disponível em: <<http://www.rioparanaiba.mg.gov.br/index.htm>>. Acesso em: 02 nov. de  
645 2018.
- 646 REIS, Taís Rebouças. **Geoprocessamento aplicado à análise do potencial urbanizador das**  
647 **áreas do município de Icapuí/CE**. 2018. 47 f. Monografia (Especialização) - Curso de  
648 Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.
- 649 RIBEIRO, Maria Celeste de Carvalho Ressiguier; ALVES, Alex da Silva. Aplicação do método  
650 Analytic Hierarchy Process (AHP) com a mensuração absoluta num problema de seleção  
651 qualitativa. **Sistemas & Gestão**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 3, p.270-281, 2016.
- 652 RUAS, Simone Rodrigues Campos; FREITAS, Marcelo Duarte Sabino de. **Aeródromos em**  
653 **idades pequenas estão seguros? o caso de Rio Paranaíba-MG**. 2018. 10 f. - Curso de  
654 Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, Mg, 2018.
- 655 REZENDE, Patrícia Soares; MARQUES, Daniela Vieira; OLIVEIRA, Luiz Antônio de.  
656 Construção de Modelo no QGIS e Utilização do Método de Processo Analítico Hierárquico -  
657 AHP para Mapeamento de Riscos à Inundação na Área Urbana de PARACATU -  
658 MG. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 61, p.1-18, mar. 2017.
- 659 SAATY, Thomas L.. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. **European**  
660 **Journal Of Operational Research**, Amsterdã, v. 48, p.9-26, 1990.
- 661 SARDINHA, Samara Alecrim. **Utilização da Engenharia territorial para a indução do**  
662 **desenvolvimento sustentável das áreas circundantes aos sítios aeroportuários: o caso do**  
663 **aeroporto de Viracorpos**. Dissertação (Mestrado) – Transportes, Engenharia Civil e  
664 Ambiental, Universidade de Brasília. Brasília, BF. 2010..
- 665 TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Disponível em:  
666 <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso em: 01 fev. 2019.
- 667 VARGAS, L.G. An overview of the analytic hierarchy process and its applications. **European**  
668 **Journal of Operational Research**, Amsterdam, v.48, p.2-8, 1990.
- 669
- 670

671  
672  
673

## ANEXO A – PLANO BÁSICO DE ZONEAMENTO DE RÚIDO DO AERÓDROMO DE RIO PARANAÍBA



674  
675  
676

**Figura 7** - Plano Básico de Zoneamento de Ruído do Aeródromo de Rio Paranaíba – MG (RUAS; FREITAS, 2018).

TABELA E-1- Usos compatíveis e incompatíveis para áreas abrangidas por PBZR

Uso do Solo	Nível de ruído médio dia-noite (dB)		
	Abaixo de 65	65 – 75	Acima de 75
<b>Residencial</b>			
Residências uni e multifamiliares	S	N (1)	N
Alojamentos temporários (exemplos: hotéis, motéis e pousadas ou empreendimentos equivalentes)	S	N (1)	N
Locais de permanência prolongada (exemplos: presídios, orfanatos, asilos, quartéis, mosteiros, conventos, apart-hotéis, pensões ou empreendimentos equivalentes)	S	N (1)	N
<b>Usos Públicos</b>			
Educacional (exemplos: universidades, bibliotecas, faculdades, creches, escolas, colégios ou empreendimentos equivalentes)	S	N (1)	N
Saúde (exemplos: hospitais, sanatórios, clínicas, casas de saúde, centros de reabilitação ou empreendimentos equivalentes)	S	30	N
Igrejas, auditórios e salas de concerto (exemplos: igrejas, templos, associações religiosas, centros culturais, museus, galerias de arte, cinemas, teatros ou empreendimentos equivalentes)	S	30	N
Serviços governamentais (exemplos: postos de atendimento, correios, aduanas ou empreendimentos equivalentes)	S	25	N
Transportes (exemplos: terminais rodoviários, ferroviários, aeroportuários, marítimos, de carga e passageiros ou empreendimentos equivalentes)	S	25	35
Estacionamentos (exemplo: edifício garagem ou empreendimentos equivalentes)	S	25	N
<b>Usos Comerciais e serviços</b>			
Escritórios, negócios e profissional liberal (exemplos: escritórios, salas e salões comerciais, consultórios ou empreendimentos equivalentes)	S	25	N
Comércio atacadista - materiais de construção, equipamentos de grande porte	S	25	N
Comércio varejista	S	25	N
Serviços de utilidade pública (exemplos: cemitérios, crematórios, estações de tratamento de água e esgoto, reservatórios de água, geração e distribuição de energia elétrica, Corpo de Bombeiros ou empreendimentos equivalentes)	S	25	N
Serviços de comunicação (exemplos: estações de rádio e televisão ou empreendimentos equivalentes)	S	25	N
<b>Usos Industriais e de Produção</b>			
Indústrias em geral	S	25	N
Indústrias de precisão (Exemplo: fotografia, óptica)	S	25	N
Agricultura e floresta	S	S (3)	S (4)
Criação de animais, pecuária	S	S (3)	N
Mineração e pesca (exemplo: produção e extração de recursos naturais)	S	S	S
<b>Usos Recreacionais</b>			
Estádios de esportes ao ar livre, ginásios	S	S	N
Conchas acústicas ao ar livre e anfiteatros	S	N	N
Exposições agropecuárias e zoológicos	S	N	N
Parques, parques de diversões, acampamentos ou empreendimentos equivalentes	S	S	N
Campos de golf, hípicas e parques aquáticos	S	25	N

Figura 8 - Uso do solo de acordo com o PBZR (RBAC 161).

685  
686  
687  
688  
689  
690  
691  
692  
693  
694  
695  
696  
697  
698  
699  
700  
701  
702  
703  
704  
705  
706  
707  
708  
709  
710  
711  
712  
713  
714  
715  
716  
717  
718  
719  
720  
721  
722  
723  
724  
725  
726  
727  
728  
729

Notas da Figura 8:

S (SIM) = Uso do solo e de edificações relacionadas compatíveis sem restrições.

N (NÃO) = Uso do solo e edificações relacionadas não compatíveis.

25,30,35 = Usos do solo e edificações relacionadas geralmente compatíveis. Medidas para atingir uma redução de nível de ruído – RP de 25,30 ou 35 dB devem ser incorporadas no projeto/construção das edificações onde houver permanência prolongada de pessoas.

- (1) Sempre que os órgãos determinarem que os usos devam ser permitidos, devem ser adotadas medidas para atingir uma RP de pelo menos 25 dB.
- (2) Edificações residenciais requerem uma RP de 25 dB.
- (3) Edificações residenciais requerem uma RP de 30 dB.
- (4) Edificações residenciais não são compatíveis.

730  
731  
732

## APÊNDICE A - AUTOVETOR E NORMALIZAÇÃO

**Tabela 8** - Autovetor e normalização da área urbana.

ÁREA URBANA		
Distâncias	AV	Vetor Normalizado (%)
1000	19,42	30,00
1500	12,95	20,00
2000	9,71	15,00
2500	7,77	12,00
3000	6,47	10,00
3500	5,55	8,00
5920	3,28	5,00
19420	65,15	100,00

**Tabela 9** - Autovetor e normalização da UFV.

UFV		
Distâncias	AV	Vetor Normalizado (%)
1000	30,50	38,00
2000	15,25	20,00
3000	10,17	13,00
4000	7,62	10,00
5000	6,10	8,00
6000	5,08	7,00
9498	3,21	4,00
30498	77,93	100,00

733  
736  
737

**Tabela 10** - Autovetor e normalização da *non aedificandi*.

<i>Non aedificandi</i>		
Distâncias	AV	Vetor Normalizado (%)
800	29,61	39,00
1600	14,81	19,00
2400	9,87	13,00
3200	7,40	10,00
4000	5,92	8,00
4800	4,94	6,00
6888	3,44	5,00
23688	75,98	100,00

**Tabela 11** - Autovetor e normalização da APP.

APP		
Distâncias	AV	Vetor Normalizado (%)
400	0,03	4,00
800	0,07	7,00
1200	0,10	10,00
1600	0,14	14,00
2000	0,17	17,00
2400	0,21	21,00
3048	0,27	27,00
11448	1,00	100,00

739  
740  
741

**Tabela 12** - Autovetor e normalização do *buffer* aterro.

BUFFER ATERRO		
Distâncias	AV	Vetor Normalizado (%)
1000	0,04	3,00
2000	0,07	7,00
3000	0,11	11,00
4000	0,14	14,00
5000	0,18	18,00
6000	0,21	21,00
7226	0,26	26,00
28226	1,00	100,00

**Tabela 13** - Autovetor e normalização da declividade.

DECLIVIDADE		
Inclinação	AV	Vetor Normalizado (%)
10	29,80	39,00
20	14,90	19,00
30	9,93	13,00
40	7,45	10,00
50	5,96	8,00
60	4,97	7,00
88	3,39	4,00
298	76,40	100,00

742  
743  
744  
745  
746



747  
748

**Tabela 14** - Autovetor e normalização do *buffer* aeroporto.

<i>BUFFER</i> AEROPORTO		
Distâncias	AV	Vetor Normalizado (%)
100	0,00	0,00
1600	0,05	5,00
3100	0,10	10,00
4600	0,15	15,00
6100	0,19	19,00
7600	0,24	24,00
8513	0,27	27,00
31613	1,00	100,00

749  
750  
751