

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
PATRÍCIA SOARES REZENDE



**METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE  
SOCIOAMBIENTAL: ESTUDO DA CIDADE DE PARACATU (MG)**



UBERLÂNDIA/MG – 2016

PATRÍCIA SOARES REZENDE

**METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE  
SOCIOAMBIENTAL: ESTUDO DA CIDADE DE PARACATU (MG)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia.

**Área de Concentração:** Geografia e Gestão do Território.

**Linha de Pesquisa:** Ensino, Métodos e Técnicas em Geografia.

**Orientador:** Prof. Dr. Roberto Rosa

UBERLÂNDIA/MG – 2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

R467m Rezende, Patrícia Soares, 1986-  
2016 Metodologia para avaliação da vulnerabilidade socioambiental:  
estudo da cidade de Paracatu (MG) / Patrícia Soares Rezende. - 2016.  
194 f. : il.

Orientador: Roberto Rosa.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Geografia.  
Inclui bibliografia.

1. Geografia - Teses. 2. Meio ambiente - Paracatu (MG) - Teses. 3.  
Geoprocessamento - Teses. 4. Paracatu (MG) - Aspectos ambientais -  
Teses. I. Rosa, Roberto. II. Universidade Federal de Uberlândia.  
Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

---

CDU: 910.1



PATRÍCIA SOARES REZENDE

METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE  
SOCIOAMBIENTAL: ESTUDO DA CIDADE DE PARACATU (MG)

Professor Dr. Roberto Rosa - UFU

Professor Dr. Mauro das Graças Mendonça – IFTM

Professor Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira – UFU

Data: 16/02 de 2016

Resultado: APROVADA COM DISTINÇÃO

“[...] Mas eu só quero  
Educar meus filhos  
Tornar um cidadão  
Com muita dignidade  
Eu quero viver bem  
Quero me alimentar  
Com a grana que eu ganho  
Não dá nem pra melar  
E o motivo todo mundo  
Já conhece  
É que o de cima sobe e o de baixo desce  
[...]

Música de autoria de Rogério Gaspar e Wesley Rangel  
“As Meninas”

## AGRADECIMENTOS

---

*As emoções vivenciadas nesses dois anos de mestrado não cabem nestas folhas!*

Vivenciei os melhores momentos da minha vida acadêmica e pessoal, conheci várias pessoas que levarei no meu coração para o resto da vida. Aprendi muito sobre a academia e sobre a vida. Aprendi que por mais que algo seja difícil de aprender, um sorriso facilita muita coisa e abre muitas portas. Aprendi que se algo não deu certo agora, dará certo em outro dia; só não vale desistir. Aprendi que ser feliz e se encantar pelo seu objeto de estudo só depende de você. E isso é o melhor a ser feito: encante-se, ame, ame e muito sua pesquisa! Aprendi que é nos trabalhos de campo, com um olhar geográfico, que se percebe uma cidade que você nunca tinha conhecido, mesmo tendo morado nela durante muitos anos.

Ah, como aprendi nesses dois anos! Obrigada, meu Deus, por tudo que vivi, pelas coisas que aprendi e pelas pessoas que conheci!

Além de toda emoção expressada acima, nesses dois anos, contei com muitos “anjos” para conversar, sorrir, chorar, passear, participar dos eventos, quebrar a cabeça para aprender a “tal” da estatística e o “tal” do Qgis, para dançar forró, lanchar, ouvir sertanejo... Enfim, foram esses anjos que viveram comigo esses dois anos maravilhosos. São tantos anjos para agradecer que, caso eu tenha esquecido alguém, me desculpe, mas saiba que estará guardado para sempre no meu coração. Só de lembrar esse longo percurso de aprendizado e conquistas meus olhos já ficam marejados.

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, por guiarem todos os passos da minha vida, protegendo-me, dando-me força, discernimento, sabedoria, alegria e humildade para concretizar todos os meus objetivos.

Ao meu orientador, o professor Roberto Rosa, pela amizade, compreensão, atenção, por acreditar em mim, por me oportunizar vivenciar a sala de aula como professora, por me ajudar com seus conhecimentos. Professor Roberto, saiba que serei eternamente grata por tudo que aprendi com você.

Aos meus pais, Sebastião e Marli, pelo dom da vida, por me amarem, por me educarem, por me protegerem, por serem meus amigos. Obrigada por tudo! Meu amor por vocês é imensurável!

Ao mocinho dos olhos verdes que me encantou, Hélio Carlos, companheiro de todos os momentos, por me abraçar, por me auxiliar, por me acalmar, por me dar opiniões e força para continuar essa caminhada, por me incentivar a realizar meus objetivos, por ser meu amigo e

amor. Obrigada por estar presente, mesmo morando a 600 km. Agradeço-te infinitamente por tudo que tem feito por mim. Você é muito especial. Obrigada por tudo!

Ao meu irmão Fabrício, à minha cunhada Simone, aos meus sobrinhos Rafael e Mariana e a todos os meus familiares, que sempre torceram pela concretização desse objetivo. Mesmo distantes vocês estavam presentes em meu coração.

À minha segunda família: Aparecida Regina, João Alberto, Tamara Regina, Roberto Bomtempo, Samantha Oliveira, Tiago Euzébio e a meus anjinhos, Geovana, Maria Fernanda e Heloisa. Obrigada por todo carinho que recebo de vocês!

A Franciele Rezende, minha prima-irmã, meu braço direito. Obrigada por todo carinho que me deste, pelas conversas, pelas risadas, pela amizade. Adoro-te!

As companheiras do laboratório de geoprocessamento, Carolina, Daniela Marquez, Tatiana Diniz, Lisiane Mendes, Mirna Karla, que me oportunizaram viver um período doce em minha vida acadêmica e pessoal. Obrigada pelas horas que passamos juntas, pelas trocas de conhecimentos, pelas fofocas e risadas, pelos passeios. Agradeço muito a Deus por ter conhecido vocês. Que nossa amizade perdure por toda a vida!

Aos amigos Alessiane Justino, Aline Roldão, Anaísa Andrade, Boscolli Barbosa, Bruno Barcelos, Carine Rezende, Carlos Novais, Cristiano Ferreira, Cleides Amaral, Denis, Diego Cespedes, Diogo Costa, Diogo Pompeu, Eduardo Carvalho, Fander Oliveira, Fernanda Ribeiro, Flávia Araújo, Flávia Oliveira, George Silva, Gisele Macedo, Gilson Santos, Gustavo Silva, Gustavo Eugenio, Henrique Moreira, Ide Fernandes, Joana Astolphi, Jéssica Fernandes, Josimar do Reis, Juliana Santos, Leandro Almeida, Luti Gonçalves, Leonardo Rocha, Marcia Batistela, Maraísa Silva, Mariane Costa, Milena Abadia, Patrícia Ursini, Rosânia Coelho, Ronaldo Martins, Rafael Mascarenhas, Samuel Alves, Suelen da Silva, Thiago Alves, Ueslei Rezende, Vinicius Moreira, Vitor Hugo, William Ferreira, Wesley Alves. Muito obrigada por todo o carinho, abraços, atenção, diálogos, passeios e sorrisos! Não existe objetivo concretizado sem a presença de amigos. Vocês serão especiais sempre!

Aos professores que participaram da defesa do projeto, qualificação e defesa final: Silvio Carlos, Vanderlei Ferreira, Beatriz Soares e Mauro Mendonça. Obrigada por terem aceitado o convite para serem avaliadores deste trabalho. Obrigada pelas conversas diárias, pela atenção e pelo auxílio na execução deste trabalho. Que Deus os proteja e que a estrela de vocês continue brilhando!

À Viviane Alcântara e a Gutemberg Dias, pela gentileza e atenção em me atender e sanar minhas dúvidas em relação à metodologia de estudos de Vulnerabilidade. Sou grata pelas conversas.

Ao Anderson Medeiros e o autor do site Narcélio de Sá Geotecnologias pelos tutoriais de utilização do QGis disponibilizados na internet. Agradeço por terem me ajudado nas dúvidas e nos “bugs” ao utilizar o Qgis para execução dos mapas.

Agradeço o Jorge Santos, por disponibilizar na internet tutoriais de utilização do Qgis e pelas conversas realizadas pelo Skype. Sua ajuda foi importante para a concretização dos procedimentos no Qgis.

À Mônica Silva pelas correções de português e à Ana Luiza pela tradução do resumo.

Aos professores Eleuza, Jorge, Luiz Antônio, Ednaldo, Claudio de Mauro, Gean, Vicente, João Cleps, Denise Labrea. Obrigada por todos os ensinamentos e pelo carinho nesses anos de estudos. Serei grata eternamente!

Aos técnicos do Instituto de Geografia, em especial a Izabel do PPGEO. Obrigada por tudo!

Ao programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental (PPGMQ-UFU), por permitir que eu cursasse as disciplinas de estatísticas e Geoestatística. Agradeço imensamente, pois essas disciplinas foram fundamentais para minha dissertação.

Às funcionárias da limpeza, pelas conversas e por manterem nosso laboratório em boas condições de uso.

À Prefeitura Municipal de Paracatu, nas pessoas de Rafael, Olavo Condé e Danilo Alves. Às empresas Kinross e Brandt, por terem me concedido os dados necessários a esta pesquisa.

Ao CNPQ, pela bolsa de estudos que viabilizou este trabalho e à UFU, pela oportunidade de realizar com qualidade o curso de graduação em Geografia e o Mestrado.

Por fim, sou grata a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento pessoal e acadêmico. Sem a amizade e o carinho de vocês eu nada seria! Cada um tem um espaço reservado no meu pequeno coração!

*Foi um período doce, mas... Acabou!*

## RESUMO

---

Atualmente o maior número populacional se concentra nas cidades e é nelas que os processos de urbanização ocorrem de forma acelerada, na maioria das vezes sem planejamento. A utilização de estudos sobre a vulnerabilidade socioambiental numa análise integrada, a qual contemple tanto aspectos ambientais quanto sociais, se mostram importante instrumento não só para ampliar o conhecimento de uma determinada área, mas também para subsidiar a tomada de decisão frente a problemas socioambientais e a prevenção dos mesmos. A área de estudo escolhida foi a cidade de Paracatu, localizada a noroeste de Minas Gerais, a qual apresenta um percentual de 87,08% de pessoas ocupando a área urbana. A escolha da área se justifica pelo fato de que a cidade tem apresentado expansão urbana e aumento populacional significativo, de maneira que algumas áreas apresentam ocupação desordenada, tendo como resultado diversos problemas socioambientais. Deste modo, esta pesquisa objetivou elaborar uma metodologia para identificar a vulnerabilidade socioambiental na cidade de Paracatu (MG), utilizando técnicas estatísticas e geoprocessamento. A metodologia proposta foi construída a partir de variáveis ambientais e sociais e para a elaboração dos índices foram utilizadas técnicas estatísticas, SIG e o método AHP. Inicialmente, para diagnosticar a vulnerabilidade ambiental foram consideradas oito variáveis que, após integração pelo método AHP, deram origens ao índice que destaca as áreas da cidade que se apresentam frágeis ambientalmente ou que expõem a população a situações de risco. Posteriormente, através de variáveis sociais disponibilizadas pelo Censo demográfico do IBGE de 2010, utilizou-se a estatística multivariada (dada a grande quantidade de dados) para diagnosticar a situação da população em relação a cinco fatores sociais: escolaridade, idade, saneamento básico e infraestrutura e tipo de responsáveis pelo domicílio. Em seguida, através do método AHP, elaborou-se a vulnerabilidade social, que nos demonstra a situação sociodemográfica da cidade. Por fim, através da média ponderada, construiu-se o índice de vulnerabilidade socioambiental, integrando os dois índices anteriores. Esse último índice evidencia os setores da cidade onde ocorre a concomitância de problemas ambientais e piores condições socioeconômicas. Os resultados da vulnerabilidade socioambiental mostraram que os setores localizados a norte, nordeste e sul da cidade de Paracatu são os que possuem as maiores vulnerabilidades, pois nessas regiões há uma maior conjunção dos problemas ambientais e sociais. Trata-se de setores que necessitam de ações diferenciadas no intuito de diminuir a vulnerabilidade encontrada e os casos de risco, oferecendo melhores condições de habitação, qualidade de vida e até mesmo uma realocação, quando não houver alternativa.

**Palavras chave:** Vulnerabilidades. Risco. Cidades pequenas. Geoprocessamento. Análise fatorial exploratória.

## ABSTRACT

---

Nowadays the largest population number is centered in cities and it's in them that the urbanization processes occur at an accelerated way, most of times without planning. The use of studies on the socio-environmental vulnerability in an integrated analysis, which contemplates both environmental and social aspects, are considerate an important tool not only to increase knowledge of a particular area, but also to support the decision-making related to environmental issues and their prevention. The chosen study area was the city of Paracatu, located in the northwest of Minas Gerais state, which presents a percentage of 87.08% of people occupying the urban area. The choice of the area is justified by the fact that the city has been presenting an urban expansion and a significant population growth, so that some areas present a disordered occupation, resulting in several socio-environmental problems. Thus, this research aimed to develop a methodology to identify the social-environmental vulnerability in the city of Paracatu (MG), using statistical techniques and GIS. The proposed methodology was built from environmental and social variables and to elaborate the indexes statistical techniques were used, as well as GIS and the AHP method. Initially, to diagnose the environmental vulnerability eight variables were considered in which, after the integration through the AHP method, gave origin to the index that highlights areas of the city which are environmentally fragile or that expose the population to risk situations. Posteriorly, through social variables provided by the Demographic Census of 2010 from IBGE, multivariate statistics were used (given the large amount of data) to diagnose the situation of the population in relation to five social factors: education, age, basic sanitation and infrastructure and type of responsible people for the household. After, through the AHP method, the social vulnerability was developed, which shows us the socio-demographic situation of the city. Finally, through the weighted average, the social-environmental vulnerability index was built, integrating the two previous indexes. The last index shows the sectors of the city where there is the concomitant of environmental problems and worse socio-economic conditions. The results of social-environmental vulnerability showed that the sectors located to the north, northeast and south of the city of Paracatu are the ones which have the greatest vulnerability, because in these regions there is a greater combination of environmental and social problems. These are sectors that require different actions in order to decreasing the vulnerability found and cases of risk, offering better housing, quality of life and even a relocation, when there's no alternative left.

**Keywords:** Risk. Vulnerability. Small towns. GIS. Exploratory factorial analysis.

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1 – Vista Geral do núcleo urbano de Paracatu entre os séculos XIX e XX .....	20
Figura 2 – Fluxograma com as etapas de elaboração da vulnerabilidade ambiental em relação aos padrões de ocupação urbana.....	34
Figura 3 – Área urbana de Paracatu, dividida em cenas no Google Earth- Pro (2010).....	35
Figura 4 – Mosaico composto por quatro cenas do Google Earth-Pro (2010).....	35
Figura 5 – Fluxograma com as etapas de elaboração da vulnerabilidade ambiental em relação à litologia .....	40
Figura 6 – Roteiro de coleta de solos utilizado por Rezende (2014) para elaboração do mapa de solos .....	43
Figura 7 – Fluxograma com as etapas de elaboração da vulnerabilidade ambiental em relação aos solos.....	44
Figura 8 – Fluxograma com as etapas de elaboração da vulnerabilidade ambiental em relação à declividade .....	46
Figura 9 – Resultado do recorte do MDE.....	47
Figura 10 – Etapas para utilização do Algoritmo “r.recode” para reclassificação da declividade.....	48
Figura 11 – Resultados da conversão de geometrias de parte simples para multipartes .....	49
Figura 12 – Resultado da Estatística Zonal .....	51
Figura 13 –Tabela com os procedimentos para reclassificar os setores censitários de acordo com os critérios de declividade .....	52
Figura 14 – Fluxograma com as etapas de elaboração da vulnerabilidade ambiental em relação à cobertura vegetal.....	54
Figura 15 – Fluxograma com as etapas de elaboração da vulnerabilidade ambiental em relação à proximidade dos cursos d’água.....	55
Figura 16 – Resultados da união entre o <i>buffer</i> de 50 metros e o setor censitário .....	56
Figura 17 –Setores censitários localizados no limite da área do entorno (em amarelo) .....	58
Figura 18 – Fluxograma com as etapas de elaboração da vulnerabilidade ambiental em relação à proximidade da área de mineração .....	59
Figura 19 – Fluxograma com as etapas de elaboração da vulnerabilidade ambiental quanto à proximidade das rodovias.....	61
Figura 20 – Escala de vulnerabilidade ambiental .....	63
Figura 21 –Regras para reclassificação da variável solos .....	71
Figura 22 – Modelo de conversão e reclassificação das variáveis .....	72
Figura 23 – Histograma com os resultados da conversão de vetor para raster.....	72
Figura 24 – Ativando o plugin AHP .....	75
Figura 25 – Inserção dos valores de importância estabelecidos na tabela 7.....	75
Figura 26 – Pesos das variáveis após aplicação da Matriz de Comparação Pareada. ....	77
Figura 27– Fluxograma com as etapas de elaboração da vulnerabilidade social .....	78
Figura 28 – Gráfico Box-plot das variáveis V04 (a) e V13 (b).....	82
Figura 29 – Resultado final do modelo para conversão dos arquivos vetoriais para o formato raster .....	98
Figura 30 – Inserção dos pesos de importância estabelecidas na Tabela 22 .....	100
Figura 31 – Pesos das variáveis após aplicação da Matriz de Comparação Pareada. ....	101
Figura 32 – Cálculo de média ponderada na calculadora raster .....	102
Figura 33 – Variáveis que compõem o índice de vulnerabilidade ambiental.....	104

Figura 34 – Ausência de vegetação em áreas vulneráveis, <b>Fotos a</b> (médio padrão econômico) e <b>b</b> (baixo padrão econômico), ano de 2015.....	107
Figura 35 – Acúmulo de lixo na manilha e marca da água na parede da residência decorrente da enchente, <b>Fotos a</b> (manilha e entulho) e <b>b</b> (marca da água em residência).....	108
Figura 36 –Apresentação da deficiência da rede de drenagem .....	109
Figura 37– Exemplo de boca de lobo ( <b>Foto a</b> ) e presença de alagamento ( <b>Foto b</b> ), ano de 2015 .....	109
Figura 38 – Foto a latossolo, foto b cambissolo e foto c neossolo.....	112
Figura 39 – Exemplos de ocorrência, <b>fotos a e b</b> , de processos de ravinamento nas áreas de vulnerabilidade alta, ano de 2014 .....	114
Figura 40 – Colapso do solo na rua Cristal (Foto a) e processo erosivo nas margens do afluente do Córrego Pobre (Foto b), ano de 2015 .....	115
Figura 41 – Exemplos de ocupações nas áreas de alta declividade, ( <b>Fotos a e b</b> ), consideradas de alta vulnerabilidade (2015), ano de 2015.....	118
Figura 42 – Vestígios de deslizamento em alta declividade ( <b>Foto a</b> ) e ocupação nas áreas de moderada vulnerabilidade ( <b>Foto b</b> ), ano de 2015 .....	119
Figura 43 – Presença de vegetação apenas no canteiro central na avenida principal no centro ( <b>Foto a</b> ) e ausência de vegetação no setor a sudoeste da área de estudo ( <b>Foto b</b> ), ano de 2014 .....	122
Figura 44 – Presença (Foto a) e ausência (Foto b) de vegetação na área urbana de Paracatu, 2015 .....	124
Figura 45 – Ocupação nas margens dos cursos d’água, <b>fotos a e b</b> , ano de 2014 .....	126
Figura 46 – Foto a Ocupação nas margens dos cursos d’água e foto b alagamento pós chuva, ano de 2014.....	127
Figura 47 – Proximidade da Mineradora Kinross em relação à área urbana ( <b>Foto a</b> ) e ocupações próximas à mineradora ( <b>Foto b</b> ) .....	130
Figura 48 – Ocupações próximas à área de mineração (Foto a) e presença de rachadura na parede (Foto b), ano de 2015 .....	131
Figura 49 – Ocupações próximas à rodovia BR040 ( <b>Fotos a e b</b> ), ano de 2015 .....	134
Figura 50 – Entupimento de manilha (Fotos a e b) e alagamento do campo de futebol (Foto c) .....	137
Figura 51 – Poluição do curso d’água (Foto a) e presença de lixo nas proximidades do córrego Pobre (Foto b), ano de 2015 .....	138
Figura 52 – Fatores que compõem o índice de vulnerabilidade social.....	140
Figura 53– Inadequação das calçadas e ausência de vegetação na área central da cidade, ano de 2014 .....	143
Figura 54 – Ausência de acessibilidade para o pedestre e cobertura de proteção solar nos pontos de ônibus, ano de 2015 .....	144
Figura 55 – Ausência de saneamento básico e presença de degradação ambiental, .....	152
Figura 56 – Ausência de infraestrutura básica da moradia.....	155
Figura 57 – Família morando em condições de pobreza, ano de 2015 .....	158
Figura 58 – Exemplos de moradias precárias, ano de 2015 .....	159
Figura 59 – Composição do índice de vulnerabilidade socioambiental .....	160
Figura 60– Exemplos de ocupações em áreas de alta vulnerabilidade socioambiental, ano de 2015 .....	164
Figura 61– Exemplos de ocupações em áreas de muito baixa vulnerabilidade socioambiental, ano de 2015.....	165

## LISTA DE MAPAS

---

Mapa 1 – Paracatu (MG): localização da área urbana (2010) .....	19
Mapa 2 – Paracatu (MG): setores censitários da área urbana (2010).....	31
Mapa 3 –Paracatu: vulnerabilidade ambiental em relação aos padrões de ocupação urbana (2010) .....	106
Mapa 4 – Paracatu: vulnerabilidade ambiental em relação à litologia (2010) .....	111
Mapa 5 – Paracatu: vulnerabilidade ambiental em relação aos solos (2010).....	113
Mapa 6 – Paracatu: vulnerabilidade ambiental em relação à declividade (2010) .....	117
Mapa 7 – Paracatu: vulnerabilidade ambiental em relação à cobertura vegetal (2010) .....	121
Mapa 8 – Paracatu: vulnerabilidade ambiental em relação à proximidade dos cursos d’água (2010) .....	125
Mapa 9 – Paracatu: vulnerabilidade ambiental em relação à proximidade da área de mineração (2010) .....	129
Mapa 10 – Paracatu: vulnerabilidade ambiental quanto à proximidade das rodovias (2010) .....	133
Mapa 11 – Paracatu: índice de vulnerabilidade ambiental (2010) .....	136
Mapa 12 – Paracatu: variáveis referentes à idade acima de 64 anos (2010) .....	141
Mapa 13 – Paracatu: variáveis referentes à educação (2010).....	146
Mapa 14 – Paracatu: variáveis referentes aos responsáveis pelos domicílios (2010) .....	148
Mapa 15 – Paracatu: variáveis referentes ao saneamento básico (2010) .....	151
Mapa 16 – Paracatu: variáveis referentes à infraestrutura básica da moradia (2010) .....	154
Mapa 17 – Paracatu: índice de vulnerabilidade social (2010).....	157
Mapa 18 – Paracatu: índice de vulnerabilidade socioambiental (2010).....	162

## LISTA DE QUADROS

---

Quadro 1 – Variáveis ambientais utilizadas no índice de vulnerabilidade ambiental .....	32
Quadro 2 – Chave de interpretação para elaboração do uso do solo.....	36
Quadro 3 – Classificação dos padrões de ocupação urbana .....	37
Quadro 4 – Critérios e cores para classificação dos setores censitários em relação à proximidade dos cursos d’água .....	57
Quadro 5 – Critérios para classificação dos setores censitários em relação à proximidade da área de mineração .....	60
Quadro 6 – Critérios para classificação dos setores censitários em relação à proximidade de rodovias .....	62
Quadro 7 – Critério, justificativa e valores de vulnerabilidade ambiental em relação aos padrões de ocupação urbana .....	64
Quadro 8 – Critério, justificativa e valores de vulnerabilidade ambiental em relação aos solos .....	66
Quadro 9 – Critério, justificativa e valores de vulnerabilidade ambiental em relação à declividade.....	67
Quadro 10 – Critério, justificativa e valores de vulnerabilidade ambiental em relação à cobertura vegetal.....	68
Quadro 11 – Critério, justificativa e valores de vulnerabilidade ambiental em relação à proximidade dos cursos d’água .....	69
Quadro 12 – Critério, justificativa e valores de vulnerabilidade ambiental em relação à proximidade da área de mineração .....	69
Quadro 13 – Critério, justificativa e valores de vulnerabilidade ambiental quanto à proximidade das rodovias .....	70
Quadro 14 – variáveis para elaboração do índice de vulnerabilidade social.....	79
Quadro 15 – Composição dos fatores de vulnerabilidade social.....	94

## LISTA DE TABELAS

---

Tabela 1 – Classe de declividade e tipo de relevo .....	48
Tabela 2 – Critérios para reclassificação dos setores em relação às classes de declividade .....	51
Tabela 3 – Critérios para classificação dos setores censitários em relação à cobertura vegetal .....	54
Tabela 4 – Valores para reclassificação das variáveis ambientais .....	63
Tabela 5 – Valor de vulnerabilidade ambiental em relação à litologia .....	65
Tabela 6 – Escala de comparadores com os respectivos pesos de importância .....	73
Tabela 7 –Matriz de Comparação Pareada para as variáveis ambientais .....	74
Tabela 8 – Valores de IR para matrizes quadradas de ordem n. ....	76
Tabela 9 – Valores para reclassificação do raster de vulnerabilidade ambiental .....	77
Tabela 10 – Resultado do teste de normalidade, por variável .....	81
Tabela 11 – Resultado da matriz de correlações (Correlation Matrix <sup>a</sup> ) .....	86
Tabela 12 – Resultado do teste de KMO e teste de Bartlett (and Bartlett's Test) .....	88
Tabela 13 – Resultado da matriz Anti-Imagen (Matrizes de Anti-Imagen) .....	89
Tabela 14 – Resultado das comunalidades .....	90
Tabela 15 – Resultado da variância total explicada (Total Variance Explained) .....	92
Tabela 16 – Resultado da matriz dos componentes rotacionada .....	93
Tabela 17 – Resultado da matriz de transformação dos componentes .....	95
Tabela 18 – Resultado da matriz de correlação dos componentes .....	95
Tabela 19 – Cálculo de média ponderada das variáveis por fator .....	96
Tabela 20 – Cálculo de equalização para obtenção dos fatores finais .....	97
Tabela 21 – Valores para reclassificação do Fator .....	98
Tabela 22 –Matriz de Comparação Pareada .....	99
Tabela 23 – Valores para reclassificação do raster de vulnerabilidade social .....	101
Tabela 24 – Valores para reclassificação do raster de vulnerabilidade socioambiental .....	103
Tabela 25 – População e renda por classe de vulnerabilidade socioambiental .....	166

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

---

APP – Área de Preservação Permanente

ACP – Análise de componentes principais

AF – Análise Fatorial

AHP – Analytic Hierarchy Process

CLASSN – Número da classe

COD\_GEOCODI – Código de identificação do setor censitário

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IC – Índice de Consistência

MDE – Modelo Digital de Elevação

MVA – Modelo de vulnerabilidade ambiental

PUAP – Plano de urbanização e assentamentos precários

PMHIS – Plano municipal de habitação de interesse social

QGis – Quantum GIS

RMS – Erro quadrático médio

RC – Razão de Consistência

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

WLC – Combinação linear ponderada

# SUMÁRIO

---

<b>1 – INTRODUÇÃO .....</b>	18
<b>2 – FUNDAMENTAÇÃO CONCEITUAL .....</b>	23
2.1 RISCO E VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL .....	23
2.1.1 REFERÊNCIAS ADOTADAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA .....	25
2.2 GEOPROCESSAMENTO PARA ANÁLISE DOS RISCOS E VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL.....	26
<b>3 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	29
3.1 MATERIAIS .....	29
3.2 TRABALHOS DE CAMPO.....	30
3.3 METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL.....	30
3.3.1. <b>Índice de vulnerabilidade ambiental .....</b>	32
3.3.1.1 <i>Base cartográfica ambiental .....</i>	33
3.3.1.2 <i>Construção de modelo para automatização na elaboração dos índices de vulnerabilidade ambiental (MVA) .....</i>	62
3.3.1.2.1 Definição dos valores de vulnerabilidade ambiental.....	63
3.3.1.2.2 Reclassificação das variáveis através do modelo de vulnerabilidade ambiental (MVA) .....	70
3.3.1.3 <i>Método AHP para elaboração do índice de vulnerabilidade ambiental .....</i>	73
3.3.2 <b>índice de vulnerabilidade social .....</b>	78
3.3.2.1 <i>análise estatística descritiva e multivariada para os dados socioeconômicos .....</i>	80
3.3.2.1.1 Análise estatística descritiva (exploratória).....	80
3.3.2.1.2 Análise fatorial exploratória (AF) .....	83
3.3.2.2. <i>Elaboração dos fatores de vulnerabilidade social .....</i>	96
3.3.2.3 <i>Método AHP para elaboração do índice de vulnerabilidade social .....</i>	99
3.3.3 <b>Índice de vulnerabilidade socioambiental.....</b>	102
<b>4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	104
4.1 ÍNDICES DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL.....	104
4.2 ÍNDICES DE VULNERABILIDADE SOCIAL.....	139
4.3 ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL.....	160
<b>5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	168
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	171
<b>APÊNDICE A .....</b>	177

## 1 – INTRODUÇÃO

---

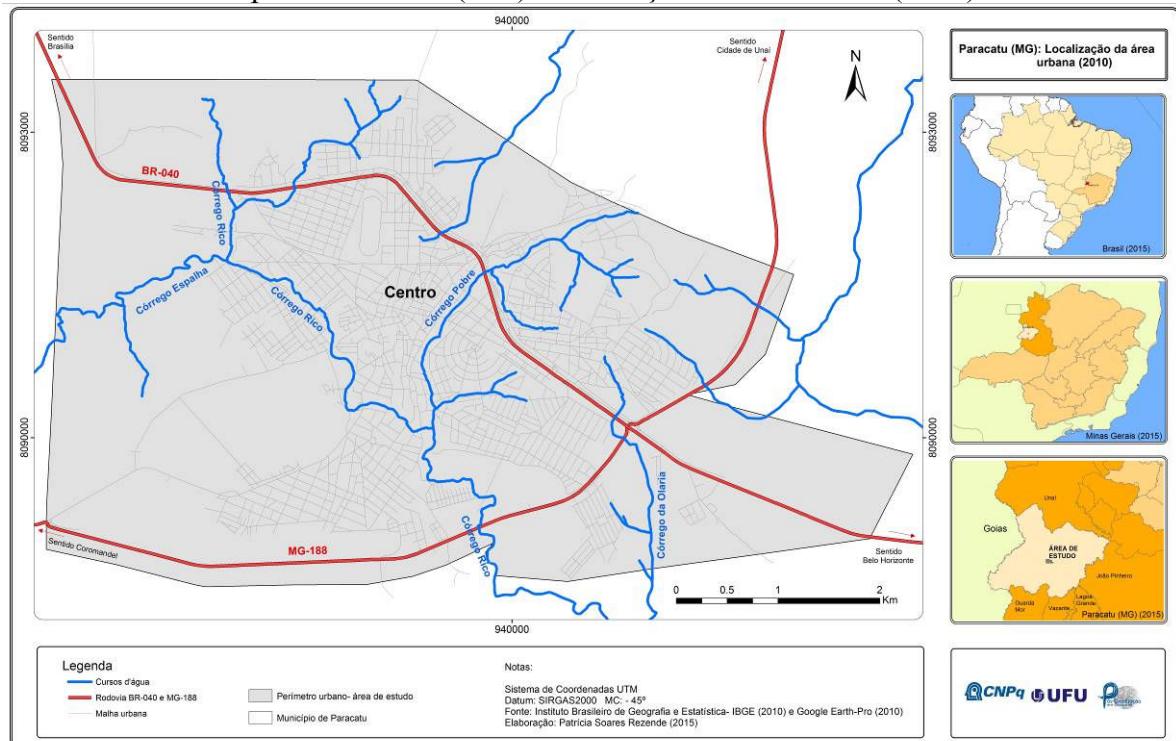
Em decorrência do crescimento desordenado que as cidades têm apresentado nas últimas décadas, verifica-se um aumento significativo de problemas relacionados à degradação ambiental que afetam diretamente a população com baixo poder econômico, a qual, na grande maioria das vezes, ocupa áreas impróprias e acaba residindo em situações de risco.

Diante da alta concentração de pessoas nas áreas urbanizadas e dos intensos processos de expansão urbana é fundamental o conhecimento das condições de vida da população e do meio natural “dentro de uma visão de que tanto a natureza quanto a sociedade apresentam funcionalidade intrínseca”. (ROSS, 2006, p. 20). Para atingir esse conhecimento faz-se necessário realizar uma análise integrada, entendida aqui como análise socioambiental que permite retratar a relação sociedade-natureza, verificando as potencialidades e fragilidades dessa relação tanto na esfera ambiental quanto na social. Assim, o estudo integrado demanda uma “compreensão integrada da realidade socioeconômica sob a perspectiva da dinâmica dos processos de ocupação e das relações econômicas e sociais”. (ROSS, 2006, p. 20).

Partindo de tal perspectiva, acreditamos que os resultados de uma análise socioambiental aliada às geotecnologias são úteis para auxiliar no planejamento urbano, no sentido de permitir à elaboração de proposições que visem abrandar ou prevenir os problemas socioambientais, notadamente a proliferação da ocupação humana em ambientes frágeis. Tal fator pode ser minimizado com a indicação de áreas potenciais para usos diversos, reduzindo, assim, a exposição de indivíduos e bens aos riscos socioambientais (DIAS et al., 2010).

A área de estudo da qual nos ocupamos se limita ao polígono urbano do município de Paracatu, localizada na Mesorregião do Noroeste de Minas Gerais (Mapa 1), às margens das rodovias BR040 e MG188.

Mapa 1 – Paracatu (MG): localização da área urbana (2010)



Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

A primeira ocupação no município se deu em virtude da busca pelo ouro e o processo de ocupação urbana em Paracatu teve início a partir do século XVIII (FIGURA 01), com edificações típicas do período colonial. Nesse período, as casas foram construídas no entorno da igreja, pois esta caracterizava a presença física do culto como meio polarizador da ocupação. O primeiro bairro urbano foi o Santana, cujas construções concentravam-se no entorno da Igreja de Sant’Ana. No século XX foram ocupados os bairros Arraial D’ Angola e Largo da Matriz, ao redor da Igreja de Santo Antônio (PREFEITURA MUNICIPAL DE PARACATU - PMHIS., 2012). A Figura 01 apresenta a ocupação já consolidada do núcleo urbano entre os séculos XIX e XX, com destaque para a Igreja de Sant’Ana.

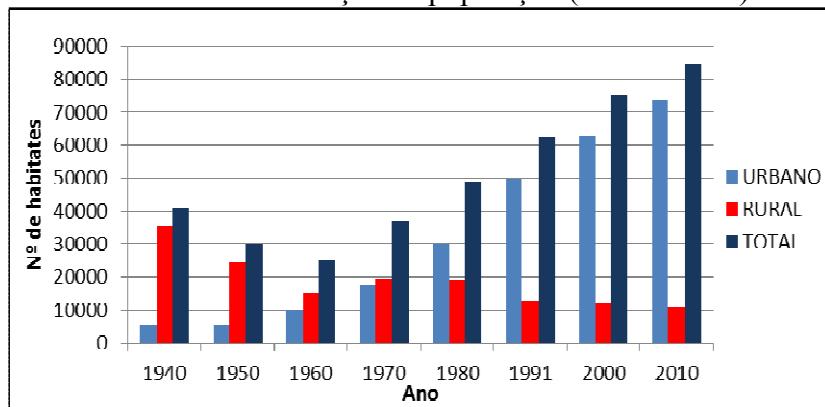
Figura 1 – Vista Geral do núcleo urbano de Paracatu entre os séculos XIX e XX



Fonte: Prefeitura Municipal de Paracatu - PMHIS. (2012).

Em relação à população, em 1940 o município apresentava 40.936 habitantes, sendo 5.368 residentes no perímetro urbano e 35.568 no rural (GRÁFICO 01). Entre 1950 e 1960 houve um decréscimo populacional; o município passou a contar com uma população de 29.912 habitantes: 5.556 residentes no espaço urbano e 24.356 no rural.

Gráfico 01 – Evolução da população (1940 – 2010)



Fonte: IPEA, 2013. Organização: Rezende (2014).

Entretanto, a partir da década de 1980 a dinâmica populacional paracatuense voltou a crescer. Conforme dados do Censo Demográfico de 2010, naquele ano o município abrigava uma população total de 84.718 habitantes, sendo 73.772 residentes na área urbana e 10.946 na rural. A população estimada de Paracatu para o ano de 2015 foi de 91.027 habitantes (IBGE, 2015).

Nota-se que o processo de êxodo rural no período analisado fez com que, em 40 anos, o município deixasse de ter um perfil rural para se tornar acentuadamente urbano. Essa alteração de perfil é justificada pelo início das atividades minerárias da Kinross nas proximidades do perímetro urbano, em 1987, o que influenciou as pessoas a migrarem para a

cidade em busca de melhores condições de vida. (PREFEITURA MUNICIPAL DE PARACATU - PMHIS., 2012).

Em 1987 foi inaugurada a primeira faculdade no município, a Faculdade do Noroeste de Minas-FINOM, com o curso de Pedagogia. Com a instalação da faculdade Tecsoma, Faculdade Atenas, expansão da Faculdade Finom, Unimontes e IFTM, a cidade torna-se também um polo educacional, outra atividade econômica com forte atrativo de pessoas para o espaço urbano.

Em relação à densidade demográfica, em 2010 Paracatu apresentava 10,29 hab/km<sup>2</sup>, o que é considerada uma baixa densidade demográfica, tendo em vista a grande extensão territorial do município (IBGE, 2014).

Atualmente tem ocorrido algumas estruturações na cidade, o que tem aumentado sua população urbana. Este fato pode estar relacionado à expansão da Kinross, iniciada em setembro de 2006, e à introdução de vários cursos de engenharia nas faculdades particulares, o que atrai estudantes das regiões vizinhas.

Assim, a realização desta pesquisa se justificou pelo fato de que o espaço urbano de Paracatu tem apresentado expansão urbana e aumento populacional significativo. Tal crescimento teve como resultado uma ocupação espacial urbana desordenada e um mosaico de desigualdades, implicando em diversos problemas socioambientais. Parte desses problemas decorre da ocupação de áreas ambientalmente frágeis por populações socialmente vulneráveis, gerando, assim, as áreas de vulnerabilidade socioambiental. Situação visível na maioria das cidades brasileiras, no que refere aos problemas decorrentes da expansão urbana acelerada e em sua grande maioria de forma desordenada.

Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivo principal elaborar uma metodologia para identificar a vulnerabilidade socioambiental na cidade de Paracatu (MG), utilizando técnicas estatísticas e geoprocessamento. Para atingir o objetivo geral deste estudo foi necessário alcançar os seguintes objetivos específicos:

- a) Adaptar uma metodologia para avaliar a vulnerabilidade socioambiental em ambiente urbano;
- b) Identificar e caracterizar as vulnerabilidades socioambientais existentes na área urbana estudada;
- c) Discutir os resultados obtidos a partir da utilização de técnicas estatísticas e do geoprocessamento para a definição da vulnerabilidade socioambiental na área de estudo.

Para viabilizar esta proposta e alcançar os objetivos apresentados, este trabalho foi organizado nas seguintes seções: 1) **Fundamentação conceitual**, em que se apresentam conceitos relacionados a risco e vulnerabilidades, Geoprocessamento e modelagem; 2) **Procedimentos metodológicos**, parte destinada à apresentação dos procedimentos metodológicos utilizados para a elaboração do estudo, desde a seleção das variáveis, técnicas de geoprocessamento e estatísticas até a criação dos índices de vulnerabilidade ambiental, social e socioambiental; 3) **Resultados e discussões**, seção na qual apresentamos os resultados das vulnerabilidades ambiental, social e, por fim, socioambiental; 4) **Considerações finais**, que abarcam algumas avaliações sobre o estudo realizado e seu encerramento; 5) **Referências**, onde registramos as obras utilizadas para a definição metodológica, entendimento e discussão dos conceitos utilizados e 6) **Apêndice**, seção com um quadro com os cálculos realizados em cada variável da vulnerabilidade social, o que contribuirá para a validação desta pesquisa bem como para a aplicação dessa metodologia em outros municípios/cidades.

## 2 – FUNDAMENTAÇÃO CONCEITUAL

Neste item serão apresentados conceitos necessários para a compreensão do tema tratado na dissertação. Nesse sentido, de forma resumida abordamos o que é risco, vulnerabilidade e os três tipos desta (ambiental, social e socioambiental). Na sequência, tem-se um resumo dos trabalhos de vulnerabilidade utilizados como referência para elaboração teórica e metodológica desta pesquisa. Por fim, são elencadas de forma sucinta as principais definições de Geoprocessamento com ênfase ao estudo de vulnerabilidade.

### 2.1 RISCO E VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2002, p. 219), risco é a “probabilidade de ocorrência de um evento com consequências prejudiciais ou com perdas (humanas, materiais, econômicas e ambientais) resultantes entre a interação de perigos naturais, induzidos por atividade humana e condições de vulnerabilidade”.

O IBGE define ainda perigo e desastre:

**Perigo** um evento físico, fenômeno ou atividade humana que pode causar perda de vida, danos a propriedades, perdas econômicas e degradação ambiental. O perigo pode ser natural ou induzido por processos antropogênicos (degradação ambiental e perigos tecnológicos). **Desastre** - é um rompimento sério na funcionalidade de uma comunidade ou de uma sociedade que causa perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais e que excedem à habilidade da comunidade ou da sociedade afetada de responder ao evento usando seus próprios recursos. (IBGE, 2002, p. 218-219).

Marandola Jr. e Hogan (2005) associaram o conceito de risco aos fenômenos que geram os perigos naturais. Esses fenômenos são classificados em enchentes, inundações, deslizamentos, terremotos, erupções, furacões, vendavais, granizo, geadas, incêndios e assim por diante. Entende-se que esses fenômenos podem causar danos, às vezes irreversíveis, à população que vive em áreas vulneráveis ou próximas a elas.

Tanto os estudos de risco como os de vulnerabilidade procuram diagnosticar áreas com fatores negativos relacionados à sociedade; no entanto, ao realizar as análises, verifica-se uma diferença entre cada conceito, pois:

O risco tem como foco apenas os perigos que são introduzidos na sociedade, logo sua análise é imediata. Já a vulnerabilidade, engloba escalas de tempo mais longas. Tem como foco múltiplas dimensões (econômico, social, cultural, institucional, etc.) e inclui, em sua análise, múltiplas tensões e a capacidade do indivíduo, do domicílio ou da comunidade em lidar com essas tensões. (ALCANTARA, 2012, p.37).

Deschamps (2004, p.18) entende que o termo vulnerabilidade “está diretamente atrelado às probabilidades de ser afetado negativamente por um fenômeno geográfico e/ou climático” e considera como áreas ou populações vulneráveis “aqueles que podem ser atingidas por algum evento geográfico, como terremoto, enchente, enxurrada e seca”. Nessa concepção, Em decorrência de sua localização ou até mesmo pelas características naturais e/ ou sociais, algumas áreas são mais vulneráveis que outras.

Autores como Mendonça e Leitão (2008, p. 149) problematizam a vulnerabilidade, afirmando que ela:

[...] diz respeito, evidentemente, à condição dos homens e dos bens que ela concentra, mas implica, frequentemente, também, naquelas dos seus poderes, da sua imagem e da sua irradiação. Ela é variável e decorre de uma série de fatores que tornam os grupos mais ou menos suscetíveis aos impactos derivados de riscos diversos, que se formam nos contextos urbanos.

Percebe-se que a vulnerabilidade pode aumentar ou diminuir em função de fatores de ordem econômica, social, ambiental, cultural e institucional e apresenta uma diferenciação no espaço e entre grupos e indivíduos. Assim, Marandola Jr. e Hogan (2006, p. 37) afirmam que:

A vulnerabilidade é extremamente dinâmica, além de poder apresentar sazonalidade até em pequena escala temporal. Isto porque uma avaliação da vulnerabilidade passa pela compreensão do perigo envolvido (eventos que causam dano), do contexto geográfico e da produção social (as relações sociais, culturais, políticas, econômicas), que revelarão os elementos constituintes da capacidade de resposta, absorção e ajustamento que aquela sociedade ou lugar possuem para enfrentar o perigo.

Ainda para análise da vulnerabilidade, de acordo com Alcântara (2012, p. 37), devem ser consideradas duas variáveis: a exposição e a incapacidade.

Na exposição são considerados os elementos que estão na área de risco, ou seja, suscetíveis a algum dano, tais como: a população, as redes sociais, os bens e os serviços, degradação do solo, desflorestamento, mudança climática, entre outros. E a incapacidade diz respeito a tudo aquilo que não permite ao indivíduo, grupo ou comunidade de lidar com o perigo natural, principalmente os grupos com menos condições econômicas e desprovidas de informação.

Um dos fatores determinantes na recuperação de uma situação de vulnerabilidade/risco é a renda, pois é ela que delimita o tempo de recuperação e a localização de residência do indivíduo.

A vulnerabilidade é dividida ainda em três interfaces: ambiental, social e socioambiental. A primeira se baseia na análise ambiental de um determinado espaço geográfico, levando em consideração a ocorrência de desastres naturais, avaliação de risco e possíveis fragilidades ambientais (ALVES; TORRES, 2006).

Já a vulnerabilidade social diz respeito ao estudo de indivíduos, grupos e famílias; possui características variadas e abrange diversas dimensões. Para sua análise são selecionadas informações relacionadas à população, as quais retratam as mudanças econômicas e sociais. Com essas informações é possível ter uma visão mais certeira sobre as condições de vida da população, com destaque para os grupos sociais mais pobres, e, ao mesmo tempo, levar em conta o acesso aos recursos e estratégias das próprias famílias para enfrentar os conflitos que as afetam (ALVES; TORRES, 2006).

Por fim, a vulnerabilidade socioambiental pode ser entendida como a “coexistência ou sobreposição espacial entre grupos populacionais muito pobres e com alta privação (vulnerabilidade social) e áreas de risco ou degradação ambiental (vulnerabilidade ambiental).” (ALVES, 2006, p.43). Essa perspectiva de estudo permite analisar de forma mais integrada às áreas consideradas vulneráveis, bem como identificar o tipo de vulnerabilidade que as pessoas estão mais expostas ao residirem numa determinada área.

### 2.1.1 REFERÊNCIAS ADOTADAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

No intuito de avaliar a vulnerabilidade socioambiental da área urbana de Paracatu (MG), a metodologia para este estudo foi embasada nos trabalhos de vulnerabilidade realizados por Alves (2006), Almeida (2010), Nascimento (2011), Alcântara (2012), Dias (2013) e Lombardo e Freitas (2013). Segue um breve resumo de tais trabalhos.

Alves (2006) desenvolveu estudos com base em um acervo cartográfico para análise de famílias e domicílios em situação de vulnerabilidade socioambiental, servindo-se de Sistemas de Informações Geográfica (SIG) em São Paulo. Nesse trabalho foi considerada a sobreposição de variáveis ambientais (proximidade de cursos d’água e rede de esgoto) a sociais (renda, escolaridade, condições de moradia e estrutura etária), por setor censitário. O autor analisou grupos considerados vulneráveis por estarem próximos aos cursos d’água e à degradação ambiental. Utilizamos como referência a ideia de Alves (2006) para elaboração da variável proximidade dos cursos d’água.

Almeida (2010) investigou o risco e a vulnerabilidade socioambiental de rios urbanos, tendo como área de estudo da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, situada na região metropolitana de Fortaleza. Inicialmente elaborou o índice de vulnerabilidade social, no qual utilizou dados socioeconômicos do Censo 2000, por setor censitário. Posteriormente, o índice de vulnerabilidade físico-espacial a inundações, no qual o autor apresenta os setores

censitários que estão expostos a esse tipo de fenômeno. Por fim, elaborou o índice de vulnerabilidade socioambiental, através da sobreposição dos índices anteriores. Assim foi possível identificar os setores em que ocorria tanto a vulnerabilidade social quanto a vulnerabilidade físico-espacial à inundações.

Nascimento (2011) analisou a vulnerabilidade em relação à ocorrência de eventos climáticos extremos na Amazônia Ocidental, tendo como área de estudo a bacia do rio Acre. Para compor o índice final de vulnerabilidade socioambiental foram elaborados os índices de vulnerabilidades ambiental (Geomorfologia, Pedologia, uso da terra, cobertura vegetal, utilização econômica do solo, focos de calor e desmatamento), vulnerabilidade socioeconômica e vulnerabilidade institucional. Embasamos em Nascimento (2011) para elaboração da variável litologia, declividade, solos e proximidade com as rodovias.

Alcântara (2012) criou um Índice Sintético de Vulnerabilidade Socioambiental (ISVSA) para a Macrorregião da Costa Verde. Para isso, utilizou indicadores socioeconômicos disponibilizados no Censo Demográfico do IBGE, ano de 2010, além de dados físicos (naturais) e institucionais. Inicialmente a autora criou o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), com indicadores do Censo Demográfico do IBGE, e utilizou técnicas de análise multivariada. Posteriormente, elaborou o Índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA), através de dados, e, na sequência, o Índice de Vulnerabilidade Institucional (IVI). Por fim, Alcântara (2012) utilizou a álgebra de mapas na construção do Índice Sintético de Vulnerabilidade Socioambiental (ISVSA). Embasamos em Alcântara (2012) para elaboração da variável declividade e a vulnerabilidade social.

Dias (2013) procurou identificar a vulnerabilidade socioambiental da área urbana de Mossoró. Para isso, recorreu à análise multivariada e às técnicas de geoprocessamento, a fim de espacializar os dados de vulnerabilidade social e ambiental. Esses dados foram transformados para raster<sup>1</sup>, com a finalidade de realizar a multiplicação entre os rasters das vulnerabilidades ambiental e social e, assim, obter o mapa de vulnerabilidade socioambiental. Seguimos as ideias desse autor para elaboração da vulnerabilidade social.

Além dos autores supracitados, também recorremos aos estudos realizados por Crepani (2001), Nucci (2001), Descamps (2004), Mascaró (2005), Embrapa (2006), Paula (2008), Martins (2009), Pinese Júnior (2010), Santos et al. (2010), Andrade (2011), Dal'Alsta (2013) e Dutra (2015). Esses estudos foram complementares para o desenvolvimento metodológico da presente pesquisa, mas não necessariamente tratam de vulnerabilidade.

---

<sup>1</sup> Modelo de dado utilizado por sistemas de geoprocessamento, como explicaremos adiante.

## 2.2 GEOPROCESSAMENTO PARA ANÁLISE DOS RISCOS E VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

Conforme Câmara e outros (1998) o geoprocessamento utiliza softwares e técnicas matemáticas para o tratamento de informação geográfica, e a partir dessas operações, nos permite espacializar e realizar análises complexas por meio de integração de diversas variáveis. Diante disso o mesmo possui diversos sistemas, dentre eles, o Sistema de Informação Geográfica – SIG é o que possui maior capacidade de processamento e análise de dados espaciais. Para Rosa e Brito (1996), o SIG pode ser definido como um sistema destinado à aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados referenciados espacialmente na superfície terrestre.

Neste trabalho será utilizado o SIG para a análise da vulnerabilidade socioambiental a partir de informações geométricas de fenômenos espaciais.

Ao trabalhar com SIG é preciso primeiramente escolher o modelo de dado a ser utilizado. Há dois modelos fundamentais, a saber: o modelo vetorial e o modelo raster.

Modelo vetorial caracteriza-se pela separação inequívoca entre dados temáticos (atributos) e dados de geometria. Cada camada de dados temática reproduzida no modelo vetorial possui uma tabela associada com os dados de atributos. O modelo raster presta-se para fenômenos geográficos contínuos que ocorrem em áreas na superfície terrestre. (LANG; BLASCHIKE, 2009, p. 52).

Os dados vetoriais são feições representadas através de ponto, linha e polígono. Exemplo disso são os limites administrativos, a hidrografia, a vegetação, os rios, as estradas e edificações. Já os dados raster representam fenômenos espaciais contínuos. Suas informações são contidas em células, na qual cada célula possui um valor que representa um elemento a ser estudado. Como exemplo de modelo raster tem-se imagens de satélite, ortofotos, SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), entre outros.

A base de dados espaciais (vetorial e raster) pode provir de fontes primárias, aquelas coletas em campo ou secundárias, fornecidas por órgãos oficiais, tais como IBGE, ANA, IGAM, NASA, INPE, entre outros. Tais dados demandam três dimensões: temporal (quando), temática (o quê) e espacial (onde). Os dados temáticos são considerados atributos, ou seja, são as características referentes a uma entidade geográfica. A dimensão espacial dos dados é representada pelas letras x (coordenada leste), y (coordenada norte) e, por vezes, z (altitude) (ROSA e BRITO, 2011).

Para facilitar alguns procedimentos no uso do SIG, principalmente quando se opera com um grande número de variáveis, como é o caso desta pesquisa, recorre-se a um modelo de

dados que consiste em “um conjunto de ferramentas conceituais utilizado para descrever como a realidade geográfica será representada no sistema” (CÂMARA; MEDEIROS, 1998, p. 1). Desse modo, uma vez construído o modelo é possível repetir o processamento quantas vezes forem necessárias para gerar o produto final, num tempo reduzido e sem perdas de informações, pois há uma melhor organização de todo processo. Outro ponto positivo em utilizar o modelo é que o mesmo pode ser fornecido para outro pesquisador, facilitando a execução de tarefas similares.

### 3 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo serão abordados os materiais e procedimentos técnico-metodológicos utilizados nesta pesquisa, contemplando a elaboração dos índices de vulnerabilidade ambiental, social e, por fim, a elaboração do índice de vulnerabilidade socioambiental.

#### 3.1 MATERIAIS

A escolha das fontes dos dados espaciais levou em consideração a base de dados socioeconômicos disponibilizada pelo Censo do IBGE de 2010, último levantamento oficial de dados realizado pelo instituto. A opção pelos softwares utilizados neste trabalho buscou contemplar as necessidades de análise e a facilidade de uso e acesso dos usuários. Assim, as fontes e os softwares utilizados foram os seguintes:

a) Fontes de dados

- Imagens disponíveis no Google Earth-Pro do ano de 2010, com resolução Premium (4800 x 2835);
- SRTM com resolução espacial de 30 metros, disponibilizada pelo site da USGS;
- Base digital de litologia, disponibilizada pela antiga Rio Paracatu Mineração -S/A, atualmente Kinross;
- Localização das praças, hospitais e escolas, fornecida pela Prefeitura Municipal de Paracatu;
- Malha dos setores censitários e informações em planilha eletrônica do Censo de 2010, disponibilizados pelo IBGE.

b) Softwares

- *ArcGis*<sup>2</sup> e *Qgis*<sup>3</sup>: elaboração do banco de dados geográficos, análises espaciais e elaboração dos cartogramas;
- Autocad 2010<sup>4</sup>: tratamento e exportação das bases digitais fornecidas pela Kinross;
- Google Earth-Pro<sup>5</sup>: exportação das imagens de alta resolução para mapeamento de uso do solo;

<sup>2</sup> Utilizou-se a licença do ArcGis do Laboratório de Cartografia e Sensoriamento Remoto do Curso de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia para elaboração do layout dos mapas.

<sup>3</sup> O QGIS é um sistema livre de informação geográfica (SIG) que suporta formatos vetoriais, raster e bases de dados. Para mais informações ver: <http://qgisbrasil.wordpress.com>

<sup>4</sup> Utilizou-se a licença do AutoCad 2010 do Laboratório de Cartografia e Sensoriamento Remoto do Curso de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia

- Gimp<sup>6</sup>: elaboração do mosaico de imagens do Google Earth-Pro;
- SPSS<sup>7</sup>: Análise descritiva e multivariada das variáveis sociais;
- Excel 2010<sup>8</sup>: Tratamento de informações quantitativas para elaboração dos mapas e análise estatística no SPSS.

Ressalte-se que para elaboração dos mapas nos servimos de software livre, tendo em vista a importância de se utilizar tais programas em pesquisas acadêmicas.

### 3.2 TRABALHOS DE CAMPO

O trabalho de campo é fundamental para conhecimento da área de estudo e aprimoramento metodológico. Considerando essa importância, realizamos visitas à área de estudo durante o período do mestrado para aquisição de informações necessárias ao desenvolvimento da pesquisa. Também nos reunimos com o secretário de Planejamento Urbano da Prefeitura Municipal de Paracatu e com representantes da Empresa Kinross, a fim de adquirir informações cartográficas da cidade de Paracatu.

Foram feitos cinco trabalhos de campo para levantamento de dados primários, conferência dos mapas gerados e registros fotográficos para detalhamento na discussão dos resultados das áreas vulneráveis.

### 3.3 METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

O município de Paracatu possui 123 setores censitários, os quais englobam tanto a área urbana quanto a rural. Desse total, 91<sup>9</sup> censitários formam a área urbana (Mapa 2). Para esta pesquisa se considerou um total de 88 setores censitários, tendo em vista que dentre os setores que formam a área urbana, três não apresentavam informações referentes às variáveis sociais. Sendo assim, optou-se por não analisar esses três setores censitários em nenhuma dimensão. Entretanto, os mesmos foram registrados no mapa para não ocorrer falha no perímetro urbano e não comprometer a análise cartográfica dos resultados.

---

<sup>5</sup> O Google Earth-Pro é disponibilizado de forma gratuita no site: <http://www.google.com/earth/download/gep/agree.html>.

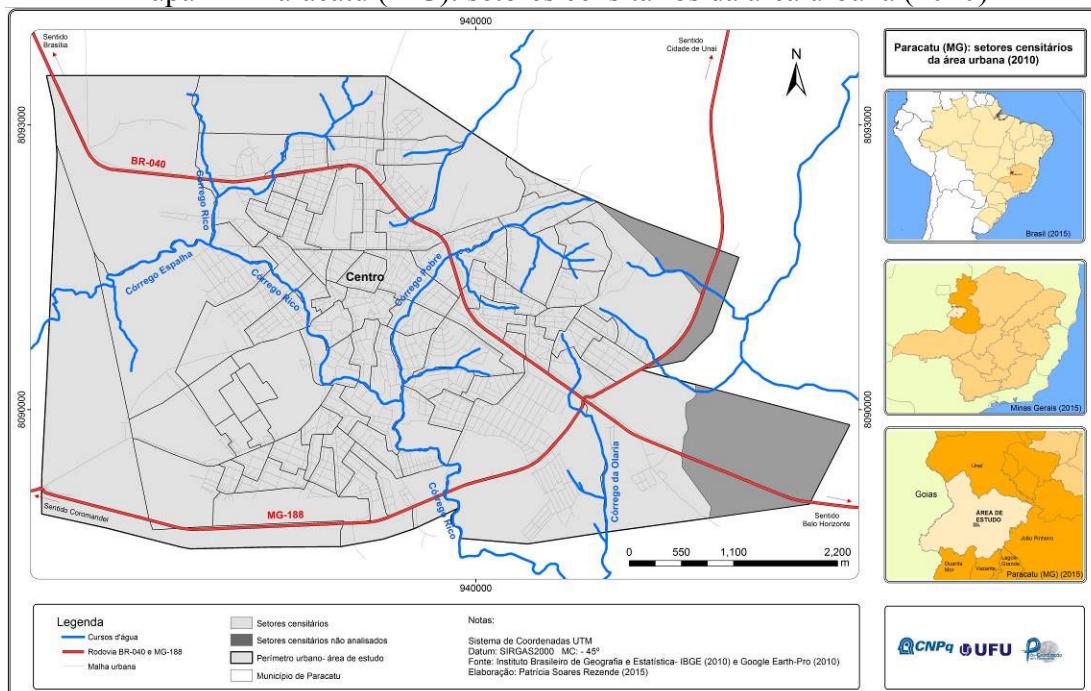
<sup>6</sup> O Gimp é um sistema livre de edição de imagens de satélite. Para mais informações ver: <http://www.gimp.org>

<sup>7</sup> Utilizou-se a licença do SPSS do Laboratório de Estatística do Curso de Graduação em Estatística da Universidade Federal de Uberlândia

<sup>8</sup> Utilizou-se licença própria do Excel 2010. Ressalte-se que pode ser utilizado outro programa de planilha eletrônica para tratamento das informações.

<sup>9</sup> Levamos em conta apenas os setores considerados urbanos pelo IBGE, código 1 (área urbanizada de cidade ou vila), conforme descrito na base de informações do Censo Demográfico 2010.

Mapa 2 – Paracatu (MG): setores censitários da área urbana (2010)



Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Ressalte-se que os índices de vulnerabilidade foram elaborados com base no setor censitário, pois as informações do Resultado do Universo do Censo Demográfico 2010 são divulgadas por setor, que é a menor escala disponibilizada pelo IBGE. Assim, para gerar o mapa de vulnerabilidade socioambiental é necessário que todos os índices estejam na mesma escala de representação, que, no caso, é o setor censitário.

Nesse sentido, para que as variáveis ambientais fossem representadas por setor censitário e sem perdas de informação foi necessário utilizar técnicas de geoprocessamento. Para identificar a vulnerabilidade socioambiental na área de estudo elaboramos três índices: o **de vulnerabilidade ambiental**; o **de vulnerabilidade social** e, por fim, através da média ponderada (MP) desses dois índices, o **índice de vulnerabilidade socioambiental**.

O primeiro índice foi composto a partir de oito variáveis ambientais, no intuito de identificar quais setores estão mais fragilizados ambientalmente e/ou em situações de risco.

O índice de vulnerabilidade social, por sua vez, trata das questões socioeconômicas, permitindo identificar os grupos humanos em condições precárias, que os torna vulneráveis caso ocorra algum evento ambiental/social inesperado e que exija decisões rápidas. Esse índice é composto por cinco fatores sociodemográficos.

Por fim, o índice de vulnerabilidade socioambiental nos remeterá aos setores onde coincide a ocorrência da vulnerabilidade ambiental (áreas frágeis ambientalmente e/ou em situação de risco) e da vulnerabilidade social (precariedade da qualidade de vida).

Embásado nos estudos mencionados no item 2.1.1, o desenvolvimento metodológico deste trabalho compreendeu cinco etapas:

- 1) Levantamento bibliográfico e seleção dos métodos mais utilizados para análise de vulnerabilidade socioambiental;
- 2) Coleta de dados: aquisição dos arquivos vetoriais (litologia e setores censitários), em formato raster (SRTM e imagens do Google Earth-Pro) e de informação do Censo de 2010 referente aos “agregados por setores censitários”. Com essas informações elaborou-se um banco de dados geográfico a partir das informações coletadas;
- 3) Elaboração das variáveis ambientais e do índice de vulnerabilidade ambiental;
- 4) Elaboração dos fatores sociais e do índice vulnerabilidade social;
- 5) Construção do índice de vulnerabilidade socioambiental.

Posto isto, os próximos itens apresentarão, respectivamente, os procedimentos técnicos utilizados na feitura dos índices de vulnerabilidade ambiental, social e socioambiental.

### **3.3.1. Índice de vulnerabilidade ambiental**

As variáveis selecionadas para elaboração desse índice (Quadro 1) têm a finalidade de expor as características ambientais da área de estudo e assim identificar quais setores são considerados vulneráveis e/ou apresentam situações de risco. Para o levantamento dessas variáveis, além da aquisição de dados secundários, realizou-se trabalho de campo para coleta de dados primários e conferência dos mapas gerados.

**Quadro 1 – Variáveis ambientais utilizadas no índice de vulnerabilidade ambiental**

<b>Variáveis</b>	<b>Escala</b>
Padrões de ocupação urbana	1:5.000
Litologia	1:25.000
Solos	1:25.000
Declividade	1:60.000
Cobertura vegetal	1:5.000
Proximidade dos cursos d’água	1:5.000
Proximidade de área de mineração	1:5.000
Proximidade das rodovias	1:5.000

Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Para compor esse índice foi necessário, inicialmente, elaborar uma base cartográfica ambiental em formato vetorial, que teve como resultado uma caracterização física da área. Posteriormente, através do modelo de vulnerabilidade ambiental - MVA, convertemos as bases cartográficas para o formato raster e as reclassificamos, atribuindo-lhes valores em

relação ao grau de vulnerabilidade ambiental, para obtenção das oito variáveis de vulnerabilidade ambiental. Por fim, utilizamos o plugin AHP para construção do índice de vulnerabilidade ambiental.

### *3.3.1.1 Base cartográfica ambiental*

Nessa etapa elaboramos uma base cartográfica vetorial referente as variáveis: padrões de ocupação urbana, litologia, solos, declividade, cobertura vegetal, proximidade dos cursos d’água, proximidade de área de mineração e proximidade das rodovias.

#### **Padrões de ocupação urbana**

Essa variável<sup>10</sup> reflete as áreas mais adensadas e ajuda a identificar os setores censitários que estão potencializando a vulnerabilidade ambiental. Para elaborá-la, utilizamos as imagens de 2010 do satélite Nasa da Digital Globe, disponibilizadas pelo Google Earth-Pro, com resolução de 4.800 x 2.835 pixels, e a camada vetorial com os setores censitários do Censo de 2010.

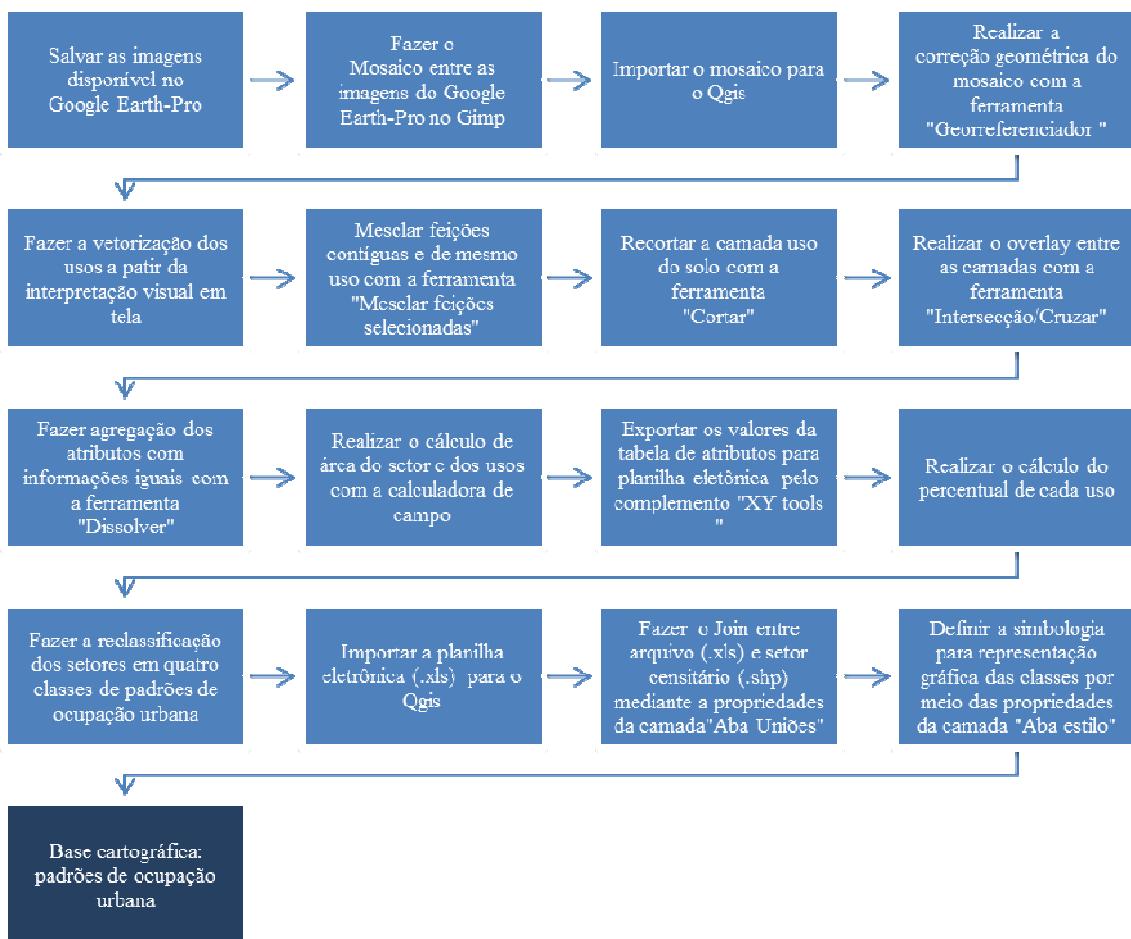
Esse índice (Figura 2) foi confeccionado em duas etapas: a primeira refere-se à composição do mapa de padrões de ocupação urbana por setor censitário; e a segunda trata da reclassificação da base cartográfica resultante da primeira etapa, atribuindo-lhe valores referentes à vulnerabilidade ambiental. A primeira etapa será especificada neste item; a segunda, no item 3.3.1.2, o qual terá como resultado a vulnerabilidade ambiental em relação aos padrões de ocupação urbana.

---

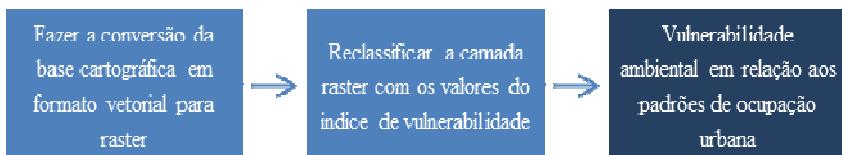
<sup>10</sup>Descamps (2004), Nascimento (2011) e Alcântara (2012), ao realizar o estudo de vulnerabilidade socioambiental utilizaram a variável uso do solo, entretanto optamos em utilizar a variável padrões de ocupação urbana no intuito de obter maior detalhamento da área de estudo.

Figura 2 – Fluxograma com as etapas de elaboração da vulnerabilidade ambiental em relação aos padrões de ocupação urbana.

(A) Primeira etapa:



(B) Segunda etapa:

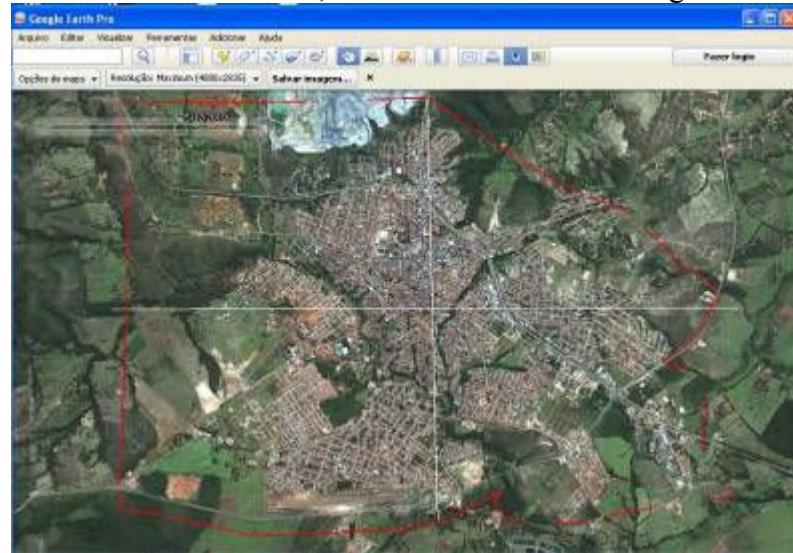


Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Os procedimentos técnicos para elaboração dessa variável foram executados nos softwares Google Earth-Pro, Qgis,<sup>11</sup> Gimp e Excel. Inicialmente, no intuito de obter uma imagem do Google Earth-Pro com melhor resolução e escala de visualização, criamos linhas, através da ferramenta “Adicionar caminho”, que permitiram dividir o perímetro urbano em quatro cenas e, com isso, salvá-las individualmente, conforme a Figura 3.

<sup>11</sup> Utilizou o livro “QGIS e geoprocessamento na prática” do autor Renato Cabral Bossle como auxílio para atribuição de alguns termos técnicos de geoprocessamento utilizados nos procedimentos técnicos do Qgis descritos na elaboração das variáveis ambientais e sociais.

Figura 3 – Área urbana de Paracatu, dividida em cenas no Google Earth- Pro (2010)

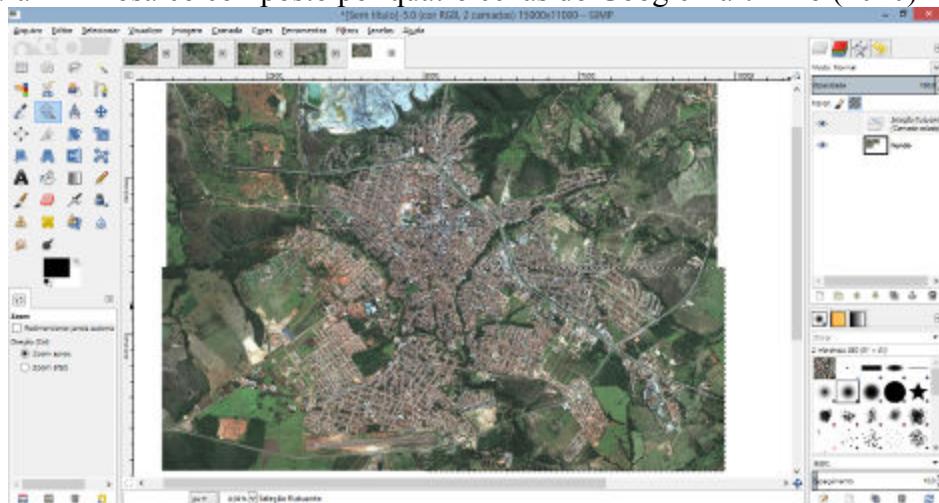


Fonte: Google Earth-Pro (2010). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Para salvar as cenas optou-se pelo formato JPEG, resolução de 4.800 x 2.835, e por salvá-las uma a uma, mantendo o mesmo zoom para não alterar a escala e resolução espacial.

Ressalte-se que as imagens salvas não possuem sistema de referência espacial. Nesse sentido, foi necessário primeiro compor o mosaico das cenas, através do programa GIMP<sup>12</sup>, para depois realizar o seu georreferenciamento (correção geométrica). O mosaico tem objetivo de unir em uma única cena as quatro imagens adquiridas no Google Earth Pro, facilitando a etapa do georreferenciamento. O resultado desse mosaico é observado na Figura 4.

Figura 4 – Mosaico composto por quatro cenas do Google Earth-Pro (2010)



Fonte: Google Earth-Pro (2010), GIMP (2015). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

<sup>12</sup> GIMP é um *software* livre utilizado para edição de imagens. Para baixar o programa, acessar: <<http://www.gimp.org/>>. Para maiores detalhes sobre a elaboração de mosaicos via GIMP, acessar tutorial disponível em: <<http://www.processamentodigital.com.br/2012/06/12/quantum-gis-1-7-4-openlayers-0-91-gimp-2-8-mosaico-de-imagens-google-earth-para-impressao>>

Com o mosaico concluído, realizamos o georreferenciamento no software Qgis. Para tanto, adotamos o Datum SIRGAS2000 e o sistema de coordenadas UTM-Zone 23S. Utilizamos como base a imagem Ikonos<sup>13</sup>, que já estava georreferenciada e ficou com 0,60 (pixel) de erro quadrático médio (RMS).

Feito o georreferenciamento, procedeu-se à interpretação visual em tela no software Qgis, com a vetorização manual das classes de uso, conforme chave de interpretação (Quadro 2).

Quadro 2 – Chave de interpretação para elaboração do uso do solo

Uso	Padrão característico da interpretação	Imagen do Google Earth -Pro
Área edificada	Cor: marrom (telhado), cinza (asfalto e calçamento) Textura: rugosa Forma: irregular	
Vegetação arbórea	Cor: verde-escuro Textura: rugosa Forma: irregular	
Lagos	Cor: verde-claro Textura: lisa Forma: irregular	
Lotes vagos e solo exposto	Cor: verde-claro (lotes vagos) Laranja (solo exposto) Textura: rugosa Forma: irregular	
Mineração	Cor: cinza-azulada Textura: rugosa Forma: irregular	

Fonte: Imagens do Google Earth-Pro (2010). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Após vetorização das classes, utilizamos a função de edição avançada “Mesclar feições selecionadas”, comando que permite agrupar feições iguais e contínuas, diminuindo assim a ocorrência de erros topológicos e a quantidade de polígonos de mesma classe. Posteriormente,

<sup>13</sup>A imagem do Ikonos de 2014, disponibilizada pela empresa Kinross, foi utilizada como base para o georreferenciamento da imagem do Google Earth Pro, pois a mesma apresenta alta resolução espacial e um georreferenciamento confiável.

para que o uso do solo ficasse apenas no limite do setor censitário, recorremos à ferramenta “Cortar”, cuja finalidade é recortar a camada uso do solo a partir de um polígono pré-definido; nesse caso definimos como polígono o perímetro urbano de Paracatu, para que o resultado abrangesse apenas o limite de estudo.

Com a camada uso do solo abarcando apenas o perímetro urbano, servimo-nos da ferramenta “Intersecção” para relacionar esse recorte com os setores censitários. Dessa forma se tem o uso do solo por setor censitário, o que permite realizar os cálculos do percentual de uso existente em cada setor. Para facilitar os cálculos unimos as geometrias de mesma classe e contíguas no setor com a ferramenta “Polygon Dissolve”. Para realizar o procedimento dissolve utilizamos a coluna USO, com as classes do uso do solo, e a coluna CD\_GEOCODI, com o número de identificação de cada setor censitário definido pelo IBGE.

Posteriormente, calculamos a área de cada uso e exportamos as informações para uma planilha eletrônica em formato (.xls), a fim de realizar o cálculo do percentual de cada uso por setor censitário. Com os percentuais de cada uso, os setores censitários foram ordenados em quatro classes de ocupação urbana, as quais foram definidas com base no valor do percentual de área edificada, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 – Classificação dos padrões de ocupação urbana

Classe	Critério	Padrão “imagem do Google Earth –Pro”
Pouco Adensada Agrega áreas que estão em expansão ou não.	Área edificada <20%	
Medianamente Adensada	Área edificada de 20% a 50%	
Adensada	Área edificada de 50% a 70%	
Fortemente Adensada	Área edificada >70%	

Fonte: Imagens do Google Earth-Pro (2010) e adaptado de Dal'Asta (2013).

Para definição das classes consideramos a realidade dos percentuais encontrados na área de estudo e a área edificada. Tais classes possuem as seguintes características:

- Pouco Adensada: percentual de vegetação  $< 85\%$ , área não edificada<sup>14</sup>  $< 85\%$  e mineração  $> 50\%$ .
- Medianamente adensada: percentual de vegetação  $< 70\%$  e área não edificada  $< 75\%$ .
- Adensada: percentual de vegetação  $< 50\%$  e área não edificada  $< 30\%$ .
- Fortemente adensada: percentual de vegetação  $< 20\%$  e área não edificada  $< 20\%$ .

Tendo levado em consideração a área edificada para definir as classes, o somatório das características em cada uma das classes não resultará em 100%, pois analisamos a particularidade de cada fragmento em relação ao critério da área edificada. Nesse sentido, observa-se que à medida que o percentual da área edificada diminui a classe de vegetação e a área não edificada aumentam. Considerando o limite do setor censitário e tendo em vista que em todos os setores existe algum tipo de edificação, decidimos não criar a classe não edificada.

Em seguida, através da ferramenta “União” do software Qgis, realizou-se a junção entre a planilha eletrônica (.xls) com as informações da classificação dos padrões de ocupação urbana e a camada vetorial dos setores censitários. Tal mescla teve como resultado a camada vetorial dos setores censitários ordenados em quatro classes, segundo os padrões de ocupação urbana: pouco adensada, medianamente adensada, adensada e fortemente adensada. Para conferência, definimos uma simbologia para representação gráfica das classes, através das propriedades da camada "Aba estilo".

Essas classes colaboram de forma expressiva para compreender o aumento ou diminuição do grau vulnerabilidade ambiental, tendo em vista que nos setores mais adensados a vulnerabilidade é maior, ao passo que nos setores menos adensados a vulnerabilidade tende a ser menor. No caso deste último, dois fatores são determinantes: a presença de mais características ambientais naturais, que atuam de forma significativa para estabilização natural desses locais, e a menor proporção de ocupação humana.

Com a base cartográfica elaborada, procedemos à composição da vulnerabilidade ambiental em relação aos padrões de ocupação urbana. Para isso foi necessário realizar a conversão do arquivo vetorial para raster e reclassificar a variável, no intuito de atribuir valores referentes à vulnerabilidade ambiental (Figura 2B).

---

<sup>14</sup> Consideramos como área não edificada os percentuais de lagos, lotes vagos e solo exposto.

## **Litologia**

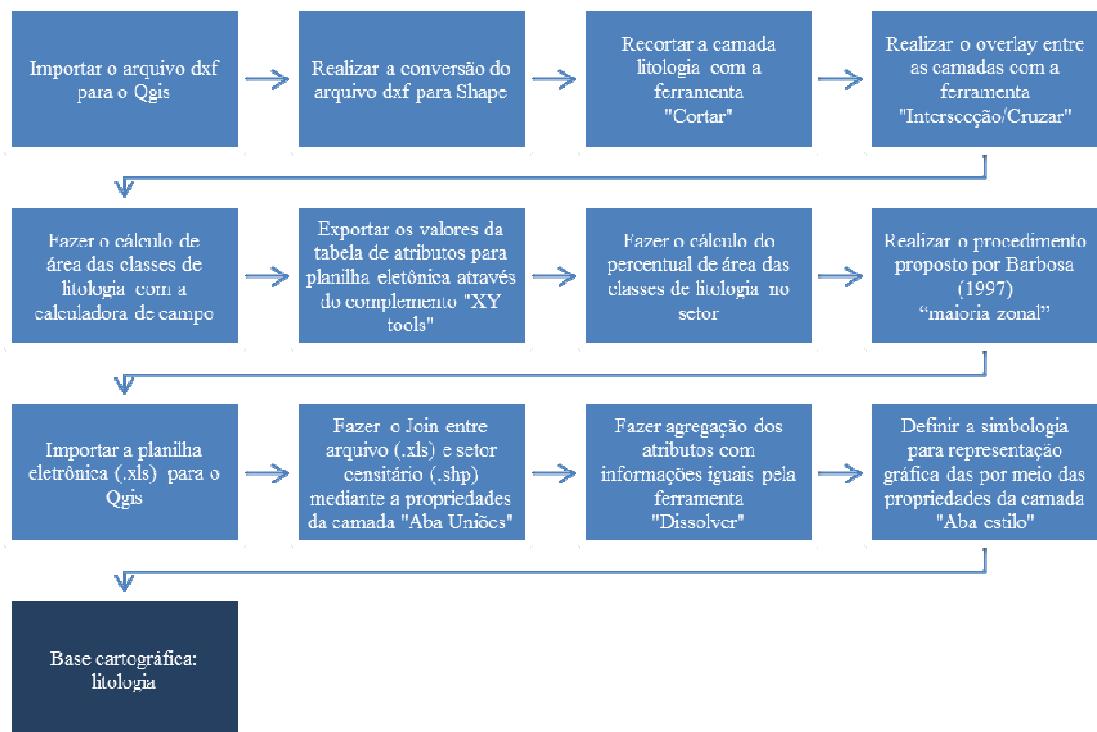
Essa variável é usada regularmente em estudos de vulnerabilidade ambiental. Neste trabalho adotamos a mesma por ser um dos fatores condicionantes para a definição dos tipos de solos da área de estudo. Entretanto, como não realizamos estudos geotécnicos e geológicos mais detalhados na área, utilizamos os mesmos critérios de Crepani (2001) para classificação das rochas quanto à vulnerabilidade. Ressalte-se que a classificação de Crepani (2001) é a mais utilizada e consagrada nos estudos de vulnerabilidade ambiental. Nesse sentido, acreditamos que o resultado dessa variável não foi comprometido.

Essa variável para estudos de vulnerabilidade também foi utilizada por Nascimento (2011, p. 111), que verificou que em “rochas pouco coesas prevalecem os processos modificadores do relevo (processos erosivos), em função da porosidade e da permeabilidade; já em rochas muito coesas predominam os processos de formação do solo (pedogênese)”, sendo estas menos susceptíveis a processos erosivos.

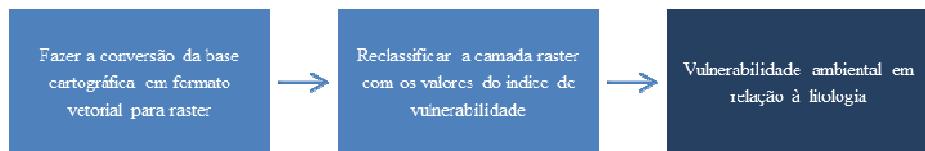
Partindo das ideias de Crepani (2001) e Nascimento (2011), o índice de vulnerabilidade em relação a essa variável nos permite avaliar qual tipo de rocha é mais suscetível a processos erosivos na área de estudo.

Para elaboração da variável litologia utilizamos a base em formato .dxf, na escala de 1:25.000, disponibilizada pela empresa Kinross, e a camada vetorial com os setores censitários do censo de 2010. O processo ocorreu em duas etapas, conforme fluxograma (Figura 5). Todo procedimento técnico-metodológico aqui descrito foi executado nos softwares QGis e Excel.

Figura 5 – Fluxograma com as etapas de elaboração da vulnerabilidade ambiental em relação à litologia  
 (A) Primeira etapa:



(B) Segunda etapa:



Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Uma vez que a base de dados com os limites litológicos estava em formato (.dxf), o primeiro procedimento a ser realizado para dar sequência ao trabalho foi a conversão do arquivo para o formato SIG, no caso, para um formato vetorial do tipo shape.

Com os arquivos no formato shape, operamos o recorte com a ferramenta “Cortar” para que os dados abrangessem apenas a área de estudo. Em seguida, para que a camada de litologia tivesse relação com o setor censitário, realizamos o overlay com a ferramenta “Intersecção/Cruzar” entre a camada de litologia e a camada do censo com os setores censitários. Em seguida, calculamos a área das classes litológicas por setor censitário e exportamos essas informações para uma planilha eletrônica em formato (.xls), através do complemento “XY tools” do Qgis.

Após a intersecção entre as camadas, observou-se que em alguns setores havia mais de um tipo de litologia, o que não convém para a construção dessa variável de vulnerabilidade

ambiental. Pois, para as informações da vulnerabilidade social o IBGE disponibiliza por setor apenas um valor correspondente para cada variável, logo é necessário que permaneça no setor apenas um tipo de informação ambiental por setor. Para que fique no setor apenas uma classe da variável, utilizamos o procedimento metodológico denominado “maioria zonal”, proposto por Barbosa (1997), que consiste em deixar o fragmento com maior frequência encontrado no setor. O procedimento de maioria zonal prevê o cálculo do percentual de área de cada classe em relação à área do setor censitário e posterior reclassificação. Dessa maneira, nos setores censitários com duas classes de litologia prevaleceu aquela com maior percentual de área, obtendo, assim, apenas um fragmento de litologia para cada setor censitário.

Após exportar as informações para a planilha eletrônica, fez-se o cálculo do percentual litológico e a reclassificação dos setores de acordo com as classes de litologia predominantes, seguindo a abordagem de Barbosa (1997). Em seguida, foi necessário unir essas informações com a camada vetorial resultante da intersecção no Qgis. Para realizar esse procedimento, importamos a tabela para o software Qgis e, através do procedimento “União”, inserimos as informações do Excel na camada vetorial denominada “interRec.shp”.

Cabe ressaltar que, ao realizar a intersecção, os setores continuaram com dois valores de código CD\_GEOCODI, e com a mesma informação litológica. Entretanto, é necessário que o setor censitário fique com apenas um código de identificação. Para resolver tal divergência, dissolvemos as geometrias utilizando como coluna base o COD\_GEOCODI (com o número do setor censitário), ou seja, todos os fragmentos de mesmo COD\_GEOCODI se transformaram em um único COD\_GEOCODI, de modo que cada setor censitário ficou com apenas um número de identificação do setor e um tipo de litologia.

Através dos procedimentos expostos, verificou-se que na área de estudo há três tipos de classes litológicas: Ardosia/ Folhelho carbonosos, Laminito/ Folhelho siltico arenoso e Filito/ xisto.

Por fim, na segunda etapa de elaboração dessa variável (Figura 5B), fez-se a conversão do arquivo vetorial para o formato raster e a reclassificação, atribuindo-lhes valores referentes à vulnerabilidade ambiental.

## **Solos**

Essa variável é importante para estudos de vulnerabilidade ambiental, pois está relacionada aos processos erosivos. Nesse sentido, é importante verificar algumas

características dos solos para diagnosticar quais deles são mais susceptíveis a tais processos. Dentre essas características, tem-se a erodibilidade, entendida como “a maior ou menor possibilidade que um solo tem de sofrer erosão em relação a outro tipo de solo, mesmo que a declividade e cobertura vegetal sejam parecidas” (OSAKI, 1994 apud URBAN, 2011. p. 9).

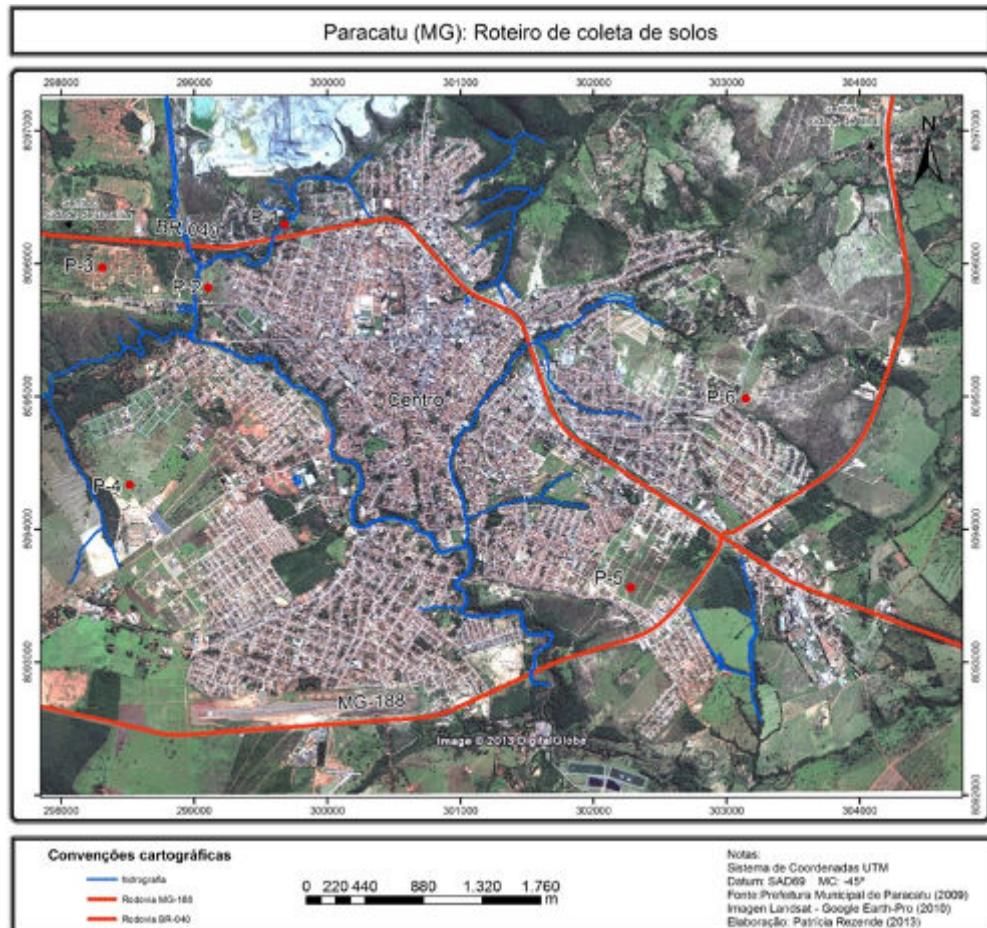
De acordo com o Zoneamento Ecológico Econômico preliminar da Bahia, não é somente a erodibilidade que determina o potencial de erosão, mas também outros fatores, tais como:

a)textura: relacionada a susceptibilidade dos materiais à alteração e aos processos de erosão. Quando o solo tem uma textura muito argilosa, alta coesão entre as partículas são menos susceptíveis a erosão, logo são menos vulneráveis. b) profundidade: quanto mais profundo o solo mais disponibilizam quantidade de material para ação de processos erosivos, sendo esse tipo de solo menos vulnerável; já os solos rasos, tornam-se rapidamente saturados de água o que favorece a ocorrência de enxurradas e escoamento superficial, são solos mais vulneráveis. (SECRETARIA DO PLANEJAMENTO; SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, p.5)

Apoiado nos estudos desenvolvidos por Crepani (2001) e Nascimento (2011), o índice de vulnerabilidade em relação a essa variável foi criado no intuito de identificar os tipos de solos e verificar o grau de susceptibilidade a processos erosivos.

Para elaboração da variável em questão utilizamos a base cartográfica de Rezende (2014), no qual a mesma utilizou o arquivo de litologia em formato (.dxf) disponibilizada pela empresa Kinross, amostras de solos coletadas em campo e o mapa de declividade. Tendo em vista que o solo da área urbana de Paracatu é condicionado pela topografia e pela litologia a autora fez coleta de amostras de solos em seis pontos distribuídos na área urbana (Figura 6).

Figura 6 – Roteiro de coleta de solos utilizado por Rezende (2014) para elaboração do mapa de solos



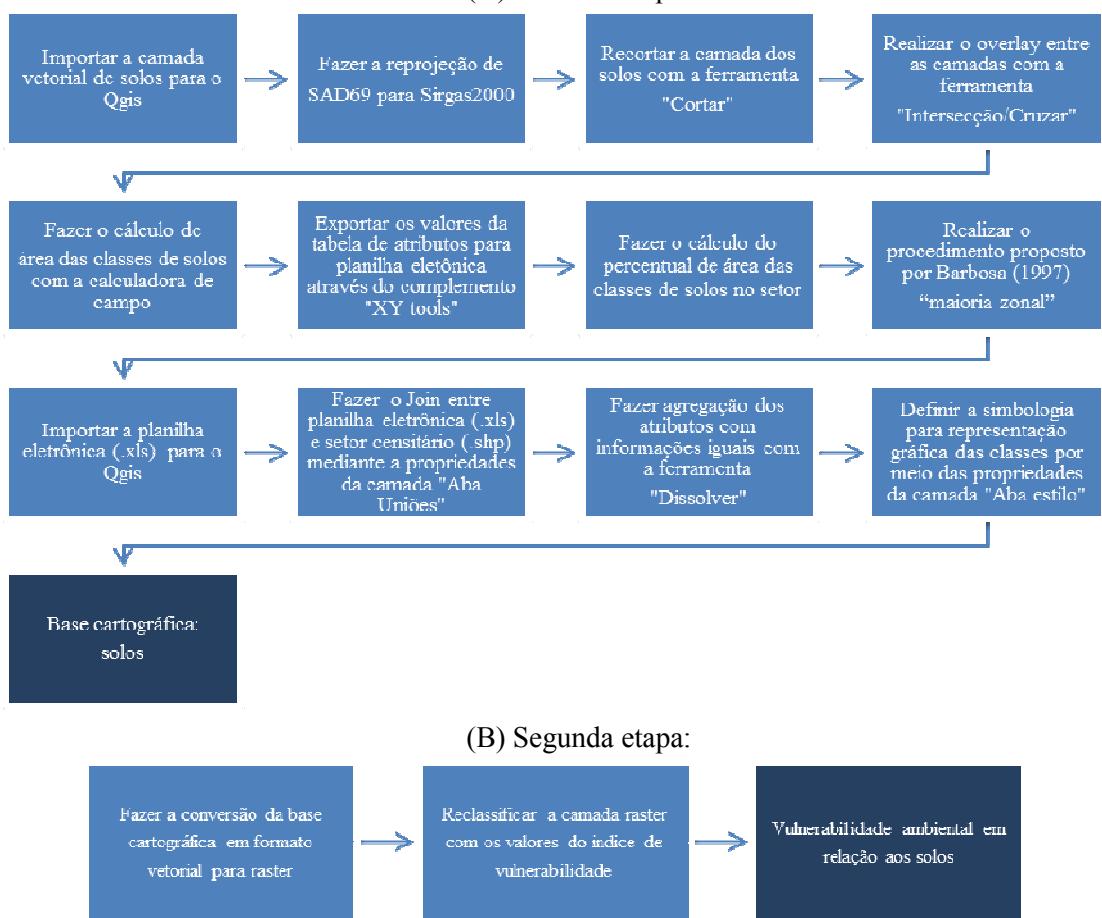
Fonte: Rezende (2014).

Para a coleta dos solos (Figura 6) levou-se em consideração o tipo de litologia e declividade predominantes no local. Coletaram-se duas amostras de solos em cada tipo de formação litológica (REZENDE, 2014).

Uma vez coletadas as amostras de solos, as mesmas foram enviadas ao Laboratório de solos do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia para realização da análise textural e química. Nesse processo foi empregado o código Munsell, a fim de determinar a coloração dos solos. Para interpretação da análise textural utilizamos o triângulo de textura de solos (REZENDE, 2014).

A base disponibilizada por Rezende (2014) já estava em formato shape, com SRC SAD69/UTM zona 23S. Sendo assim, foi necessário reprojetar o shape para Sirgas2000/UTM zona 23S e realizar alguns procedimentos, conforme apresentado no fluxograma (Figura 7). Para elaborar a variável solos utilizamos os softwares QGis e Excel.

Figura 7 – Fluxograma com as etapas de elaboração da vulnerabilidade ambiental em relação aos solos  
 (A) Primeira etapa:



Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Com a camada convertida para o sistema de referência usual deste trabalho, Sirgas2000/UTM zona 23S, o próximo procedimento realizado foi o recorte da camada com a ferramenta “Cortar” para que a mesma representasse apenas a área de estudo. Posteriormente, foi necessário relacionar a camada dos solos com os setores censitários. Para isso, aplicamos a intersecção entre camadas com a ferramenta “Intersecção/Cruzar”. Obtivemos assim as classes de solos representadas por setor censitário.

Com esse resultado tem-se vários tipos de solo por setor, de modo que foi preciso realizar o procedimento de “maioria zonal”, proposto por Barbosa (1997), para que os setores censitários apresentassem apenas um tipo de solo. Aplicando esse método, prevaleceu no setor o tipo de solo com maior percentual de área. Para realizar a maioria zonal foi necessário calcular a área de cada tipo de solo em  $m^2$ , dispensando o cálculo de área do setor, pois o mesmo já continha sua área em  $m^2$ . Após esse procedimento, exportou-se as informações da

camada para a planilha eletrônica .xls, através do complemento “XY tools”, a fim de calcular o percentual do tipo de solo em relação à área do setor e reclassificá-lo.

Feita a reclassificação dos solos na planilha eletrônica do Excel com base no método maioria zonal de Barbosa (1997), importamos a tabela para o Software QGis e utilizamos o recurso “União” para mesclar as informações da planilha com a camada do setor censitário “solos\_intersec”.

Em seguida, foi necessário realizar o mesmo procedimento empregado na elaboração da variável litologia, pois, devido à intersecção, a camada resultante da união “solos\_intersec\_união” ficou com seu COD\_GEOCODI duplicado, embora com a mesma classe de solo. Entretanto, o ideal seria que cada setor censitário apresentasse apenas um número de identificação. Sendo assim, precisamos agregar as geometrias iguais a partir de uma coluna base, no caso, a coluna COD\_GEOCODI; assim os setores com mais de um número de COD\_GEOCODI foram dissolvidos com a ferramenta "Dissolver" tendo como resultado apenas um número de identificação para cada setor COD\_GEOCODI, com seu respectivo tipo de solo já classificado anteriormente.

Através desse método foram verificados na área três tipos de solos: Neossolo litólico, Latossolos e associação Neossolo Litólico e Cambissolo.

Com a base cartográfica de solos elaborada, procedemos à composição do índice de vulnerabilidade ambiental em relação aos solos. Para tanto, foi necessário realizar a conversão do arquivo vetorial para raster e reclassificar a variável, no intuito de atribuir valores referentes à vulnerabilidade ambiental (Figura 7B).

## **Declividade**

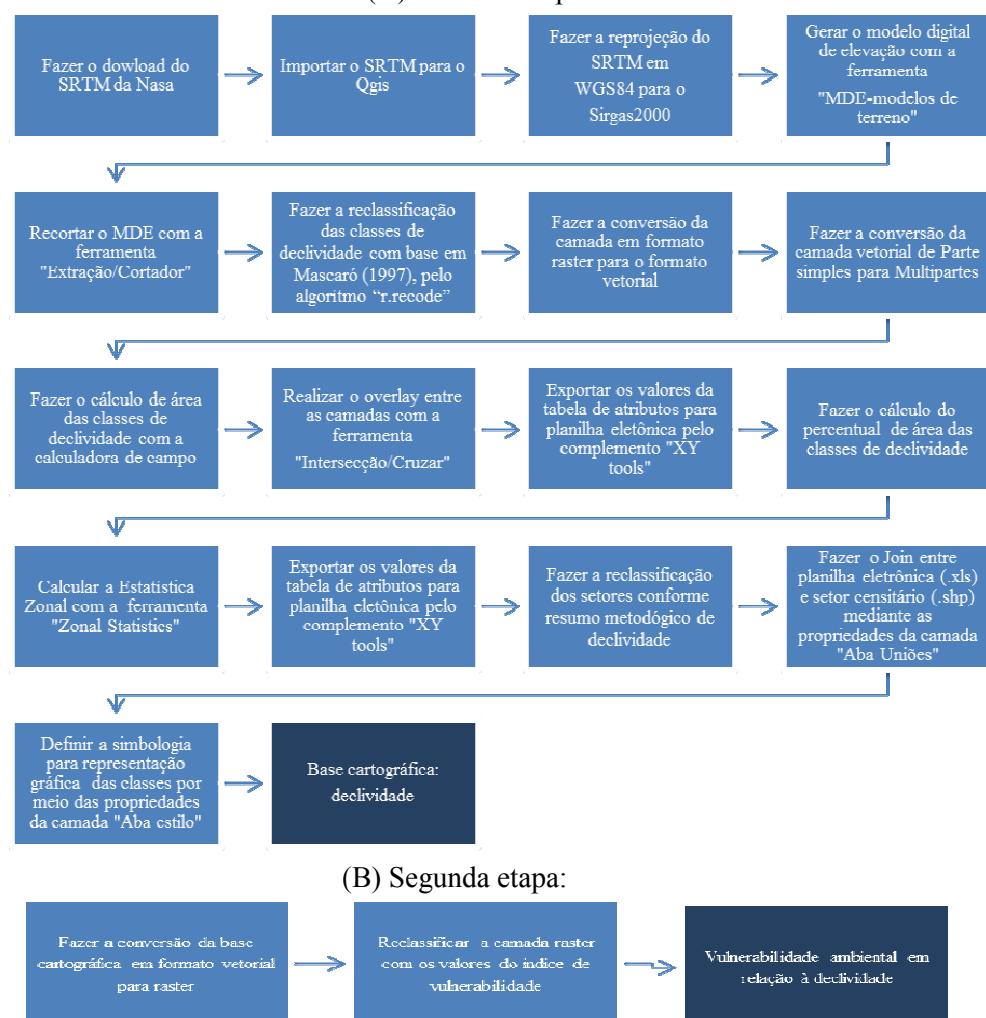
A variável declividade é essencial para estudos em áreas urbanas, uma vez que sua análise permite indicar as áreas sem restrições à ocupação humana, bem como as áreas que podem ser ocupadas, embora com restrições e, por fim, as áreas que necessitam de atenção especial ou cuja ocupação humana é inviável. Estas devem ser regulamentadas pelas leis ambientais e urbanas e, em geral, correspondem a áreas com baixas (<2%) e altas declividades (>30%) (LOMBARDO; FREITAS, 2013).

Sabendo a importância da declividade para os estudos ambientais urbanos, essa variável tem a finalidade de diagnosticar os setores localizados em baixas declividades (inferiores a 2%), os quais são susceptíveis a inundação, e aqueles situados em altas declividades (>22%),

susceptíveis a deslizamentos de massa. Portanto, estas duas classes foram consideradas como impróprias à ocupação humana devido as suas fragilidades ambientais e, quando ocupadas, tornam-se áreas de risco.

Para construção da variável declividade apoiamos nos estudos desenvolvidos por Mascaró (2005), Nascimento (2011), Alcântara (2012) e recorremos ao SRTM-GL1 (*Shuttle Radar Topography Mission*) da NASA, disponível no site Earth Explorer, administrado pela USGS. O SRTM utilizado possui resolução espacial de 30 m, sistema de coordenadas Lat/Long e Datum WGS84. Todos os procedimentos aqui descritos foram executados nos softwares QGis, Excel e Bloco<sup>15</sup> de Notas. Essa variável foi elaborada em duas etapas, a saber: composição da base cartográfica e reclassificação, conforme Figura 8.

Figura 8 – Fluxograma com as etapas de elaboração da vulnerabilidade ambiental em relação à declividade  
(A) Primeira etapa:



Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

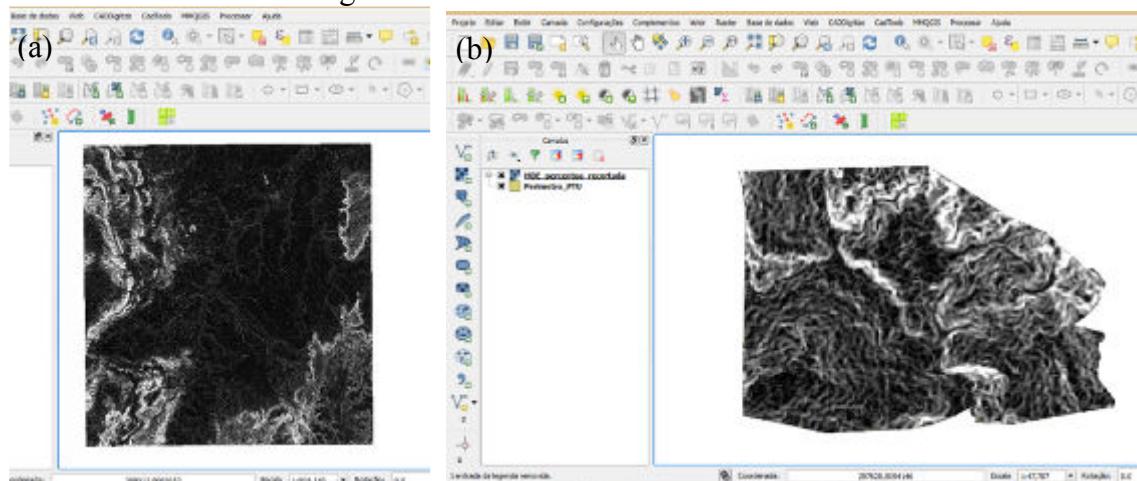
<sup>15</sup> O Bloco de Notas pertence ao pacote do Windows e a licença é particular.

Inicialmente foi necessário reprojetar o SRTM, referenciado em WGS84 (graus), para Sirgas2000/UTM zona 23S (metros), pois as demais bases cartográficas da área de estudo possuem esse sistema de referência.

Com o SRTM reprojetado, o próximo procedimento foi gerar a declividade em porcentagem, através da ferramenta “MDE” (Modelos de Terreno). A declividade pode ser expressa em grau ou porcentagem, mas a maioria dos estudos utiliza a porcentagem para representação, pois esta facilita a interpretação do relevo. Somado a isso, a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano, e o pesquisador em infraestrutura e vegetação urbana Mascaró (2005) adota as classes em porcentagem. Por tais razões, este estudo também optou pela representação dos resultados gerados para a declividade em porcentagem.

Para obter os dados referentes à declividade gerou-se uma área maior que o limite de estudo, a fim de que nenhuma informação se perdesse ao realizar o processamento. Uma vez gerado o modelo, efetuamos o recorte (Figura 9b), utilizando a camada do limite da área de estudo (perímetro), através da ferramenta de extração “Cortador”. Feito isso, tivemos como resultado a declividade apenas para o perímetro urbano.

Figura 9 – Resultado do recorte do MDE



Fonte: SRTM da Nasa (2000), Qgis (2015). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Posteriormente, reclassificamos o arquivo atribuindo as classes de declividade que melhor representassem a forma do relevo. Para tanto, seguimos o estudo realizado por Mascaró (2005) para áreas urbanas (Tabela 1). As classes de declividade apresentadas pelo autor foram adaptadas para a realidade da área de estudo e hierarquizadas em cinco categorias. Para as classes de declividade foram atribuídos números de representação, a fim de facilitar a execução das próximas etapas.

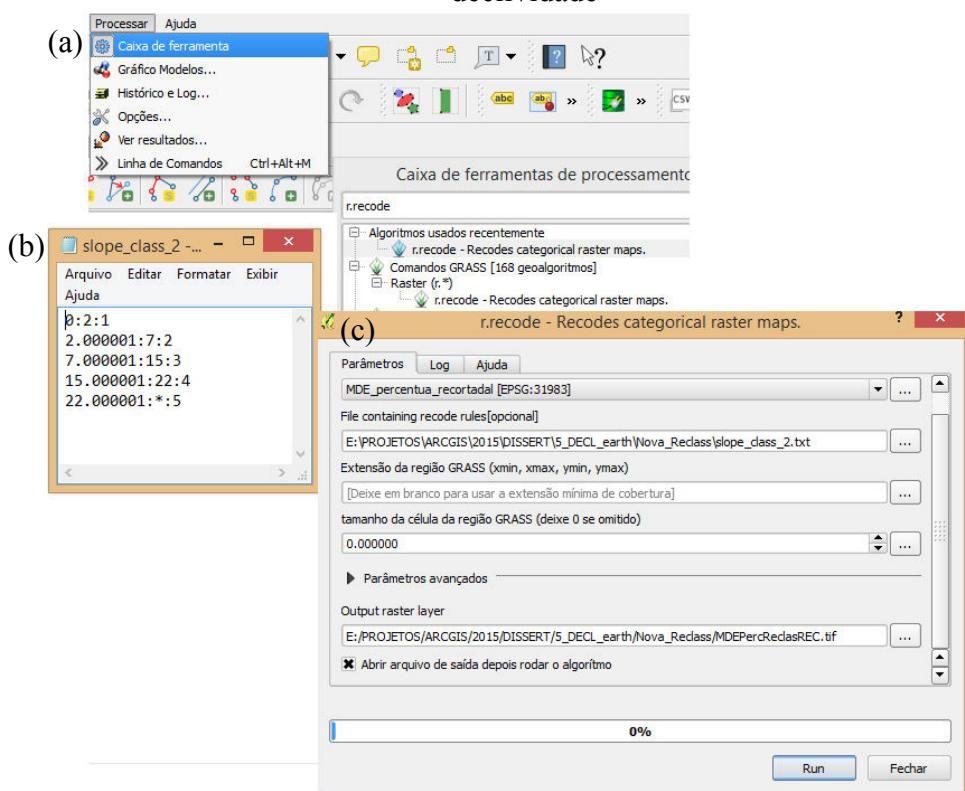
Tabela 1 – Classe de declividade e tipo de relevo

Classes de declividade	Número	Classe do relevo
<2%	1	Plano
≥2% a 7%	2	Suave ondulado
≥7% a 15%	3	Moderadamente ondulado a ondulado
≥15% a 22%	4	Ondulado
≥22%	5	Forte ondulado

Fonte: Adaptado de Mascaró (2005).

A declividade foi reclassificada através do algoritmo “r.recode” do módulo Grass, localizado na caixa de ferramenta do QGis. Para utilizar esse recurso é necessário criar as cinco classes de declividades num arquivo do Bloco de Notas (Figura 10).

Figura 10 – Etapas para utilização do Algoritmo “r.recode” para reclassificação da declividade



Fonte: Dados da pesquisa, Qgis (2015). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Esse algoritmo reclassifica o arquivo de declividade nas classes definidas no Bloco de Notas (Figura 10b). Na janela do “r. recode” (Figura 10c) é necessário informar o MDE a ser reclassificado e o Bloco de Notas com os valores para substituição. Após a reclassificação, as classes de declividade que variavam entre < 2% e 45% foram representadas neste trabalho pelos valores de 1 a 5.

A declividade gerada está em formato raster, de modo que não é possível calcular a área das classes de declividade, pois o raster não possui tabela de atributos para realizar essa operação. Assim, para saber a área de cada classe de declividade é necessário converter os dados de raster para vetor, através do algoritmo “poligonizar”. Dessa forma foi criado um novo arquivo vetorial com as classes de declividade separadas de 1 a 5.

Na sequência, para facilitar o cálculo de área de cada classe, deve-se unir as geometrias de mesmo número, através da ferramenta de conversão de geometrias “Parte simples para multipartes”. O resultado pode ser visualizado na Figura 11.

Figura 11 – Resultados da conversão de geometrias de parte simples para multipartes

DN	Type
0	Simple
1	Simple
2	Simple
3	Simple
4	Simple
5	Simple
6	Simple
7	Simple
8	Simple
9	Simple
10	Simple
11	Simple
12	Simple
13	Simple
14	Simple
15	Simple
16	Simple
17	Simple
18	Simple
19	Simple
20	Simple
21	Simple
22	Simple
23	Simple

DN	Type
0	Múltiplos
1	Múltiplos
2	Múltiplos
3	Múltiplos
4	Múltiplos

Fonte: Dados da pesquisa, Qgis (2015). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Observe-se que na tabela de atributos da Figura 11a a classe de declividade expressa no valor 1 aparece inúmeras vezes, dificultando o cálculo de área, pois cada número representa um polígono de declividade, o qual terá um valor de área. Com a aplicação do recurso “multiparte” (Figura 11b), verifica-se na tabela de atributos apenas um número para cada classe, sendo este o somatório de todos os polígonos de mesmo número (DN). Esse procedimento facilita o cálculo de área, pois o mesmo é feito para contemplar o total de cada classe representada pelo número em (DN) e não cada fragmento. Em seguida, foi possível realizar o cálculo de área de cada classe.

Para atingir os objetivos desta pesquisa foi necessário, ainda, que a declividade tivesse relação com o setor censitário. Assim, procedemos o overlay entre a camada de declividade e a camada do setor censitário. Esse procedimento foi realizado através da ferramenta “Intersecção”, localizada no módulo Geoprocessamento do software Qgis. O estudo também

demanda que cada setor censitário contenha apenas uma classe predominante de declividade. Para isso, criamos uma metodologia específica, cuja necessidade se deve aos seguintes fatores: I) a única informação disponível a respeito da área estudada era o SRTM com resolução espacial de 30 metros, a qual é imprópria para estudos em áreas urbanas, mas a cidade de Paracatu não possuía dados altimétricos de todo o perímetro; II) os setores censitários possuem perímetros muito amplos; III) não foi encontrada na literatura nenhuma metodologia que atingisse o objetivo de atribuir apenas uma classe de declividade a cada setor censitário; IV) a declividade é uma das principais variáveis para identificar a vulnerabilidade ambiental, por isso não poderia ser excluída da análise; V) a metodologia de maioria zonal proposta por Barbosa (1997) não teve resultados significantes para essa variável.

Assim, no intuito de incluir essa variável e fazer com que a mesma conseguisse representar de forma fidedigna o relevo da área de estudo, definimos alguns critérios, levando em consideração três tipos de informação, todas expressas segundo o setor censitário: declividade em percentual, percentual de área de declividade e estatística zonal. Essa metodologia foi realizada nas seguintes etapas:

- a) Cálculo do percentual de área de cada classe de declividade por setor censitário: para obter esse resultado utilizou-se a área da declividade ( $m^2$ ) e a área do setor censitário ( $m^2$ ). O cálculo do percentual foi realizado na planilha eletrônica do Excel, exportando-se as informações da tabela de atributos da camada “MDE\_intersec.shp” para a planilha, através do complemento “XY tools”. Com as informações na planilha, calculou-se o percentual de área de cada classe de declividade em relação à área do setor censitário. Esse procedimento foi realizado para todos os setores censitários.
- b) Cálculo da estatística zonal: nesta etapa fez-se uso da ferramenta “Zonal Statistics”, localizada na caixa de ferramentas “Geoalgoritmos” do QGis. Utilizou-se o arquivo MDE com valores de declividade em percentual (camada não reclassificada) e a camada vetorial com os setores censitários. Por intermédio do módulo de estatística zonal é possível extrair valores estatísticos de uma camada raster a partir da sobreposição de uma camada de polígonos vetoriais. Esse procedimento permite criar na tabela de atributos da camada vetorial (Figura 12) uma coluna contendo informações estatísticas da camada raster que estava dentro do polígono. Foi utilizado apenas o resultado referente à declividade máxima. Com os valores da estatística zonal na tabela de atributos, exportou-se essas informações para uma planilha eletrônica por meio da ferramenta “XY tools”.

Figura 12 – Resultado da Estatística Zonal

Tabela de atributo - zonal_estatística : Total de feições: 88, filtrada(S): 88, selecionada(S): 0													
JECT	CD_GEOCOD1	Hape_Len	Shape_Area	Zmin	Zmax	Zsum	Zcount	Zmean	Zstd	Zunique	Zrange	Zvar	
0	314700605000001	1485.51...	137603.21134...	0.586804	14.705263	812.562439	152.000000	5.345806	2.606117	75.000000	14.118459	6.791846	
1	314700605000002	1338.28...	78413.211477...	0.586804	13.948169	414.372070	92.000000	4.504044	2.617056	52.000000	13.361365	6.848984	
2	314700605000003	1827.43...	117306.11940...	0.586804	12.909685	595.749084	127.000000	4.690938	2.417824	65.000000	12.322881	5.845873	
3	4 314700605000004	2814.86...	345136.88991...	0.000000	16.926012	2131.022217	380.000000	5.607953	3.118878	125.000000	16.926012	9.727400	
4	5 314700605000005	2846.25...	207882.9957...	0.000000	12.378641	1062.198120	234.000000	4.624778	2.589501	84.000000	12.778641	6.685331	
5	6 314700605000006	2052.57...	198553.15236...	0.000000	15.800176	1105.657593	214.000000	5.166624	3.353749	92.000000	15.800178	11.247635	
6	7 314700605000007	2277.64...	204127.85132...	0.586804	23.828861	1505.906516	225.000000	6.692918	4.772937	122.000000	23.42057	22.780931	
7	8 314700605000008	2048.91...	171860.67866...	0.586804	25.198427	1281.067749	187.000000	6.850630	3.670897	99.000000	24.618623	13.475485	
8	9 314700605000009	1693.34...	86217.954128...	0.586804	24.631786	1110.802124	91.000000	12.206617	5.571220	79.000000	24.044982	31.038494	
9	10 314700605000010	1972.81...	147956.90470...	0.586804	28.657425	1661.111938	154.000000	10.786441	7.680084	111.000000	28.070621	58.983684	
10	11 314700605000011	1377.58...	90753.004970...	1.312133	15.800178	746.660828	102.000000	7.320204	3.604654	70.000000	14.488044	12.993529	
11	12 314700605000012	1079.77...	68789.920007...	1.760412	20.191511	805.917236	76.000000	10.604174	3.941671	67.000000	18.431100	15.536767	
12	13 314700605000013	1706.81...	141288.78521...	0.000000	15.223009	845.562439	157.000000	5.385748	3.425371	80.000000	15.223009	11.733166	
13	14 314700605000014	1991.04...	17976.30459...	1.312133	20.837734	2216.105469	201.000000	11.025400	4.529014	146.000000	19.525601	20.511967	
14	15 314700605000015	2226.72...	194022.31501...	0.000000	21.335789	1747.278320	213.000000	8.203185	4.463094	130.000000	21.335789	19.919211	
15	16 314700605000016	2101.62...	263767.722401...	0.586804	42.412567	292.000000	292.000000	14.459955	7.536430	213.000000	41.825763	56.797778	
16	17 314700605000017	3523.23...	701717.14219...	0.829866	37.445259	9355.462891	774.000000	12.087161	5.902890	352.000000	36.615393	34.844108	
17	18 314700605000018	1808.07...	100249.21445...	0.829866	27.498938	1710.299072	111.000000	15.498100	6.142953	100.000000	26.668642	37.735871	
18	19 314700605000019	1761.35...	126309.67792...	1.855637	22.952959	1620.138794	138.000000	11.740136	4.881219	111.000000	21.097322	23.826303	
19	20 314700605000020	1760.32...	143042.98389...	1.659732	19.355635	1499.652446	160.000000	9.372703	3.802036	115.000000	17.699503	14.455478	
20	21 314700605000021	1601.40...	146827.79286...	1.312133	29.672787	1813.551636	164.000000	11.058242	5.283387	128.000000	28.360553	27.914176	
21	22 314700605000022	1817.23...	156627.507663...	0.586804	20.546516	1830.232666	176.000000	10.399049	4.423612	124.000000	19.595913	19.568343	
22	23 314700605000023	2118.06...	184838.4117...	0.586804	13.749254	1513.734009	204.000000	7.420265	2.974601	115.000000	13.162450	8.848253	
23	24 314700605000024	1977.64...	138784.31324...	0.000000	20.191511	1060.138062	149.000000	7.115021	3.995666	93.000000	20.191511	15.965589	
24	25 314700605000025	2467.16...	235283.97120...	0.586804	17.328110	1981.940430	260.000000	7.622848	4.146375	141.000000	16.741306	17.192426	
25	26 314700605000026	1582.01...	141643.09168...	0.829866	20.165915	1289.526172	158.000000	8.160292	4.863157	106.000000	19.336049	23.650298	
26	27 314700605000027	3856.45...	562659.26260...	0.000000	17.057734	4012.188965	621.000000	6.460852	2.792742	149.000000	17.057734	7.799405	
27	28 314700605000028	6729.05...	1641831.8476...	0.000000	20.546516	11983.188477	1813.000000	6.695951	3.280874	211.000000	20.546516	10.764137	
28	29 314700605000029	3196.19...	299768.65382...	0.586804	30.984133	3303.390137	334.000000	8.903900	5.695326	203.000000	30.397329	32.413387	
29	30 314700605000030	7106.20...	2712949.0882...	0.000000	26.536255	24563.876953	2986.000000	8.226349	4.229447	350.000000	26.536255	17.888223	
30	31 314700605000031	5216.69...	1221489.6765...	0.000000	45.943409	16358.047852	1344.000000	12.171167	6.709663	470.000000	45.943409	45.019581	

Fonte: Dados da pesquisa, Qgis (2015). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

- c) Na planilha eletrônica elaborou-se uma tabela contendo as classes de declividade, o percentual de declividade por setor e os valores da declividade máxima do setor. Posteriormente se fez a reclassificação dos setores quanto à declividade, conforme critérios estabelecidos na Tabela 2. Ressalte-se que a análise foi feita para cada setor censitário, tendo em vista a necessidade de extrair primeiramente os setores vulneráveis, nesse caso, as declividades < 2% e > 22%.

Tabela 2 – Critérios para reclassificação dos setores em relação às classes de declividade

Declividade (%)	Percentual de área de declividade (%)	Estatística Zonal (máxima declividade)	Classe de declividade final (%)
<b>Baixas declividades</b>			
<2 (1)*	10 a 20	<15%	<2 (1)*
<b>Médias declividades</b>			
≥2 a <22 (2 a 4)*	Prevalece o maior percentual de área de declividade	>15% a < 40%	≥2 a 7 (2)*
<b>Altas declividades</b>			
≥22 (5)*	>15	> 40%	≥22 (5)*

(\*) Número que representa a classe de declividade

Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Para reclassificar os setores utilizou-se a seguinte metodologia: caso o setor censitário apresentasse a classe de declividade <2% (DN =1), com percentual de área de declividade

entre 10 e 20% e o resultado da estatística zonal fosse <15%, a classe de declividade <2% seria adotada como final. Se o setor tivesse a classe de declividade <2%, mas não atendesse aos demais critérios, prevaleceria a classe referente ao maior percentual de área de declividade no setor. Esse procedimento pode ser visualizado na Figura 13, cujo item (a) apresenta a reclassificação dos setores de acordo com os critérios estabelecidos e o item (b), o resultado final com um exemplo de cada critério adotado.

Figura 13 –Tabela com os procedimentos para reclassificar os setores censitários de acordo com os critérios de declividade

**(a)**

CD_GEOCODI	DN	Area_Dec	Shape_Area	DEC_perc	DEC_maxima	Clas_F_DECLIVIDADE
31470089500001	1	60027.7109	137693.2113	7.29	15.505263	2
31470089500001	2	64896.8411	137693.2113	6.94	15.505263	2
31470089500001	3	32712.2980	137693.2113	20.27	15.505263	2
31470089500002	1	15101.8184	78413.21148	19.26	8.802058	1
31470089500002	2	49874.7478	78413.21148	63.61	8.802058	1
31470089500002	3	13436.6462	78413.21148	17.14	8.802058	1
31470089500003	1	14940.6372	117306.194	12.74	12.74	1
31470089500003	2	77976.3901	117306.194	66.47	12.909685	1
31470089500003	3	24268.2134	117306.194	20.69	12.909685	1
31470089500003	4	122.8777	117306.194	0.10	117306.194	1
31470089500004	1	34441.2869	345136.8891	9.98	345136.8891	1
31470089500004	2	210993.1794	345136.8891	61.13	16.926012	2
31470089500004	3	96983.594	345136.8891	28.10	345136.8891	1
31470089500004	4	2718.8293	345136.8891	0.79	345136.8891	1
31470089500005	1	30625.2002	207862.2996	14.73	207862.2996	1
31470089500005	2	138687.4912	207862.2996	65.84	12.378641	1
31470089500005	3	40368.6079	207862.2996	19.43	207862.2996	1
31470089500006	1	31205.1995	188553.1524	15.72	188553.1524	2
31470089500006	2	116598.8767	188553.1524	58.72	15.800178	1
31470089500006	3	48898.9321	188553.1524	24.63	188553.1524	2
31470089500006	4	1849.144	188553.1524	0.93	188553.1524	2
31470089500007	1	26848.3098	204127.8513	13.96	204127.8513	2
31470089500007	2	96195.53	204127.8513	47.13	21067912	2
31470089500007	3	67812.245	204127.8513	33.22	204127.8513	2
31470089500007	4	11078.9195	204127.8513	7.59	204127.8513	2
31470089500007	5	76.8209	204127.8513	0.36	204127.8513	2
31470089500008	1	6098.7856	171060.6787	3.53	171060.6787	2
31470089500008	2	92440.0881	171060.6787	53.79	171060.6787	2
31470089500008	3	66968.314	171060.6787	38.91	25.198427	2
31470089500008	4	5437.9199	171060.6787	3.16	171060.6787	2
31470089500008	5	1044.5703	171060.6787	0.61	171060.6787	2

**(b)**

CD_GEOCODI	DN	Area_Dec	Shape_Area	DEC_perc	DEC_maxima	Clas_F_DECLIVIDADE
31470000050002	1	15101.0194	78413.21148	19.20	0.002056	1
31470000050002	2	49874.7478	78413.21148	63.61	0.002056	1
31470000050002	3	13436.6462	78413.21148	17.14	0.002056	1
31470000050004	1	34441.2869	345136.8891	9.98	345136.8891	1
31470000050004	2	210993.1794	345136.8891	61.13	16.926012	2
31470000050004	3	96983.594	345136.8891	28.10	345136.8891	1
31470000050004	4	2718.8293	345136.8891	0.79	345136.8891	1
31470000050005	1	30625.2002	207862.2996	14.73	207862.2996	1
31470000050005	2	138687.4912	207862.2996	65.84	12.378641	1
31470000050005	3	40368.6079	207862.2996	19.43	207862.2996	1
31470000050006	1	31205.1995	188553.1524	15.72	188553.1524	2
31470000050006	2	116598.8767	188553.1524	58.72	15.800178	1
31470000050006	3	48898.9321	188553.1524	24.63	188553.1524	2
31470000050006	4	1849.144	188553.1524	0.93	188553.1524	2
31470000050007	1	26848.3098	204127.8513	13.96	204127.8513	2
31470000050007	2	96195.53	204127.8513	47.13	21067912	2
31470000050007	3	67812.245	204127.8513	33.22	204127.8513	2
31470000050007	4	11078.9195	204127.8513	7.59	204127.8513	2
31470000050007	5	76.8209	204127.8513	0.36	204127.8513	2
31470000050008	1	6098.7856	171060.6787	3.53	171060.6787	2
31470000050008	2	92440.0881	171060.6787	53.79	171060.6787	2
31470000050008	3	66968.314	171060.6787	38.91	25.198427	2
31470000050008	4	5437.9199	171060.6787	3.16	171060.6787	2
31470000050008	5	1044.5703	171060.6787	0.61	171060.6787	2

Fonte: Dados da pesquisa. Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Percebe-se que para cada setor censitário (Figura 13b) existe apenas uma classe de declividade, representada pelos números de 1 a 5. Após os procedimentos detalhados acima, foi organizada no Excel uma planilha resumo, contendo apenas o CD\_GEOCODI e a classe final de declividade. Essa planilha foi importada para o software QGis, a fim de efetuar a união com a camada do setor censitário e distribuição dos setores em cinco classes de declividade.

Foi necessário, ainda, realizar a conversão do arquivo vetorial para raster e a reclassificação da variável (Figura 8b) quanto à vulnerabilidade ambiental no qual será apresentado no item 3.3.1.2.

## Cobertura vegetal

A cobertura vegetal é um fator de proteção contra os processos erosivos, além de atuar no conforto térmico em áreas urbanas. Altas densidades de cobertura vegetal se aproximam da estabilidade, pois atuam na proteção dos solos e recursos hídricos e contribuem para a qualidade ambiental. Já densidades médias e baixas de coberturas vegetais se aproximam da vulnerabilidade, pois a ausência de vegetação facilita a ocorrência de processos erosivos em áreas que estão expostos ao vento e à chuva intensa (CREPANI, 2001). Chamamos de cobertura vegetal toda vegetação nativa e arborização urbana existente na área de estudo. A vetorização da cobertura vegetal foi realizada com base nas copas das árvores.

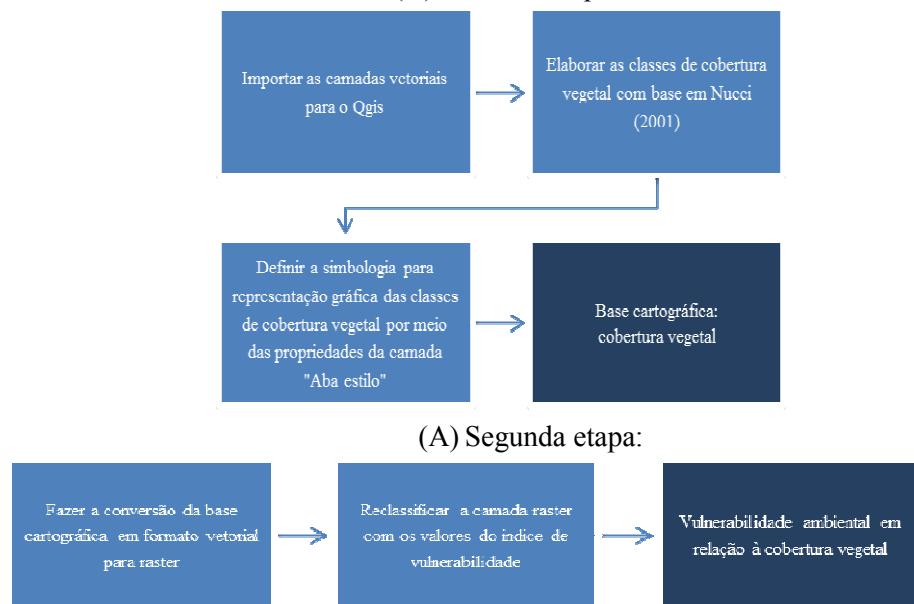
Sabendo a importância da cobertura vegetal em ambientes urbanos e rurais, Nucci (2001 p. 62) apresenta os seguintes valores de classificação dessa variável em ambientes urbanos:

[...] Oke (1973) apud Lombardo (1985) estima que um índice de cobertura vegetal na faixa de 30% seja o recomendável para proporcionar um adequado balanço térmico em áreas urbanas, sendo que áreas com um índice de arborização inferior a 5% determinam características semelhantes às de um deserto.

Embásado na importância da vegetação atribuída por Crepani (2001), nos percentuais apresentados por Nucci (2001) e nos estudo de Nascimento (2011), o índice de vulnerabilidade em relação à cobertura vegetal tem a finalidade de quantificar o percentual de cobertura vegetal existente em cada setor censitário e, com isso, identificar os setores vulneráveis no que concerne a essa variável, pois entende-se que os setores com baixos percentuais de cobertura vegetal são vulneráveis ambientalmente.

Para elaboração da variável cobertura vegetal utilizou-se a camada “Censo\_UTM.shp”, elaborada na variável padrões de ocupação urbana, pois a mesma já contém o percentual de cobertura vegetal por setor censitário. O índice foi elaborado em duas etapas (base cartográfica e reclassificação), conforme fluxograma (Figura 14).

Figura 14 – Fluxograma com as etapas de elaboração da vulnerabilidade ambiental em relação à cobertura vegetal  
 (A) Primeira etapa:



Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Com as camadas no software QGis e de posse do percentual de cobertura vegetal por setor censitário, ordenamos os setores em quatro classes, com base nos critérios estabelecidos por Nucci (2001):

Tabela 3 – Critérios para classificação dos setores censitários em relação à cobertura vegetal

Classe	Percentual de cobertura vegetal
Classe 1	$\geq 60\%$
Classe 2	$\geq 30$ a $60\%$
Classe 3	$\geq 5$ a $30\%$
Classe 4	$< 5\%$

Fonte: Adaptado de Nucci (2001).

Foi necessário ainda converter o arquivo vetorial para o formato raster e reclassificar a variável quanto à vulnerabilidade ambiental (Figura 14b), conforme detalharemos mais adiante.

### Proximidade dos cursos d'água

Esta variável reflete exposição ao risco ambiental de enchentes, veiculação hídrica e processos erosivos. Devido à ocupação irregular de áreas próximas aos cursos d'água, ocorre

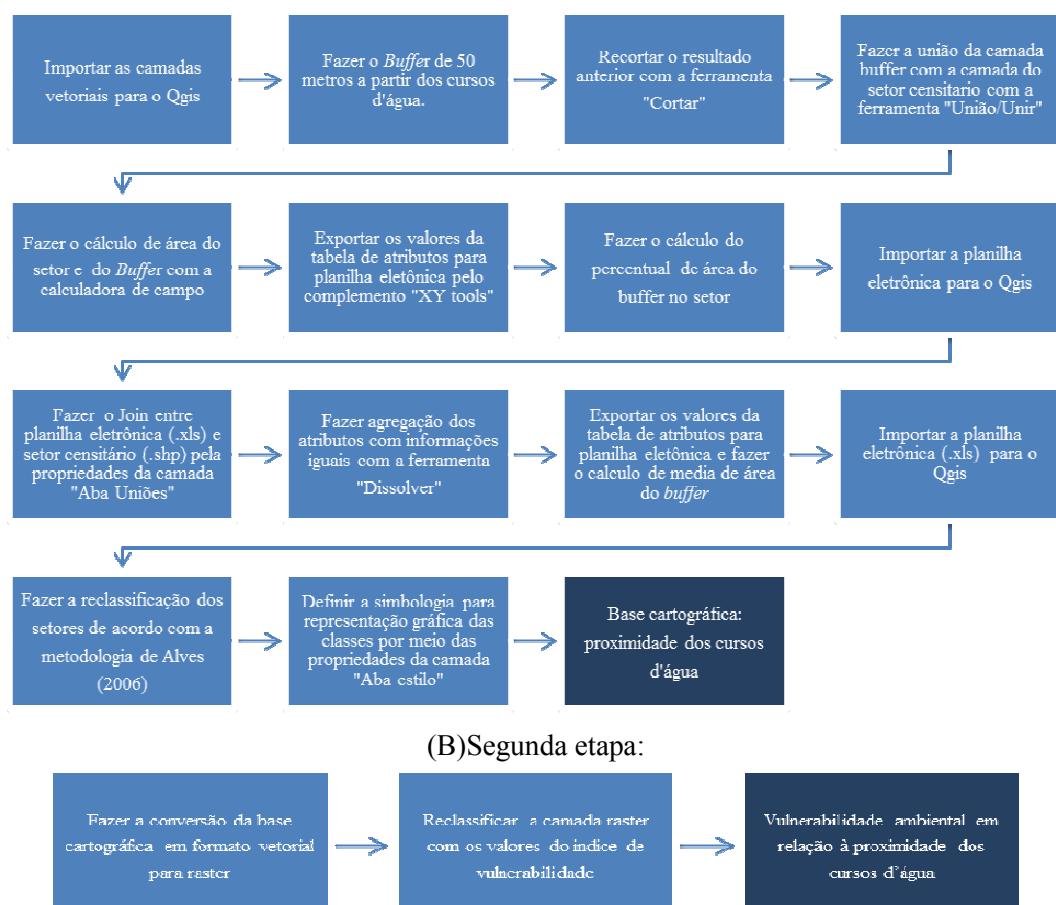
degradação ambiental das mesmas, desencadeando processos erosivos irreversíveis e colocando as pessoas residentes nesses locais em situações de risco.

Para este estudo optou-se pela adaptação da metodologia de Alves (2006), na qual o autor utiliza um indicador que analisa a exposição ao risco ambiental dos setores censitários localizados próximo aos cursos d'água (distância de 50 metros) na região metropolitana de São Paulo.

Para classificar os setores censitários quanto à exposição ao risco ambiental, Alves (2006) utiliza o seguinte critério: são considerados de **alto risco** os setores com 50% ou mais de sua área dentro da margem de 50 metros do curso d'água; de **baixo risco** são setores com menos de 50% de sua área dentro da margem de 50 metros do curso d'água.

Partindo da metodologia de Alves (2006), essa variável tem a finalidade de identificar os setores que estão em exposição ao risco ambiental. Essa metodologia foi desenvolvida em duas etapas (base cartográfica e reclassificação), conforme fluxograma (Figura 15).

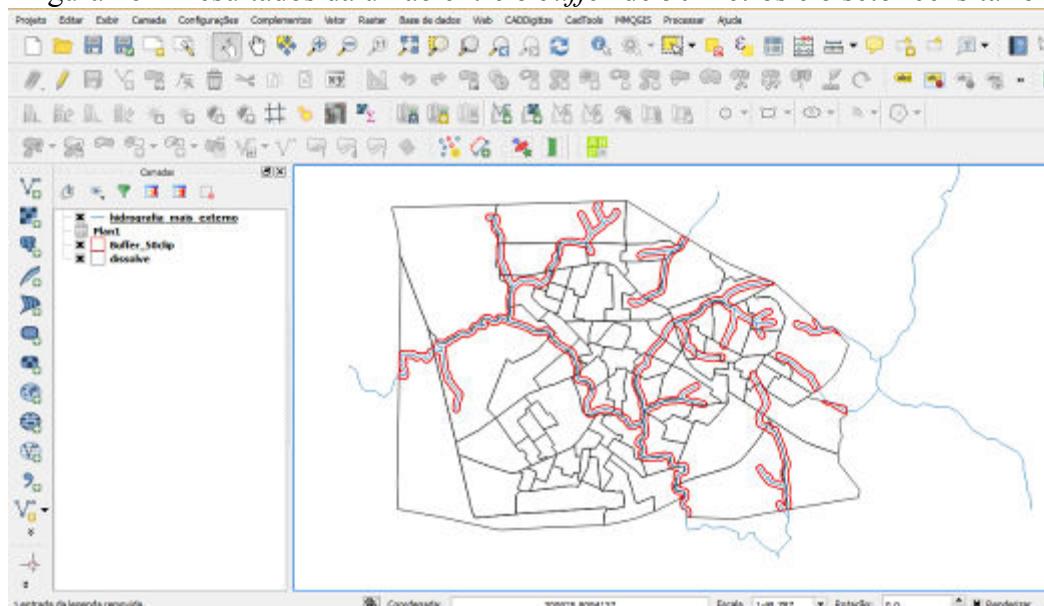
Figura 15 – Fluxograma com as etapas de elaboração da vulnerabilidade ambiental em relação à proximidade dos cursos d'água  
(A) Primeira etapa:



Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Para composição da variável de proximidade dos cursos d'água, utilizamos a hidrografia vetorizada a partir da imagem do Google Earth-Pro (a mesma empregada no mapeamento de padrões de ocupação urbana), e os setores censitários disponibilizados pelo IBGE. Posteriormente no software Qgis, criou-se um *buffer* de 50 metros em relação aos cursos d'água. Por fim, unimos essa camada à do setor censitário através da ferramenta “União/Unir”, obtendo como resultado o buffer relacionado ao setor censitário (Figura 16).

Figura 16 – Resultados da união entre o *buffer* de 50 metros e o setor censitário



Fonte: IBGE (2010), Google Earth-Pro (2010) e Qgis (2015). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Sabendo a área do setor censitário, calculou-se a área do *buffer*. Essas informações foram exportadas para a planilha eletrônica, através da ferramenta “XY tools”, a fim de calcular a média e o percentual de área do *buffer*.

Após tais cálculos, importou-se a planilha para o software QGis para realizar o join (uniões) desses valores com a camada “Uniao\_Buffer\_setor.shp”. A tabela de atributos desta camada é atualizada quando inseridas as informações da planilha.

Devido à união entre a camada do buffer e a camada do setor censitário, o código CD\_GEOCODI dos setores censitários foi duplicado, sendo necessário agregá-lo através da ferramenta “Dissolve” para que ficasse na camada apenas um código CD\_GEOCODI por setor. Com a camada vetorial dissolvida, o próximo passo foi reclassificar os setores censitários quanto à proximidade dos cursos d'água, através dos valores do percentual.

A cidade de Paracatu é uma cidade pequena e possui setores censitários de maior extensão que os de regiões metropolitanas de cidades como São Paulo. Diante desse cenário,

para adotar a metodologia de Alves (2006) foi necessário relativizar a área do setor com a média da área do *buffer* de 50 metros, procedendo da seguinte forma: para cada setor censitário dividiu-se a área do *buffer* pela média de área do *buffer* e multiplicou-se por 100, obtendo assim o percentual de área sobreposta à margem de 50 metros dos cursos d'água.

Uma vez obtido o percentual de área do setor sobreposta à margem de 50 metros, realizou-se a classificação dos setores censitários quanto à exposição ao risco ambiental, seguindo o mesmo critério metodológico de Alves (2006), conforme apresentado no quadro 4:

Quadro 4 – Critérios e cores para classificação dos setores censitários em relação à proximidade dos cursos d'água

Classe	Critério de classificação
Classe 1	Setores com menos de 50% de sua área dentro da margem de 50 metros do curso d'água
Classe 2	Setores com 50% ou mais de sua área dentro da margem de 50 metros do curso d'água

Fonte: Adaptado de Alves (2006).

Essa reclassificação foi realizada na própria tabela de atributos do software QGis, tendo como base a coluna do percentual.

Como no caso das demais variáveis, ainda foi necessário efetuar a conversão da camada vetorial para o formato raster e a reclassificação, atribuindo valores quanto à vulnerabilidade ambiental (Figura 16B).

### Proximidade da área de mineração

As atividades decorrentes de mineração de ouro, independentemente do tamanho da área explorada, são tóxicas, pois recorrem a produtos químicos, o que provoca destruição de paisagens, impactos na fauna e flora, poluição e degradação dos recursos hídricos, contaminação do solo e afeta a saúde humana. (SANTOS, 2012)

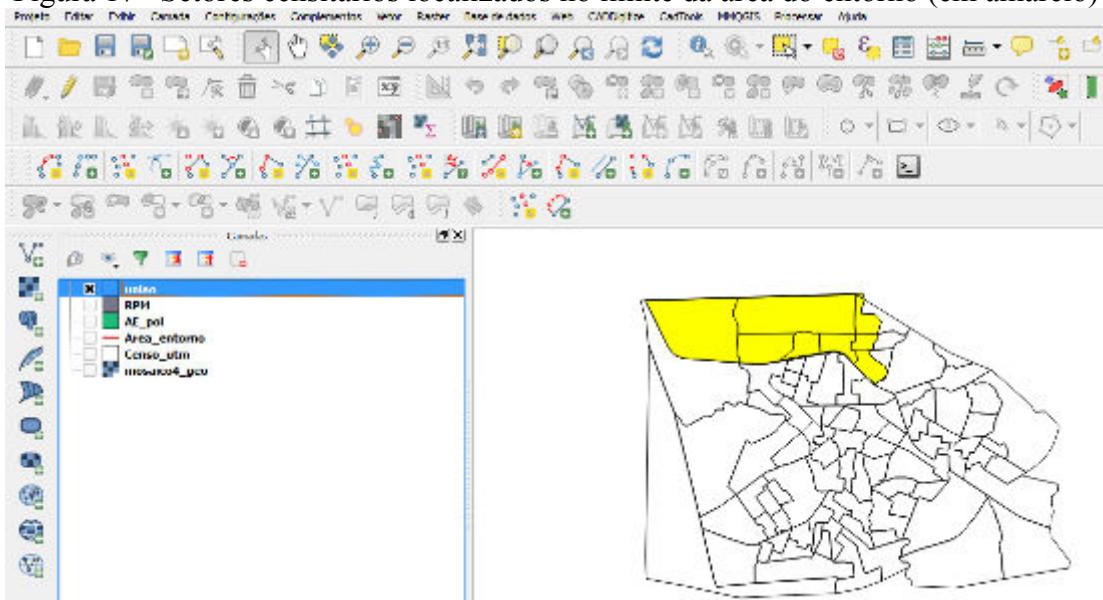
Além da degradação ambiental gerada por qualquer procedimento minerário, a mineradora presente no território estudado está localizada no perímetro urbano; sendo assim, as pessoas que residem próximo à área de exploração tendem a sofrer os impactos com mais intensidade do que as pessoas que residem nos setores mais afastados.

Uma vez que a mineradora gera impactos negativos ao homem e ao meio ambiente, essa variável permite identificar as áreas mais expostas à degradação ambiental decorrente da

proximidade da mineração, bem como os impactos negativos sobre a população mais próxima da área de exploração.

Para composição da variável proximidade da área de mineração utilizamos o limite da mineração Kinross (exposto no item (3.3.1.1-Padrões de ocupação urbana) e o limite da área do Entorno<sup>16</sup>- AE (Figura 17) relativa ao meio antrópico (socioeconômico) extraído do Relatório de Impacto Ambiental Mina Morro do Ouro, projeto de expansão III-RIMA, de setembro de 2006, elaborado e disponibilizado pela empresa BRANDT; e os setores censitários disponibilizados pelo IBGE.

Figura 17 –Setores censitários localizados no limite da área do entorno (em amarelo)



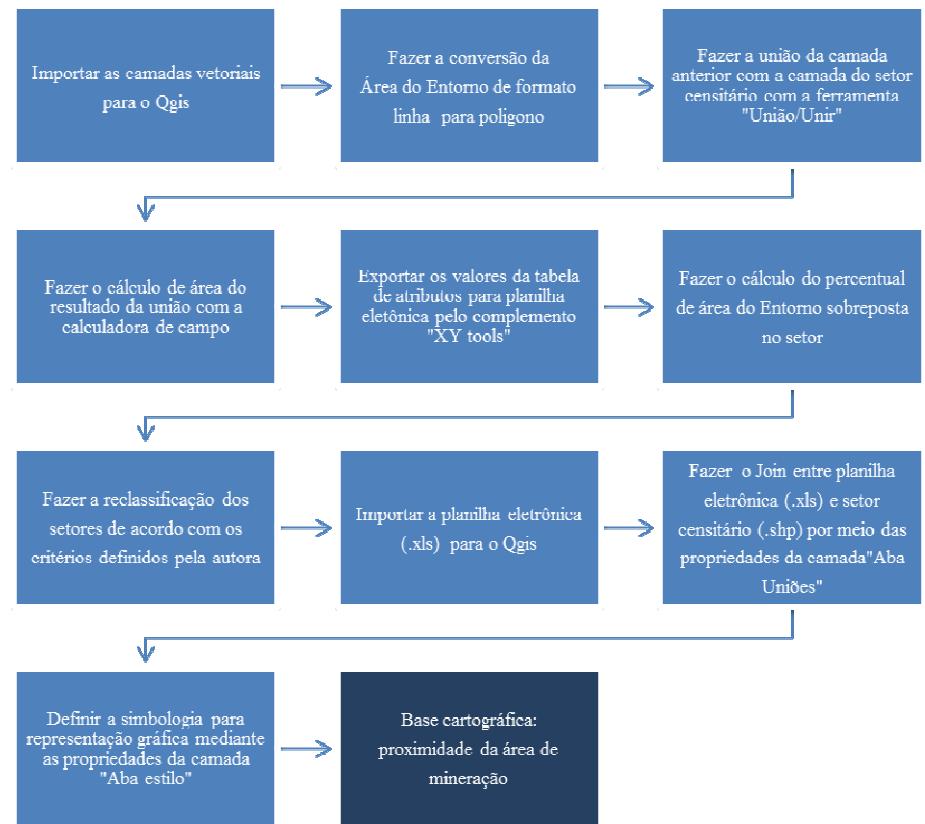
Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Esta variável foi elaborada em duas etapas (base cartográfica e reclassificação), conforme fluxograma abaixo:

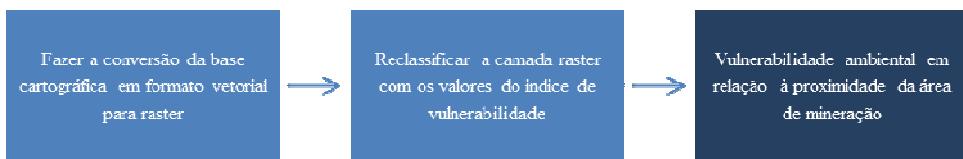
<sup>16</sup> A Área do Entorno é “composta por todas as propriedades que estejam no seu entorno imediato. São propriedades que estão mais expostas aos efeitos diretos do empreendimento, tais como movimentação de pessoas, ruídos, poeira, poluição, contaminação pelo arsênio, indenizações pelo uso da terra, dentre outros” (BRANDT, 2006, p. 11).

Figura 18 – Fluxograma com as etapas de elaboração da vulnerabilidade ambiental em relação à proximidade da área de mineração

(A) Primeira etapa:



(B) Segunda etapa:



Elaboração: Patrícia Soares Rezende, 2015.

Inicialmente inserimos a camada vetorial do limite da mineração, a camada da Área do Entorno em formato linha e os setores censitários do IBGE. Posteriormente foi feita a conversão do limite da área do entorno para o formato de polígono, pois só assim foi possível unir as camadas e calcular a área.

O cálculo de área e os demais procedimentos exigiram que as camadas estivessem conjugadas entre si; para isso, realizou-se a união entre a camada “área do entorno.shp” e a camada do setor censitário “Censo\_UTM.shp”. Unidas as camadas, realizou-se o cálculo em  $m^2$  da área do entorno existente no setor censitário. Feito isso, passou-se ao cálculo de porcentagem da área do setor que está na área de entorno, o que demandou a exportação da tabela de atributos para uma planilha eletrônica, através do complemento “XY tools”.

Na sequência, classificamos os setores quanto à proximidade de áreas de mineração, obedecendo aos seguintes critérios:

Quadro 5 – Critérios para classificação dos setores censitários em relação à proximidade da área de mineração

Classe	Critério de classificação
Classe 1	Setores com percentual de área abaixo de 50% dentro do limite da área do entorno e setores fora do limite da área do entorno
Classe 2	Setores com percentual de área de 50% a 80% dentro do limite da área do entorno
Classe 3	Setores contidos na área de mineração e percentual de área acima de 80% dentro do limite da área do entorno

Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Após a classificação dos setores na planilha eletrônica do Excel, importou-se a mesma para o software QGis a fim de realizar a união da tabela com a camada do setores censitários para concluir essa primeira etapa.

Restou efetuar a conversão do arquivo vetorial para o formato raster e a reclassificação, atribuindo valores quanto à vulnerabilidade ambiental (Figura 18B), como explicaremos no item 3.3.1.2.

### Proximidade das rodovias

Essa variável permite avaliar a degradação ambiental e o impacto social causados pela proximidade das rodovias BR040 e MG188, tendo em vista que os setores que margeiam as rodovias estão mais vulneráveis que os setores distantes delas.

A existência de rodovias em perímetros urbanos acarreta alguns impactos, que podem ser divididos em: Impactos sobre o meio ambiente – acúmulo de lixo nas margens das rodovias, erosão do solo, prejuízos para a fauna e a flora, poluição sonora, visual, da água e do ar, vibração do terreno, impacto no uso/ocupação do solo e degradação do ambiente urbano; Impactos sobre a mobilidade – redução da velocidade de trânsito na via, semáforos sem controle de tempo e ausência de bateira para os pedestres, falta de sinalização nas rotatórias e de sinalização geral aos pedestres e motoristas; Impactos sobre a acessibilidade – falta de localização de acessos, retornos, entradas e saídas, ausência de passarelas; Impactos

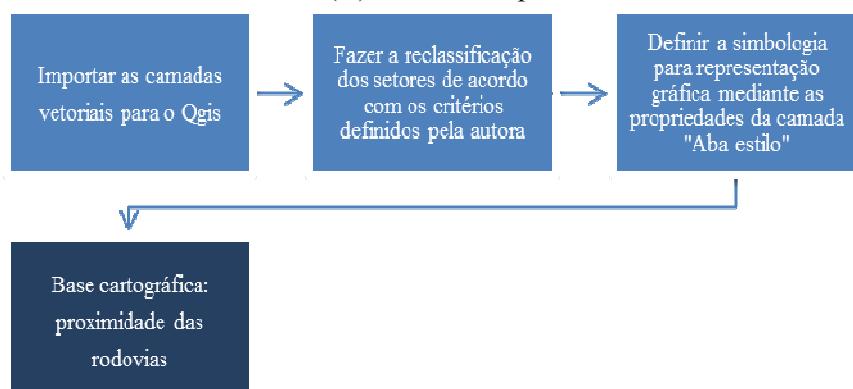
sociais – aumento do número de acidentes, da segregação urbana e da criminalidade. (TRINTA 2001 apud BRASILEIRO, et al, 2014; SILVA JUNIOR, 2008).

Em relação a variável proximidade das rodovias nos embasamos em Nascimento (2011, p. 227) no qual a autora gerou “Buffers de 1Km a 21Km” para as rodovias estaduais e federais para elaborar o tema desmatamento para “analisar a influência das rodovias no processo de desmatamento” da área de estudo.

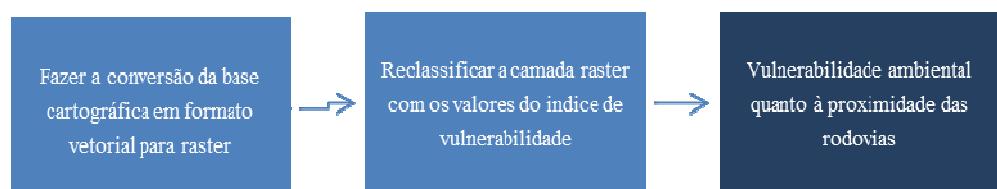
Para elaboração da variável proximidade das rodovias utilizou-se o índice de Padrões de ocupação e o limite das rodovias BR040 e MG188. Essa variável foi composta em duas etapas (base cartográfica e reclassificação), conforme fluxograma (Figura 19).

Figura 19 – Fluxograma com as etapas de elaboração da vulnerabilidade ambiental quanto à proximidade das rodovias

(A) Primeira etapa



(B) Segunda etapa:



Elaboração: Patrícia Soares Rezende, 2015.

Inicialmente, inseriu-se a camada vetorial dos Padrões de ocupação urbana e o limite da rodovia BR040 e MG188 no QGis. Em seguida, na tabela de atributos fez-se a classificação de acordo com o padrão de ocupação do setor e a proximidade das rodovias, com base nos seguintes critérios:

Quadro 6 – Critérios para classificação dos setores censitários em relação à proximidade de rodovias

Classe	Critério de classificação
Classe 1	Setores que não margeiam as rodovias
Classe 2	Setores que margeiam a Rodovia MG-188 e setores pouco adensado e medianamente adensado
Classe 3	Setores que margeiam a Rodovia MG-188 e setores fortemente adensados
Classe 4	Setores que margeiam a Rodovia BR-040 e setores pouco adensado e medianamente adensado
Classe 5	Setores que margeiam a Rodovia BR-040 e setores fortemente adensados

Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

No caso dos setores que margeiam as duas rodovias, prevaleceu a classe de rodovia de maior extensão dentro do setor.

Com os setores classificados em relação à proximidade das rodovias, passa-se para a segunda etapa, destinada à conversão da camada vetorial para o formato raster e à reclassificação quanto à vulnerabilidade ambiental (Figura 19B). É o que detalharemos abaixo.

### *3.3.1.2 Construção de modelo para automatização na elaboração dos índices de vulnerabilidade ambiental (MVA)*

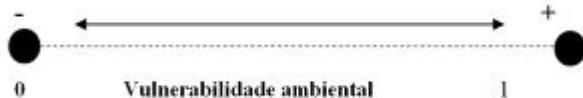
Após elaboração da base cartográfica para as oito variáveis ambientais que irão compor o índice de vulnerabilidade ambiental, recorremos ao modelador gráfico disponível no Qgis, no intuito de facilitar e automatizar o procedimento de conversão e reclassificação das oito bases.

Inicialmente, foi necessário definir os valores de vulnerabilidade ambiental para as classes de cada base cartográfica. Feito isso, elaborou-se o modelo através do modelador gráfico disponível no software Qgis e converteu-se os arquivos vetoriais elaborados no item 3.3.1.1 (base cartográfica ambiental) para o formato raster. Na sequência, procedemos à reclassificação dos arquivos raster, atribuindo-lhes os valores de vulnerabilidade ambiental, conforme detalhamento no item (3.3.1.2.1). A elaboração do modelo será apresentada no item 3.3.1.2.2.

### 3.3.1.2.1 Definição dos valores de vulnerabilidade ambiental

Ao realizar estudos ambientais, entende-se que cada classe da variável tem um peso que influencia o aumento ou a diminuição da vulnerabilidade ambiental numa determinada área. A padronização permite que os valores atribuídos as classes dos mapas tenham uniformidade. Assim, a escala de vulnerabilidade desta pesquisa será apresentada no intervalo de valor entre 0 e 1. Quanto mais próximo de 1 (um), mais vulnerável, e quanto mais próximo de 0 (zero), menos vulnerável (PAULA, 2008). A Figura 20 demonstra a escala de vulnerabilidade ambiental.

Figura 20 – Escala de vulnerabilidade ambiental



Fonte: Adaptado de Paula (2008).

Para cada variável criou-se um quadro com o critério da classe, a justificativa, o valor e a respectiva classe de vulnerabilidade ambiental, no intuito de explicitar o motivo de cada valor e auxiliar futuras pesquisas. A Tabela 4 apresenta o intervalo de valores que foram utilizados para definir cada classe de vulnerabilidade ambiental.

Tabela 4 – Valores para reclassificação das variáveis ambientais

Intervalo	Classe
< 0,1	Muito baixa
> 0,1 a 0,2	Baixa
> 0,2 a 0,5	Moderada
> 0,5 a 0,8	Alta
>0,8	Muito alta

Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Os valores (Pesos) definidos de vulnerabilidade ambiental das variáveis: padrões de ocupação urbana, declividade, cobertura vegetal, proximidade dos cursos d'água, proximidade de área de mineração e proximidade das rodovias são de própria autoria, e teve com base os critérios da classe e sua justificativa. Já a variável litologia e solos os valores foram definidos com base em Crepani (2001). Ressalta-se que nos apoiamos em alguns autores para definir o critério e justificativa da vulnerabilidade de cada classe exposto no quadro de cada variável ambiental. Ao final deste item apresenta-se o modelo utilizado na conversão dos arquivos vetoriais para o formato raster e na reclassificação desses arquivos, atribuindo-lhes os valores de vulnerabilidade ambiental.

## Vulnerabilidade ambiental em relação aos padrões de ocupação urbana

Para atribuir peso às classes dessa variável, adotamos como critério o grau de adensamento urbano. Nesse caso, consideramos que em áreas mais adensadas foram encontrados menores graus de permeabilização e menos características ambientais naturais. Por isso, tais áreas estão mais susceptíveis a processos erosivos, alagamentos, inundações e enchentes. As áreas menos adensadas, por outro lado, em função de terem um percentual maior de características naturais e maior permeabilidade, são menos susceptíveis as instabilidades ambientais, logo, menos vulneráveis.

Quadro 7 – Critério, justificativa e valores de vulnerabilidade ambiental em relação aos padrões de ocupação urbana

Classe**	Nº <sup>17</sup>	Critério**	Susceptibilidade a processos erosivos e inundaçao**	Vulnerabilidade ambiental*	
				Valor	Classe
Pouco Adensada	1	Área edificada < que 20% <i>Apresenta ainda:</i> vegetação < que 85% e área não edificada < que 85%	A permeabilização é alta, o que contribui para a recarga do lençol freático. Prevalecem algumas características naturais, contribuindo para estabilidade dos processos naturais.	0,2	Baixa
Medianamente Adensada	2	Área edificada de 20 a 50% <i>Apresenta ainda:</i> vegetação < que 70% e área não edificada < que 75%	O Grau de permeabilização, estabilidade natural e qualidade ambiental é menor que a classe anterior por apresentar um percentual maior de espaço construído e menor percentual de vegetação.	0,4	Moderada
Adensada	3	Área edificada de 50 a 70% <i>Apresenta ainda:</i> vegetação < que 50% e área não edificada < que 30%	Níveis de permeabilização, estabilidade natural e qualidade ambiental é baixo, pois apresenta um percentual alto de espaços construídos, quando comparado com a classe anterior.	0,7	Alta
Fortemente adensada	4	Área edificada > que 70% <i>Apresenta ainda:</i> vegetação < que 20% e área não edificada de 50 a 70%	Apresenta um índice muito baixo de permeabilização, assim o escoamento superficial vai direto para os bueiros e para jusante dos canais fluviais, contribuindo para alagamentos e inundaçao; Vegetação abaixo do percentual de 30% considerado como ideal, conforme estudos realizados por Lombardo (1985) apud Nucci (2001), tornando essas áreas mais susceptíveis a processos erosivos. Não há estabilidade natural e qualidade ambiental nesses setores.	1,0	Muito alta

Fonte: \*Patrícia Soares Rezende (2015), \*\*Adaptado de Nucci (2001), Andrade (2011) e Dal'Asta (2013).

<sup>17</sup> Este número foi utilizado para representar as classes através da ferramenta “r.recode” na execução do modelo.

As classes variam de “pouco adensadas”, sendo estas menos vulneráveis, com valores próximos a zero; à “fortemente adensadas”, consideradas mais vulneráveis, com valores próximos a um.

### **Vulnerabilidade ambiental em relação à litologia**

Os valores para esta variável foram embasados na metodologia de Crepani (2001), na qual o autor utiliza uma escala de 1 a 3 para atribuir os pesos às rochas. Contudo, lembramos que para este trabalho adotou-se a escala de 0 a 1, ou seja, utilizou-se o método de normalização 0-1, conforme fórmula proposta por Alcântara (2012), para normalizar os valores já utilizados por Crepani.

$$Y_i = (x_i - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$$

onde:

$y_i$  é o valor transformado da  $i$ -ésima observação da variável em questão;  
 $x_i$  é o valor da variável que será transformada para escala 0-1  
 $x_{\min}$  é o valor mínimo observado da variável em análise  
 $x_{\max}$  é o valor máximo da variável em análise.

**Tabela 5 – Valor de vulnerabilidade ambiental em relação à litologia**

<b>Classe</b>	<b>Nº</b>	<b>Vulnerabilidade ambiental</b>	
		<b>Valor</b>	<b>Classe</b>
Filito/ xisto	1	0,5	Moderada
Ardosia/ Folhelho carbonosos	2	0,7	Alta
Laminito/ Folhelho siltico arenoso	3	0,9	Muito alta

Fonte: Adaptado de Crepani (2001).

As classes foram elaboradas com base nas rochas encontradas na área de estudo. Por isso, não há as classes baixa e muito baixa.

### **Vulnerabilidade ambiental em relação aos solos**

Para atribuir os valores para essa variável, utilizou-se a metodologia de Crepani (2001), na qual o autor classifica os solos em estáveis, intermediários e vulneráveis. Para Crepani (2001, p. 84-85), são considerados estáveis os “solos profundos, com boa permeabilidade favorecendo a pedogênese, áreas mais planas. Solos intermediários, possuem uma profundidade menor, são menos estáveis e menos intemperizados. Solos vulneráveis, são

jovens, pouco profundos, apresenta pequena evolução do perfil, não apresentam horizonte B, estão situados em altas declividades.”

Crepani (2001) utilizou a mesma escala de 1 a 3 para atribuir os pesos aos tipos de solos. Uma vez que a escala desta pesquisa é de 0 a 1, utilizou-se o método de normalização 0-1 para converter os dados, conforme fórmula 2, proposta por Alcântara (2012).

$$Y_i = (x_i - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$$

Onde:

$Y_i$  é o valor transformado da  $i$ -ésima observação da variável em questão;

$x_i$  é o valor da variável que será transformada para escala 0-1

$x_{\min}$  é o valor mínimo observado da variável em análise

$x_{\max}$  é o valor máximo da variável em análise.

Quadro 8 – Critério, justificativa e valores de vulnerabilidade ambiental em relação aos solos

Classe**	Nº	Critério**	Susceptibilidade a processos erosivos e inundações**	Vulnerabilidade ambiental*	
				Valor	Classe
Latossolo	1	São solos bem desenvolvidos, com grande profundidade e porosidade, são considerados solos velhos e maduros. Possuem boa permeabilidade à água e ao ar.	São solos que estão próximos à estabilidade, sendo estes pouco susceptíveis a processos erosivos.	0,2	Baixa
Associação Cambissolo Neossolo Litólico	2	Quando comparados com o latossolo, são solos pouco profundos, muitas vezes são pedregosos, cascalhentos e até mesmo rochosos; apresenta baixa permeabilidade. São considerados jovens e são mais resistentes ao intemperismo.	São solos intermediários, pouco profundos, com grau de permeabilidade baixo, são passíveis de processos erosivos.	0,7	Alta
Neossolo Litólico	3	São solos pouco evoluídos, constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20cm de espessura. O neossolo litólico apresenta perfil pouco desenvolvido, com horizonte A assentado diretamente sobre a rocha (A, R) ou sobre o horizonte C de pequena espessura (A, C, R). São relacionados a áreas de relevo movimentado e originários de rochas filíticas.	São solos vulneráveis, localizados nas maiores declividades, rasos e susceptíveis a processos erosivos. Possuem baixa infiltração.	1,0	Muito alta

Fonte: \*Adaptado de Crepani (2001), \*\*Embrapa (2006) e IBGE (2007).

Os valores próximos a zero correspondem aos solos menos vulneráveis, prevalecendo a estabilidade. Já os valores próximos a um são considerados mais vulneráveis, pois prevalece a instabilidade.

## Vulnerabilidade ambiental em relação à declividade

Tendo em conta os estudos de vulnerabilidade ambiental que utilizam essa variável, bem como o tipo de relevo da zona urbana de Paracatu, considerou-se como áreas vulneráveis para atribuição dos valores as classes com declividade  $< 2\%$  e  $> 22\%$ .

Quadro 9 – Critério, justificativa e valores de vulnerabilidade ambiental em relação à declividade

Classe**	Nº	Critério**	Susceptibilidade a processos erosivos, inundações e risco a ocupação**	Vulnerabilidade ambiental*	
				Valor	Classe
$< 2\%$	1	Relevo plano	Dependendo da posição no relevo e tipo de solo, devem ser evitados para urbanização.	0,4	Moderada
$\geq 2\% \text{ a } 7\%$	2	Relevo suave ondulado	São ideais para qualquer uso. As áreas parecem planas	0,2	Baixa
$\geq 7\% \text{ a } 15\%$	3	Relevo moderadamente ondulado ondulado a	Locais que servem para ocupação, mas com certas restrições. Em situações originais podem servir para atividades que não precisem de construção.	0,3	Moderada
$\geq 15\% \text{ a } 22\%$	4	Relevo ondulado	Locais que devem ser evitados.	0,5	Moderada
$\geq 22\%$	5	Relevo ondulado forte	Locais que oferecem risco à ocupação e são suscetíveis a ocorrência de processos erosivos	0,7	Alta

Fonte: \*Patrícia Soares Rezende (2015), \*\*Adaptado de Mascaró (2005).

Os maiores valores foram atribuídos para os relevos plano e ondulado a forte ondulado, tendo em vista que as baixas declividades, relacionadas a outros fatores ambientais, podem gerar inundações, ao passo que nas altas declividades há ocorrência de processos erosivos. Portanto, essas áreas foram consideradas frágeis ambientalmente e, quando ocupadas, oferecem risco.

Já os valores próximos a zero foram para as áreas consideradas estáveis, ou seja, aquelas que não oferecem risco à ocupação e nem apresentam vulnerabilidade ambiental.

## Vulnerabilidade ambiental em relação à cobertura vegetal

Tendo em vista a importância da cobertura vegetal para proteção ambiental e conforto térmico das áreas urbanas, a atribuição de valores a essa variável levou em consideração o percentual de cobertura vegetal existente no setor.

Quadro 10 – Critério, justificativa e valores de vulnerabilidade ambiental em relação à cobertura vegetal

Classe*	Nº	Critério**	Susceptibilidade a processos erosivos**	Vulnerabilidade ambiental*	
				Valor	Classe
≥60%	1	Alto percentual de cobertura vegetal, estabilidade ambiental, massa contínua de vegetação, não apresenta fragmentos desconectados.	Tem-se estabilidade do terreno, proteção contra processos erosivos, auxilia na permeabilidade do solo.	0,1	Muito baixa
≥30% a 60%	2	Contém o percentual de 30% recomendado para qualidade ambiental urbana, apresenta fragmentos mais conectados, a massa de vegetação apresenta-se mais densa.	Garante uma qualidade ambiental urbana	0,3	Moderada
≥5% a 30%	3	Abaixo do percentual de 30% considerado como ideal para qualidade ambiental urbana, pequenos fragmentos de vegetação.	Não é considerado como deserto, baixa qualidade ambiental	0,7	Alta
<5%	4	Semelhantes aos de um deserto. Árvores isoladas.	Instabilidade dos terrenos, exposição do solo aos processos erosivos, não há qualidade ambiental	1,0	Muito alta

Fonte: \* Patrícia Soares Rezende (2015), \*\*Adaptado de Nucci (2001).

Setores com maiores percentuais de cobertura vegetal são considerados não vulneráveis, apresentando valores próximos de zero. Já os setores com baixo percentual de cobertura vegetal são considerados vulneráveis, sendo-lhes atribuídos os valores próximos de um.

## Vulnerabilidade ambiental em relação à proximidade dos cursos d'água

Para atribuir o valor referente à vulnerabilidade considerou-se que, quanto maior o percentual de área sobreposta às margens dos cursos d'água, maior será o valor de vulnerabilidade ambiental.

Quadro 11 – Critério, justificativa e valores de vulnerabilidade ambiental em relação à proximidade dos cursos d’água

Classe**	Nº	Critério**	Susceptibilidade processos erosivos, inundação e risco a ocupação**	Vulnerabilidade ambiental*	
				Valor	Classe
Classe 1	1	Setores com menos de 50% de sua área dentro da margem de 50 metros do curso d’água	Apresenta baixa degradação ambiental e baixo risco a ocupação	0,2	Baixa
Classe 2	2	Setores com 50% ou mais de sua área dentro da margem de 50 metros do curso d’água	Apresenta alta degradação ambiental e alto risco a ocupação;	0,6	Alta

Fonte: \* Patrícia Soares Rezende (2015), \*\*Adaptado de Alves (2006).

Os setores com os maiores valores apresentam maior exposição aos riscos e à degradação ambiental, sendo, portanto, considerados vulneráveis. Já os setores com baixo percentual de área sobreposta às margens dos cursos d’água são considerados de baixo ou nulo risco; seus valores estão próximos a zero e são tidos como menos vulneráveis.

### Vulnerabilidade ambiental em relação à proximidade de área de mineração

Para definição dos valores de vulnerabilidade ambiental para essa variável considerou-se que os setores sobrepostos e no entorno da área de mineração possuem um grau de vulnerabilidade maior e, por isso, o valor atribuído a estes estará próximo de um. Por sua vez, os setores que não se sobrepõem à área do entorno e nem à área de mineração foram considerados de baixa vulnerabilidade, sendo-lhes atribuídos valores próximos de zero.

Quadro 12 – Critério, justificativa e valores de vulnerabilidade ambiental em relação à proximidade da área de mineração

Classe	Nº	Critério	Susceptibilidade a processos erosivos e risco a ocupação	Vulnerabilidade ambiental	
				Valor	Classe
Classe 1	1	Setores com percentual <50% de área sobreposta à área do entorno	São setores localizados fora da área do entorno, onde o impacto ambiental é considerado baixo; a população não possui contato direto com os impactos decorrentes do processo de mineração, tais como a detonação das rochas, poeira e barulho.	0,2	Baixa
Classe 2	2	Setores com percentual de 50 a 80% de área sobreposta à área do entorno	Comparados à classe 1, são setores próximos da área de exploração mineral; apresentam percentual de área sobreposta à área do entorno, assim, os impactos ambientais são maiores e a população tende a sofrer mais os impactos da mineração.	0,6	Alta
Classe 3	3	Setores sobrepostos ao limite da mineradora e setor com percentual maior que 80% de área sobreposta à área do entorno	A degradação ambiental é alta devido à proximidade da área de exploração mineral; a população sofre diretamente os impactos decorrentes do processo de detonação das rochas (poeira, barulho)	1,0	Muito alta

Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Considerou-se que, quanto mais próximo da área de mineração a céu aberto, mais vulnerável será o setor censitário, pois além da ocorrência de degradação ambiental as pessoas que ali residem estão vulneráveis aos procedimentos de exploração da mineradora.

### **Vulnerabilidade ambiental quanto à proximidade das rodovias**

Para atribuir os valores de vulnerabilidade ambiental para essa variável adotamos como critérios o grau de adensamento urbano e o fluxo da rodovia, conforme o Quadro 13.

**Quadro 13 – Critério, justificativa e valores de vulnerabilidade ambiental quanto à proximidade das rodovias**

<b>Classe</b>	<b>Nº</b>	<b>Critério</b>	<b>Susceptibilidade a processos erosivos e risco a ocupação</b>	<b>Vulnerabilidade ambiental</b>	
				<b>Valor</b>	<b>Classe</b>
Classe 1	1	Setores que não margeiam as rodovias	Não apresentam risco	0,0	Muito baixa
Classe 2	2	Setores que margeiam a Rodovia MG-188 e setores pouco adensado e medianamente adensado	Baixa degradação ambiental e baixo impacto social	0,2	Baixa
Classe 3	3	Setores que margeiam a Rodovia MG-188 e setores fortemente adensados	Média degradação ambiental médio impacto social	0,4	Moderada
Classe 4	4	Setores que margeiam a Rodovia BR-040 e setores pouco adensado e medianamente adensado	Alta degradação ambiental e médio impacto social	0,6	Alta
Classe 5	5	Setores que margeiam a Rodovia BR-040 e setores fortemente adensados	Altíssima degradação ambiental e alto impacto social	0,9	Muito alta

Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Quanto maior o fluxo da rodovia e mais adensado o setor, maior será a vulnerabilidade (valores próximos de um). Em contrapartida, rodovia com pouco fluxo de veículos e setores com baixo adensamento terão valores próximos de zero, ou seja, menor será a vulnerabilidade.

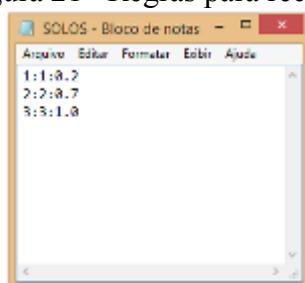
#### **3.3.1.2.2 Reclassificação das variáveis através do modelo de vulnerabilidade ambiental (MVA)**

O modelo de reclassificação de variáveis prevê a transformação de camadas vetoriais para raster e a reclassificação (atribuição de valores) da camada em formato raster. Com os

valores atribuídos para cada classe das variáveis, elaborou-se o modelo - MVA, a partir dos seguintes procedimentos técnicos:

- a) Criação de um campo numérico na tabela de atributos de cada variável, atribuindo-se um valor referente a cada classe; esse número será substituído pelo valor de vulnerabilidade quando da reclassificação através da ferramenta “r.recode”.
- b) Criação das regras referentes aos valores de vulnerabilidade de cada classe (Figura 21) para inserção nos parâmetros do Algoritmo “r.recode”, a fim de que este possa realizar a substituição dos números dos pixels pelos valores de vulnerabilidade ambiental.

Figura 21 –Regras para reclassificação da variável solos

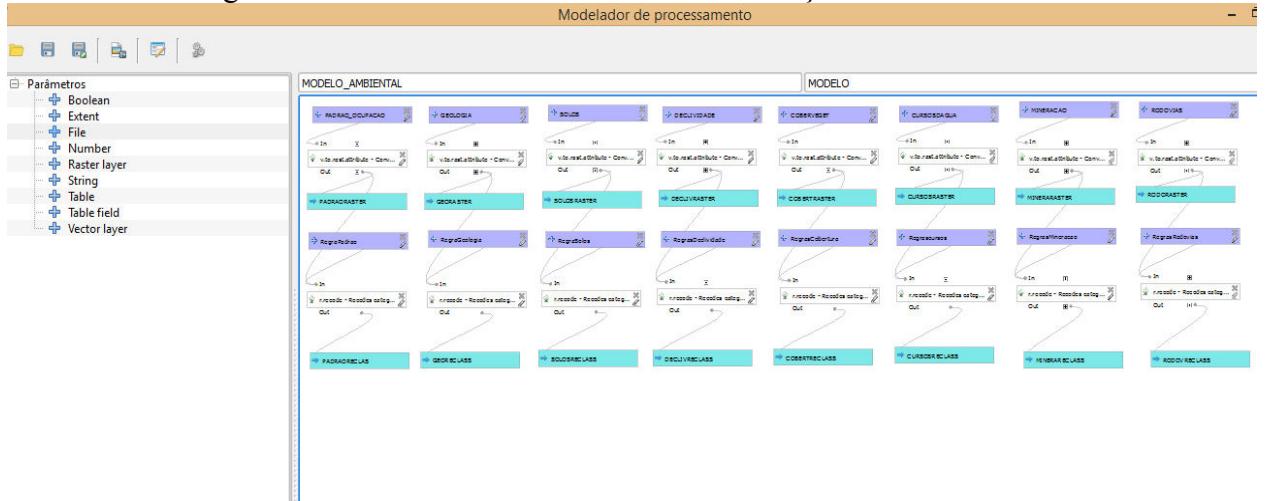


Nas células do raster os valores de 1 até 1 (latossolo) foram substituídos por 0.2 (valor de vulnerabilidade). Para todas as classes dos mapas aplicou-se esse procedimento.

Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

- c) Elaboração do modelo (Figura 22) para execução das seguintes etapas:
  - I) Conversão dos arquivos em formato vetorial para o formato raster, com o algoritmo “v.to.rast.attribute”, a partir da coluna numérica da tabela de atributos de cada variável;
  - II) Reclassificação de cada raster com o algoritmo “r.recode”, atribuindo-lhes valores de vulnerabilidade ambiental referentes a cada classe, conforme Bloco de Notas (Figura 22) inserido no algoritmo.

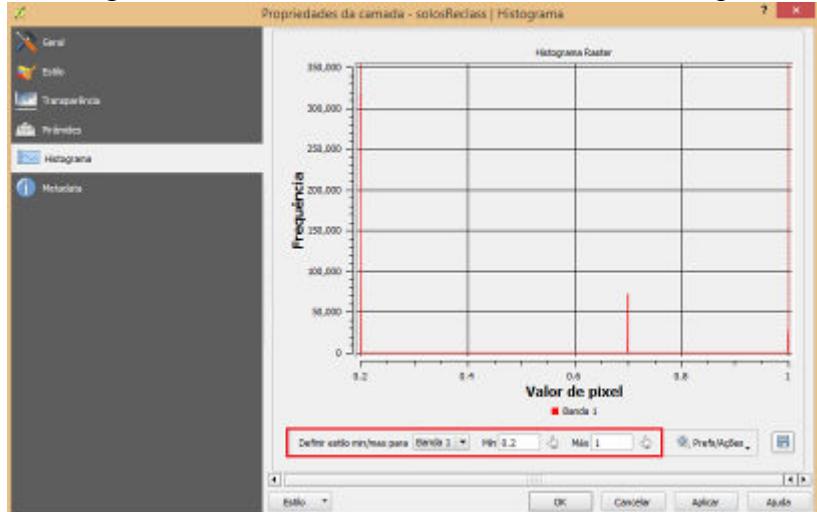
Figura 22 – Modelo de conversão e reclassificação das variáveis.



Fonte: Dados da pesquisa, Qgis (2015). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Após execução do modelo no software Qgis, foi necessário realizar a conferência dos produtos finais em formato raster, através do recurso “Histograma” (Figura 23), inserido nas propriedades da camada.

Figura 23 – Histograma com os resultados da conversão de vetor para raster



Fonte: Dados da pesquisa; Qgis (2015). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Perceba-se que os valores mínimo (0,2) e máximo (1) demonstrados no histograma da figura estão corretos, uma vez que contemplam as três classes definidas na regra de reclassificação da variável de solos (Figura 21), demonstrando a eficácia do modelo.

Tendo concluído a elaboração das oito variáveis de vulnerabilidade ambiental seguindo o modelo exposto, o próximo procedimento refere-se à aplicação do método AHP.

### 3.3.1.3 Método AHP para elaboração do índice de vulnerabilidade ambiental

Para o desenvolvimento deste estudo escolheu-se o método denominado “Processo Analítico Hierárquico” (Analytic Hierarchy Process – AHP), desenvolvido por Saaty (1980) reaplicado por Martins (2009), Paula (2008), Pinese Júnior (2010) e Santos et al. (2010), utilizado na definição dos pesos estatísticos para realizar o cruzamento das variáveis ambientais, no intuito de gerar o índice de vulnerabilidade ambiental. Tal método, está disponível em diversos softwares de geotecnologias, dentre eles o QGis, usado neste estudo a partir do plugin AHP.

Para utilizar esse plugin é necessário, primeiramente, elaborar uma matriz de comparação pareada com base na escala de pesos definida por Saaty (1980) apud Santos et al. (2010); seguindo a ordem de importância apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 – Escala de comparadores com os respectivos pesos de importância

Valores	Importância Mútua
1/9	Extremamente menos importante
1/7	Muito fortemente menos importante
1/5	Fortemente menos importante
1/3	Moderadamente menos importante
1	Igualmente importante
3	Moderadamente mais importante
5	Fortemente mais importante
7	Muito fortemente mais importante
9	Extremamente mais importante

Fonte: Saaty (1980 apud SANTOS et al., 2010).

Para elaborar a matriz de comparação pareada (Tabela 7) foram consideradas as oito variáveis ambientais da seção 3.3.1.2.2 e para definir os critérios de importância dos índices, utilizou-se a escala de comparadores de Saaty (1980) apud Santos et al. (2010), conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 7 –Matriz de Comparação Pareada para as variáveis ambientais

Variáveis	Litologia	Solos	Prox. Miner.	Prox. Rod.	Prox. Cursos d'água	Cober. Vegetal	Decliv.	Padrões de ocup.
Litologia	1	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/5	1/9
Solos	3	1	1/3	1/3	1/3	1/3	1/5	1/9
Prox. Mineração	3	3	1	1/3	1/3	1/3	1/5	1/7
Prox. Rodovias	3	3	3	1	1/3	1/3	1/5	1/7
Prox. Cursos d'água	3	3	3	3	1	1/3	1/5	1/5
Cober. Vegetal	3	3	3	3	3	1	1/5	1/5
Declividade	5	5	5	5	5	5	1	1/3
Padrões de ocupação	9	9	7	7	5	5	3	1

Fonte: Adaptado de Saaty (1980 apud SANTOS et al., 2010).

A construção da matriz deve ser iniciada preenchendo os campos a partir das linhas diagonais do canto superior esquerdo em direção ao canto inferior direito, atribuindo o valor 1 no cruzamento de cada variável com ela mesma, ou seja, em cada cruzamento o grau de importância foi o mesmo. Deve levar em consideração ordem de importância, partindo do menos importante para a mais importante na determinação da vulnerabilidade estudada. (SANTOS et al., 2010)

Posteriormente, a comparação foi feita par a par, através da variável da coluna em relação à variável da linha superior. Por exemplo: iniciamos a comparação pareada pelo índice “solos com litologia”. Para este estudo, os solos são considerados moderadamente mais importantes que a litologia, logo, inserimos o valor 3 na célula que cruza essas variáveis. Diante disso, a variável litologia recebeu automaticamente o valor 1/3 na célula que compara litologia com solos, isto é, a litologia foi classificada como moderadamente menos importante que os solos. No estudo da vulnerabilidade ambiental da área urbana de Paracatu, a variável solos é três vezes mais importantes que a litologia. Usou-se a mesma lógica para preencher toda a matriz.

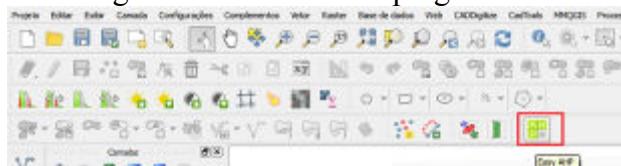
Com a matriz de comparação pareada elaborada, os pesos estatísticos finais de cada variável podem ser encontrados através de cálculos manuais, a partir dos seguintes passos: a) somatório de cada coluna da matriz; b) divisão de cada elemento da coluna da matriz de comparação pareada pelo somatório de sua coluna, obtendo como resultado a matriz de

comparação normalizada; c) cálculo da média aritmética simples de cada linha da matriz normalizada (MARTINS, 2009).

Para facilitar a automação de todo esse processo, optamos por processar a matriz de forma automática, através do plugin AHP do QGis; bastou inserir os valores definidos na matriz de comparação pareada (Tabela 7) para que os demais cálculos fossem feitos automaticamente pelo plugin. Inserimos no programa as oito variáveis em formato raster resultantes da reclassificação realizada no modelo-MVA (item 3.3.1.2.2). Na sequência apresentamos os passos a serem seguidos para obter esse resultado.

a) Clicamos no ícone AHP

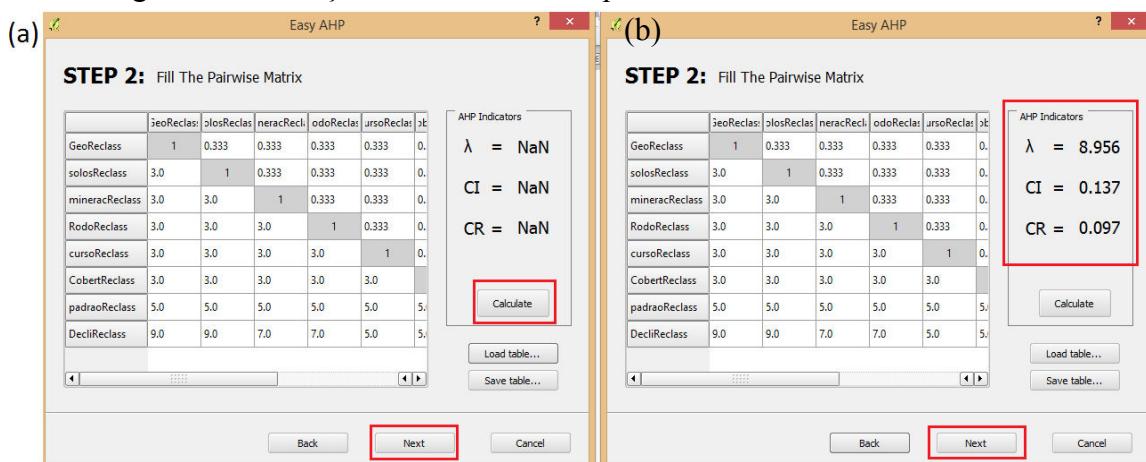
Figura 24 – Ativando o plugin AHP



Fonte: Qgis (2015). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

b) No plugin AHP, selecionamos os indicadores da caixa esquerda para a direita, começando do menos importante para o mais importante e clicamos em Next. Posteriormente, digitamos os valores de importância conforme estabelecido na Tabela 7. Finalizada a inserção dos valores, clicamos em “calcular” para gerar os índices de consistências da matriz (Figura 25a).

Figura 25 – Inserção dos valores de importância estabelecidos na tabela 7



Fonte: Dados da pesquisa, Qgis (2015). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Com os valores do AHP “*indicators*” calculados (Figura 26b), foi necessário verificar o valor resultante do Índice de Consistência (IC), representado por ( $\lambda$ ), do Índice Randômico (IR) e da Razão de Consistência (RC), conforme critérios estabelecidos por Saaty (1980) apud Martins (2009) e Santos et al. (2010):

O Índice de Consistência (IC) ajuda a verificar se houve uma boa estimativa em relação aos pesos estatísticos resultantes do AHP, por intermédio da avaliação do valor do  $\lambda$ , que deve estar próximo do número de indicadores utilizado para o cálculo. O resultado gerado no ( $\lambda$ ) para esse índice foi de 8,956 (Figura 25b). Esse resultado denota uma boa estimativa em relação aos pesos estatísticos, uma vez que foram utilizadas oito variáveis no processo.

O valor do Índice Randômico (IR), por sua vez, é extraído da tabela de valores para matrizes quadradas de ordem  $n$ , estabelecida pelo Oak Ridge National Laboratory (EUA), de acordo com o número de indicadores utilizados para o cálculo AHP. Para este estudo utilizamos 8 indicadores e o valor do IR correspondente a esta quantidade é 1,41.

Tabela 8 – Valores de IR para matrizes quadradas de ordem  $n$ .

<b>n</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
<b>IR</b>	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

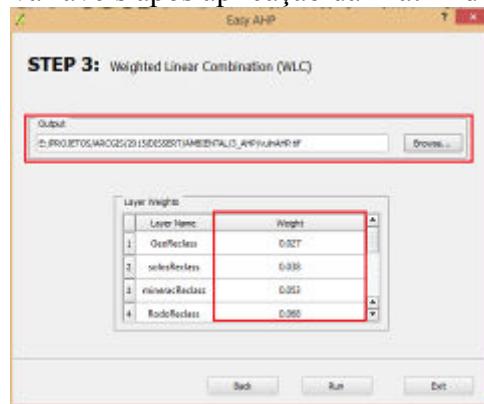
Fonte: Martins (2009).

Conforme se verifica na Tabela 8, os valores da tabela IR vão de 1 a 15, o que demonstra a importância de se usar no mínimo três e no máximo quinze indicadores, pois, para calcular o valor da Razão de Consistência - RC, necessita-se dos valores de IR. Tendo os valores de IC e IR, calcula-se o valor de RC que deve ser menor que 0,10 (10%) Saaty (1980 apud MARTINS, 2009; SANTOS et al., 2010) . Neste estudo encontrou-se o valor de 0,097. Feitos os cálculos, se o valor obtido for maior que 0,10, o plugin não permite realizar as próximas etapas, exigindo do pesquisador uma reanálise nos pesos adotados.

Após avaliar esses indicadores de consistência, os quais se adéquam aos limites estabelecidos pela literatura específica, demos andamento aos processos clicando em “Next” no plugin *Easy AHP*, a fim de gerar os pesos estatístico a serem utilizados para a elaboração do índice de vulnerabilidade ambiental em formato (.tiff) Este foi composto através do método *Weighted Linear Combination* (WLC), ou seja, pela combinação linear ponderada, recurso integrado no plugin.

Nesse momento, multiplica-se cada variável (o valor do pixel de cada raster) pelo seu peso (Figura 26) e, posteriormente, somam-se os resultados e divide-se pelo total dos pesos, gerando um arquivo síntese em formato raster.

Figura 26 – Pesos das variáveis após aplicação da Matriz de Comparação Pareada.



Fonte: Dados da pesquisa; Qgis (2015). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Gerado o raster, os valores de vulnerabilidade ambiental variaram entre 0,24 e 0,61. Para determinação do intervalo de classe, utilizou-se o método “quebras naturais” (ou Jenks). Esse método é o mais empregado na representação espacial de dados de vulnerabilidade socioambiental e foi utilizado e definido por Dias (2013, p.144):

[...] Esse método usa o um algoritmo, *Jenks Optimization*, para valores de grupo dentro de uma classe, resultando em classes de valores semelhantes, separados por pontos de interrupção. Este método funciona bem com dados que não são uniformemente distribuídos e não muito desviados para uma das extremidades da distribuição.

Através do método “quebras naturais”, os valores foram agrupados nas classes de vulnerabilidade ambiental (muito baixa, baixa, moderada e alta), conforme apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Valores para reclassificação do raster de vulnerabilidade ambiental

Intervalo	Classe	Número
< 0,35	Muito baixa	1
≥ 0,35 a 0,47	Baixa	2
≥ 0,47 a 0,58	Moderada	3
≥ 0,58	Alta	4

Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Observando as classes geradas, nota-se que não foi encontrada a classe Muito Alta, pois, para serem enquadrados nessa classe, os valores deveriam ser maiores que 0,80, conforme orienta Nascimento (2011).

Com as classes definidas, fez-se a reclassificação do raster através do algoritmo “r.recode”, localizado na caixa de ferramentas de processamento do software Qgis. O raster

gerado possui valores de 1 a 4, que nesse trabalho representam os intervalos de vulnerabilidade.

Na sequência, foi preciso converter o raster reclassificado para vetor, a fim de realizar a intersecção com a camada dos setores censitários, viabilizando as análises. Para tanto, utilizou-se a ferramenta “Poligonizar” do Qgis.

Em seguida, realizou-se a intersecção entre a camada resultante da vulnerabilidade ambiental e os setores censitários. Esse procedimento foi necessário porque, ao converter as bases cartográficas para o formato raster, perdeu-se a referência espacial em relação aos setores censitários, tendo em vista que a conversão demanda apenas um campo da tabela de atributos para exportar os dados. Nesse sentido, a intersecção entre as camadas fez com que o resultado da vulnerabilidade ambiental voltasse a ter relação com os setores censitários.

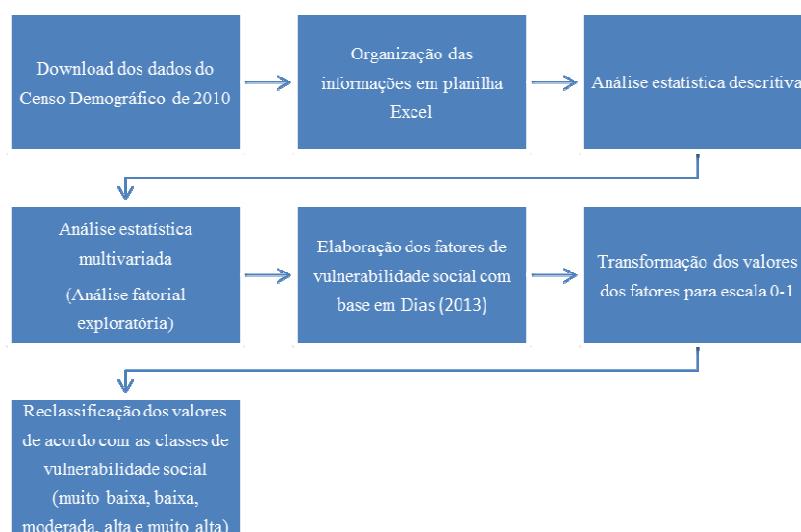
Para finalizar, elaborou-se o layout com a representação gráfica, com cores variando de quente a fria para cada variável e para o índice de vulnerabilidade ambiental. Esses produtos serão apresentados no item resultados e discussões.

### 3.3.2 índice de vulnerabilidade social

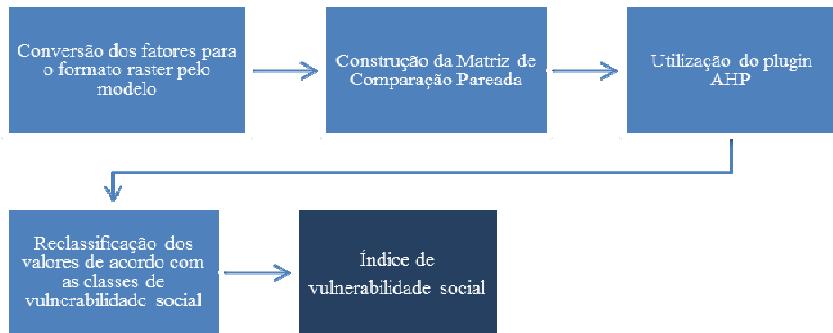
Esse índice foi composto em duas etapas (Figura 27): na primeira definimos os fatores de vulnerabilidade social a partir dos resultados da estatística multivariada; na segunda, elaboramos o índice de vulnerabilidade social através do método AHP integrado no Qgis.

Figura 27– Fluxograma com as etapas de elaboração da vulnerabilidade social

(A) Primeira Etapa: elaboração da vulnerabilidade social por fator



(B) Segunda etapa: elaboração do índice de vulnerabilidade social



Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Para elaboração desse índice inicialmente recorremos às informações do Censo Demográfico de 2010, disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Posteriormente nos baseamos em estudos realizados por Alcântara (2012) e Dias (2013) e, no intuito de demonstrar a desvantagem social da população, selecionamos 371 variáveis, as quais foram agrupadas em 22 (Quadro 14), organizadas em quatro categorias.

Quadro 14 – variáveis para elaboração do índice de vulnerabilidade social

Grupamento de vulnerabilidade social	Variáveis
Condições de habitação e infraestrutura	V01 - Percentual de domicílios particulares precários
	V02 - Percentual de dom. inadequados quanto ao abastecimento de água
	V03 - Percentual de dom. inadequados quanto ao escoamento sanitário
	V04 - Percentual de domicílios particulares permanentes sem banheiro de uso exclusivo dos moradores e nem sanitário
	V05 - Percentual de domicílios inadequados quanto à coleta de lixo
	V06 - Percentual de domicílios sem energia elétrica
	V07 - Percentual de domicílios particulares permanentes alugados
	V08 - Percentual de domicílios particulares permanentes de mais de 4 moradores
Estrutura etária e Gênero	V09 - Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes entre 10 e 19 anos de idade.
	V10 - Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes com mais de 64 anos de idade
	V11 - Percentual de mulheres responsáveis por domicílios particulares permanentes entre 10 a 19 anos de idade.
	V12 - Percentual de mulheres responsáveis por domicílios particulares permanentes com mais de 64 anos de idade.
	V13 - Percentual de pessoas entre 0 e 14 anos de idade
	V14 - Percentual de pessoas de mais de 64 anos de idade
Educação (estrutura etária e gênero)	V15 - Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados.
	V16 - Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados entre 10 e 19 anos de idade.
	V17 - Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados com mais de 64 anos de idade.
	V18 - Percentual de mulheres não alfabetizadas responsáveis por domicílios

	particulares permanentes. V19 - Percentual de pessoas não alfabetizadas entre 5 e 14 anos de idade. V20 - Percentual de pessoas não alfabetizadas com mais de 64 anos de idade
Renda	V21- Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes sem rendimento nominal mensal. V22 - Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes com rendimento nominal mensal de até 3 salários mínimos.

Fonte: Adaptado de Alcântara (2012) e Dias (2013).

Para chegar a cada uma das variáveis finais do Quadro 14, foi necessário realizar cálculos matemáticos para o conjunto de 22 variáveis, no intuito de obter o percentual relativo a cada uma. O detalhamento do cálculo feito para cada variável pode ser visualizado no Apêndice A. Posteriormente, numa nova planilha eletrônica do Excel juntou-se as informações finais (valor do percentual) de cada variável, formando um único arquivo, o qual foi utilizado nas análises estatísticas no software SPSS (item 3.3.2.1).

### *3.3.2.1 análise estatística descritiva e multivariada para os dados socioeconômicos*

#### *3.3.2.1.1 Análise estatística descritiva (exploratória)*

Essa etapa é primordial em estudos estatísticos, pois é nela que o pesquisador conhece seus dados. A princípio é feita uma análise dos dados por meio dos resultados da estatística descritiva (média, moda, máxima, mínima entre outros). Em seguida, verifica-se a existência de *outlier* (dados discrepantes) e realiza-se o teste de normalidade, pois, para realizar a Análise Fatorial (AF), a normalidade das variáveis é um dos pressupostos básicos a ser observado.

Inicialmente, procedeu-se à análise descritiva dos dados para verificação de normalidade e valores discrepantes (*outlier*). Feito isto, realizaram-se alguns testes por meio da análise fatorial exploratória, no intuito de obter os fatores que melhor representassem a realidade na área de estudo, pois, conforme aponta Hair et al. (2009, p. 116), “o pesquisador não deve se surpreender se executar diversas interações até que uma solução final seja obtida, uma vez que os fatores devem alcançar um desempenho esperado para que sejam o mais representativo possível do conjunto das variáveis iniciais.”

Nesse sentido, após os testes pela análise fatorial exploratória (procedimento detalhado posteriormente) e visando o melhor resultado desta, foi necessário excluir, dentre 22 variáveis, a variável V001 (Percentual de domicílios particulares precários), pois a mesma

apresentou baixo valor de adequação da amostra – com MSA<sup>18</sup> de 0,253 e comunalidade de 0,389. Após exclusão dessa variável, realizou-se novamente a análise descritiva e a análise factorial exploratória, cujos procedimentos técnicos e resultados serão apresentados nos próximos itens.

Para estudos multivariados é necessário constatar se as variáveis possuem normalidade multivariada. Conforme sugerido por Hair et. al (2009), em decorrência da dificuldade de realizar o teste de normalidade multivariada, verifica-se a normalidade de cada variável (Tabela 10) e, ao consegui-la, supõe-se que o conjunto de variáveis possui normalidade multivariada.

Tabela 10 – Resultado do teste de normalidade, por variável

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
V02	0,242	88	0,000	0,607	88	0,000
V03	0,210	88	0,000	0,777	88	0,000
V04	0,283	88	0,000	0,649	88	0,000
V05	0,401	88	0,000	0,237	88	0,000
V06	0,331	88	0,000	0,484	88	0,000
V07	0,095	88	0,046	0,967	88	0,025
V08	0,064	88	0,200*	0,991	88	0,794
V09	0,259	88	0,000	0,614	88	0,000
V10	0,113	88	0,007	0,956	88	0,005
V11	0,299	88	0,000	0,532	88	0,000
V12	0,107	88	0,015	0,951	88	0,002
V13	0,057	88	0,200*	0,986	88	0,473
V14	0,149	88	0,000	0,876	88	0,000
V15	0,091	88	0,071	0,955	88	0,004
V16	0,332	88	0,000	0,395	88	0,000
V17	0,044	88	0,200*	0,991	88	0,801
V18	0,149	88	0,000	0,926	88	0,000
V19	0,139	88	0,000	0,914	88	0,000
V20	0,148	88	0,000	0,660	88	0,000
V21	0,183	88	0,000	0,831	88	0,000
V22	0,169	88	0,000	0,894	88	0,000

\*Este é um limite inferior de verdadeiro significado. a.Lilliefors Significance Correction

Fonte: Análise no SPSS a partir dos dados do Censo IBGE, 2010. Elaboração: Patrícia Soares Rezende, 2015.

Para verificação da normalidade neste estudo adotou-se uma significância de 5% e o teste Kolmogorov-Smirnov (Tabela 10). Com base nessa escolha, verificou-se que apenas quatro variáveis foram consideradas normais (V08, V13, V15 e V17).

A partir do resultado exposto acima, “o pesquisador não deve apenas julgar a extensão sobre a qual a distribuição da variável é não-normal, mas também, o tamanho das amostras

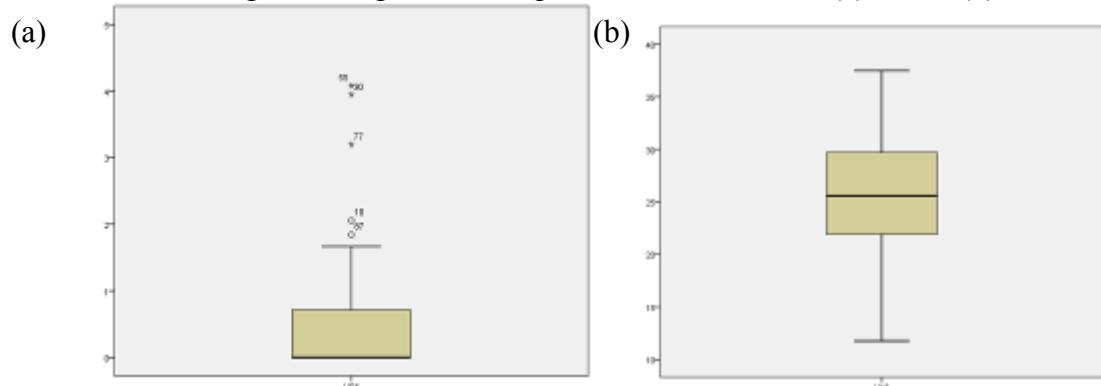
<sup>18</sup> Antes de excluir qualquer variável é necessário analisar todos os resultados gerados pela análise factorial exploratória, principalmente se existe correlação entre as variáveis, o valor do MSA e a comunalidade. O Valor do MSA é um dos critérios para avaliar a adequação da análise factorial, seu valor deve ser superior a 0,5.

envolvidas" (HAIR et. al., 2009, p. 82). Ainda nessa linha de pensamento, Field (2009) afirma que quando utilizamos amostras grandes é muito fácil obter a distribuição não normal, mas tal resultado não pode ser único impedimento para a aplicação da análise fatorial exploratória.

Ao nos depararmos com a não normalidade da maioria das variáveis, realizamos a transformação destas através da função logarítmica e radiação, no intuito de obter normalidade. Entretanto, não ocorreu nessa direção nenhuma mudança significativa que justificasse o uso das variáveis transformadas. Assim, decidimos utilizar as variáveis em percentual anterior à transformação. Optamos também por utilizar os componentes principais (ACP) para extração dos fatores, pois a "suposição de normalidade nas variáveis não é requisito necessário para que a técnica (ACP) possa ser aplicada" (MINGOTI, 2005, p.59). A referida técnica será abordada com mais ênfase no item 3.3.2.1.2. É importante o conhecimento da existência de normalidade, pois a maioria dos testes estatísticos multivariados prevê a existência da normalidade como requisito obrigatório.

Ainda na análise estatística descritiva, verifica-se a existência de dados *outlier* (valores discrepantes). Essa verificação é feita por meio do gráfico Box-plot (Figura 28).

Figura 28 – gráfico Box-plot das variáveis V04 (a) e V13 (b)



Fonte: Análise no SPSS a partir dos dados do Censo IBGE (2010). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Note-se que na Figura 28a existem valores discrepantes, *outliers*, fora do Box-plot; os valores acompanhados de asterisco são considerados casos extremos de *outliers*. A presença de *outliers* contribuiu para existência de não normalidade na variável. A Figura 28b, ao contrário, não possui valores discrepantes, o que contribuiu para a normalidade da variável.

A respeito dos *outliers*, Field (2009) sugere que ao constatá-los nos dados o pesquisador deve proceder a algumas verificações antes de tomar qualquer decisão a respeito de retirá-los da amostra. O primeiro passo é verificar se os dados foram digitados corretamente e se a fonte

das informações é confiável. Field (2009) ressalta ainda que para excluir esses valores *outliers* da amostra é preciso ter uma boa razão, afinal, ao excluí-los o pesquisador está considerando que eles não representam uma informação necessária na análise.

Seguindo as recomendações de Field (2009) e após uma verificação detalhada dos dados, optamos por manter os valores *outliers* nesta pesquisa, sem modificar os dados, tendo em vista que as informações disponibilizadas pelo IBGE são confiáveis e que todas as informações são importantes para entender a vulnerabilidade social da área de estudo. Nessa perspectiva, caso fossem retiradas essas informações, o estudo poderia ser prejudicado, tendo em vista que o setor censitário ficaria vazio.

Por fim, para análise no software SPSS, os setores censitários sem dados foram ignorados. No entanto, esses setores vão permanecer nos mapas para que não haja falha na representação gráfica dos mapas.

Após análise descritiva dos dados, passa-se então à etapa da análise fatorial exploratória (AF).

### 3.3.2.1.2 Análise fatorial exploratória (AF)

A estatística multivariada “busca identificar um número relativamente pequeno de fatores comuns que podem ser utilizados para representar relações entre um grande número de variáveis inter-relacionadas”, a partir do momento que não justifica a interpretação de variáveis de forma separada. (FÁVERO et al, 2009, p. 236)

Hair et al. (2005) explicam que com a redução das variáveis originais em fatores ocorre o mínimo de perda de informação possível e que esses fatores resultam de um conjunto de variáveis cuja análise pela estatística univariada seria trabalhosa. Na AF, são os fatores que devem ser interpretados e não as variáveis individuais.

Para utilizar a análise fatorial exploratória<sup>19</sup> é necessário atender algumas suposições iniciais, as quais são apontadas por Hair et al. (2009), a saber: no conjunto de dados deve haver mais observações do que variáveis; verificar a normalidade nas variáveis; a correlação entre as variáveis com valores significativos ( $>0,30$ ); teste de esfericidade de Bartlett estatisticamente significativo; KMO próximo de 1 e os valores de adequação da amostra (MSA) acima de 0,5.

---

<sup>19</sup> Para este estudo adotou-se uma significância de 5% nos testes.

A execução da análise fatorial exige primeiramente que se escolha o método de extração dos fatores a partir da existência ou não de normalidade nas variáveis. Nesse tipo de análise, conforme Mingoti (2005), há diversos métodos de extração dos fatores, cada qual com suas especificidades: análise de fatores comuns (AFC), análise de componentes principais (ACP), máxima verossimilhança, mínimos quadrados ordinários e generalizados, Alpha entre outros. Neste estudo serão apresentados apenas os métodos ACP e máxima verossimilhança, pois são os mais utilizados em análise fatorial para estudos de vulnerabilidade.

O método das componentes principais (ACP) é o mais empregado na análise exploratória, principalmente porque a suposição de normalidade das variáveis não é um requisito obrigatório para que estas possam ser utilizadas. Por isso o método utilizado neste estudo foi a ACP, uma vez que as variáveis não possuem normalidade. Por sua vez, o método de máxima verossimilhança é indicado apenas quando a variável possui normalidade multivariada. Assim, trata-se de um método menos usual, em função da dificuldade de existir normalidade nas variáveis do censo (MINGOTI, 2005).

No geral, uma das dificuldades do pesquisador é interpretar os fatores extraídos inicialmente, ou seja, saber quais variáveis estão associadas a um determinado fator. Assim, após definido o método de extração, o pesquisador deve escolher um método de rotação dos fatores que facilite a separação das variáveis em cada fator. Com a matriz rotacionada os valores são extremados e os coeficientes são retidos numa estrutura simplificada, tornando a análise mais fácil (FÁVERO et al., 2009).

Para Fávero et al., (2009) os métodos de rotações são separados em dois grupos: os ortogonais produzem fatores não correlacionados, e os oblíquos, fatores correlacionados. Pertencem ao método de rotação ortogonal o Varimax, Quatimax e Equamax. O mais utilizado é o Varimax, que “busca minimizar o número de variáveis que têm altas cargas em um fator, simplificando a interpretação”; ou seja, para cada fator ele deixa claro qual variável é mais importante e “os fatores não são correlacionados”. Já no método de rotação oblíqua, “preserva-se a comunalidade, mas os fatores são correlacionados” (FÁVERO et al., 2009, p. 244-245). Neste estudo utilizou-se o método Varimax para rotação dos fatores, pois não pode haver correlação entre os mesmos.

Com base nas suposições apresentadas por Hair et al. (2009), para utilizar os dados da análise fatorial (AF) na elaboração do índice de vulnerabilidade social é necessário observar os seguintes resultados a fim de confirmar a possibilidade de utilizar suas informações na criação dos fatores que representarão a vulnerabilidade social.

a) Matriz de correlação:

Para Fávero et al (2009), na análise fatorial as variáveis são agrupadas em função de suas correlações. Ou seja, as variáveis que compõem determinado fator devem ser correlacionadas entre si, ao passo que entre os fatores não pode existir correlação. Nesse sentido, a primeira análise a ser feita é para verificar se as variáveis são correlacionadas entre si, pois se não houver correlação não se justifica a aplicação da análise fatorial, uma vez que as variáveis não correlacionadas devem ser analisadas individualmente e não em conjunto, conforme explica Hair et al. (2009, p.109)

[...] Se descobrir que todas as correlações são pequenas, ou que todas as correlações são iguais (mostrando que não existe qualquer estrutura para agrupar variáveis) então o pesquisador deve questionar a aplicação de análise fatorial. [...]

A partir disso, conforme aponta (HAIR et al., 2009), deve-se verificar detalhadamente os resultados da matriz de correlação (Tabela 8). A análise é feita par a par e se não existir um número substancial de correlações maiores que 0,30, ou se a variável não tiver correlação com nenhuma outra, então a análise fatorial provavelmente é inapropriada. Em suma, é necessário que a variável tenha correlação com pelo menos outra variável; mesmo assim, caso possua correlação apenas com uma variável, exige-se atenção para decidir se a mesma é importante para o estudo.

Tabela 11 – Resultado da matriz de correlações (Correlation Matrix<sup>a</sup>)

	V02	V03	V04	V05	V06	V07	V08	V09	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V22	
Correlation	V02	1,000	0,287	0,098	0,728	0,187	-0,247	0,172	-0,072	-0,189	-0,034	-0,226	-0,063	-0,200	0,469	0,596	-0,170	0,162	0,007	-0,006	-0,151	0,260
	V03	0,287	1,000	0,500	0,575	0,258	-0,487	0,451	0,037	-0,320	0,009	-0,308	0,347	-0,359	0,581	0,330	-0,195	0,241	0,149	0,001	-0,088	0,488
	V04	0,098	0,500	1,000	0,167	0,621	-0,483	0,388	0,194	-0,069	0,180	-0,089	0,340	-0,148	0,433	0,074	0,059	0,119	0,196	0,146	0,091	0,354
	V05	0,728	0,575	0,167	1,000	0,187	-0,212	0,145	-0,011	-0,231	0,003	-0,215	-0,144	-0,207	0,439	0,765	-0,210	0,087	-0,097	-0,086	-0,151	0,279
	V06	0,187	0,258	0,621	0,187	1,000	-0,422	0,367	0,055	-0,038	0,076	-0,081	0,278	-0,095	0,403	0,028	0,047	0,169	0,149	0,148	0,071	0,272
	V07	-0,247	-0,487	-0,483	-0,212	-0,422	1,000	-0,624	-0,115	0,537	-0,119	0,561	-0,672	0,639	-0,597	-0,123	0,288	-0,259	-0,400	0,027	-0,032	-0,618
	V08	0,172	0,451	0,388	0,145	0,367	-0,624	1,000	0,148	-0,312	0,155	-0,275	0,581	-0,390	0,676	0,132	-0,083	0,167	0,279	0,174	0,206	0,573
	V09	-0,072	0,037	0,194	-0,011	0,055	-0,115	0,148	1,000	-0,217	0,943	-0,046	0,152	-0,112	-0,002	0,484	-0,110	-0,569	-0,054	-0,080	0,688	-0,066
	V10	-0,189	-0,320	-0,069	-0,231	-0,038	0,537	-0,312	-0,217	1,000	-0,206	0,910	-0,659	0,917	-0,342	-0,247	0,812	-0,208	-0,323	0,268	-0,118	-0,314
	V11	-0,034	0,009	0,180	0,003	0,076	-0,119	0,155	0,943	-0,206	1,000	-0,031	0,140	-0,122	-0,027	0,535	-0,104	-0,599	-0,091	-0,121	0,681	-0,096
	V12	-0,226	-0,308	-0,089	-0,215	-0,081	0,561	-0,275	-0,046	0,910	-0,031	1,000	-0,617	0,892	-0,290	-0,166	0,838	-0,407	-0,361	0,264	0,046	-0,282
	V13	-0,063	0,347	0,340	-0,144	0,278	-0,672	0,581	0,152	-0,659	0,140	-0,617	1,000	-0,676	0,508	-0,162	-0,423	0,368	0,591	0,059	0,112	0,536
	V14	-0,200	-0,359	-0,148	-0,207	-0,095	0,639	-0,390	-0,112	0,917	-0,122	0,892	-0,676	1,000	-0,410	-0,153	0,719	-0,304	-0,365	0,411	-0,005	-0,414
	V15	0,469	0,581	0,433	0,439	0,403	-0,597	0,676	-0,002	-0,342	-0,027	-0,290	0,508	-0,410	1,000	0,210	-0,069	0,305	0,399	0,298	-0,022	0,778
	V16	0,596	0,330	0,074	0,765	0,028	-0,123	0,132	0,484	-0,247	0,535	-0,166	-0,162	-0,153	0,210	1,000	-0,214	-0,284	-0,172	-0,120	0,260	0,058
	V17	-0,170	-0,195	0,059	-0,210	0,047	0,288	-0,083	-0,110	0,812	-0,104	0,838	-0,423	0,719	-0,069	-0,214	1,000	-0,244	-0,176	0,414	-0,141	0,009
	V18	0,162	0,241	0,119	0,087	0,169	-0,259	0,167	-0,569	-0,208	-0,599	-0,407	0,368	-0,304	0,305	-0,284	-0,244	1,000	0,320	0,098	-0,646	0,290
	V19	0,007	0,149	0,196	-0,097	0,149	-0,400	0,279	-0,054	-0,323	-0,091	-0,361	0,591	-0,365	0,399	-0,172	-0,176	0,320	1,000	0,129	-0,073	0,413
	V20	-0,006	0,001	0,146	-0,086	0,148	0,027	0,174	-0,080	0,268	-0,121	0,264	0,059	0,411	0,298	-0,120	0,414	0,098	0,129	1,000	-0,021	0,298
	V21	-0,151	-0,088	0,091	-0,151	0,071	-0,032	0,206	0,688	-0,118	0,681	0,046	0,112	-0,005	-0,022	0,260	-0,141	-0,646	-0,073	-0,021	1,000	-0,099
	V22	0,260	0,488	0,354	0,279	0,272	-0,618	0,573	-0,066	-0,314	-0,096	-0,282	0,536	-0,414	0,778	0,058	0,009	0,290	0,413	0,298	-0,099	1,000
Sig. (1-tailed)	V02	0,003	0,181	0,000	0,041	0,010	0,055	0,253	0,039	0,378	0,017	0,281	0,031	0,000	0,000	0,057	0,066	0,475	0,478	0,079	0,007	
	V03	0,003	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,368	0,001	0,465	0,002	0,000	0,000	0,001	0,035	0,012	0,083	0,498	0,208	0,000		
	V04	0,181	0,000	0,060	0,000	0,000	0,035	0,262	0,047	0,206	0,001	0,084	0,000	0,245	0,292	0,135	0,034	0,087	0,198	0,000		
	V05	0,000	0,000	0,060	0,041	0,024	0,088	0,461	0,015	0,490	0,022	0,090	0,027	0,000	0,000	0,025	0,211	0,183	0,214	0,080	0,004	
	V06	0,041	0,008	0,000	0,041	0,000	0,000	0,306	0,362	0,241	0,226	0,004	0,190	0,000	0,399	0,331	0,058	0,084	0,084	0,256	0,005	
	V07	0,010	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,142	0,000	0,135	0,000	0,000	0,000	0,000	0,127	0,003	0,007	0,000	0,402	0,382	0,000	
	V08	0,055	0,000	0,088	0,000	0,000	0,084	0,002	0,075	0,005	0,000	0,000	0,000	0,111	0,221	0,060	0,004	0,052	0,027	0,000		
	V09	0,253	0,368	0,035	0,461	0,306	0,142	0,084	0,021	0,000	0,335	0,079	0,150	0,493	0,000	0,153	0,000	0,310	0,229	0,000	0,271	
	V10	0,039	0,001	0,262	0,015	0,362	0,000	0,002	0,021	0,027	0,000	0,000	0,000	0,001	0,010	0,000	0,026	0,001	0,006	0,137	0,001	
	V11	0,378	0,465	0,047	0,490	0,241	0,135	0,075	0,000	0,027	0,387	0,097	0,129	0,402	0,000	0,167	0,000	0,199	0,131	0,000	0,186	
	V12	0,017	0,002	0,206	0,022	0,226	0,000	0,005	0,335	0,000	0,387	0,000	0,000	0,003	0,062	0,000	0,000	0,000	0,006	0,334	0,004	
	V13	0,281	0,000	0,001	0,090	0,004	0,000	0,000	0,079	0,000	0,097	0,000	0,000	0,000	0,065	0,000	0,000	0,000	0,293	0,150	0,000	
	V14	0,031	0,000	0,084	0,027	0,190	0,000	0,000	0,150	0,000	0,129	0,000	0,000	0,000	0,078	0,000	0,002	0,000	0,000	0,482	0,000	
	V15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,493	0,001	0,402	0,003	0,000	0,000	0,025	0,263	0,002	0,000	0,000	0,002	0,419	0,000	
	V16	0,000	0,001	0,245	0,000	0,399	0,127	0,111	0,000	0,010	0,000	0,062	0,065	0,078	0,025	0,023	0,004	0,055	0,133	0,007	0,296	
	V17	0,057	0,035	0,292	0,025	0,331	0,003	0,221	0,153	0,000	0,167	0,000	0,000	0,000	0,263	0,023	0,011	0,051	0,000	0,096	0,467	
	V18	0,066	0,012	0,135	0,211	0,058	0,007	0,060	0,000	0,026	0,000	0,000	0,000	0,002	0,004	0,011	0,001	0,182	0,000	0,000	0,003	
	V19	0,475	0,083	0,034	0,183	0,084	0,000	0,004	0,310	0,001	0,199	0,000	0,000	0,000	0,055	0,051	0,001	0,115	0,251	0,000		
	V20	0,478	0,498	0,087	0,214	0,084	0,402	0,052	0,229	0,006	0,131	0,006	0,293	0,000	0,002	0,133	0,000	0,182	0,115	0,423	0,002	
	V21	0,079	0,208	0,198	0,080	0,256	0,382	0,027	0,000	0,137	0,000	0,334	0,150	0,482	0,419	0,007	0,096	0,000	0,251	0,423	0,180	
	V22	0,007	0,000	0,004	0,005	0,000	0,271	0,001	0,186	0,004	0,000	0,000	0,000	0,296	0,467	0,003	0,000	0,002	0,000	0,002	0,180	

a. Determinant = 5,563E-011

Fonte: Análise no SPSS a partir dos dados do Censo IBGE (2010). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Para este estudo, inicialmente, na Tabela 11 verificamos par a par se havia um número significativo de correlações acima de 0,30; em seguida, procuramos identificar correlações com valores acima de 0,9, os quais indicam variáveis altamente correlacionadas. Feito isso, encontramos correlações acima de 0,30 e nenhum valor acima de 0,9. Esse resultado permitiu que a análise fatorial exploratória fosse realizada. Ressalte-se que não há obrigatoriedade de todas as variáveis estarem correlacionadas entre si, entretanto, para que a variável permaneça na AF é necessário que haja correlação com pelo menos uma variável. Caso a variável não tenha correlação com nenhuma outra, deve-se removê-la da AF e analisá-la individualmente.

a) Análise dos resultados de KMO e teste de esfericidade de Bartlett:

É nesse momento que o pesquisador verifica se a análise fatorial está adequada. O teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) possui valores que variam de 0 a 1 (Tabela 12). Valores próximos de 0 (iguais ou inferiores a 0,6) indicam que a análise fatorial não é adequada, pois denotam fraca correlação entre as variáveis; valores acima de 0,7 indicam que a análise fatorial pode ser utilizada. Portanto, quanto mais próximos de 1 forem os valores, mais adequada é a utilização da técnica (FÁVERO et al., 2009, p. 242).

O resultado de KMO encontrado para o conjunto de variáveis desta pesquisa foi de 0,705 (Tabela 12) que para Fávero et al. (2009), esse valor é “médio” e permite a análise fatorial, e para Field (2009, p. 571), esse valor é considerado como “bom”.

Feito isso, verifica-se o resultado do teste de esfericidade de Bartlett, pois o mesmo nos permite verificar se na matriz de correlação há variáveis com correlação significativa (HAIR et al., 2009). Sua análise é feita pela verificação dos valores de significância do teste (Sig.), com base nas seguintes hipóteses: se a hipótese nula -  $H_0$  (matriz de correlação é a matriz identidade) não for rejeitada, significa que as variáveis não estão correlacionadas, sendo inadequado recorrer à análise fatorial. Para que o uso da análise fatorial seja adequado é necessário que o valor de significância do teste de Bartlett seja  $<0,05$ ; se for menor, a hipótese alternativa -  $H_1$  (matriz de correlação não é a matriz identidade) é aceita e rejeita-se a hipótese nula -  $H_0$ . Ao aceitar a hipótese  $H_1$  há indícios de correlação significativa entre as variáveis e o resultado da análise fatorial pode ser utilizado (FIELD, 2009).

Tabela 12 – Resultado do teste de KMO e teste de Bartlett (and Bartlett's Test)

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		0,705
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	1869,313
	Df	0,210
	Sig.	0,000

Fonte: Análise no SPSS a partir dos dados do Censo IBGE (2010). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

O resultado do teste de Bartlett (Tabela 12) foi de 0,000, ou seja, menor que a significância de 0,05 (5%). Assim, rejeitamos a hipótese nula ( $H_0$ ) e aceitamos a hipótese alternativa ( $H_1$ ), isto é, há indícios de correlação significativa entre as variáveis, o que nos indica que podemos continuar a análise fatorial, bem como utilizar seus fatores para outras análises.

b) Matriz anti-imagem de correlação:

A matriz Anti-Imagem (Tabela 13) apresenta os valores da covariância (parte superior) e os valores de correlação (parte inferior). Por ter utilizado a correlação de Pearson para AF, o autor recomenda que a análise seja feita preferencialmente nos “resultados da matriz de anti-imagem de correlação, pois ela é mais informativa” (Field, 2009, p. 581).

Os resultados da diagonal dessa matriz são os valores de KMO para as variáveis individuais (valores em cinza), que se referem ao MSA (medida de adequação da amostra) e também nos permitem verificar se a análise fatorial está adequada. Quanto maiores forem os valores (acima de 0,5), melhor será o uso da análise fatorial. Mas se alguma “variável apresentar valor abaixo de 0,5 na diagonal e alto valor fora dela, talvez haja necessidade de excluí-la da análise”, pois a variável nessas circunstâncias deve ser analisada isoladamente, não sendo necessário o uso da análise fatorial. (FIELD, 2009; FÁVERO et al., 2009, p. 242).

Tabela 13 – Resultado da matriz Anti-Imagem (Matrizes de Anti-Imagen)

	V02	V03	V04	V05	V06	V07	V08	V09	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V22
Anti-image Covariance	0,304	0,093	-0,006	-0,015	-0,009	0,034	0,036	0,015	-0,013	0,006	0,012	-0,010	-0,002	-0,084	-0,036	0,010	0,007	0,032	0,013	0,020	0,028
	0,093	0,296	-0,129	-0,059	0,104	0,015	-0,037	-0,004	-0,005	0,000	0,014	-0,046	-0,011	-0,034	0,013	-0,005	0,001	0,054	0,033	0,008	0,005
	-0,006	-0,129	0,394	0,000	-0,168	0,053	0,034	-0,018	-0,019	-0,007	-0,003	0,005	0,013	0,003	0,010	-0,001	-0,016	-0,025	-0,034	-0,010	0,013
	-0,015	-0,059	0,000	0,065	-0,071	-0,002	0,027	-0,007	0,005	0,025	-0,015	0,010	0,003	-0,021	-0,049	0,023	0,021	0,019	0,005	0,036	-0,018
	-0,009	0,104	-0,168	-0,071	0,401	0,048	-0,038	0,032	0,004	-0,043	0,033	-0,010	-0,023	-0,018	0,060	-0,044	-0,055	0,008	0,035	-0,070	0,032
	0,034	0,015	0,053	-0,002	0,048	0,273	0,060	0,000	0,013	-0,002	-0,028	0,034	-0,008	-0,009	0,002	0,020	-0,036	-0,005	-0,014	-0,012	0,050
	0,036	-0,037	0,034	0,027	-0,038	0,060	0,329	0,006	-0,019	0,014	-0,004	-0,048	0,014	-0,072	-0,036	-0,008	-0,005	0,084	-0,014	-0,051	0,020
	0,015	-0,004	-0,018	-0,007	0,032	0,000	0,006	0,089	0,013	-0,051	0,014	0,014	-0,015	-0,014	0,011	-0,017	-0,018	-0,017	0,023	-0,032	-0,013
	-0,013	-0,005	-0,019	0,005	0,004	0,013	-0,019	0,013	0,046	-0,010	-0,005	0,029	-0,026	-0,001	0,007	-0,026	-0,036	-0,023	0,048	-0,012	-0,020
	0,006	0,000	-0,007	0,025	-0,043	-0,002	0,014	-0,051	-0,010	0,051	-0,015	-0,025	0,014	0,003	-0,035	0,015	0,034	0,029	-0,016	0,019	0,017
	0,012	0,014	-0,003	-0,015	0,033	-0,028	-0,004	0,014	-0,005	-0,015	0,055	-0,005	-0,022	-0,026	0,016	-0,042	0,007	0,021	0,047	-0,020	-0,010
	-0,010	-0,046	0,005	0,010	-0,010	0,034	-0,048	0,014	0,029	-0,025	-0,005	0,118	-0,008	0,000	0,021	0,000	-0,059	-0,099	0,002	-0,018	-0,038
	-0,002	-0,011	0,013	0,003	-0,023	-0,008	0,014	-0,015	-0,026	0,014	-0,022	-0,008	0,034	0,021	-0,010	0,022	0,015	0,000	-0,069	0,004	0,029
	-0,084	-0,034	0,003	-0,021	-0,018	-0,009	-0,072	-0,014	-0,001	0,003	-0,026	0,000	0,021	0,151	0,017	0,001	-0,021	-0,064	-0,065	-0,026	-0,049
	-0,036	0,013	0,010	-0,049	0,060	0,002	-0,036	0,011	0,007	-0,035	0,016	0,021	-0,010	0,017	0,060	-0,020	-0,028	-0,029	0,006	-0,030	-0,003
	0,010	-0,005	-0,001	0,023	-0,044	0,020	-0,008	-0,017	-0,026	0,015	-0,042	0,000	0,022	0,001	-0,020	0,113	0,052	-0,001	-0,063	0,082	-0,019
	0,007	0,001	-0,016	0,021	-0,055	-0,036	-0,005	-0,018	-0,036	0,034	0,007	-0,059	0,015	-0,021	-0,028	0,052	0,195	0,040	-0,040	0,123	0,023
	0,032	0,054	-0,025	0,019	0,008	-0,005	0,084	-0,017	-0,023	0,029	0,021	-0,099	0,000	-0,064	-0,029	-0,001	0,040	0,526	0,010	0,025	-0,001
	0,013	0,033	-0,034	0,005	0,035	-0,014	0,014	0,023	0,048	-0,016	0,047	0,002	-0,069	-0,065	0,006	-0,063	-0,040	0,010	0,218	-0,024	-0,072
	0,020	0,008	-0,010	0,036	-0,070	-0,012	-0,051	-0,032	-0,012	0,019	-0,020	-0,018	0,004	-0,026	-0,030	0,082	0,123	0,025	-0,024	0,227	-0,004
	0,028	0,005	0,013	-0,018	0,032	0,050	0,020	-0,013	-0,020	0,017	-0,010	-0,038	0,029	-0,049	-0,003	-0,019	0,023	-0,001	-0,072	-0,004	0,246
Anti-image Correlation	0,791 <sup>a</sup>	0,312	-0,017	-0,104	-0,026	0,116	0,113	0,092	0,051	0,094	-0,052	-0,019	-0,394	-0,264	0,052	0,029	0,080	0,052	0,077	0,103	
	0,312	0,779 <sup>a</sup>	-0,378	-0,427	0,303	0,054	-0,119	-0,027	-0,043	-0,001	0,111	-0,244	-0,107	-0,162	0,097	-0,025	0,006	0,136	0,129	0,032	0,019
	-0,017	-0,378	0,797 <sup>a</sup>	-0,001	-0,422	0,162	0,095	-0,095	-0,143	-0,047	-0,019	0,025	0,110	0,013	0,068	-0,005	-0,059	-0,054	-0,115	-0,034	0,043
	-0,104	-0,427	-0,001	0,571 <sup>a</sup>	-0,437	-0,016	0,184	-0,086	0,085	0,429	-0,243	0,117	0,055	-0,212	-0,783	0,271	0,185	0,102	0,045	0,296	-0,138
	-0,026	0,303	-0,422	-0,437	0,551 <sup>a</sup>	0,145	-0,104	0,172	0,031	-0,301	0,220	-0,044	-0,196	-0,073	0,389	-0,208	-0,197	0,017	0,118	-0,233	0,102
	0,07	0,116	0,054	0,162	-0,016	0,145	0,926 <sup>a</sup>	0,200	0,001	0,120	-0,013	-0,227	0,191	-0,080	-0,046	0,016	0,116	-0,155	-0,014	-0,057	0,191
	0,113	-0,119	0,095	0,184	-0,104	0,200	0,843 <sup>a</sup>	0,037	-0,158	0,105	-0,030	-0,243	0,131	-0,323	-0,255	-0,039	-0,021	0,202	-0,051	-0,187	0,070
	0,092	-0,027	-0,095	-0,086	0,172	0,001	0,037	0,680 <sup>a</sup>	0,211	-0,765	0,196	0,139	-0,271	-0,118	0,149	-0,171	-0,137	-0,079	0,167	-0,223	-0,089
	-0,113	-0,043	-0,143	0,085	0,031	0,120	-0,158	0,211	0,745 <sup>a</sup>	-0,199	-0,100	0,399	-0,647	-0,010	0,133	-0,368	-0,381	-0,146	0,476	-0,119	-0,192
	0,051	0,051	-0,001	-0,047	0,429	-0,301	-0,013	0,105	-0,765	-0,199	0,540 <sup>a</sup>	-0,288	-0,328	0,325	0,029	-0,630	0,198	0,345	0,177	-0,154	0,174
	0,094	0,111	-0,019	-0,243	0,220	-0,227	-0,030	0,196	-0,100	-0,288	0,755 <sup>a</sup>	-0,058	-0,505	-0,282	0,275	-0,532	0,068	0,121	0,434	-0,176	-0,085
	-0,052	-0,244	0,025	0,117	-0,044	0,191	-0,243	0,139	0,399	-0,328	-0,058	0,801 <sup>a</sup>	-0,119	0,004	0,256	0,004	-0,392	-0,399	0,015	-0,113	-0,223
	-0,019	-0,107	0,110	0,055	-0,196	-0,080	0,131	-0,271	-0,647	0,325	-0,505	-0,119	0,680 <sup>a</sup>	0,291	-0,215	0,351	0,187	0,003	-0,793	0,050	0,312
	-0,394	-0,162	0,013	-0,212	-0,073	-0,046	-0,323	-0,118	-0,010	0,029	-0,282	0,004	0,291	0,810 <sup>a</sup>	0,176	0,005	-0,120	-0,229	-0,358	-0,139	-0,253
	-0,264	0,097	0,068	-0,783	0,389	0,016	-0,255	0,149	0,133	-0,630	0,275	0,256	-0,215	0,176	0,532 <sup>a</sup>	-0,249	-0,255	-0,164	0,053	-0,255	-0,021
	0,052	0,025	-0,005	0,271	-0,208	0,116	-0,039	-0,171	-0,368	0,198	-0,532	0,004	0,351	0,005	-0,249	0,657 <sup>a</sup>	0,353	-0,003	-0,398	0,513	-0,117
	0,029	0,006	-0,059	0,185	-0,197	-0,155	-0,021	-0,137	-0,381	0,345	0,068	-0,392	0,187	-0,120	-0,255	0,353	0,649 <sup>a</sup>	0,125	-0,192	0,584	0,105
	0,080	0,136	-0,054	0,102	0,017	-0,014	0,202	-0,079	-0,146	0,177	0,121	-0,399	0,003	-0,229	-0,164	-0,003	0,125	0,792 <sup>a</sup>	0,029	0,073	-0,002
	0,052	0,129	-0,115	0,045	0,118	-0,057	-0,051	0,167	0,476	-0,154	0,434	0,015	-0,793	-0,358	0,053	-0,398	-0,192	0,029	0,337 <sup>a</sup>	-0,106	-0,311
	0,077	0,032	-0,034	0,296	-0,233	-0,047	-0,187	-0,223	-0,119	0,174	-0,176	-0,113	0,050	-0,139	-0,255	0,513	0,584	0,073	-0,106	0,607 <sup>a</sup>	-0,017
	0,103	0,019	0,043	-0,138	0,102	0,191	0,070	-0,089	-0,192	0,148	-0,085	-0,223	0,312	-0,253	-0,021	-0,117	0,105	-0,002	-0,311	-0,017	0,855 <sup>a</sup>

a Measures of Sampling Adequacy(MSA). Correlações Anti-Imagen

Fonte: Análise no SPSS a partir dos dados do Censo IBGE (2010). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Com base nos resultados da diagonal da matriz anti-imagem de correlação (Tabela 13), observa-se que os valores são superiores a 0,5, exceto para a variável V19, com valor de 0,337. Assim, serão analisados os valores de comunalidade (item “e”) dessa variável, a fim de constatar se há necessidade de excluí-la ou não da análise. Caso seu valor de comunalidade seja superior a 0,5 a exclusão não será necessária, tendo em vista que a variável pode, sozinha, estar representando um fator. (FIELD, 2009)

### c) Comunalidade

A comunalidade (Tabela 14) apresenta a contribuição de cada variável para a análise factorial. “Incialmente os valores são iguais a 1; após a extração, os valores variaram de 0 a 1”. Quando os valores estão próximos de zero entende-se que a “variância não é explicada por todos os fatores”; em contrapartida, quando estão “próximos de 1, toda a variância é explicada por todos os fatores”. (FÁVERO et al., 2009, p. 255)

Tabela 14– Resultado das comunalidades  
(Communalities)

Communalities		
Variáveis	Initial	Extraction
V02	1,000	0,729
V03	1,000	0,595
V04	1,000	0,809
V05	1,000	0,928
V06	1,000	0,711
V07	1,000	0,735
V08	1,000	0,645
V09	1,000	0,876
V10	1,000	0,920
V11	1,000	0,898
V12	1,000	0,913
V13	1,000	0,893
V14	1,000	0,918
V15	1,000	0,861
V16	1,000	0,913
V17	1,000	0,832
V18	1,000	0,767
V19	1,000	0,517
V20	1,000	0,642
V21	1,000	0,751
V22	1,000	0,773

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Fonte: Análise no SPSS a partir dos dados do Censo IBGE (2010). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Quanto aos resultados de comunalidade (Tabela 14), a coluna “Extraction” demonstra que as variáveis têm relação com os fatores retidos, pois apresenta valores acima de 0,5. Percebe-se que a variável que mais representa a AF é a V05, com 0,928 (93%). Observe-se também a variável V19: na matriz anti-imagem de correlação (item “b”) ela tem valor de 0,337, o qual é considerado baixo, devendo ser analisado na tabela de comunalidade (item “c”) para decidir se deve ser excluído. Contudo, ao analisar essa variável no resultado da comunalidade, a mesma apresenta um valor de 0,517, demonstrando que não há necessidade de excluí-la, pois ela representa 52% na análise fatorial, percentual considerado bom.

d) Determinação do número de fatores para representação das variáveis

Para determinar o número de fatores a serem extraídos na análise fatorial exploratória é necessário que o pesquisador se baseie em algum dos seguintes critérios: raiz latente, a priori, percentagem de variância, gráfico *scree-plot* e heterogeneidade dos respondentes (HAIR et al., 2009).

Dentre os cinco critérios o mais utilizado é a raiz latente, principalmente quando se adota o método de componentes principais para extração dos fatores. Ao utilizar a raiz latente, cada variável contribui com um valor do autovalor, de modo que apenas os fatores com autovalores acima de 1 são considerados significantes, enquanto os autovalores menores que 1 são descartados da análise (HAIR et al., 2009).

O critério a priori é utilizado quando o “pesquisador já sabe quantos fatores irá extrair, antes mesmo de aplicar a análise fatorial. Trata-se de um recurso para repetir a metodologia de outro pesquisador” (HAIR et al., 2009, p. 114).

Critério de percentagem de variância tem como objetivo “garantir que os fatores determinados expliquem pelo menos um montante especificado de variância”. Geralmente se consideram os fatores com variância explicada acima de 60%. (HAIR et al., 2009, p. 114)

Hair et al. (2009) afirmam que o pesquisador pode escolher mais de um critério para definir o número de fatores, por exemplo: inicialmente, escolhe a raiz latente (selecionando os fatores com autovalor acima de 1) como uma orientação e, posteriormente, serve-se de outro critério para validar a quantidade de fatores. A determinação é feita com base nos resultados da variância total explicada (Tabela 15).

Tabela 15 – Resultado da variância total explicada (Total Variance Explained)

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	6,569	31,282	31,282	6,569	31,282	31,282	4,486	21,360	21,360
2	3,523	16,774	48,056	3,523	16,774	48,056	3,569	16,994	38,354
3	2,923	13,920	61,976	2,923	13,920	61,976	3,390	16,144	54,498
4	2,503	11,917	73,894	2,503	11,917	73,894	2,922	13,916	68,415
5	1,109	5,280	79,173	1,109	5,280	79,173	2,259	10,759	79,173
6	0,765	3,641	82,815						
7	0,645	3,073	85,888						
8	0,620	2,951	88,839						
9	0,466	2,219	91,057						
10	0,411	1,958	93,015						
11	0,303	1,441	94,456						
12	0,284	1,352	95,808						
13	0,208	0,989	96,797						
14	0,194	0,922	97,719						
15	0,136	0,646	98,365						
16	0,106	0,504	98,869						
17	0,093	0,445	99,314						
18	0,059	0,279	99,593						
19	0,041	0,195	99,788						
20	0,029	0,136	99,924						
21	0,016	0,076	100,000						

Extraction Method: Principal Component Analysis

Fonte: Análise no SPSS a partir dos dados do Censo IBGE (2010). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Partindo da proposta de HAIR et al. (2009), neste trabalho adotamos como critério predominante a raiz latente. Assim obtivemos 5 fatores com autovalores acima de 1 (Tabela 15). Para conferência do número de fatores utilizamos os valores da percentagem de variância. Observe-se que o quinto fator representa 79,173% de variância acumulada, comprovando a determinação correta dos 5 fatores para a análise fatorial. Logo, para este estudo tem-se 5 fatores capazes de explicar 79,173% de variância dos dados originais.

e) Matriz de componentes rotacionada (carga fatorial)

Para facilitar a separação das variáveis que compõem cada fator, recorre-se à tabela com os valores rotacionados (Tabela 16), pois a interpretação dos valores que compõem cada fator é facilitada (FIELD, 2009). Como salientamos anteriormente, neste trabalho adotamos o método de rotação varimax.

Para separar as variáveis que compõem cada fator é necessário avaliar a carga fatorial de cada uma delas, conforme apresentado na Tabela 16. Tomemos como exemplo a variável V02: após verificadas suas cargas fatoriais em cada fator, observa-se que o maior valor está no fator 4 (0,826); logo, esta variável pertence ao fator 4. Tal análise é feita para todas as variáveis, no intuito de separá-las por fator. Nesse processo não se considerou os sinais de positivo e negativo, somente o maior valor para compor cada fator.

Tabela 16– Resultado da matriz dos componentes rotacionada  
(Rotated Component Matrix<sup>a</sup>)

Variáveis	Component				
	1	2	3	4	5
V02	-0,089	0,138	-0,123	0,828	0,031
V03	-0,219	0,319	-0,073	0,475	0,463
V04	0,012	0,231	0,099	0,055	0,862
V05	-0,109	0,022	-0,073	0,944	0,142
V06	0,034	0,162	-0,002	0,058	0,824
V07	0,465	-0,534	-0,030	-0,114	-0,468
V08	-0,162	0,680	0,158	0,107	0,347
V09	-0,114	0,016	0,923	0,040	0,093
V10	0,906	-0,259	-0,120	-0,134	0,019
V11	-0,116	-0,024	0,932	0,070	0,103
V12	0,921	-0,204	0,086	-0,114	-0,037
V13	-0,586	0,636	0,054	-0,273	0,260
V14	0,906	-0,271	-0,001	-0,105	-0,108
V15	-0,109	0,775	-0,070	0,396	0,296
V16	-0,115	-0,053	0,462	0,826	-0,021
V17	0,897	0,081	-0,035	-0,119	0,071
V18	-0,296	0,244	-0,770	-0,011	0,164
V19	-0,297	0,601	-0,133	-0,223	0,032
V20	0,544	0,582	-0,052	-0,048	-0,055
V21	-0,032	0,050	0,857	-0,115	0,023
V22	-0,104	0,814	-0,125	0,218	0,192

Extraction Method: Principal Component Analysis

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization

a. Rotation converged in 6 iterations

Fonte: Análise no SPSS a partir dos dados do Censo IBGE (2010). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Com as variáveis definidas em cada fator, a partir de suas semelhanças, foram obtidos os 5 fatores, conforme Quadro 15.

Quadro 15 – Composição dos fatores de vulnerabilidade social

<b>Fator 1: variáveis referentes à idade acima de 64 anos</b>	
V10 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes de mais de 64 anos.	
V12 – Percentual de mulheres responsáveis por domicílios particulares permanentes com mais de 64 anos de idade.	
V14 – Percentual de pessoas de mais de 64 anos de idade.	
V17 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados com mais de 64 anos de idade	
<b>Fator 2: variáveis referentes a educação</b>	
V07 – Percentual de domicílios particulares permanentes alugados	
V08 – Percentual de domicílios particulares permanentes de mais de 4 moradores.	
V13 – Percentual de pessoas entre 0 e 14 anos de idade.	
V15 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados.	
V19 – Percentual de pessoas não alfabetizadas entre 5 e 14 anos de idade.	
V20 – Percentual de pessoas não alfabetizadas com mais de 64 anos de idade	
V22 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes com rendimento nominal mensal de até 3 salários mínimos.	
<b>Fator 3: variáveis referentes aos responsáveis pelos domicílios</b>	
V09 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes com 10 a 19 anos de idade.	
V11 – Percentual de mulheres responsáveis por domicílios particulares permanentes com 10 a 19 anos de idade.	
V18 – Percentual de mulheres não alfabetizadas responsáveis por domicílios particulares permanentes.	
V21 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes sem rendimento nominal mensal.	
<b>Fator 4: variáveis referentes ao saneamento básico</b>	
V02 – Percentual de domicílios particulares sem abastecimento de água da rede geral	
V03 – Percentual de domicílios particulares com banheiro ou sanitário sem esgotamento sanitário via rede geral de esgoto, pluvial ou fossa séptica.	
V05 – Percentual de domicílios particulares permanentes com lixo não coletado	
V16 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados entre 10 e 19 anos de idade.	
<b>Fator 5: variáveis referentes a infraestrutura básica da moradia</b>	
V04 – Percentual de domicílios particulares permanentes sem banheiro.	
V06 – Percentual de domicílios particulares permanentes sem energia elétrica	

Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Uma vez separadas as classes de fatores (Quadro 15), é necessário nomeá-los, associando-lhes um significado que represente o conjunto de classes de cada fator. HAIR et al. (2009, p. 136) sugerem que o nome seja atribuído com base nas “cargas fatoriais significativas” (Tabela 17), ou seja, as “variáveis com cargas maiores influenciarão mais na definição do nome do fator ao qual pertencem, enquanto que as variáveis com valores menores não terão influência”. Seguimos esse critério para atribuir nome aos fatores.

f) Matriz de transformação dos componentes

A matriz de transformação dos componentes (Tabela 17) “representa o ângulo no qual os eixos foram girados, ou o grau em que os fatores foram rotacionados”. Nela, analisa-se cada componente em relação a ele mesmo (FIELD, 2009, p. 589).

Tabela 17 – Resultado da matriz de transformação dos componentes  
(Component Transformation Matrix)

Component	Component Transformation Matrix				
	1	2	3	4	5
1	-0,657	0,585	0,006	0,298	0,371
2	-0,159	-0,254	0,936	0,182	-0,040
3	0,727	0,364	0,176	0,335	0,442
4	0,039	0,371	0,283	-0,866	0,174
5	0,114	0,568	0,115	0,125	-0,797

Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization  
Fonte: Análise no SPSS a partir dos dados do Censo IBGE (2010). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Os valores ortogonais dessa matriz serão utilizados para equalizar os valores dos dados, no item 4.3.2.2.1.

g) Matriz de correlação de Pearson entre os fatores

A matriz de correlação de Pearson (Tabela 18) “apresenta os valores da correlação não padronizada, mostrando-nos o relacionamento entre os escores dos fatores.” (FIELD, 2009, p. 592). Como utilizamos o método de rotação ortogonal varimax, os fatores resultantes dessa rotação serão independentes entre si, conforme Tabela 18.

Tabela 18 – Resultado da matriz de correlação dos componentes

Component	Component Score Covariance Matrix				
	1	2	3	4	5
1	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000
3	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
4	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000
5	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000

Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization  
Fonte: Análise no SPSS a partir dos dados do Censo IBGE (2010). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Comprovando a eficácia do método de rotação utilizado, observa-se na Tabela 18 que os elementos da diagonal são 1, ao passo que os demais elementos são 0, ou seja, os fatores não estão correlacionados.

Com os fatores extraídos pela análise fatorial, o próximo procedimento é elaborar os fatores de vulnerabilidade social e, posteriormente, o índice correspondente, conforme será apresentado nos itens (3.3.2.2 e 3.3.2.3)

### *3.3.2.2. Elaboração dos fatores de vulnerabilidade social*

As variáveis de vulnerabilidade social, aqui denominadas como fatores, foram elaboradas com base na metodologia desenvolvida por Dias (2013). Para a composição dos fatores utilizamos as informações da análise fatorial exploratória, o valor em percentual das variáveis do setor censitário (Quadro 14) e a média ponderada (MP). Para realizar o cálculo consideramos os valores da Tabela 16 (Matriz dos componentes rotacionada) e multiplicamos pelo valor da variável (Quadro 14). Esses cálculos (Tabela 19), foram realizados no Excel, foram feitos para os 88 setores censitários da área de estudo. Para os cálculos não consideramos os operadores -/+ dos valores da tabela 16.

Tabela 19 – Cálculo de média ponderada das variáveis por fator

<b>Fator</b>	<b>Calculo</b>
Fator 1	$\frac{(V10 * 0,906) + (V12 * 0,921) + (V14 * 0,906) + (V17 * 0,897)}{(0,906 + 0,921 + 0,906 + 0,897)}$
Fator 2	$\frac{(V07 * 0,534) + (V08 * 0,680) + (V13 * 0,636) + (V15 * 0,775) + (V19 * 0,601) + (V20 * 0,582) + (V22 * 0,814)}{(0,534 + 0,680 + 0,636 + 0,775 + 0,601 + 0,582 + 0,814)}$
Fator 3	$\frac{(V09 * 0,923) + (V11 * 0,932) + (V18 * 0,770) + (V21 * 0,857)}{(0,923 + 0,932 + 0,770 + 0,857)}$
Fator 4	$\frac{(V2 * 0,828) + (V3 * 0,475) + (V5 * 0,944) + (V16 * 0,826)}{(0,828 + 0,475 + 0,944 + 0,826)}$
Fator 5	$\frac{(V4 * 0,862) + (V6 * 0,824)}{(0,862 + 0,824)}$

Fonte: Adaptado de Dias (2013).

Posteriormente, para que os resultados fossem equalizados, ou seja, para que tivessem uma distribuição mais uniforme, utilizamos o peso de cada componente da Matriz de transformação dos componentes (Tabela 17), células em cinza, e multiplicamos pelo resultado da média ponderada (resultado da Tabela 19) (DIAS, 2013). O procedimento pode ser visualizado na Tabela 20.

Tabela 20 – Cálculo de equalização para obtenção dos fatores finais

Calculo	Fator final
Média ponderada do Fator 1 * Carga do fator (0,657)	Fator 1
Média ponderada do Fator 2 * Carga do fator (0,254)	Fator 2
Média ponderada do Fator 3 * Carga do fator (0,176)	Fator 3
Média ponderada do Fator 4 * Carga do fator (0,866)	Fator 4
Média ponderada do Fator 5 * Carga do fator (0,797)	Fator 5

Fonte: Adaptado de Dias (2013).

Após a equalização, procedemos à transformação dos resultados de cada fator para o intervalo com variação de 0 a 1. Essa transformação foi necessária porque as variáveis ambientais e o índice de vulnerabilidade ambiental estão em escala 0-1 e, para gerar o índice final de vulnerabilidade socioambiental, necessita-se que todas as variáveis estejam na mesma escala numérica de representação. Lembramos que essa transformação se baseia na fórmula proposta por Alcântara (2012):

$$Y_i = (x_i - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$$

onde:

$y_i$  é o valor transformado da  $i$ -ésima observação da variável em questão;

$x_i$  é o valor da variável que será transformada para escala 0-1

$x_{\min}$  é o valor mínimo observado da variável em análise

$x_{\max}$  é o valor máximo da variável em análise.

Nesse sentido, quanto mais próximo de 1 (um), mais vulnerável, e quanto mais próximo de 0 (zero), menos vulnerável (PAULA, 2008).

Após a transformação dos fatores para a escala 0-1, seguimos à espacialização dos mesmos. Primeiro organizamos uma planilha eletrônica do Excel com o resultado final de cada fator e a importamos para o software QGis. Neste, operamos a união entre a planilha em formato (.xls) e a

camada vetorial dos setores censitários. Posteriormente, salvamos um arquivo vetorial para cada fator, tendo em vista que os fatores serão apresentados a princípio de forma individual.

Para representação temática de cada fator é necessário definir a simbologia gráfica, a partir da “aba estilo”, para representar a camada vetorial. Assim, classificamos os valores de acordo com as classes de vulnerabilidade social (muito baixa, baixa, moderada, alta e muito alta) através do método quebras naturais (ou Jenks), conforme Tabela 21.

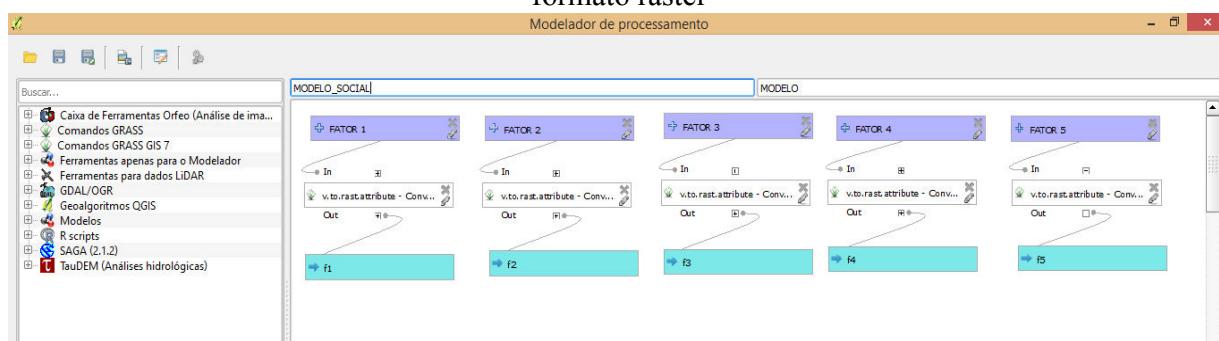
Tabela 21 – Valores para reclassificação do Fator

Intervalo	Classe
< 0,210	Muito baixa
≥ 0,210 a 0,363	Baixa
≥ 0,363 a 0,512	Moderada
≥ 0,512 a 0,721	Alta
>0,721	Muito alta

Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

A elaboração do índice final de vulnerabilidade social exigiu a conversão dos arquivos vetoriais de cada fator para o formato raster. Para executar esse procedimento de forma automatizada aplicamos algumas edições no modelo de vulnerabilidade ambiental (MVA) utilizado no item 3.3.1.2.2. O resultado final do modelo pode ser observado na Figura 29.

Figura 29 – Resultado final do modelo para conversão dos arquivos vetoriais para o formato raster



Fonte: Qgis (2015). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Com os fatores convertidos para o formato raster, utilizamos o método AHP para elaborar o índice de vulnerabilidade social, como explicaremos no próximo item.

### 3.3.2.3 Método AHP para elaboração do índice de vulnerabilidade social

Após ter realizado testes através de média, soma matricial e multiplicação, o melhor método encontrado para elaborar o índice de vulnerabilidade social foi o AHP. Esse método está disponível no software QGis sob a forma de um plugin. Para utilizá-lo, é necessário primeiramente definir os níveis de importância para cada fator, por meio da Matriz de Comparação Pareada.

Esta, por seu turno, foi construída a partir da escala de comparadores de Saaty (1980) reaplicado por Martins (2009), Paula (2008), Pinese Júnior (2010), Santos et al. (2010), para definir o nível de importância de cada fator, como segue na Tabela 22. Por fim, esses valores foram inseridos no plugin Easy AHP, do software QGis.

Tabela 22 –Matriz de Comparação Pareada

Fatores	Fator 4	Fator 5	Fator 1	Fator 3	Fator 2
Fator 4	1	1/3	1/3	1/5	1/7
Fator 5	3	1	1/3	1/5	1/7
Fator 1	3	3	1	1/3	1/5
Fator 3	5	5	3	1	1/5
Fator 2	7	7	5	5	1

Fonte: Adaptado de Saaty (1980 apud SANTOS et al., 2010).

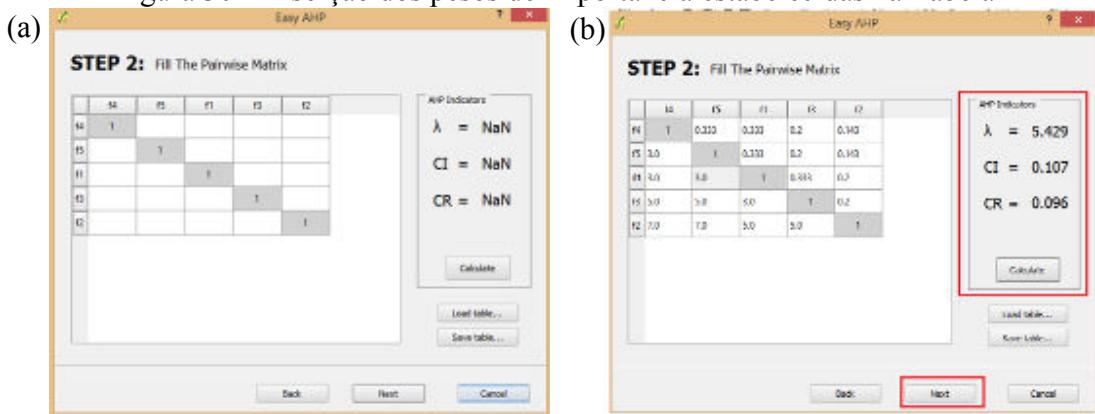
Vale ressaltar que, para definir o nível de importância de cada fator na AHP, o pesquisador deve levar em consideração o resultado apresentado por cada fator na área de estudo e não o grau de importância atribuída a esse fator em literaturas ou no senso comum. Com base nesse critério verificamos que a área de estudo não apresenta sérios problemas em relação ao saneamento básico; logo, o fator 4 (variáveis referentes ao saneamento básico) não apresentou altos índices de vulnerabilidade social. Já os fatores 2 (educação) e 3 (responsáveis pelos domicílios) são os que apresentam os maiores índices de vulnerabilidade social, uma vez que também integram a variável renda, o que contribui para o aumento de vulnerabilidade social. Sendo assim, os fatores 2 e 3 foram considerados mais importantes neste estudo quando comparados aos demais fatores, justificado assim, o menor peso atribuído a estes últimos.

Para montar a tabela referente à matriz de comparação pareada, dispõem-se na primeira coluna e na primeira linha as variáveis conforme sua importância, partindo da menos importante

para a mais importante na determinação da vulnerabilidade social estudada (SANTOS et al. (2010).

A fim de facilitar a automação de todo esse processo, no plugin AHP, inserimos os cinco fatores em formato raster resultantes da conversão realizada no modelo (item 3.3.2.2), seguindo a ordem definida na Tabela 22. Posteriormente digitamos os valores de importância conforme estabelecido na Tabela 22. Finalizada a inserção dos valores, clicamos em “calcular” para gerar os índices de consistências da matriz (Figura 30a).

Figura 30 – Inserção dos pesos de importância estabelecidas na Tabela 22

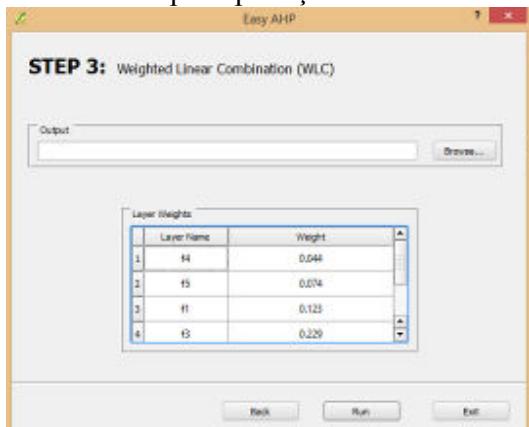


Fonte: Censo IBGE (2010), Qgis (2015). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Com os valores do AHP *indicators* calculados (Figura 30b), é necessário verificar o valor resultante do Índice de Consistência (IC), que deve estar próximo do número de indicadores utilizado para o cálculo (5,429); o valor aproximado de 5 fatores inseridos e a Razão de Consistência (RC), cujo valor deve ser menor que 0,10 (10%), conforme critérios estabelecidos por Saaty (1980) apud Martins (2009) e Santos et al. (2010).

Tendo avaliado esses indicadores de consistência e estando dentro dos limites estabelecidos pela literatura específica, pode-se dar andamento aos processos clicando em “Next” no plugin *Easy AHP* para gerar os pesos estatístico (Figura 31) a serem utilizados na elaboração do mapa de vulnerabilidade social, o qual é gerado em formato “tiff” pelo método *Weighted Linear Combination* (WLC), integrado no plugin. Os valores do mapa de vulnerabilidade social variam na escala de 0 a 1.

Figura 31 – Pesos das variáveis após aplicação da Matriz de Comparaçāo Pareada.



Fonte: Censo IBGE (2010), Qgis (2015). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Gerado o raster, os valores de vulnerabilidade social variaram entre 0,15 e 0,77. Estes valores foram reclassificados nas classes de vulnerabilidade social (muito baixa, baixa, moderada e alta), pelo método quebras naturais, conforme apresentado na Tabela 23:

Tabela 23 – Valores para reclassificação do raster de vulnerabilidade social

Intervalo	Classe	Número
< 0,32	Muito baixa	1
≥ 0,32 a 0,51	Baixa	2
≥ 0,51 a 0,64	Moderada	3
≥ 0,64	Alta	4

Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Observando as classes geradas, nota-se que não foi encontrada a classe Muito Alta, pois esta deve apresentar valores maiores que 0,80, conforme orienta Nascimento (2011).

Depois de definir as classes procedemos à reclassificação do raster, através do algoritmo “r.recode”, atribuindo-lhe um número para representar as classes de vulnerabilidade social. Posteriormente convertemos a camada em formato raster para o formato vetorial a fim de realizar a intersecção da camada vetorial com a camada dos setores censitários. Finalizando o mapa, definimos o layout e uma simbologia gráfica para representar as classes de vulnerabilidade, a partir da “aba estilo”.

### 3.3.3 Índice de vulnerabilidade socioambiental

Para elaboração do índice de vulnerabilidade socioambiental utilizamos o arquivo em formato raster do índice de vulnerabilidade ambiental (item 3.3.1.3) e o índice de vulnerabilidade social (item 3.3.2.3) com os valores anteriores à reclassificação.

Feitos os testes de multiplicação, soma e média simples entre os dois índices, a média ponderada (MP) apresentou os melhores resultados, estando estes mais próximos da realidade da área de estudo. Para o cálculo da MP, utilizamos os pesos especificados na Tabela 24.

Pesos estatísticos para elaboração da média ponderada

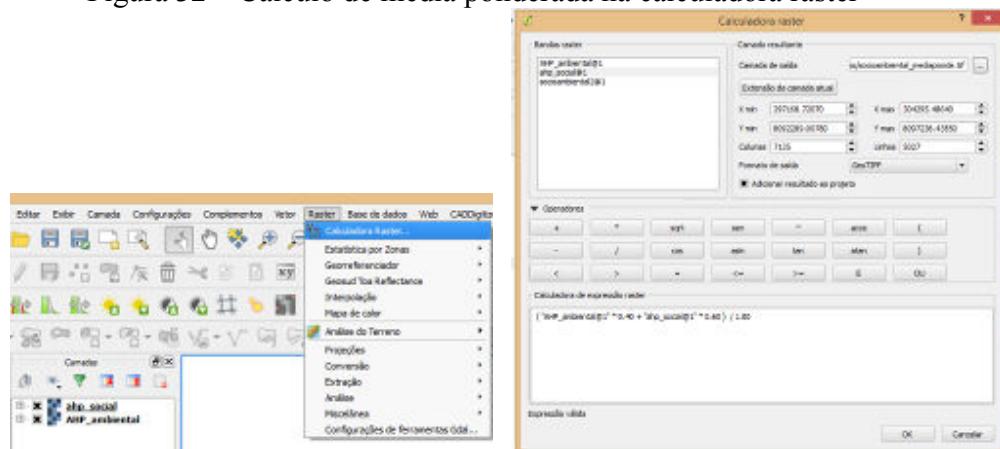
Índice	Peso estatístico
Vulnerabilidade ambiental	0,40
Vulnerabilidade social	0,60

Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

A atribuição dos pesos para cada índice justifica-se pelo fato de que, na área estudada, a vulnerabilidade social apresenta os maiores valores no intervalo de vulnerabilidade, quando comparada com a vulnerabilidade ambiental. Entendemos que os fatores sociais contribuem significativamente para potencializar a vulnerabilidade ambiental de um determinado lugar, pois, à medida que a população está mais vulnerável socialmente, tende a ocupar as áreas frágeis ambientalmente, aumentando assim os níveis de vulnerabilidade socioambiental nesses locais.

A média ponderada foi elaborada no software QGis, através da calculadora raster (Figura 32).

Figura 32 – Cálculo de média ponderada na calculadora raster



Fonte: Dados da pesquisa, Qgis (2015). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Após gerar o raster, os valores de vulnerabilidade socioambiental variaram entre 0,04 e 0,60. Estes valores foram reclassificados nas classes de vulnerabilidade socioambiental (muito baixa, baixa, moderada e alta) pelo método quebras naturais (ou Jenks), conforme disposto na Tabela 25:

Tabela 24 – Valores para reclassificação do raster de vulnerabilidade socioambiental

Intervalo	Classe	Número
< 0,25	Muito baixa	1
≥ 0,25 a 0,35	Baixa	2
≥ 0,35 a 0,44	Moderada	3
≥ 0,44	Alta	4

Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Tal qual verificamos quando da reclassificação do raster das vulnerabilidades ambiental e social, também para esta não foi encontrada a classe Muito Alta, pois os valores para serem enquadrados nela deveriam ser superiores a 0,80, conforme orienta Nascimento (2011).

Com as classes definidas, fez-se a reclassificação do raster, através do algoritmo “r.recode”, atribuindo-lhe um número para representar as classes de vulnerabilidade socioambiental. Posteriormente, converteu-se a camada em formato raster para o formato vetorial a fim de realizar a intersecção da camada vetorial com a camada dos setores censitários. Finalizando o mapa, foi definido uma simbologia gráfica para representar as classes de vulnerabilidade e o layout.

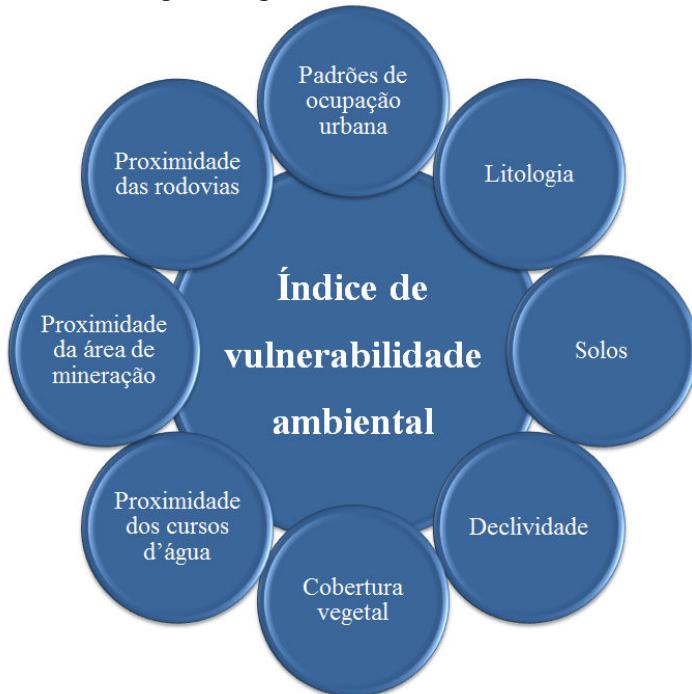
## 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante dos objetivos propostos para este estudo, no presente capítulo serão apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia de vulnerabilidade socioambiental. Tais resultados partiram da análise das variáveis de vulnerabilidade ambiental e dos fatores da vulnerabilidade social, bem como de seus respectivos índices. Ressalte-se que os dois índices subsidiaram a construção do índice de vulnerabilidade socioambiental da área urbana de Paracatu, o qual será apresentado no item 4.3 deste capítulo.

### 4.1 ÍNDICES DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL

Inicialmente apresentamos a vulnerabilidade em relação às seguintes variáveis (Figura 33): padrões de ocupação urbana, litologia, solos, declividade, cobertura vegetal, proximidade dos cursos d’água, proximidade da área de mineração e proximidade das rodovias (Mapas 3 a 11). Num segundo momento, apresentaremos o índice de vulnerabilidade ambiental (Mapa 12), sendo este resultado da aplicação do método AHP para o conjunto de oito variáveis ambientais.

Figura 33 – Variáveis que compõem o índice de vulnerabilidade ambiental



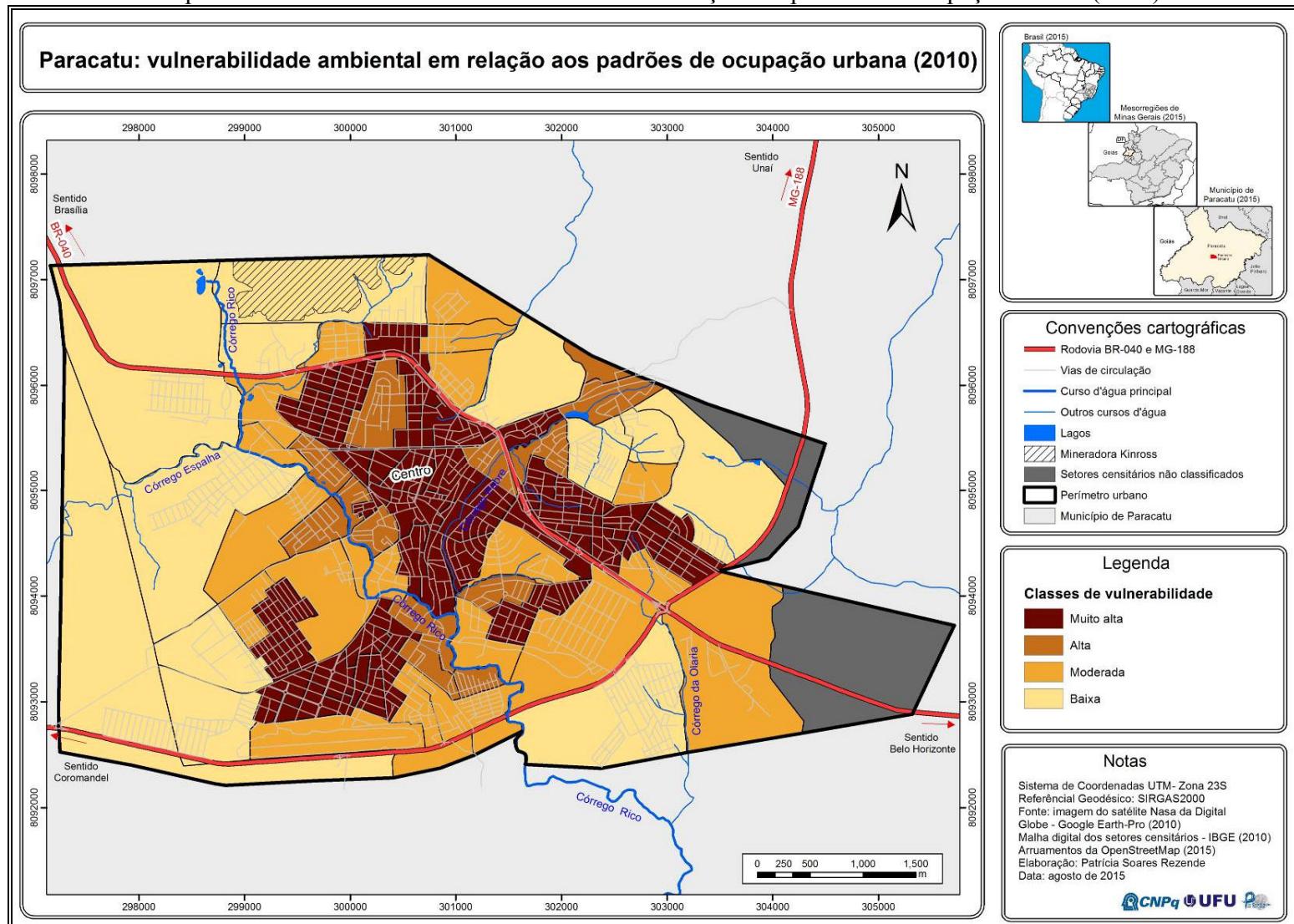
Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

## **Padrões de ocupação urbana**

A vulnerabilidade ambiental em relação aos padrões de ocupação urbana (Mapa 3) considera que as áreas mais adensadas são mais vulneráveis, posto que seu nível de permeabilidade seja reduzido por ser maior o espaço construído. Contudo, à medida que se reduz o espaço construído, se aumentam as áreas permeáveis, logo, a vulnerabilidade ambiental diminui, pois essas áreas apresentam maiores fragmentos ambientais naturais, contribuindo para a qualidade ambiental.

O Mapa 3 evidencia que nos 88 setores censitários analisados na área de estudo se destaca a classe de vulnerabilidade Muito Alta, com um total de 44 setores (50%). Esses setores estão localizados principalmente na área central da cidade, onde teve início a construção da mesma, no século XVIII.

Mapa 3 –Paracatu: vulnerabilidade ambiental em relação aos padrões de ocupação urbana (2010)

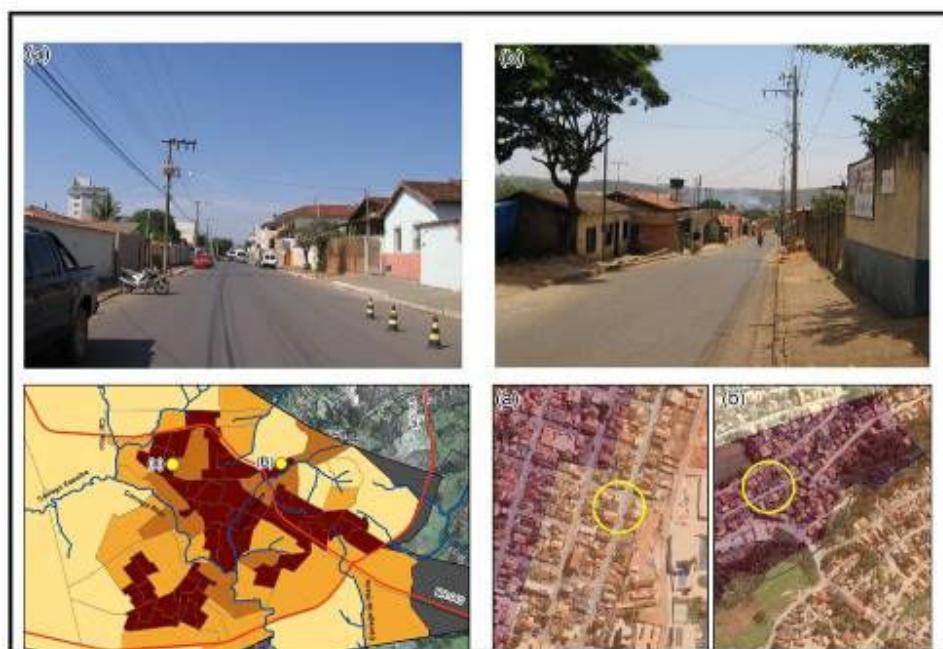


Foram classificados como de vulnerabilidade alta 13 setores (14,77%); 19 (21,59%) são considerados de moderada vulnerabilidade, localizados entre a classe Muito Alta e Moderada. Margeando a classe moderada, tem-se os setores na classe de vulnerabilidade baixa, totalizando 12 (13,64%). Estes estão localizados principalmente nas áreas em expansão urbana.

A classe de vulnerabilidade Muito Alta (Mapa 3), sendo a de maior representatividade na área estudada, abarca locais com percentual de vegetação inferior a 20% e baixa permeabilidade do solo devido ao alto índice de edificações.

Cabe salientar que há ausência de vegetação em todos os setores classificados como de alta vulnerabilidade. Esta ausência ocorre tanto em setores com melhores condições econômicas quanto naqueles localizados na parte periférica da cidade. Tal realidade pode ser conferida na Figura 34, em que a **Foto (a)** exemplifica uma área de médio padrão econômico considerada adensada, onde predomina a ausência de vegetação; realidade similar à da **Foto (b)**, que retrata uma rua da área periférica de Paracatu. Em ambos os casos constata-se situações de vulnerabilidade ambiental. Note-se, portanto, que a ausência de vegetação independe do poder econômico do setor.

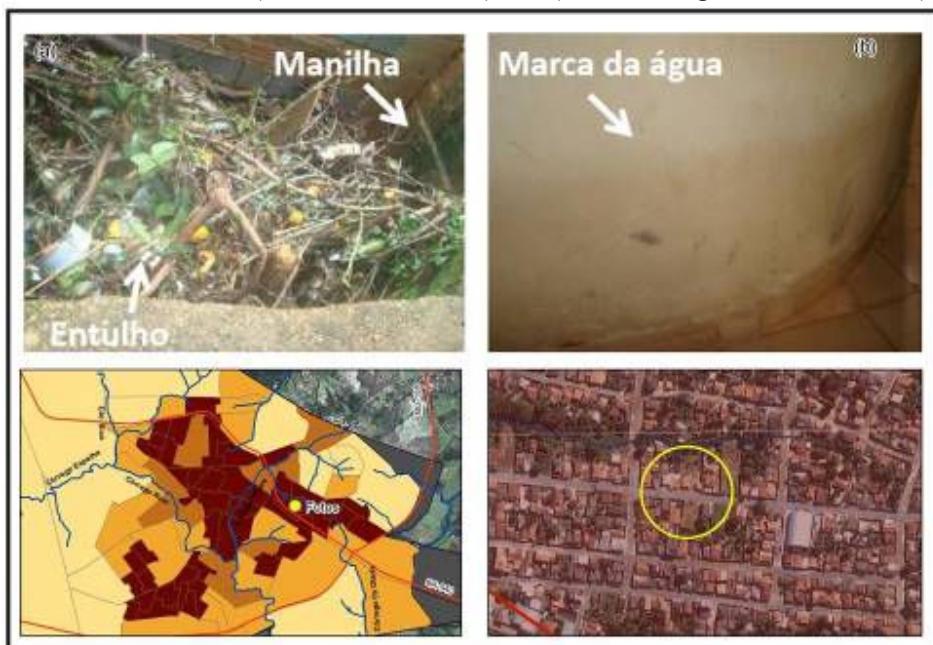
Figura 34 – Ausência de vegetação em áreas vulneráveis, **Fotos a** (médio padrão econômico) e **b** (baixo padrão econômico), ano de 2015.



Fonte: Google Earth-Pro (2010) e foto de autoria de Patrícia S. Rezende (2015)

Percebe-se também nas áreas vulneráveis quanto ao padrão de ocupação urbana (Mapa 3), ausência de áreas permeáveis e acúmulo de lixo nos bueiros (Figura 35), o que contribui para a ocorrência de alagamentos e enchentes, que por sua vez coloca os habitantes desses setores em situações de risco em decorrência de acidentes entre outros inúmeros desconfortos.

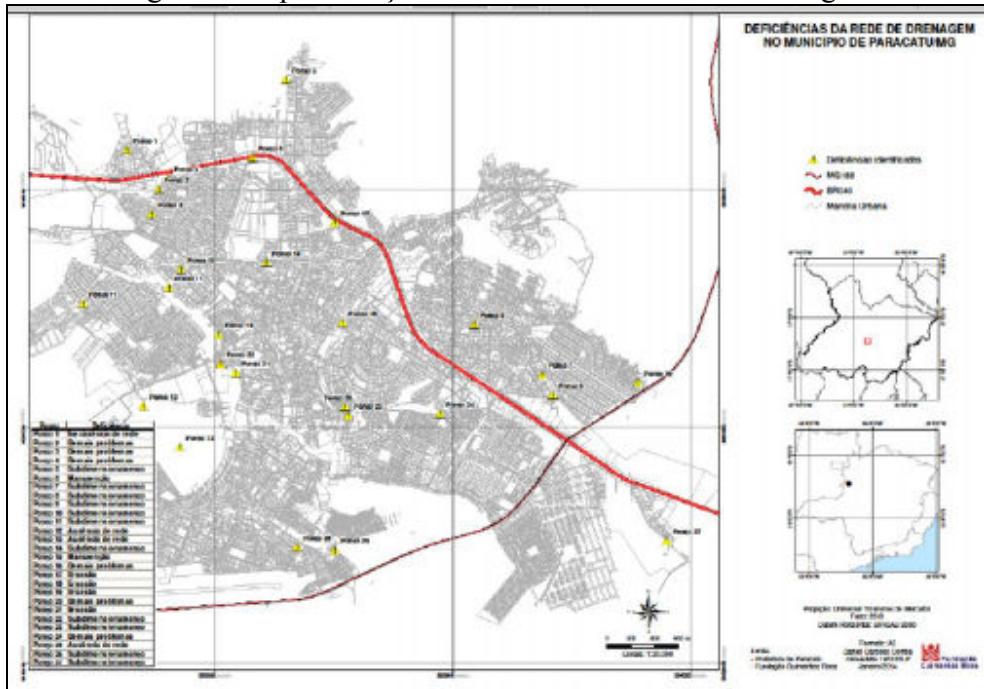
Figura 35 – Acúmulo de lixo na manilha e marca da água na parede da residência decorrente da enchente, **Fotos a** (manilha e entulho) e **b** (marca da água em residência)



Fonte: a autora, Google Earth-Pro (2010) e fotos de Prefeitura M. de Paracatu-PUAP (2014).

Outro aspecto que contribui para a ocorrência de alagamentos na área de estudo diz respeito à deficiência da rede de drenagem (pontos destacados em amarelo na Figura 36), distribuída em quase toda área urbana, principalmente nos setores com ocupações mais antigas.

Figura 36 –Apresentação da deficiência da rede de drenagem



Fonte: Fundação Guimarães Rosa (2014), apud. Prefeitura M. de Paracatu-PUAP (2014).

Soma-se a isto a ineficiência das bocas de lobo para captação do escoamento pluvial, conforme pode ser visualizado na Figura 37.

Figura 37– Exemplo de boca de lobo (**Foto a**) e presença de alagamento (**Foto b**), ano de 2015



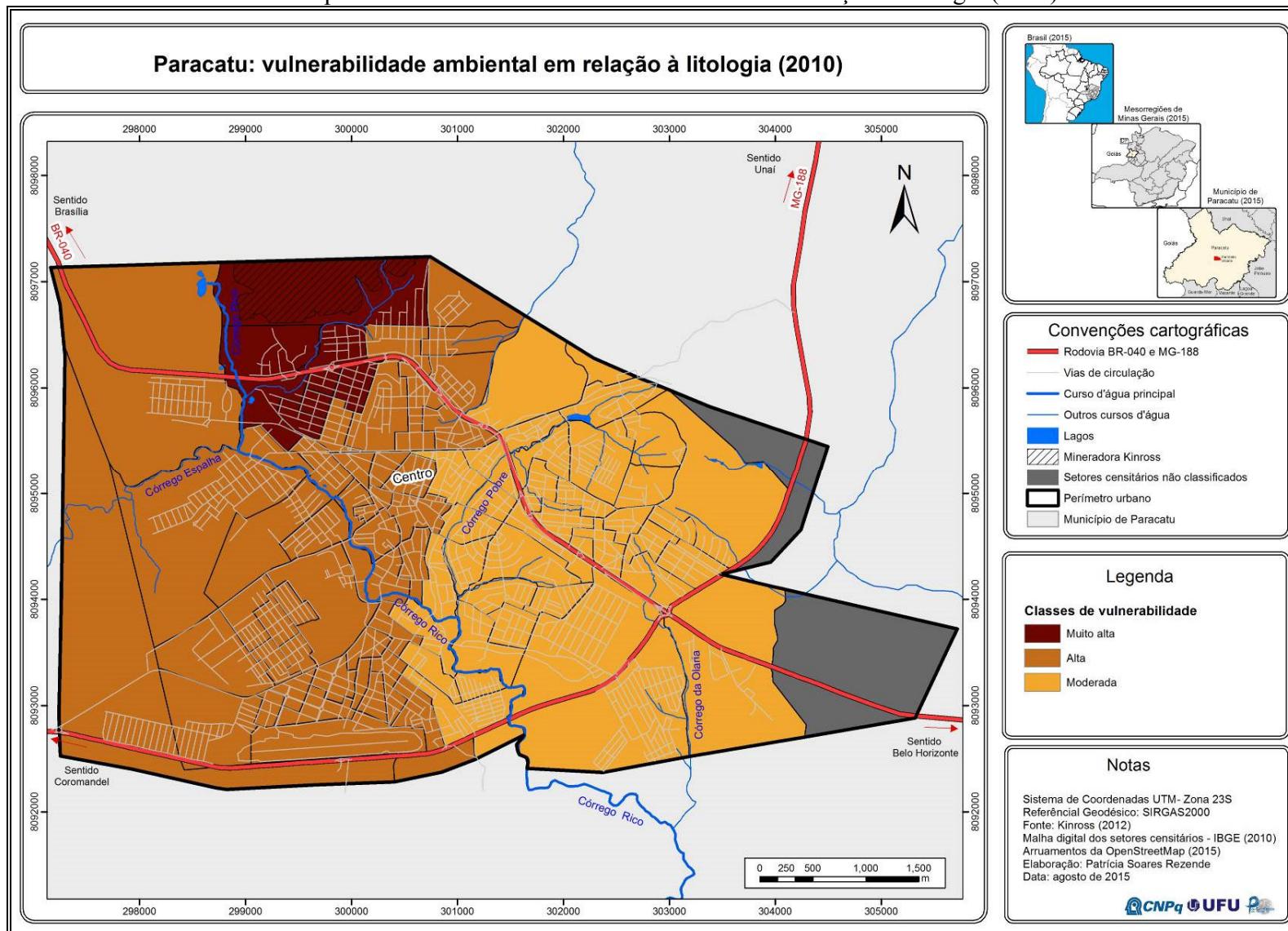
Fonte: Google Earth-Pro (2010); foto de autoria de Patrícia S. Rezende (2015) e Prefeitura M. de Paracatu-PUAP (2014). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Na Figura 37, **Foto a**, percebe-se que a boca de lobo não tem proteção contra a entrada de lixo e este vai diretamente para as galerias, provocando entupimento da rede de drenagem. Na Foto b nota-se que, por existir apenas uma boca de lobo na rua e sendo esta localizada numa área em declive, toda água pluvial oriunda das demais ruas concentra-se somente nesse ponto, o qual não suporta o grande volume de água, desencadeando os alagamentos nessa rua e nas ruas localizadas a jusante desse local.

### **Litologia**

Sobre a vulnerabilidade ambiental em relação à litologia (Mapa 4), dentre os 88 setores censitários analisados, 8 deles (9,09%) estão localizados em áreas de vulnerabilidade muito alta, sendo estes distribuídos ao norte da área urbana, principalmente nas proximidades da área de mineração. A classe considerada como alta vulnerabilidade está concentrada a oeste da cidade, em 43 setores (48,86%). Por fim a classe de vulnerabilidade moderada localiza-se a leste da área analisada, abarcando 37 setores (42,05%).

Mapa 4 – Paracatu: vulnerabilidade ambiental em relação à litologia (2010)

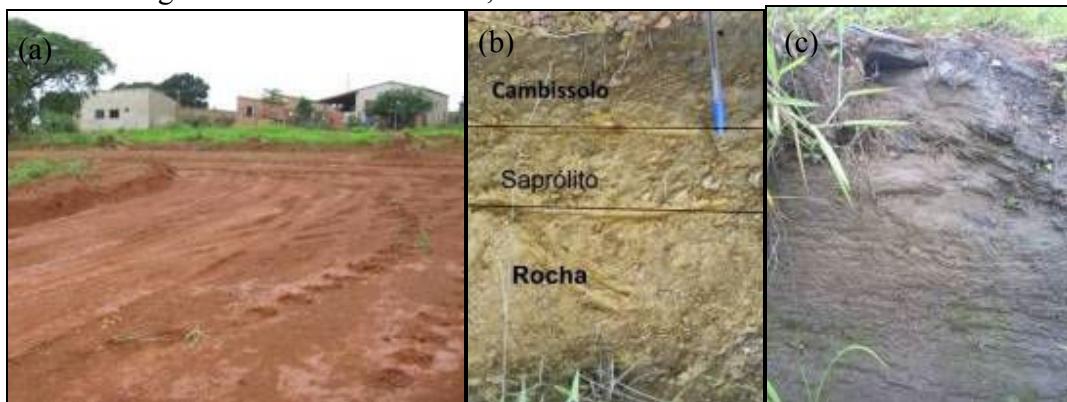


Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

## Solos

Em relação aos solos, destacam-se na área desta pesquisa três tipos: o latossolos, o neossolos e, ainda, uma associação entre cambissolo e neossolo litólico (Figura 38). Vale salientar que a evolução do solo da área de estudo é condicionada pela topografia e pelas classes litológicas.

Figura 38 – **Foto a** latossolo, **foto b** cambissolo e **foto c** neossolo.

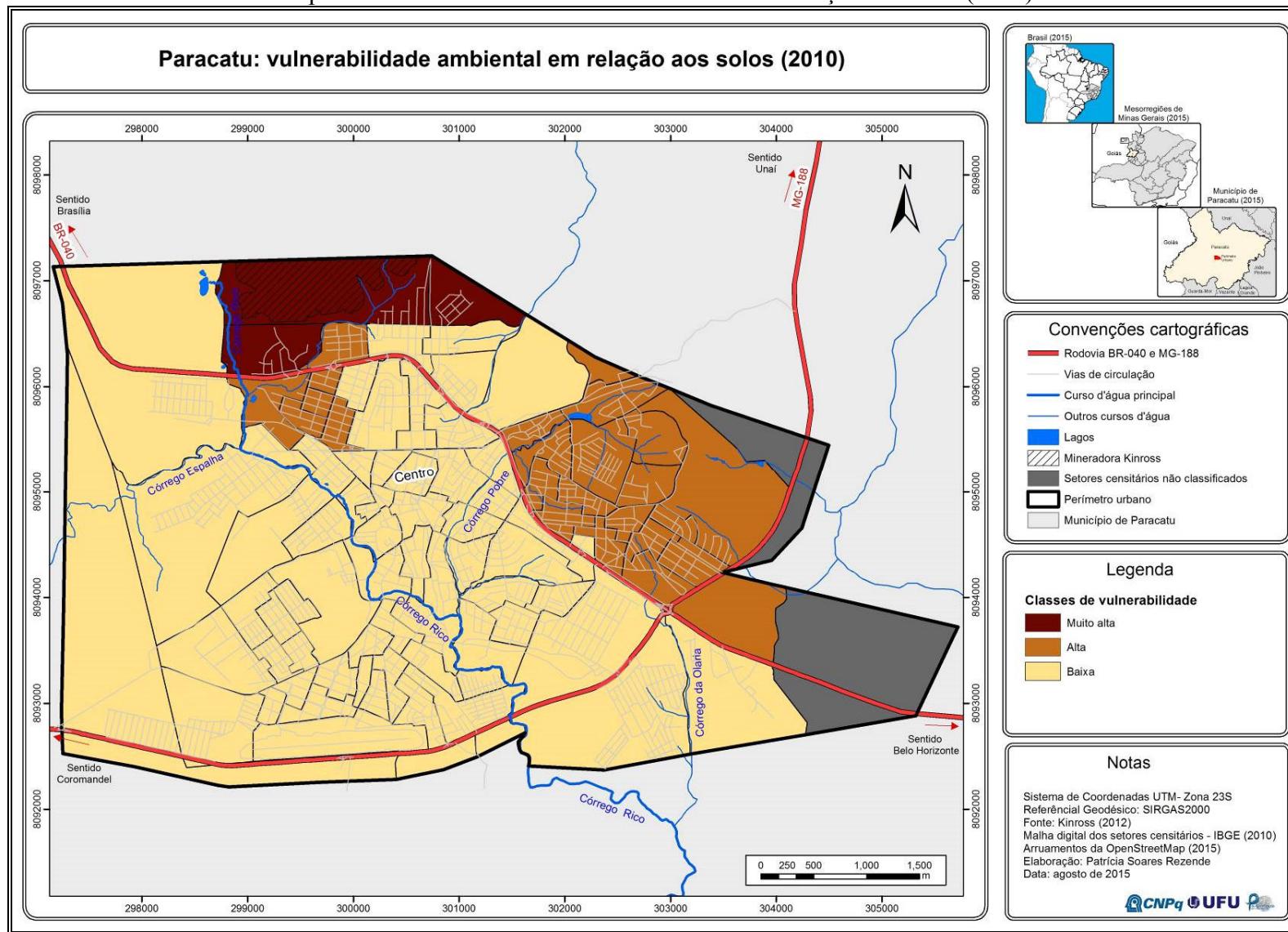


Fonte: Rezende (2014).

Em outra oportunidade realizamos análises química e física dos solos da área urbana de Paracatu (Rezende, 2014), tendo constatado que, em geral, estes são argilosos e apresentam altos índices de alumínio, características estas inerentes a solos originários de rochas metassedimentares, ricas em alumino-silicatos.

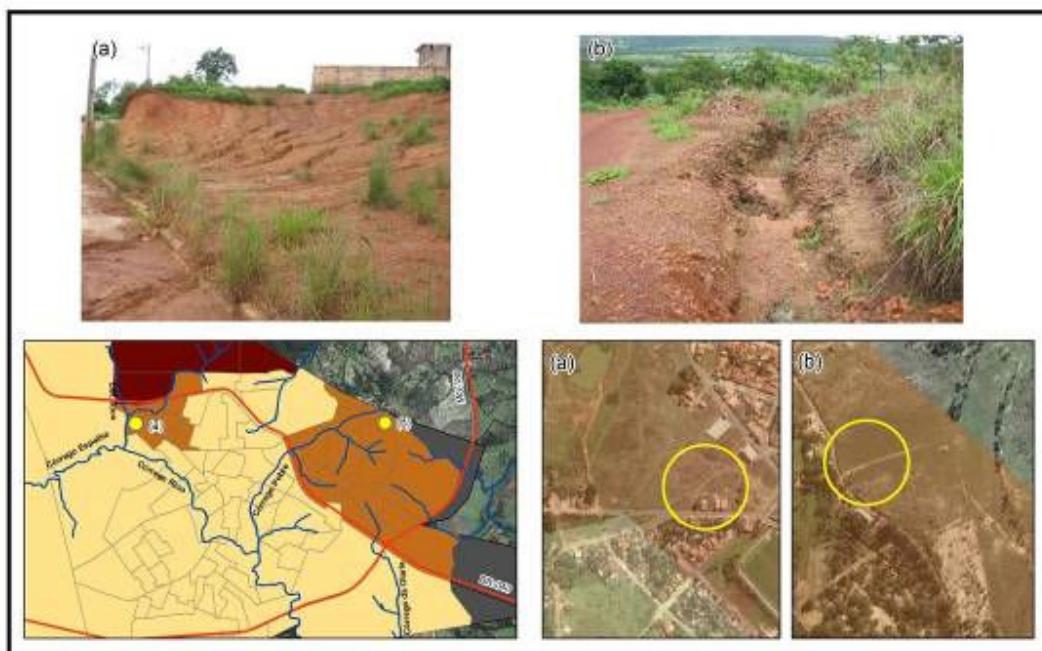
Quanto à vulnerabilidade ambiental em relação aos solos (Mapa 5), dos 88 setores analisados apenas 3 (3,41%) são considerados de vulnerabilidade muito alta, sendo estes localizados ao norte da área de estudo, especificamente nas proximidades da área de mineração, na classe litológica composta por laminito e folhelhos (muito alta vulnerabilidade). Classificados como de vulnerabilidade alta tem-se 23 setores (26,14%), localizados principalmente a leste da área de estudo, na classe litológica composta por filitos. Por fim, tem-se 62 setores (70,45%) considerados de baixa vulnerabilidade, situados na parte central e ao sul da área de estudo, na classe litológica de folhelhos.

Mapa 5 – Paracatu: vulnerabilidade ambiental em relação aos solos (2010)



Em alguns dos setores censitários com vulnerabilidade alta foram verificadas ocorrências de processos erosivos, tais como sulcos e processos de ravinamento. As ravinas (Figura 39) ocorrem principalmente nos setores onde há uma associação entre cambissolos e neossolo litólico, sendo estes pouco profundos e com baixa permeabilidade, o que contribui para esse tipo de processo erosivo.

Figura 39 – Exemplos de ocorrência, **fotos a e b**, de processos de ravinamento nas áreas de vulnerabilidade alta, ano de 2014



Fonte: Google Earth-Pro (2010), fotos de autoria de Patrícia Soares Rezende (2014).  
Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Além de sulcos e ravinas, também se observou colapso de solo na rua Cristal (Figura 40, **Foto a**). Esse colapso causa transtornos à residencia edificada no lote, além de colocar as pessoas que trafegam pela rua em situação de risco, pois não foi encontrado no local sinalização impedindo a circulação de pessoas e veículos.

Na mesma figura, **Foto b**, nota-se o processo erosivo nas margens do afluente do Córrego Pobre. Em decorrência desse processo, foi constatada situação de risco aos moradores do local, conforme apontado no plano de urbanização de assentamentos precários da Prefeitura Municipal de Paracatu: “uma casa na rua Belmira Araujo Neves, moradora Rosimeire Dias, fica na esquina com a rua 14 e sofre risco de alagamento e desmoronamento, em razão do processo erosivo estar

aumentando, comendo a terra por baixo da sua moradia.” (PREFEITURA M. DE PARACATU-PUAP, 2014, p. 68)

Figura 40 – Colapso do solo na rua Cristal (**Foto a**) e processo erosivo nas margens do afluente do Córrego Pobre (**Foto b**), ano de 2015



Fonte: Google Earth-Pro (2010), foto de autoria de Patrícia S. Rezende (2015) e Prefeitura M. de Paracatu-PUAP (2014). Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Esses processos erosivos ocorrem em solos frágeis ambientalmente, os quais se localizam em áreas cuja vulnerabilidade é de moderada a muito alta, em relação à declividade, e alta em relação à cobertura vegetal. Essas classes de vulnerabilidades contribuem para a diminuição da infiltração decorrente das altas declividades e da ausência de vegetação, de modo que, em épocas de intensa chuva, aumenta-se o escoamento superficial, contribuindo para o aceleração desses processos erosivos.

## **Declividade**

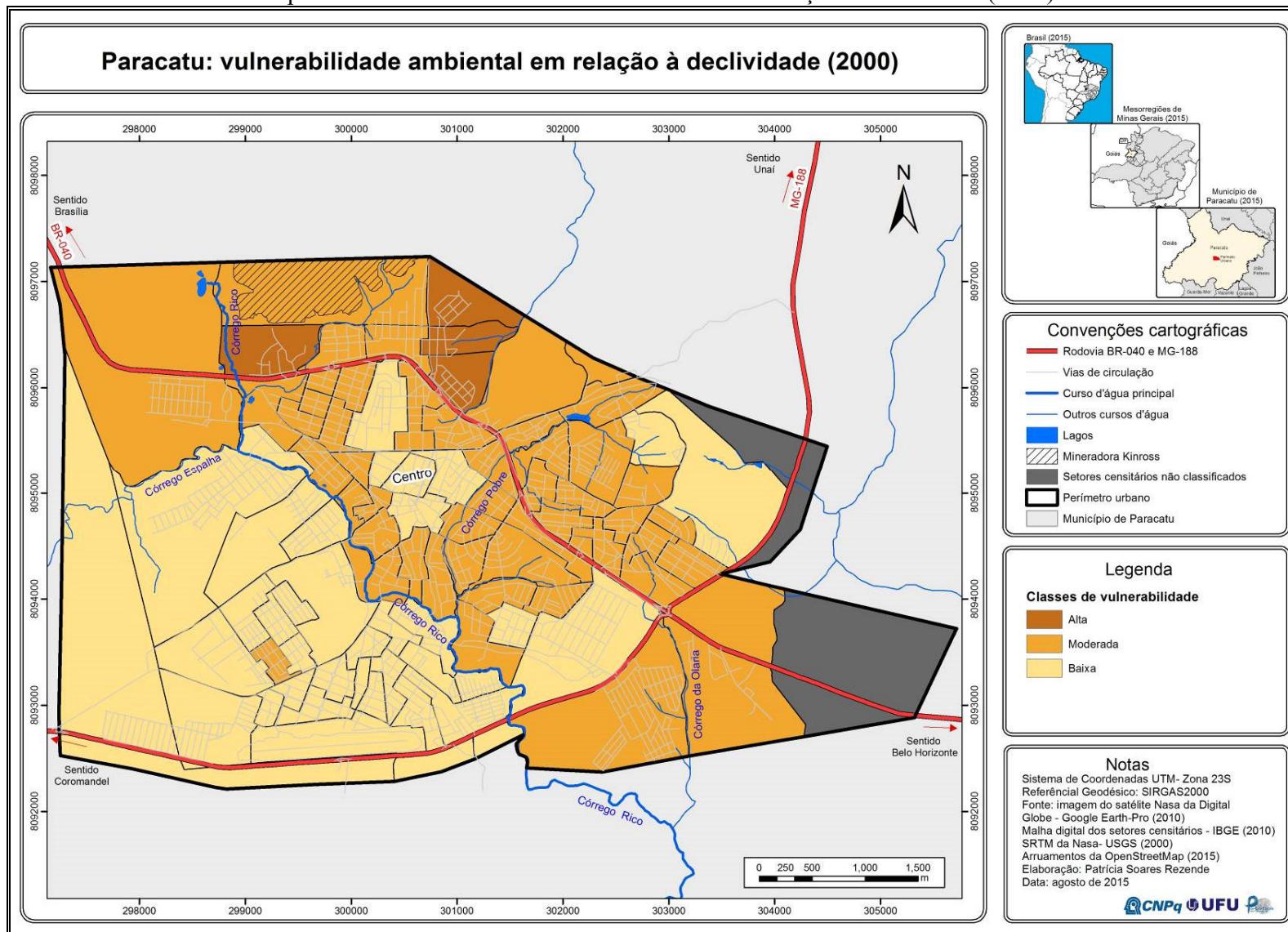
A vulnerabilidade em relação à declividade (Mapa 6) mostra que dos 88 setores censitários analisados, 4 (4,55%) são considerados de vulnerabilidade alta. Essa classe se localiza ao norte da área de estudo (Mapa 6), compreendida por declividades de 22% até 46%. Nesses mesmos setores também se encontram as classes de vulnerabilidade: baixa e moderada quanto à ocupação urbana; alta em relação à litologia; baixa e alta em relação aos solos; e muito baixa e moderada em relação à cobertura vegetal.

A classe de vulnerabilidade moderada (Mapa 6) ocorre em 48 setores (54,55%) da área de estudo. Pertencem a essa categoria a classe de declividade inferior a 2% e a classe de declividade situada entre 7% e 22%.

Segundo Mascaró (2005), locais com declividade inferior a 2% apresentam dificuldade de drenagem, o que ocasiona inundações; locais com declividades maiores que 7% e menores que 22% podem ser ocupados, embora com algumas restrições. Nesses setores, predominam as classes de vulnerabilidade alta e muito alta em relação aos padrões de ocupação urbana, e moderada e alta em relação à cobertura vegetal.

Por fim, totalizando 36 setores (40,91%), tem-se a classe de baixa vulnerabilidade (Mapa 6), composta pela classe de declividade entre 2% e 7%. Essa classe é considerada como ideal para qualquer finalidade; nas áreas urbanas são consideradas ideais para a implantação da rede de drenagem (MASCARÓ, 2005). Esses setores estão localizados também em baixa vulnerabilidade em relação aos solos, comprovando assim sua estabilidade ambiental.

Mapa 6 – Paracatu: vulnerabilidade ambiental em relação à declividade (2010)



As áreas onde a vulnerabilidade em relação à declividade é alta (Figura 41) são consideradas impróprias para moradia, tendo em vista a possibilidade de ocorrência de processos erosivos (escorregamento de massa). Nesses setores foi presenciada a falta de acessibilidade e a inexistência de cobertura vegetal nas calçadas. A cobertura vegetal existente nesses setores predomina em locais ainda não edificados, contribuindo, neste caso, para a estabilidade do terreno. Sendo assim, é importante que esses locais permaneçam sem ocupação e que mantenham a cobertura vegetal, dada a fragilidade ambiental das áreas.

Figura 41 – Exemplos de ocupações nas áreas de alta declividade, **(Fotos a e b)**, consideradas de alta vulnerabilidade (2015), ano de 2015



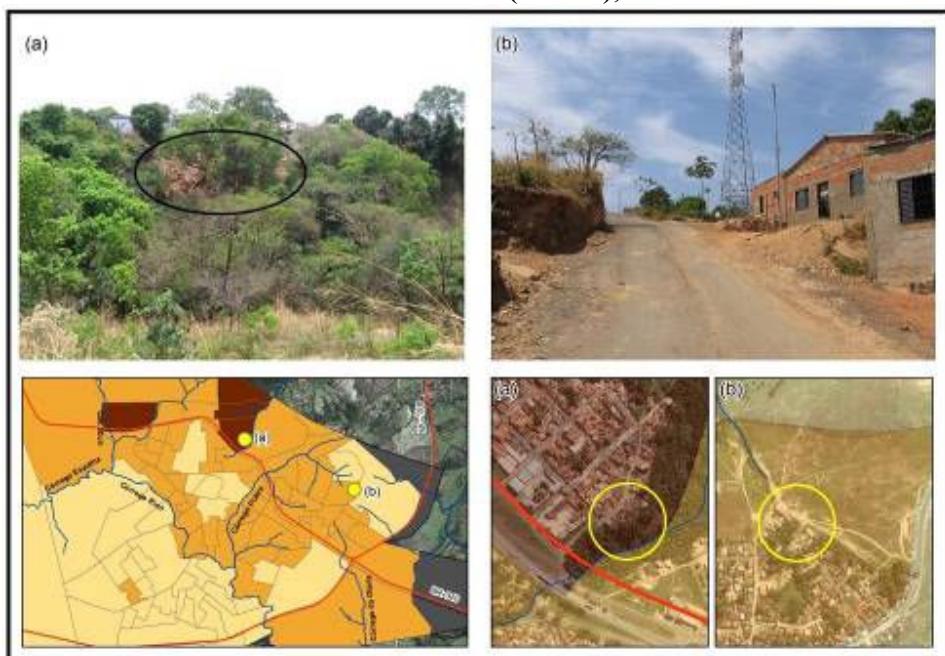
Fonte: Google Earth-Pro (2010) e foto de autoria de Patrícia Soares Rezende (2015).  
Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Além da intensificação dos processos erosivos quando as áreas de encostas são edificadas, é necessário também analisar a declividade em relação às vias urbanas, pois se recomenda que, para o tráfego de veículos domésticos, as vias tenham no máximo 15% de declividade e, para o tráfego de veículos de transporte coletivo, declividade máxima de 10%. Ou seja, nos setores classificados como de alta vulnerabilidade, situados ao norte da cidade, com declividade acima de 22%, o sistema de transporte coletivo enfrenta dificuldades para trafegar. (PREFEITURA M. DE PARACATU – PMHIS, 2012).

É digno de nota que a Lei Complementar Municipal nº 061, de 2009, dispõe sobre o parcelamento do solo e a ordenação urbana no Município de Paracatu. A Lei estabelece que não será permitido o parcelamento de áreas cuja declividade natural seja igual ou superior a 30% (trinta por cento), devendo estas serem consideradas áreas *non aedificandi*. Todavia, a realidade encontrada na área de estudo contradiz a determinação da lei supracitada.

Somadas aos aspectos já descritos, foram constatadas na área de alta vulnerabilidade em relação à declividade vestígios de deslizamentos de solo (Figura 42, **Foto a**). Apesar de ter ocorrido o deslizamento nessa encosta, percebe-se a existência de cobertura vegetal, o que atua como um fator de proteção e estabilização do local, evitando que ocorram novos deslizamentos. Ainda assim, ressalta-se a necessidade de atenção por parte dos gestores públicos para esse local, tendo em vista a existência de residências a montante do deslizamento.

Figura 42 – Vestígios de deslizamento em alta declividade (**Foto a**) e ocupação nas áreas de moderada vulnerabilidade (**Foto b**), ano de 2015



Fonte: Google Earth-Pro (2010) e foto de autoria de Patrícia Soares Rezende (2015).  
Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

A Figura 42, Foto b, revela ainda que, além de ter ocupação em área de vulnerabilidade moderada em relação à declividade, trata-se de um local de vulnerabilidade moderada também

em relação à litologia, com predomínio de rochas do tipo filito, e vulnerabilidade alta em relação aos solos, compostos pela associação entre cambissolos e neossolo litólico.

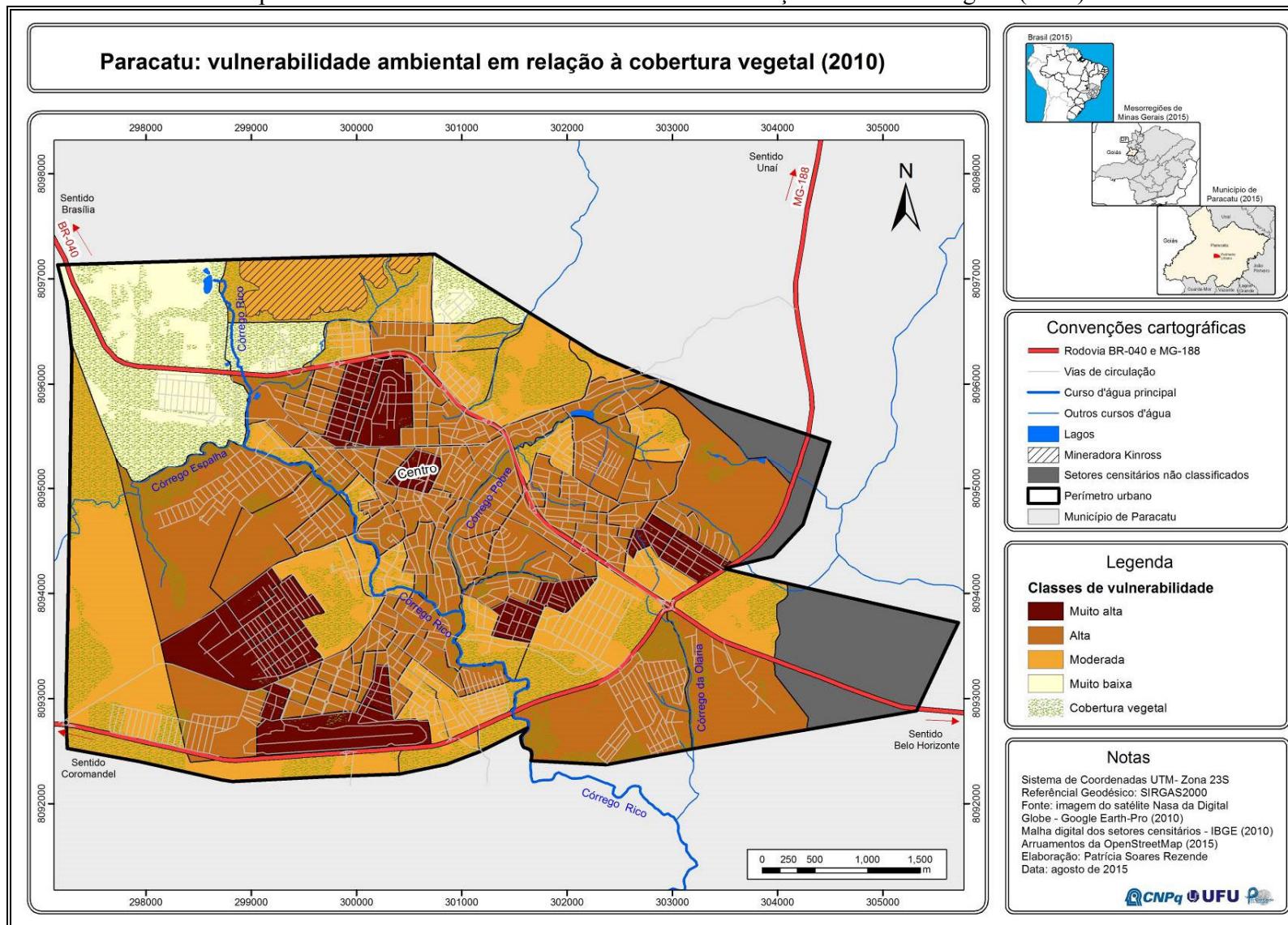
No decorrer da pesquisa não foi verificado nenhum evento de escorregamento de massa que colocasse as pessoas em risco. Ainda assim, em decorrência dos processos erosivos citados anteriormente e por se caracterizar como uma área declivosa e frágil, sugere-se que sejam feitos estudos geotécnicos para maiores detalhamentos, no intuito de subsidiar as novas ocupações e, com isso, proporcionar maior segurança aos moradores do local.

### **Cobertura vegetal**

Em relação à cobertura vegetal, destaca-se que a cidade de Paracatu, além de estar inserida em áreas de vulnerabilidade ambiental em relação à ocupação urbana, à litologia, aos solos e à declividade, sofre uma modificação intensa na sua paisagem. Uma das mutações mais visíveis e crescentes refere-se à substituição da vegetação por estrutura urbana, tendo como consequência o aumento dos processos erosivos citados, os quais comprometem a qualidade do meio físico natural, social e o bem-estar da população.

Ao analisar a vulnerabilidade ambiental em relação à cobertura vegetal (Mapa 7), observa-se que dentre os 88 setores censitários analisados, 17 (19,32%) são considerados de vulnerabilidade muito alta, 50 (56,82%) são tidos como de vulnerabilidade alta, 18 setores (20,45%) são classificados como de moderada vulnerabilidade e 3 (3,41%) apresentam muito baixa vulnerabilidade ambiental.

Mapa 7 – Paracatu: vulnerabilidade ambiental em relação à cobertura vegetal (2010)



Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

A classe de vulnerabilidade muito alta (Mapa 7) representa 19,32% e está espacializada principalmente nos setores localizados no centro da cidade e a sudoeste. Em relação ao centro da cidade (Figura 43, **foto a**), percebe-se que a pouca vegetação existente se encontra principalmente nos canteiros centrais, o que não contribui para o conforto térmico dos pedestres, tendo em vista a inexistência de vegetação nas calçadas, que é por onde os pedestres trafegam em seu dia a dia.

Figura 43 – Presença de vegetação apenas no canteiro central na avenida principal no centro (**Foto a**) e ausência de vegetação no setor a sudoeste da área de estudo (**Foto b**), ano de 2014



Fonte: Google Earth-Pro (2010) e fotos de autoria de Patrícia Soares Rezende (2014).  
Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Nos setores com ocupação urbana mais recente (Figura 43, **Foto b**) percebe-se a ausência de vegetação nas calçadas, o que não deveria ocorrer, de acordo com a Lei Complementar Municipal 063 de 2009. A mesma institui normas de posturas e atividades urbanas para o Município de Paracatu, atribuindo as seguintes obrigações ao proprietário para liberação do terreno para a edificação:

Art. 13. É obrigatório o plantio de árvores nos passeios públicos do Município, respeitada a faixa reservada ao trânsito de pedestres, nos termos deste código.

Art. 14. O plantio das mudas, sua prévia obtenção e posterior conservação constituem responsabilidade do proprietário do terreno para o qual for aprovado o projeto de construção de edificação.

Art. 16. A expedição da certidão de Baixa de construção e habite-se à edificação construída fica condicionada à comprovação de que foram plantadas as árvores previstas no respectivo projeto arquitetônico.

O que se percebe é que, apesar de existir a lei exigindo o plantio de árvores nas calçadas, a mesma não é cumprida com rigor pelos moradores, pois estes plantam as árvores apenas para conseguir o habite-se da propriedade. Como não há fiscalização quanto à preservação da arborização urbana, essas árvores não recebem os devidos cuidados, após o morador obter a declaração, tendo como consequência a morte prematura das árvores.

Além de os setores estarem classificados como de vulnerabilidade muito alta no que diz respeito à cobertura vegetal, os mesmos apresentam vulnerabilidade muito alta também em relação à ocupação urbana, ou seja, são os locais mais adensados. Com isso os problemas ambientais ligados a enchentes podem ser agravados, em função da ausência de área permeável.

A classe de maior representatividade na área de estudo (56,82%) é a vulnerabilidade alta (Mapa 7), distribuída de forma contínua na área central da cidade e de forma dispersa nas demais regiões. Ao analisar essa classe o que chama a atenção é que ela está presente nos setores classificados como de alta vulnerabilidade em relação aos solos. Ou seja, os processos erosivos diagnosticados se encontram justamente em locais com ausência de vegetação, o que contribui de forma significativa para o avanço desses processos erosivos e para a instabilidade da área.

A classe de alta vulnerabilidade está presente também nos setores de maior poder econômico (Figura 44, **Foto b**), mais uma vez reforçando que os problemas ambientais relacionados à cobertura vegetal não ocorrem apenas em bairros periféricos. A ausência de cobertura vegetal em ambientes urbanos ocorre em setores de qualquer poder aquisitivo. Esse fato demonstra que a preocupação e o entendimento da importância da vegetação para o ambiente urbano pela sociedade é precária independentemente das condições econômicas dos habitantes da cidade. Dessa maneira, destaca-se a relevância dos projetos de conscientização ambiental voltados para a população em geral.

Por fim, representando apenas 3,41% da área de estudo (Mapa 7), tem-se a classe de muita baixa vulnerabilidade ambiental. Essa classe (Figura 44, **Foto a**) se localiza ao norte e a noroeste da área investigada. São setores com baixa vulnerabilidade em relação aos padrões de ocupação urbana, pois se tratam de áreas com baixo percentual de edificação, inclusive definidas para a expansão urbana.

Figura 44 – Presença (**Foto a**) e ausência (**Foto b**) de vegetação na área urbana de Paracatu, 2015



Fonte: Google Earth (2010) e foto de autoria de Patrícia Soares Rezende (2015).

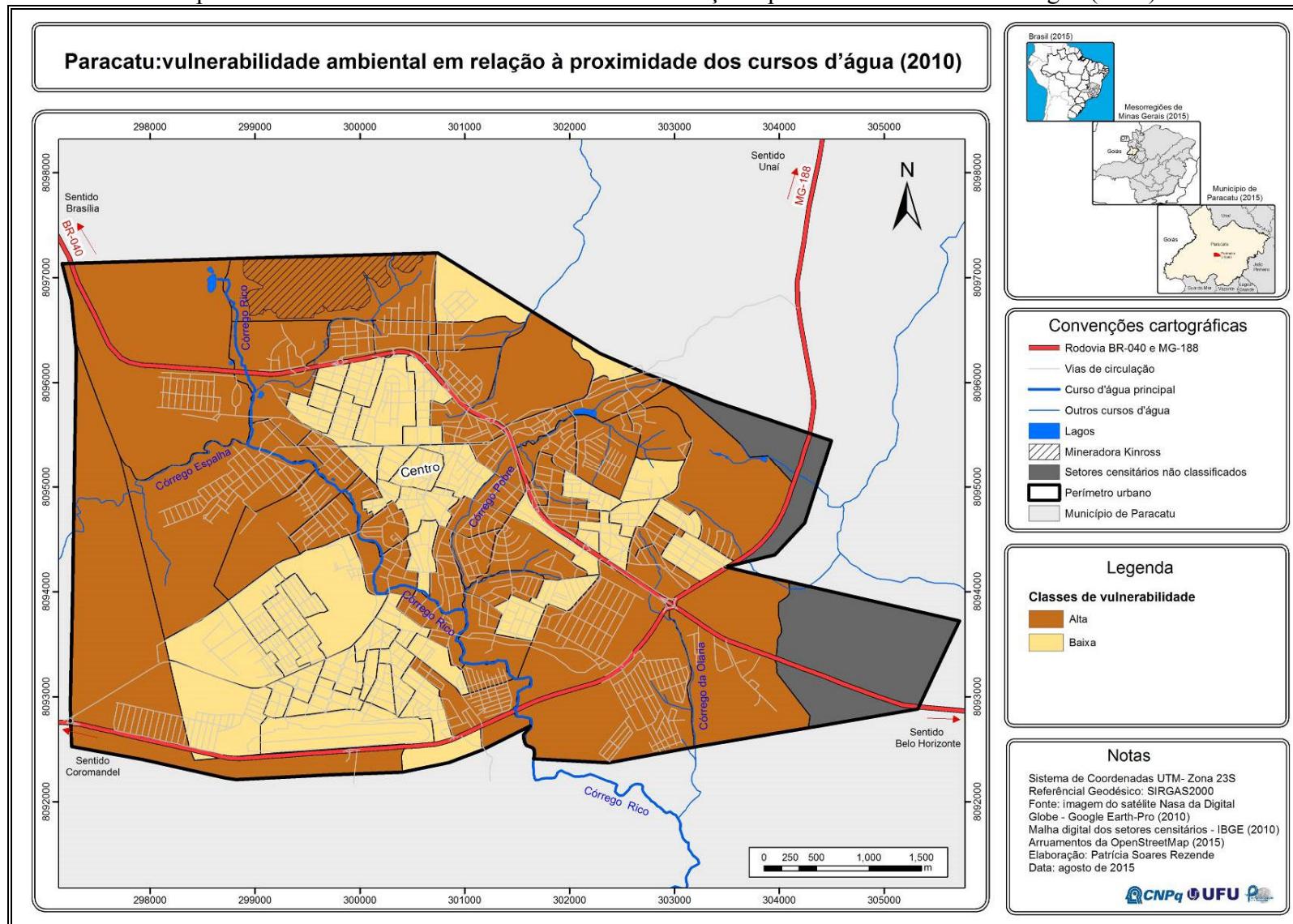
Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Essas áreas de baixa vulnerabilidade ambiental, por apresentarem alto percentual de vegetação, estão mais propícias à infiltração de água da chuva no solo, o que contribui para recarga do lençol freático, proporcionando a estabilidade da área e atuando na minimização da ocorrência de processos erosivos naturais.

### Proximidade dos cursos d’água

Essa variável foi elaborada com base na metodologia de Alves (2006), cuja adaptação teve como resultado duas classes de vulnerabilidade: alta (setores com 50% ou mais de sua área dentro da margem de 50 metros do curso d’água) e baixa (setores com menos de 50% de sua área dentro da margem de 50 metros do curso d’água).

Mapa 8 – Paracatu: vulnerabilidade ambiental em relação à proximidade dos cursos d’água (2010)



Ao analisar o Mapa 8, percebe-se que dos 88 setores censitários que compõem a área de estudo, 41 (46,59%) são considerados de vulnerabilidade alta e 47 (53,41) apresentam baixa vulnerabilidade ambiental.

A classe de vulnerabilidade alta (Mapa 8) abrange locais mais propícios à ocorrência de enchentes e inundações por estarem relacionados a declividades baixas e solos impermeáveis. Outro fator que agrava a degradação e contribui para gerar enchentes é o acúmulo de lixo nas margens dos cursos d'água, nas ruas e nos bueiros.

Essa classe apresenta alto grau de fragilidade, de modo que as áreas assim identificadas não poderiam ser ocupadas. No entanto, verificou-se a existência de edificações (Figura 45) nas margens dos cursos d'água e nas áreas de Preservação Permanente (APP), o que contribui de forma significativa para a ocorrência de processos erosivos, colocando as pessoas residentes nesses locais em situações de risco. Além desses aspectos, também se observa na Figura 45 (**Foto a**) a ausência de vegetação nas margens dos cursos d'água.

Figura 45 – Ocupação nas margens dos cursos d'água, **fotos a e b**, ano de 2014



Fonte: Google Earth-Pro (2010) e fotos de autoria de Patrícia Soares Rezende (2014).  
Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Ao longo das APP's dos córregos da área urbana de Paracatu foram diagnosticadas inúmeras residências. No caso do Córrego Rico (Figura 45), essas residências, além de estarem

em áreas proibidas por lei, ainda se encontram em situação de risco, não apenas pela proximidade do Córrego, mas também pela precariedade das construções, deixando clara a possibilidade de desabamento das mesmas (Figura 45, **Foto b**).

Outra questão que revela a vulnerabilidade nessas áreas contíguas aos cursos d'água diz respeito aos alagamentos (Figura 46) decorrentes de chuva intensa. A água das enchentes é contaminada pela presença de lixo, o que contribui para a proliferação dos vetores de doença (ratos e mosquitos), bem como para o surgimento de animais peçonhentos.

Figura 46 – Foto a Ocupação nas margens dos cursos d'água e foto b alagamento pós chuva, ano de 2014



Fonte: Google Earth-Pro (2010), foto de Patrícia S. Rezende (2014) e Prefeitura M. de Paracatu-PUAP (2014).  
Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Em relação à classe de vulnerabilidade baixa (Mapa 8), a maioria dos setores se localiza principalmente na zona central e ao sul da cidade, regiões mais afastadas dos cursos d'água. Por isso, nesses locais a probabilidade de ocorrência de enchentes e aquisição de doenças relacionadas à veiculação hídrica é mínima.

## **Proximidade da área de mineração**

Além dos problemas citados nos itens anteriores, uma das atividades responsáveis pela maior degradação da área de estudo refere-se à mineração. Na cidade de Paracatu, no limite com a área urbana, está instalada a Mineradora Kinross. A mesma realiza extração de ouro nas proximidades da cidade desde dezembro de 1987 e tem vida útil até o ano de 2042 (SANTOS, 2012).

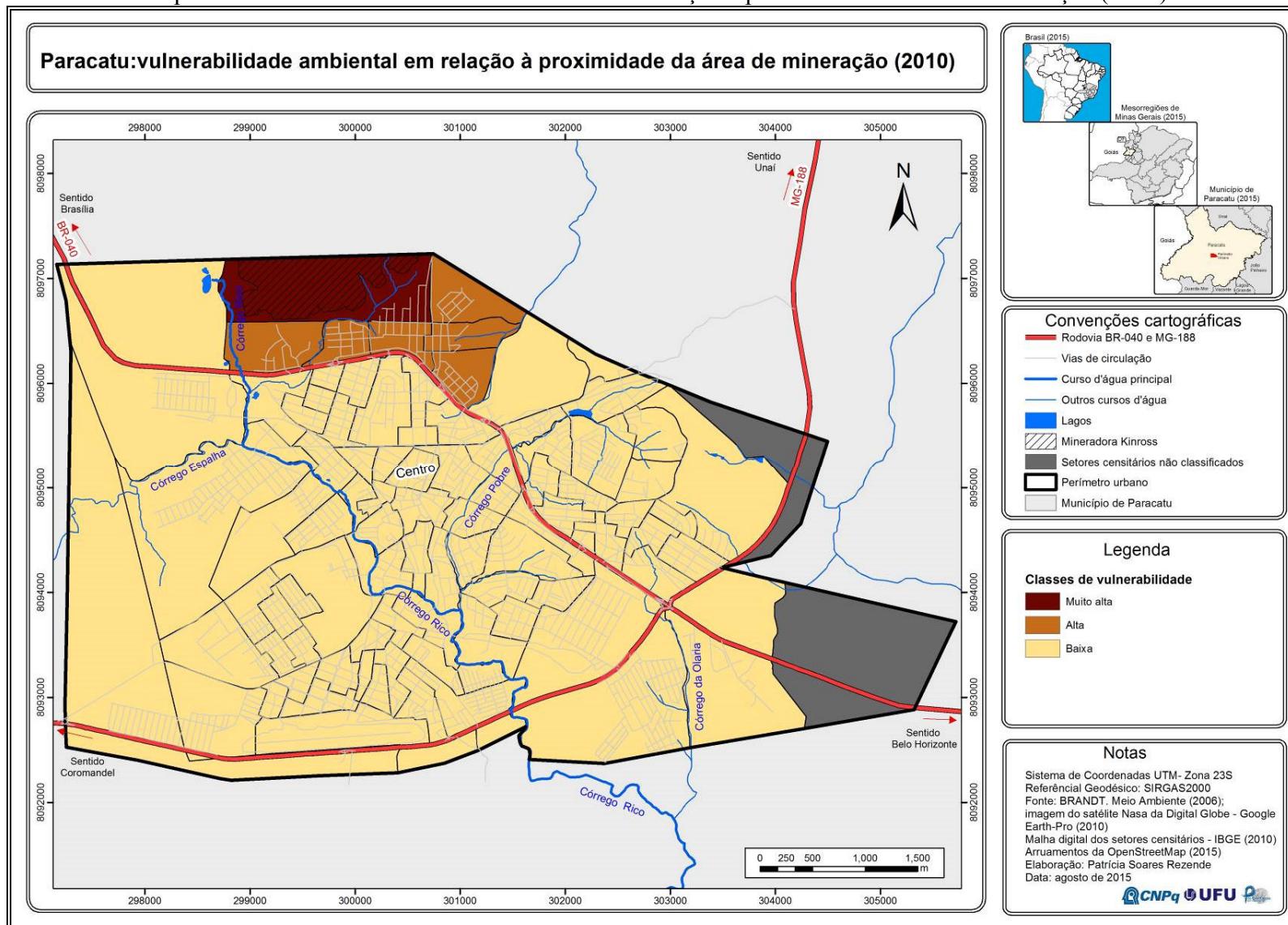
Os impactos das atividades de mineração podem ser divididos em dois grupos: positivos – contribuem para a economia da cidade e aumento de mão de obra; negativos – relacionados principalmente ao meio ambiente, pois a extração do minério interfere na paisagem, na água, nos solos, na vegetação e no ar (SANTOS, 2012).

Quanto à vulnerabilidade ambiental em relação à proximidade da área de mineração (Mapa 9), dos 88 setores censitários que compõem a área de estudo, 1 setor (1,14%) é considerado de vulnerabilidade muito alta; este se localiza sobreposto à área da mineradora. Os 6 setores (6,82%) classificados como de alta vulnerabilidade são aqueles com percentual entre 50 a 80% de área sobreposta à área do entorno<sup>20</sup>. Na classe de vulnerabilidade baixa estão 81 setores (92,04%) da área total de estudo, sendo estes mais distantes da área de mineração.

---

<sup>20</sup> A Área de Entorno é “composta por todas as propriedades que estejam no seu entorno imediato. São propriedades que estão mais expostas aos efeitos diretos do empreendimento, tais como movimentação de pessoas, ruídos, poeira, poluição, contaminação pelo arsênio, indenizações pelo uso da terra, dentre outros.” (BRANDT, 2006, p. 11).

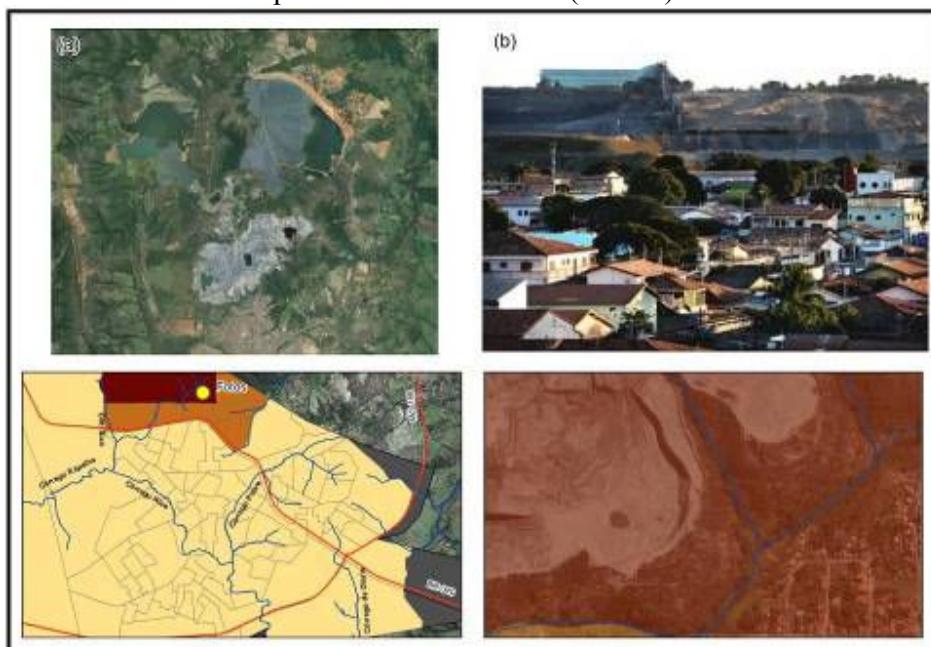
Mapa 9 – Paracatu: vulnerabilidade ambiental em relação à proximidade da área de mineração (2010)



Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Em relação ao setor pertencente à classe de vulnerabilidade muito alta (mapa 9), localizado ao norte da área investigada, é nele que se verifica os maiores problemas ambientais e onde a população sofre diretamente os impactos decorrentes do processo de detonação das rochas por residirem nos limites da mineradora (Figura 47).

Figura 47 – Proximidade da Mineradora Kinross em relação à área urbana (**Foto a**) e ocupações próximas à mineradora (**Foto b**)



Fonte: Google Earth (2010) e foto de autoria de Giorgio Palmera, apud Sérgio Ulhoa Dani (2011)  
Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015)

A população residente nesses setores está mais vulnerável às atividades da mineradora, principalmente à poeira de arsênio liberada quando da detonação das rochas. “O arsênio é liberado da maior mina de ouro a céu aberto do Brasil e também a mais venenosa do mundo. Para cada grama de ouro retirado das rochas da mina de Paracatu, a mineradora genocida solta mais de um kilograma de arsênio para a atmosfera, os solos e as águas” (DANI, 2011).

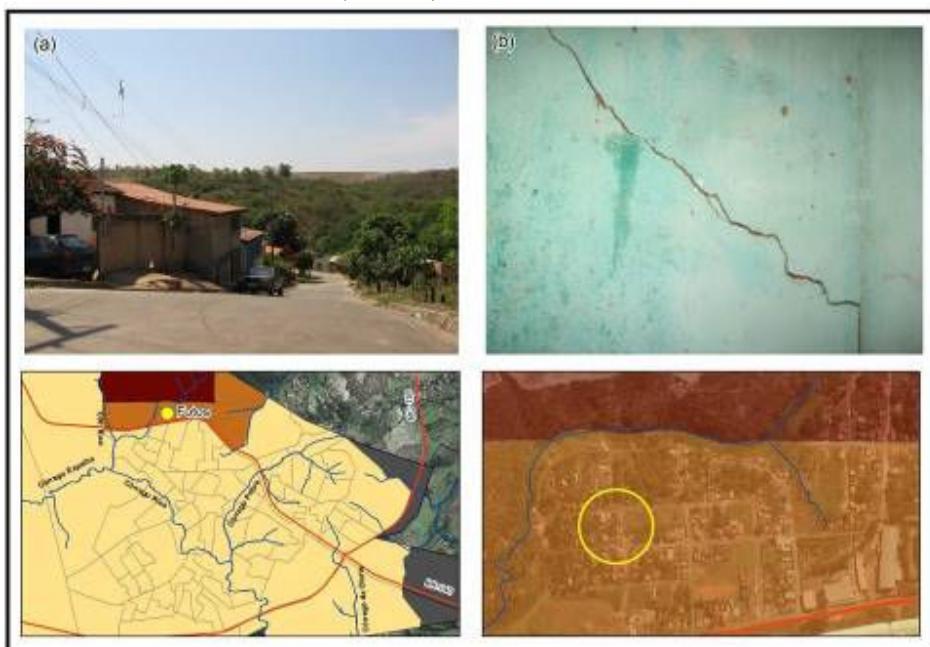
Sobre os problemas que o arsênio causa a saúde humana, vale recorrer às palavras de Dani (2015):

Para os seres vivos, o arsênio é um veneno. Ele atua como substituto instável do fósforo em ampla gama de processos bioquímicos e nutricionais, provocando os chamados ‘ciclos metabólicos fúteis’, ou ineficazes, que impedem o funcionamento normal do organismo e causam danos à saúde. A existência de genes de resistência ao arsênio nos genomas de quase todos os organismos é um indício forte da toxicidade desse veneno e de sua presença nos ambientes terrestres nas épocas das extinções em massa, causadas

por colisões de asteroides e/ou por intensa atividade vulcânica: os organismos que sobreviveram foram os que tinham genes de resistência ao arsênio.

Em relação aos seis setores (6,82%) incluídos na classe de alta vulnerabilidade, localizados ao norte da área de estudo, verificou-se a ocorrência de rachaduras nas paredes das casas, o que pode ter sido ocasionado pela detonação das rochas na área da mineradora (Figura 48).

Figura 48 – Ocupações próximas à área de mineração (**Foto a**) e presença de rachadura na parede (**Foto b**), ano de 2015



Fonte: Google Earth (2010) e foto de autoria de Patrícia Soares Rezende (2015)  
Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015)

Nos setores de alta e muito alta vulnerabilidade, além dos impactos decorrentes da detonação das rochas, verifica-se ainda a existência de cursos d’água localizados próximos a mineradora, sendo estes mais propensos à contaminação e aos processos erosivos e contaminação. Ressalte-se também que a área se situa em “uma zona de intenso fraturamento, que intensifica a migração dos fluidos e magnifica os riscos de contaminação das águas subterrâneas.” (ECODEBATE, 2009).

Na zona urbana de Paracatu constata-se também a classe de vulnerabilidade baixa. Tratam-se dos setores que estão fora do limite da área do entorno e que, justamente por estarem mais distantes da área de mineração, são menos vulneráveis que os setores limítrofes da área.

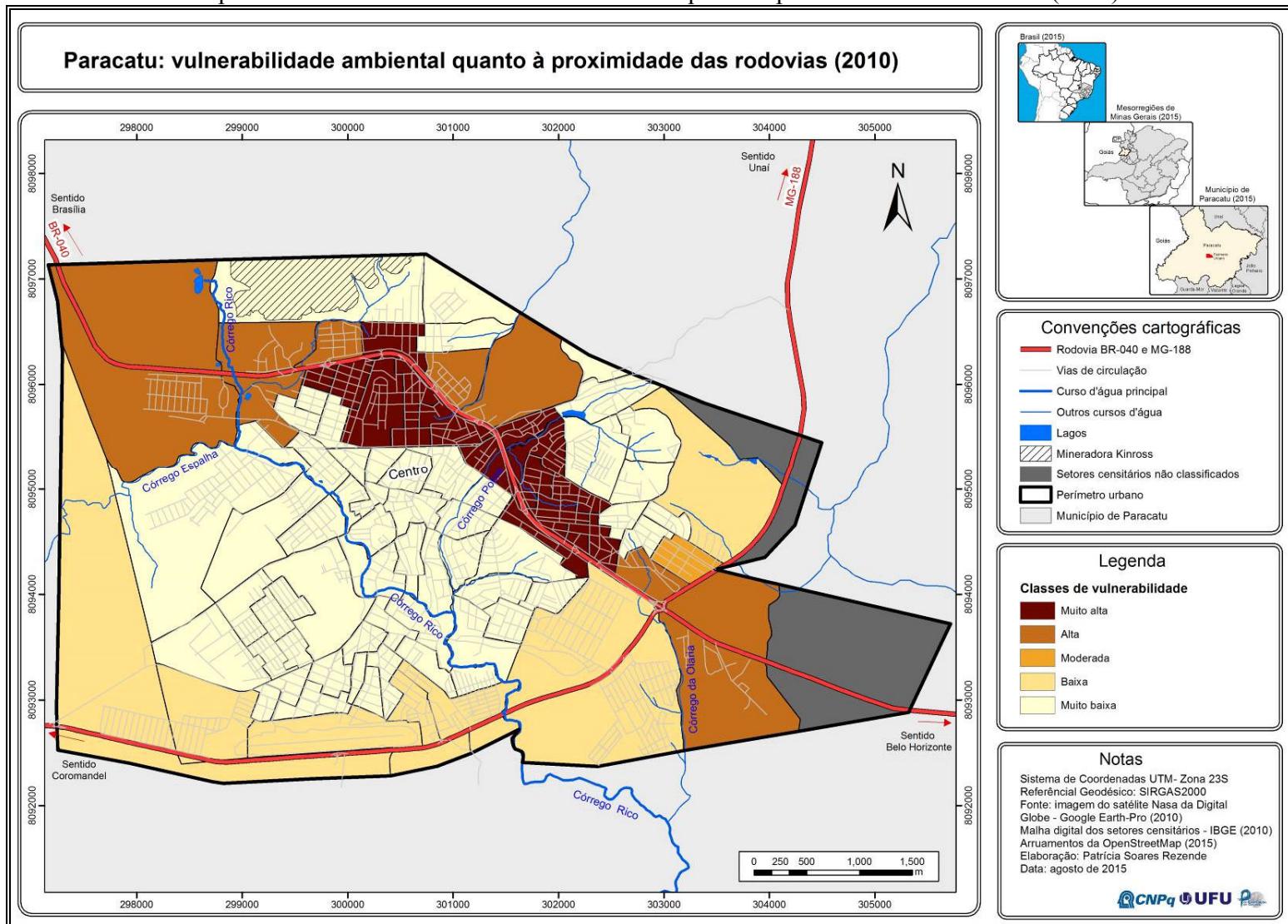
## **Proximidade das rodovias**

Entende-se que a existência de rodovias em áreas urbanas traz benefícios para a região, na medida em que interliga as cidades e viabiliza o escoamento de produção. Entretanto, também causa impactos negativos, como poluição ambiental, visual e sonora, segregação espacial e acidentes. Simonetti (2010, p. 10) classifica os impactos causados pelas rodovias em três meios: socioeconômico, biótico e físico.

No meio socioeconômico os principais impactos encontrados estão relacionados às alterações nas atividades econômicas das regiões por onde a trajetória da rodovia transcorre, ocasionando mudanças nas condições de emprego, e, consequentemente, na qualidade de vida dos habitantes. Mas, também, estarão presentes problemas relacionados às emissões de poluentes que afetam diretamente os animais e os seres humanos. No meio biótico, os impactos mais comuns estão ligados aos atropelamentos de animais na pista, que podem também acarretar em situação de perigo aos motoristas. Além disso, ocorre a redução da cobertura vegetal presente na faixa de domínio da via. Já no meio físico, os principais problemas encontram-se na instabilidade de cortes e taludes ao longo da pista e nos alagamentos devido à má execução ou obstrução do sistema de drenagem da rodovia.

No intuito de identificar a vulnerabilidade ambiental em relação à proximidade das rodovias (Mapa 10), os setores censitários possuem cinco classes, variando de muito alta a muito baixa. Na área analisada, dos 88 setores censitários estudados 14 (15,91%) foram considerados de vulnerabilidade muito alta, 8 (9,09%) de alta vulnerabilidade, 1 setor (1,14%) foi tido como de moderada vulnerabilidade, 9 setores (10,23) enquadram-se na classe de baixa vulnerabilidade e 57 setores (64,77%) na classe de vulnerabilidade ambiental muito baixa.

Mapa 10 – Paracatu: vulnerabilidade ambiental quanto à proximidade das rodovias (2010)



Nas classes de vulnerabilidade alta e muito alta, representando 25% da área de estudo, estão os setores localizados adjacentes a rodovia BR040 ao norte da área de estudo, local este com maior fluxo de veículos quando comparada com a Rodovia MG188. Os setores localizados nas margens da Rodovia BR040 (Figura 49, **Foto a**) possuem vulnerabilidade alta e muito alta em relação à ocupação urbana e vulnerabilidade alta em relação à cobertura vegetal, o que contribui para os impactos negativos nesses locais.

Figura 49 – Ocupações próximas à rodovia BR040 (**Fotos a e b**), ano de 2015



Fonte: Google Earth (2010) e foto de autoria de Patrícia Soares Rezende (2015)

Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015)

Os setores enquadrados na classe de vulnerabilidade muito alta, em decorrência da densidade de ocupação e do alto fluxo da rodovia, apresentam os piores problemas. Nessas proximidades (Figura 49, **Fotos a e b**) não há faixa e nem passarela de pedestre, o que colabora para os altos índices de acidentes no local, tendo em vista que as pessoas precisam atravessar a rodovia para ter acesso ao centro da cidade.

Em relação ao impacto sonoro, trata-se de uma rodovia com forte escoamento de mercadorias através de carretas e caminhões na qual não existe nenhuma proteção (vegetação e/ou barreira física). Sendo assim, as pessoas residentes nesses setores, principalmente no período noturno, sofrem com mais intensidade a existência do ruído produzido pelos veículos.

Ao longo de toda rodovia, na área urbana, existem apenas duas passarelas de pedestres: uma próxima ao córrego Pobre e outra próxima ao trevo, no sentido da cidade de Unaí. A ausência de passarelas demonstra a falta de acessibilidade, principalmente para crianças e idosos residentes nos bairros periféricos. Por apenas existirem essas duas passarelas, para chegarem até a área central da cidade as pessoas acabam fazendo a travessia pela rodovia e, com isso, se expõem à ocorrência de acidentes devido ao alto fluxo de veículos no local.

Em relação aos setores pertencentes à classe de vulnerabilidade muito baixa, representando 64,77% da área de estudo, são espaços que não margeiam as rodovias, localizados majoritariamente na parte central da área estudada.

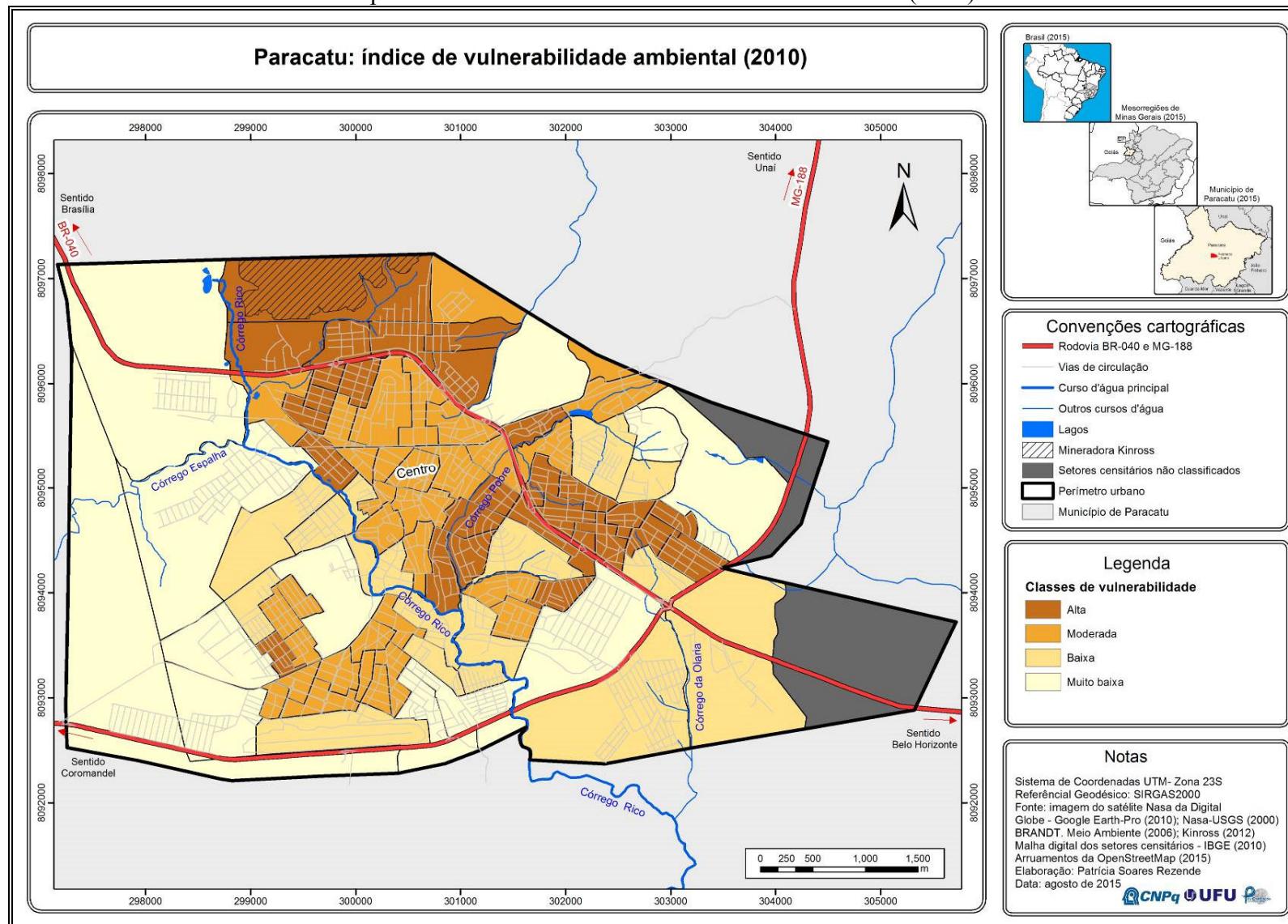
Posto isto, destaque-se que a rodovia propicia a fragmentação espacial da cidade: de um lado, tem-se os setores mais próximos do centro, por outro lado, na parte norte da Rodovia BR040 e inferior da Rodovia MG188, encontra-se o lado mais carente da cidade, mais distante do centro. São esses moradores, “os afastados”, que enfrentam dificuldade no deslocamento para o centro da cidade, uma vez que há poucos horários de ônibus nas áreas mais periféricas. Além disso, são eles os que mais estão vulneráveis aos riscos decorrentes da existência da rodovia, principalmente ao realizar a travessia da mesma.

### **Índice de Vulnerabilidade ambiental**

Após discorrer sobre cada uma das variáveis ambientais e tendo verificado os processos que ocorrem nos setores vulneráveis, apresentaremos neste item o mapa de vulnerabilidade ambiental (Mapa 11), elaborado a partir do método AHP com o conjunto de oito variáveis discutido anteriormente.

Em relação à distribuição espacial da vulnerabilidade ambiental, percebe-se que dos 88 setores censitários, 29 (29,55%) são caracterizados como de alta vulnerabilidade, 33 (37,50%) apresentam vulnerabilidade moderada, 16 setores (18,18%) têm baixa vulnerabilidade e 13 (14,77%) são considerados de vulnerabilidade muito baixa.

Mapa 11 – Paracatu: índice de vulnerabilidade ambiental (2010)



Na classe de vulnerabilidade alta estão os setores que apresentam muito alta e alta vulnerabilidade em relação aos padrões de ocupação urbana. Por se tratarem de setores fortemente adensados e adensados, o índice de permeabilidade é menor, contribuindo para a ocorrência de eventos extremos, tais como enchentes (Figura 50). Outros fatores determinantes desses eventos, que expõem as pessoas a situações de risco principalmente ligadas a doenças de veiculação hídrica, são os problemas de drenagem e o acúmulo de lixo nas ruas, conforme apresentado e discutido anteriormente, nas figuras 36 e 37.

Figura 50 – Entupimento de manilha (**Fotos a e b**) e alagamento do campo de futebol (**Foto c**)



Fonte: Google Earth (2010) e foto de autoria da Prefeitura M. de Paracatu-PUAP (2014).

Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Nessa classe também estão presentes setores de muito alta e alta vulnerabilidade em relação à litologia, com predomínio de rochas filiticas, as quais concorrem para a instabilidade do solo, caracterizando os processos erosivos (Mapa 3). Em decorrência do tipo litológico, são enquadrados na classe de vulnerabilidade muito alta em relação aos solos os setores com neossolos litólicos e na de alta vulnerabilidade os de cambissolos (Mapa 4).

O que se destaca nessas áreas de alta vulnerabilidade ambiental é o baixo índice de cobertura vegetal (Mapa 6) aliado ao predomínio de declividade moderada e alta (Mapa 5), o que contribui para a potencialização dos processos erosivos. Portanto, caso essas áreas sejam

ocupadas de forma intensa, novos processos erosivos podem ocorrer, colocando em risco a população.

Além de suas características (solos cambissolo e neossolo, rocha filítica, altas declividades, ausência de cobertura vegetal, atividade de extração mineral, alto fluxo nas rodovias), percebe-se em alguns setores a forte concentração de lixo e restos de material da construção civil (Figura 51).

**Figura 51** – Poluição do curso d’água (Foto a) e presença de lixo nas proximidades do córrego Pobre (Foto b), ano de 2015



Fonte: Google Earth (2010) e foto de autoria de Patrícia Soares Rezende (2015).  
Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015)

A presença do lixo concorre para a poluição do solo e degradação dos recursos hídricos, bem como para o aumento de eventos de riscos, tais como inundações. O lixo favorece, ainda, a proliferação de animais vetores de doenças. A esse respeito, Tundisi ( 2009, p. 01) ressalta que:

Embora dependam da água para a sobrevivência e para o desenvolvimento econômico, as sociedades humanas poluem e degradam este recurso, tanto as águas superficiais quanto as subterrâneas. A diversificação dos usos múltiplos, o despejo de resíduos líquidos e sólidos em rios, lagos e represas e a destruição das áreas alagadas e das matas de galeria têm produzido continua e sistemática deterioração e perdas extremamente elevadas em quantidade e qualidade da água.

Ressalta-se ainda a ausência de vegetação na área de estudo. Além de contribuir para o desencadeamento dos processos erosivos, pois o solo fica exposto ao impacto direto das gotas da chuva, essa ausência de vegetação ainda causa desconforto térmico, não minimiza a poeira decorrente do processo de extração do ouro e nem o ruído decorrente dos processos urbanos.

A classe moderada, com maior representatividade (de 33%), localiza-se principalmente na área central e diz respeito aos locais com muito alta e alta vulnerabilidade em relação à cobertura vegetal. Tal aspecto contribui para a baixa permeabilidade do solo, que por sua vez desemboca no aumento significativo do volume de água do escoamento superficial. Com a velocidade do escoamento superficial, lixos e sedimentos são arrastados e depositados nas margens dos córregos localizados nas menores declividades. Este fato coopera para os processos de assoreamento. Também devido à alta taxa de urbanização e aos problemas da rede de drenagem (Figura 36 e 37), essas áreas estão sujeitas à ocorrência de alagamento e enchentes.

A classe composta por baixa e muito baixa vulnerabilidade (32,95%) abarca setores cuja ocupação urbana está em processo ou é reduzida, de modo que esses setores ainda apresentam algumas características ambientais naturais. Saliente-se a necessidade de planejamento para que essas áreas não sejam ocupadas de forma irregular, afetando com isso a estabilidade ambiental ora presente.

Em relação à vulnerabilidade ambiental como um todo, observa-se que os maiores problemas ocorrem na região norte, estando esta, portanto, mais vulnerável ambientalmente, principalmente pela existência da mineradora, que contribui de forma significativa para a instabilidade da área.

#### 4.2 ÍNDICES DE VULNERABILIDADE SOCIAL

Neste item foram analisados inicialmente os cinco fatores de vulnerabilidade social, a saber: 1. Idade acima de 64 anos; 2. Educação; 3. Responsáveis pelos domicílios; 4. Saneamento básico; e 5. Infraestrutura básica de moradia. Na sequência, abordamos o índice final de vulnerabilidade social, sendo este resultado da aplicação do método AHP (Figura 52).

Figura 52 – Fatores que compõem o índice de vulnerabilidade social



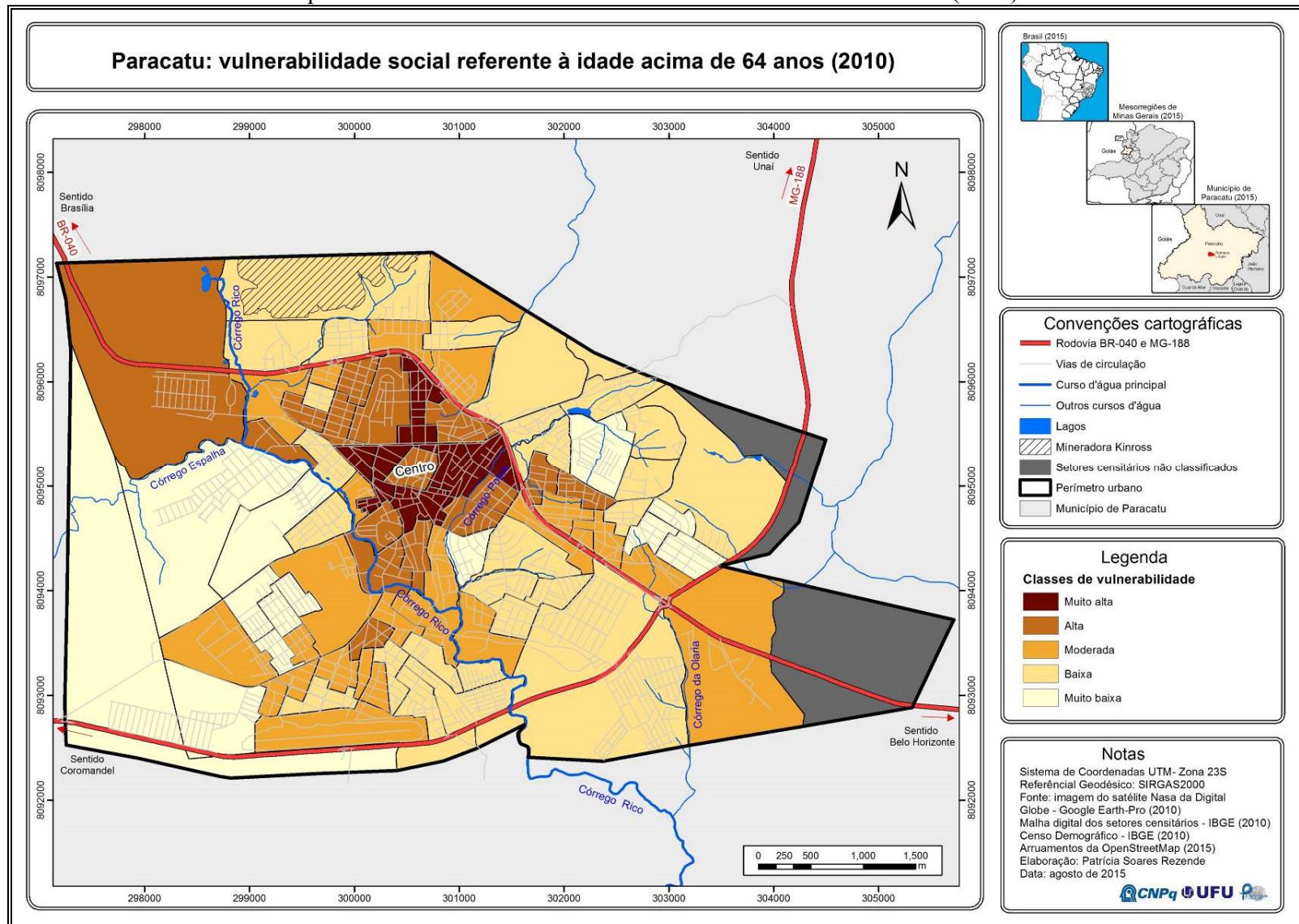
Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

O índice de vulnerabilidade social trata das questões socioeconômicas e a partir de sua análise é possível identificar os grupos de pessoas com condições precárias de existência, o que as torna vulneráveis caso ocorra algum evento ambiental/social inesperado que exija decisões rápidas.

#### **Idade acima de 64 anos**

O primeiro fator trata da vulnerabilidade social referente à idade acima de 64 anos (Mapa 12). Esse fator é composto por quatro variáveis: percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes com mais de 64 anos (V10), percentual de mulheres responsáveis por domicílios particulares permanentes com mais de 64 anos de idade (V12), percentual de pessoas de mais de 64 anos de idade (V14) e percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados com mais de 64 anos de idade (V17).

Mapa 12 – Paracatu: variáveis referentes à idade acima de 64 anos (2010)



Para Almeida (2010), pessoas com idades avançadas são mais vulneráveis, pois necessitam de maiores cuidados, apresentam certas fraquezas e possuem mais dificuldades em relação à mobilidade, necessitando na maioria das vezes cuidados de outras pessoas. Assim, diante de algum evento de risco, os idosos encontram maiores obstáculos para efetuar uma rápida desocupação.

Em relação à distribuição espacial, dentre os 88 setores analisados, a área de estudo apresenta 7 (7,95%) com vulnerabilidade muito alta, 14 setores (15,91%) de vulnerabilidade alta, 27 setores (30,68%) na classe de vulnerabilidade moderada, 27 setores (30,68%) com baixa vulnerabilidade e 13 (14,77%) considerados de vulnerabilidade muito baixa.

Os setores enquadrados na classe de vulnerabilidade muito alta e alta (Mapa 12), representando 23,86%, localizam-se principalmente na área central da cidade. São encontradas nestes setores as melhores condições de infraestrutura e renda. Corroborando este resultado, Almeida (2010, p. 218) verificou que setores onde há a presença de idosos normalmente se situam nas áreas com as melhores condições socioeconômicas, pois “em regiões com melhores condições de qualidade de vida, a expectativa de vida tende ao aumento da presença de idosos”.

Apesar de essa classe estar localizada na área central, com melhores condições socioeconômicas, verificaram-se alguns fatores que contribuem para a vulnerabilidade e colocam os idosos em situações de risco, principalmente no quesito mobilidade e acessibilidade.

Nesse sentido, a Figura 53 ilustra a inadequação das calçadas no tocante a irregularidades no piso (**Foto a**) e a vias estreitas (**Foto b**), características presentes na maioria das calçadas da cidade. Estes tipos de inconformidades expõem os idosos a situações de risco, pois os mesmos são obrigados a transitarem em plena rua, disputando assim o espaço com veículos.

Figura 53– Inadequação das calçadas e ausência de vegetação na área central da cidade, ano de 2014



Fonte: Google Earth (2010) e foto de autoria de Patrícia Soares Rezende (2014).  
Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

As calçadas desses setores, além de estreitas, com degraus e desníveis, ainda se prestam ao depósito de equipamentos, temporários ou não, que obstruem e impedem a mobilidade dos idosos nas mesmas.

Quanto às faixas de pedestres, a maioria está disposta de forma errônea (Figura 54, **Foto a**), ora não dando acesso ao rebaixamento da calçada, ora direcionada para barreiras, tais como lixeiras, árvores e postes de iluminação pública. Por não estarem localizadas corretamente, essas faixas, que deveriam constituir um recurso de segurança, na verdade acabam expondo as pessoas, principalmente idosos e deficientes, a riscos de atropelamento e acidentes ao realizar a travessia sobre a pista de rolamento.

Em relação à acessibilidade física, a maioria dos pontos de parada de ônibus não possui cobertura nem assentos, de modo que as pessoas ficam de pé, expostas à chuva ou ao sol enquanto aguardam o ônibus (Figura 54, **Foto b**). Para se protegerem das intempéries, na área central as pessoas utilizam a cobertura de lojas nas imediações das paradas de ônibus.

Figura 54 – Ausência de acessibilidade para o pedestre e cobertura de proteção solar nos pontos de ônibus, ano de 2015



Fonte: Google Earth-Pro (2010) e foto de autoria de Patrícia Soares Rezende (2015).

Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Verificou-se também nesses setores a ausência de cobertura vegetal, o que contribui para a diminuição da qualidade de vida. Ressalte-se que a pouca cobertura vegetal existente nesses setores se localiza principalmente nos canteiros centrais e não nas calçadas, que é por onde os idosos e demais pessoas transitam de fato.

Em relação às classes de vulnerabilidade baixa e muito baixa (40%), estas estão situadas principalmente nas áreas de expansão da cidade e se caracterizam por setores com ocupação mais atual. Tal distribuição espacial pode estar relacionada com a história da cidade, cujos setores da área central foram os primeiros a serem ocupados, enquanto que os setores localizados nos extremos da cidade concentram a população mais recente.

## Educação

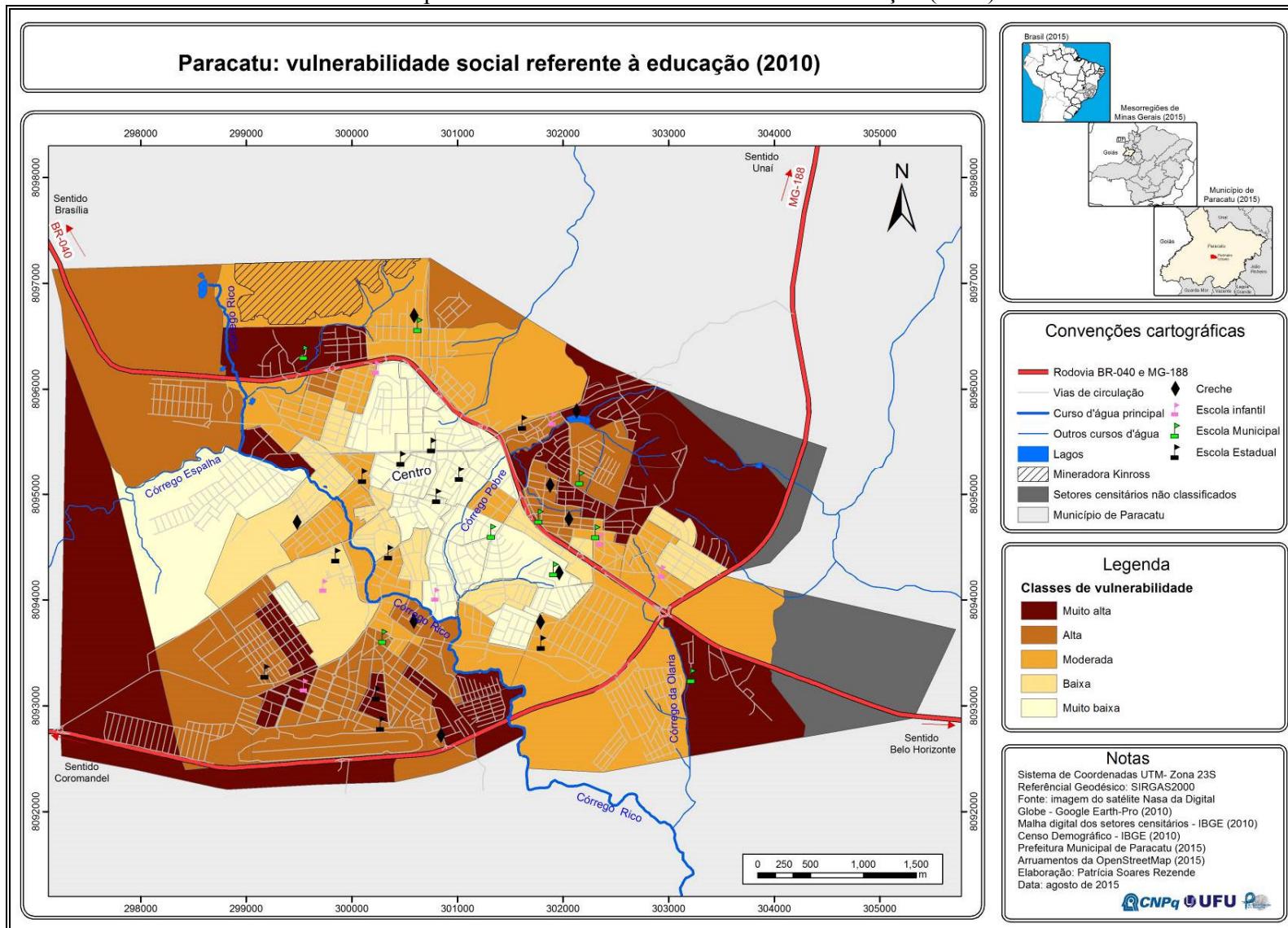
O fator educação é composto por sete variáveis, a saber: percentual de domicílios particulares permanentes alugados (V07); percentual de domicílios particulares permanentes com mais de 4 moradores (V08); percentual de pessoas com idade entre 0 e 14 anos (V13); percentual

de responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados (V15); percentual de pessoas não alfabetizadas com idade entre 5 a 14 anos (V19); percentual de pessoas não alfabetizadas com mais de 64 anos de idade (V20) e percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes com rendimento nominal mensal de até 3 salários mínimos (V22).

A escolaridade é um dos principais fatores para análise da vulnerabilidade social, pois está atrelada às condições de renda, moradia e acesso à informação. Sabe-se que quanto maior o tempo de estudo de uma pessoa, maiores serão suas oportunidades de emprego com melhores salários e, por consequência, melhor será sua qualidade de vida. Do mesmo modo, o “acesso à formação e à informação pode definir a maneira como um indivíduo lida com o risco, visto que pouca educação pode limitar a habilidade de lidar com as situações perigosas e dificultar medidas de recuperação e adaptação”. (ALMEIDA, 2010, p. 215)

Ao analisar a representação espacial desse fator (Mapa 13), verificamos que, dentre os 88 setores analisados, a área de estudo apresenta 20 setores (22,73%) com vulnerabilidade muito alta, 20 (22,73%) com vulnerabilidade alta, 21 (23,86) na classe de vulnerabilidade moderada, 11 (12,50) com baixa vulnerabilidade e 16 setores (18,18) considerados de vulnerabilidade muito baixa.

Mapa 13 – Paracatu: variáveis referentes à educação (2010)



Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Quanto aos setores enquadrados na classe de vulnerabilidade muito alta e alta (Mapa 13), representando 45,46% da área, localizam-se na parte mais periférica da cidade.

É nesses setores que se encontram os maiores valores de vulnerabilidade em relação ao responsável pelo domicílio, demonstrando o elo entre a baixa escolaridade e a responsabilização pelo domicílio, principalmente das pessoas do sexo feminino, que acabam deixando de estudar para trabalhar e sustentar sua família.

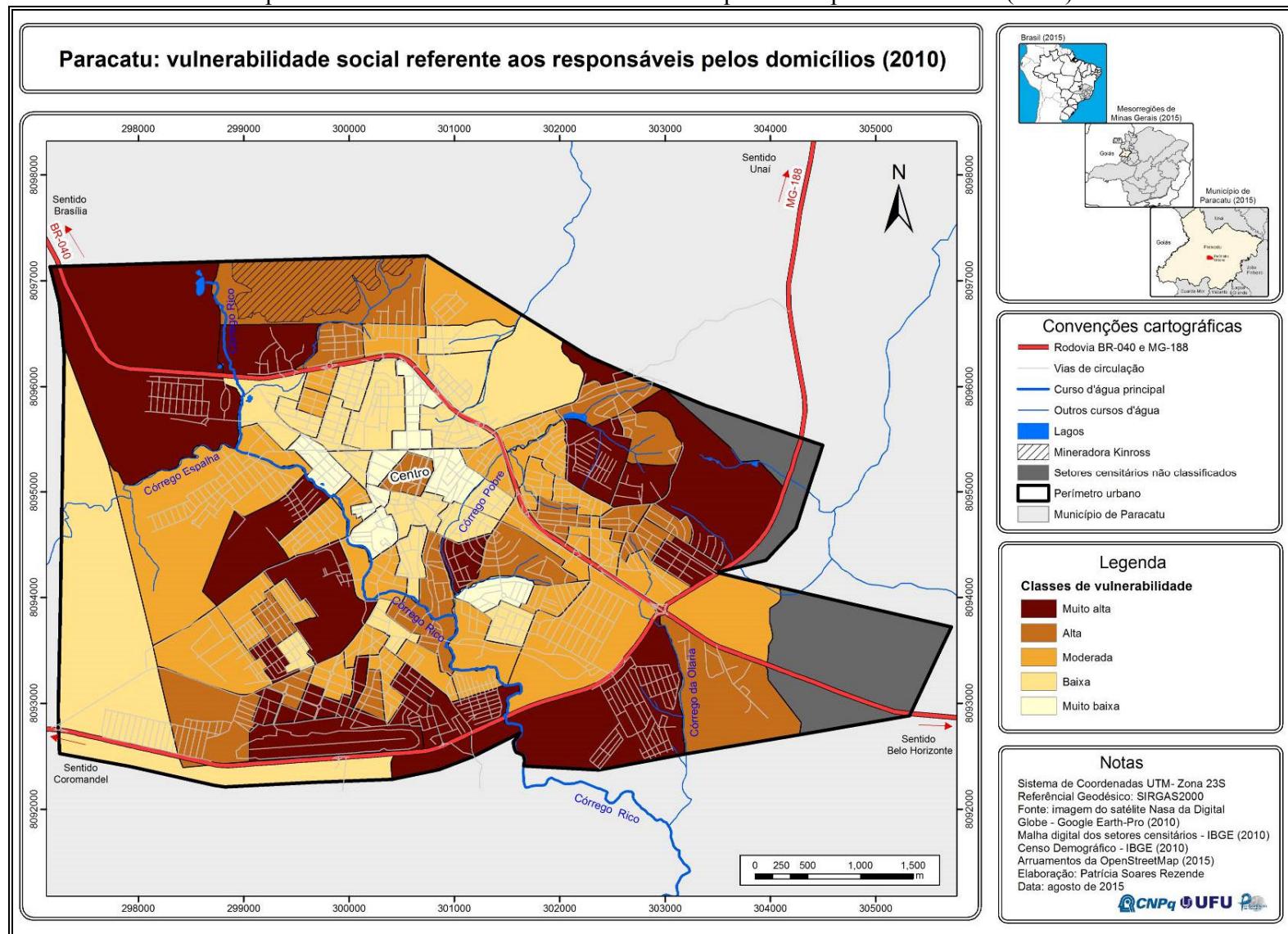
Estão inseridas nesse fator a variável percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes com rendimento nominal mensal de até 3 salários mínimos (V22) e a variável percentual de domicílios particulares permanentes com mais de 4 moradores (V08). Assim é possível comprovar que quanto menor é a renda da população, menor é o acesso à educação e maior é a quantidade de moradores na residência.

Em relação à classe de vulnerabilidade baixa e muito baixa, representando 30,68%, localiza-se principalmente na área central da cidade, com as melhores condições socioeconômicas. Ressalte-se que nessa área há maior concentração de escolas estaduais que oferecem o Ensino Médio.

### **Responsáveis pelos domicílios**

Relacionado à baixa escolaridade tem-se o terceiro fator, que trata da vulnerabilidade referente aos responsáveis pelos domicílios (Mapa 14). Esse fator é composto por quatro variáveis, a saber: percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes com idade entre 10 e 19 anos (V09); percentual de mulheres responsáveis por domicílios particulares permanentes com idade entre 10 a 19 anos (V11); percentual de mulheres não alfabetizadas responsáveis por domicílios particulares permanentes (V18); e percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes sem rendimento nominal mensal (V21).

Mapa 14 – Paracatu: variáveis referentes aos responsáveis pelos domicílios (2010)



Sobre a distribuição espacial do fator, percebe-se que, dos 88 setores da área de estudo analisados, 18 (20,45%) são de vulnerabilidade muito alta, 17 (19,32%) de vulnerabilidade alta, 30 (34,09%) estão na classe de vulnerabilidade moderada, 16 setores (18,18%) são classificados como de baixa vulnerabilidade e 07 setores (7,95) são considerados de vulnerabilidade muito baixa.

A classe de vulnerabilidade muito alta e alta representa 39,77% e encontra-se principalmente a leste e a sudoeste da área investigada. Esses setores apresentam também muito alta e alta vulnerabilidade em relação à educação, revelando a ligação entre a baixa escolaridade e a presença de vulnerabilidade para as pessoas jovens. Pode-se afirmar que na maioria das cidades, por não terem renda suficiente e nem um emprego que oportunize conciliar estudo e trabalho, grande parte da população acaba abandonado a escola para se responsabilizar pela família.

Na pesquisa de campo foi possível verificar que as pessoas mais afetadas nesse grupo são as mulheres, principalmente as jovens, com idade máxima de 19 anos. Estas, além de abdicar dos estudos, acabam gerando um número significativo de filhos e vivendo em condições de extrema pobreza. Algumas famílias recorrem ao apoio financeiro do Governo e a doações para suprir as necessidades básicas. Essa situação tem muitas consequências. Destaca-se que:

[...] a sobreposição de chefes de famílias jovens, pouco escolarizados e com filhos pequenos implica a redução das possibilidades de obtenção de empregos, diminui a renda quanto estes são obtidos e implica ainda a divisão dos poucos recursos disponíveis entre um grande número de pessoas, com consequências especialmente graves para as crianças pequenas (nutricionais, de saúde, níveis de escolaridade etc.). (CEM/CEBRAP, 2004, p. 20).

Nesse fator está presente a variável responsável sem rendimento nominal mensal (V21), que demonstra o quanto vulnerável essas pessoas estão caso ocorra algum evento de risco, pois não possuem renda mínima suficiente recuperação e/ou para adquirir uma nova moradia em outro bairro da cidade ou até mesmo em outra cidade.

No que toca a classe de vulnerabilidade baixa e muito baixa, que representa 26,13% da área, encontra-se na parte central da cidade, ocupada por pessoas mais velhas e com melhores condições econômicas.

## **Saneamento básico**

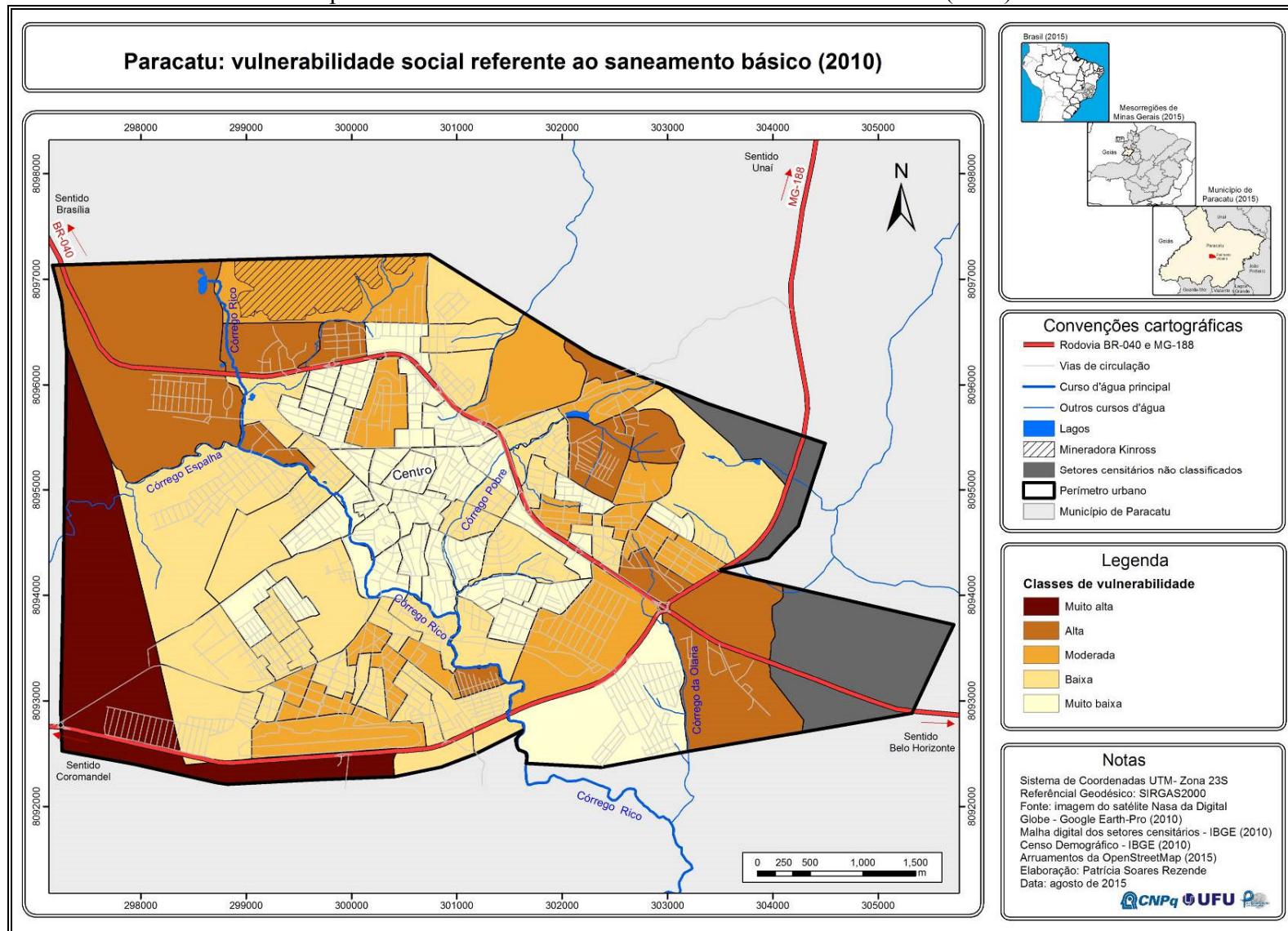
Aliados ao fator três (Responsáveis por domicílios), que também incluiu uma discussão relacionada à renda, estão os problemas relacionados ao saneamento básico (Mapa 15) identificados na área estudada. Entende-se que quem mais enfrenta esse tipo de problema são as famílias mais carentes, residentes nos bairros periféricos, ou seja, pessoas vulneráveis socialmente e que estão expostas as situações de risco.

Esse fator é composto por quatro variáveis: percentual de domicílios particulares sem abastecimento de água da rede geral (V02); percentual de domicílios particulares com banheiro ou sanitário sem esgotamento sanitário via rede geral de esgoto, pluvial ou fossa séptica (V03); percentual de domicílios particulares permanentes com lixo não coletado (V05); e percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados com idade entre 10 e 19 anos (V16).

Dos 88 setores analisados, a área de estudo apresenta um setor (1,14%) com vulnerabilidade muito alta, 10 setores (11,36%) de vulnerabilidade alta, 16 (18,18) na classe de vulnerabilidade moderada, 30 setores (34,09%) com baixa vulnerabilidade e 31 (35,23%) considerados de vulnerabilidade muito baixa.

A classe de vulnerabilidade muito alta e alta representa apenas 12,50% do total dos setores. O setor classificado como de vulnerabilidade muito alta se localiza a oeste da área de estudo. Trata-se de um setor em expansão urbana, com poucas ocupações, justificando assim o enquadramento nesta classe. Já os setores tidos como de alta vulnerabilidade se concentram ao norte da área de estudo e a sua ocupação se deu entre o final da década de 1980 e o início de 1990. São setores periféricos e apresentam os maiores índices de vulnerabilidade ambiental, o que agrava ainda mais sua situação.

Mapa 15 – Paracatu: variáveis referentes ao saneamento básico (2010)



Como é sabido, a ausência de saneamento básico ocasiona a proliferação de doenças, afetando a população do local e as de pontos mais distantes. Além disso, concorre para a degradação ambiental.

Foram identificadas na área de estudo residências sem saneamento básico, principalmente aquele relacionado à destinação do esgoto doméstico, de maneira que esse tipo de resíduo é direcionado para os cursos d'água (Figura 55).

Figura 55 – Ausência de saneamento básico e presença de degradação ambiental,



Fonte: Google Earth-Pro (2010) e foto de autoria da Prefeitura M. de Paracatu-PUAP (2014).

Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Parte dos cursos d'água da área de estudo deságua no Córrego Rico. Assim, a partir do momento em que a população destina o esgoto aos afluentes desse córrego, a poluição e a degradação ambiental não ocorrem apenas pontualmente, pois o fluxo das águas do Córrego Rico segue para o Rio Paracatu, formando assim uma cadeia de degradação ambiental.

Com maior destaque na área de estudo tem-se a classe de vulnerabilidade baixa e muito baixa, totalizando 69,32% do total de setores. A classe muito baixa encontra-se na parte central da área de estudo, onde se verificam os menores índices de vulnerabilidade social, comprovando assim que é a população com menor poder econômico que sofre diretamente com os problemas relacionados à ausência de saneamento básico.

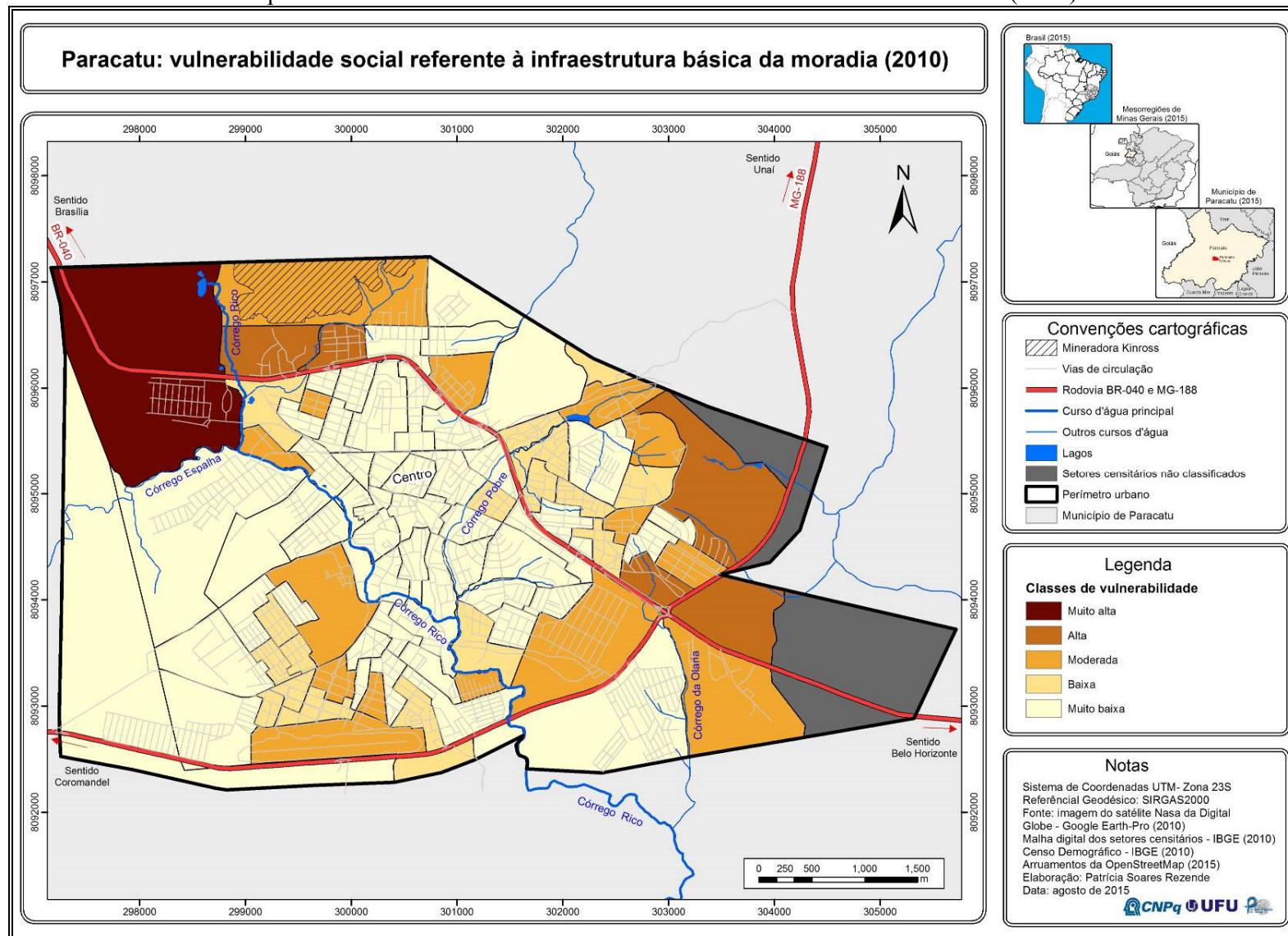
Ainda que esse fator tenha apresentado poucos setores com problemas de saneamento básico, os setores com alto índice de vulnerabilidade social apresentam problemas sérios, os quais chegam a colocar algumas famílias em situações de risco de doenças, além de contribuírem para a degradação ambiental na cidade, uma vez que tais setores estão próximos aos cursos d'água.

### **Infraestrutura básica de moradia**

Por fim, têm-se a vulnerabilidade social referente à infraestrutura básica de moradia (Mapa 16). Esse fator é composto pelas variáveis: percentual de domicílios particulares permanentes sem banheiro (V04) e percentual de domicílios particulares permanentes sem energia elétrica (V06).

Constatou-se que a área de estudo apresenta, dentre os 88 setores analisados, um setor (1,14%) com vulnerabilidade muito alta, 05 setores (4,68%) de vulnerabilidade alta, 14 (15,91%) enquadrados na classe de vulnerabilidade moderada, 17 setores (19,32%) com baixa vulnerabilidade e 51 (57,95%) considerados de vulnerabilidade muito baixa.

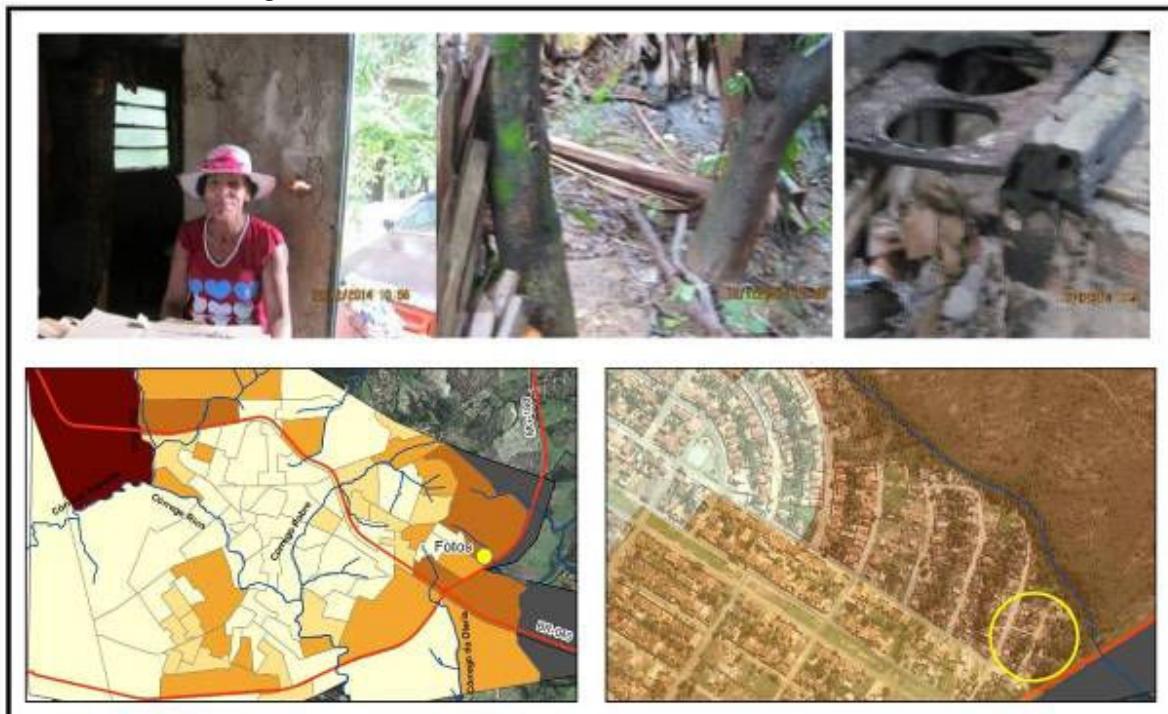
Mapa 16 – Paracatu: variáveis referentes à infraestrutura básica da moradia (2010)



Ao analisar o Mapa 16, percebe-se que a classe de vulnerabilidade muito alta e alta, representando 5,82%, abrange principalmente os setores ao norte da cidade, que estão em fase de expansão urbana.

Durante o trabalho de campo foi possível verificar que algumas famílias vivem em condições precárias (Figura 56), em residências sem banheiro e energia elétrica e ruas sem pavimentação.

Figura 56 – Ausência de infraestrutura básica da moradia



Fonte: Google Earth-Pro (2010) e foto de autoria da Prefeitura M. de Paracatu-PUAP (2014).

Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Essa ausência de infraestrutura básica de moradia foi constatada no Plano de Urbanização de Assentamentos Precários da Prefeitura Municipal de Paracatu, estabelecido em 2014. O Plano expõe casos de precariedades nas residências em alguns setores da cidade: “na casa da recicladora, verifica-se que não tem acabamento nenhum e o cômodo atrás dela é o banheiro interno, onde tem um chuveiro e o vaso sanitário. A foto ao lado mostra o quintal por onde retorna o esgoto de toda a rua.” (PREFEITURA MUNICIPAL DE PARACATU – PUAP, 2014, p. 69). É o que demonstra a Figura 56.

Ainda em campo, foi verificado que algumas residências desse setor servem-se de ligação elétrica clandestina, fato este que coloca os moradores em situações de risco de incêndio e descarga elétrica.

Apesar de a cidade de Paracatu apresentar alguns setores com problemas relacionados à ausência de infraestrutura básica da moradia, a mesma apresenta 77,27% de baixa e muito baixa vulnerabilidade nesse fator, demonstrando que este não contribui de forma significativa para a vulnerabilidade social da cidade.

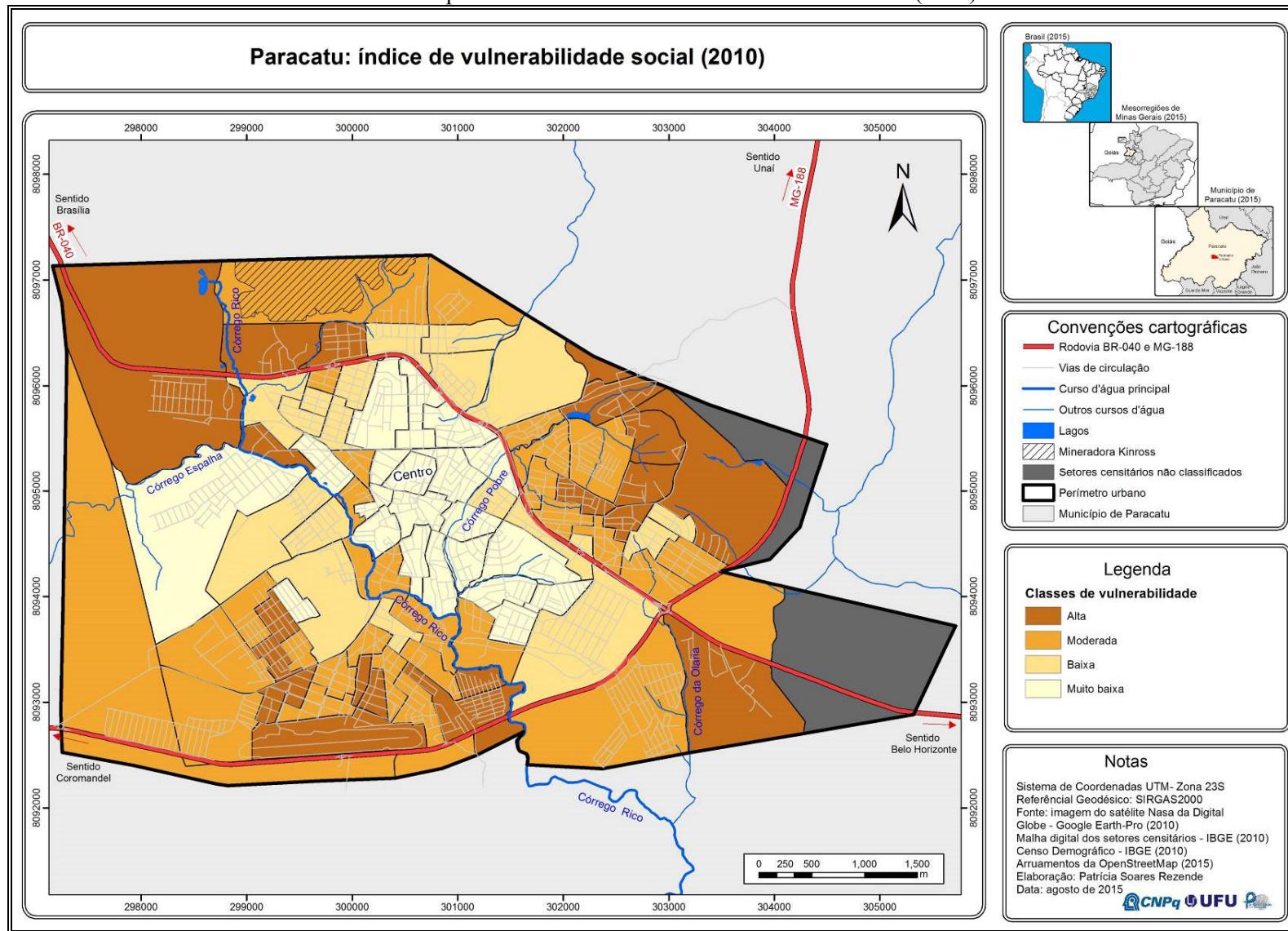
Entretanto, é fundamental que os gestores públicos atuem nos setores vulneráveis, no intuito de possibilitar melhores condições de vida para esses cidadãos, fornecendo, no mínimo, energia elétrica e pavimentação. Já nos casos de residências totalmente precárias, sugere-se que os moradores sejam transferidos para moradias sociais advindas de programas públicos com essa finalidade.

### **Índice de Vulnerabilidade Social**

Por fim, tem-se o índice de vulnerabilidade social (Mapa 17), no qual se verifica que a área de estudo apresenta, dentre os 88 setores analisados, 11 (23,86%) com vulnerabilidade alta, 26 (29,55%) com vulnerabilidade moderada, 20 (22,73%) com baixa vulnerabilidade e 21 setores (23,86%) considerados de vulnerabilidade muito baixa. Para esse índice não foi encontrada a classe de vulnerabilidade muito alta.

Verifica-se no Mapa 17 que a classe de vulnerabilidade muito baixa se concentra na área central da cidade, local este com as melhores condições de habitação e maiores rendas. À medida que o olhar se desloca para as áreas periféricas, as quais apresentam os piores indicadores sociais, percebe-se o aumento da classe de vulnerabilidade, passando de moderada a alta.

Mapa 17 – Paracatu: índice de vulnerabilidade social (2010)



A classe de vulnerabilidade social alta se concentra principalmente nos setores a nordeste da área de estudo. Ao longo do trabalho de campo foi possível constatar situações de extrema vulnerabilidade social, com algumas famílias residindo em moradias precárias, como é o caso da situação apresentada na Figura 57.

Figura 57 – Família morando em condições de pobreza, ano de 2015



Fonte: Google Earth (2010) e foto de autoria de Patrícia Soares Rezende (2015).

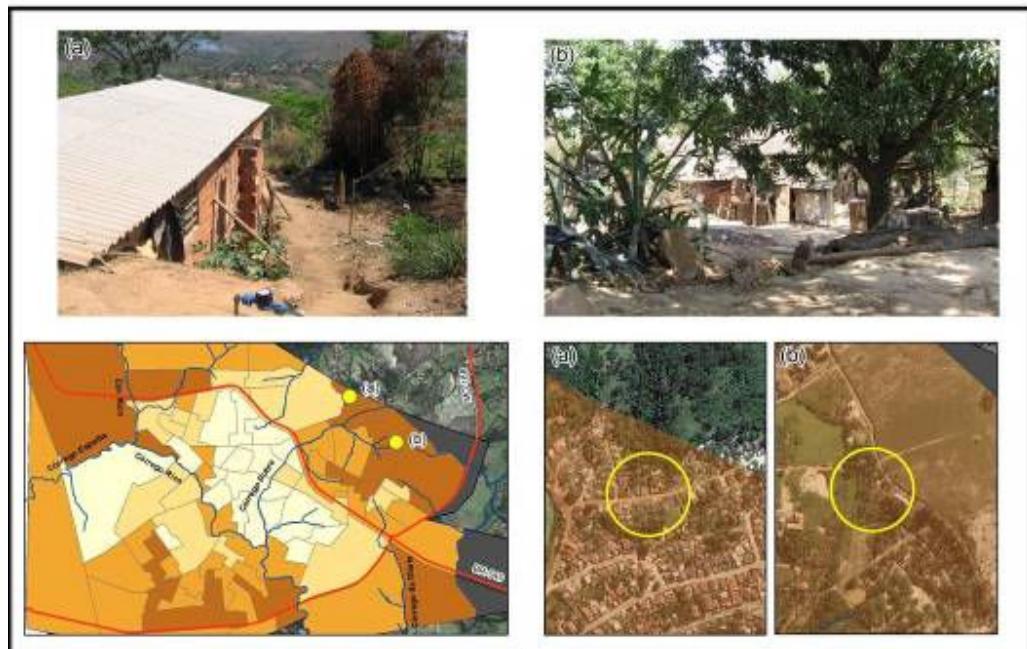
Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

A figura 57 exemplifica um dos casos de vulnerabilidade social e retrata uma família vivendo em situação de pobreza. Essa moradia de apenas três cômodos abriga ao todo cinco moradores, todos dependentes da renda de uma única pessoa, um homem) que, inclusive, naquele momento estava desempregado. Nessa família há ainda uma criança portadora de deficiência física e mental, o que agrava a situação de vulnerabilidade, pois a mãe tem de se dedicar em tempo integral aos cuidados com a criança.

Sabe-se que a renda é uma das variáveis que contribui para o aumento da vulnerabilidade de uma determinada cidade. Assim sendo, percebe-se que nos setores classificados na classe de alta vulnerabilidade social prevalecem pessoas com as menores rendas ou famílias que

sobrevivem através de algum tipo de auxílio governamental e, nesse sentido, acabam vivendo de forma precária (Figura 58).

Figura 58 – Exemplos de moradias precárias, ano de 2015



Fonte: Google Earth-Pro (2010) e foto de autoria de Patrícia Soares Rezende (2015).

Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Em campo foi possível observar diversas famílias residindo em barracos (Figura 58, **Foto b**), sem as condições mínimas necessárias à sobrevivência. Tais famílias vivem expostas a diversas doenças e situações de risco devido à precariedade da própria residência.

A Figura 58, Foto a, também evidencia a situação vulnerável de alguns moradores. Por não possuir renda suficiente para adquirir um imóvel em melhores condições, as pessoas acabam residindo em locais sem infraestrutura que garanta uma melhor qualidade de vida.

Na maioria dos pontos visitados para retratar essa classe encontramos residências sem infraestrutura básica, um número significativo de crianças por família, ausência de saneamento e mulheres como responsáveis pela maioria dos domicílios. Notamos, ainda, pessoas que, sem renda fixa, dependem de programas do governo, como o Bolsa Família e o Auxílio Gás, para suprir as necessidades básicas.

Já as classes de vulnerabilidade baixa e muito baixa, representando 46,59%, localizam-se na parte central da área de estudo, com predomínio de melhores condições econômicas, padrões

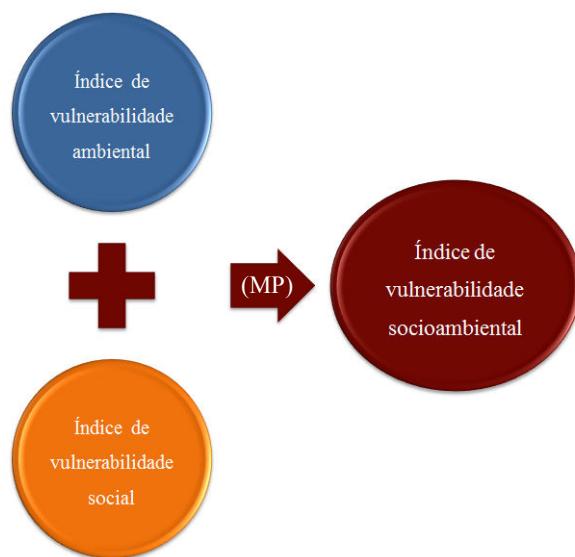
superiores de edificações e presença de casas luxuosas. Corroborando esse achado, verifica-se que nessa classe de vulnerabilidade a cidade de Paracatu apresenta algumas situações semelhantes às encontradas por Almeida (2010) no estudo da macrorregião de Costa Verde, no qual foi verificado também nessa classe a baixa presença de jovens, população com maiores níveis de escolaridade, residências com boas condições de infraestrutura e saneamento básico.

#### 4.3 ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

Diante das alterações ambientais decorrentes de práticas econômicas predatórias empreendidas pelo homem, faz-se necessário o entendimento do “espaço total”, isto é, os componentes naturais, sociais e econômicos devem ser analisados de forma integrada, visando o “desenvolvimento que leve em conta não só as potencialidades dos recursos naturais, mas, sobretudo as fragilidades dos ambientes naturais perante as diferentes inserções dos homens na natureza”. (ROSS, 2006, p. 52)

Diante da importância do estudo integrado, o índice de vulnerabilidade socioambiental (Mapa 18), produto final desta dissertação, apresenta o resultado da média ponderada (MP) entre o índice de vulnerabilidade ambiental (Mapa 11) e o índice de vulnerabilidade social (Mapa 17), conforme Figura 59.

Figura 59 – Composição do índice de vulnerabilidade socioambiental



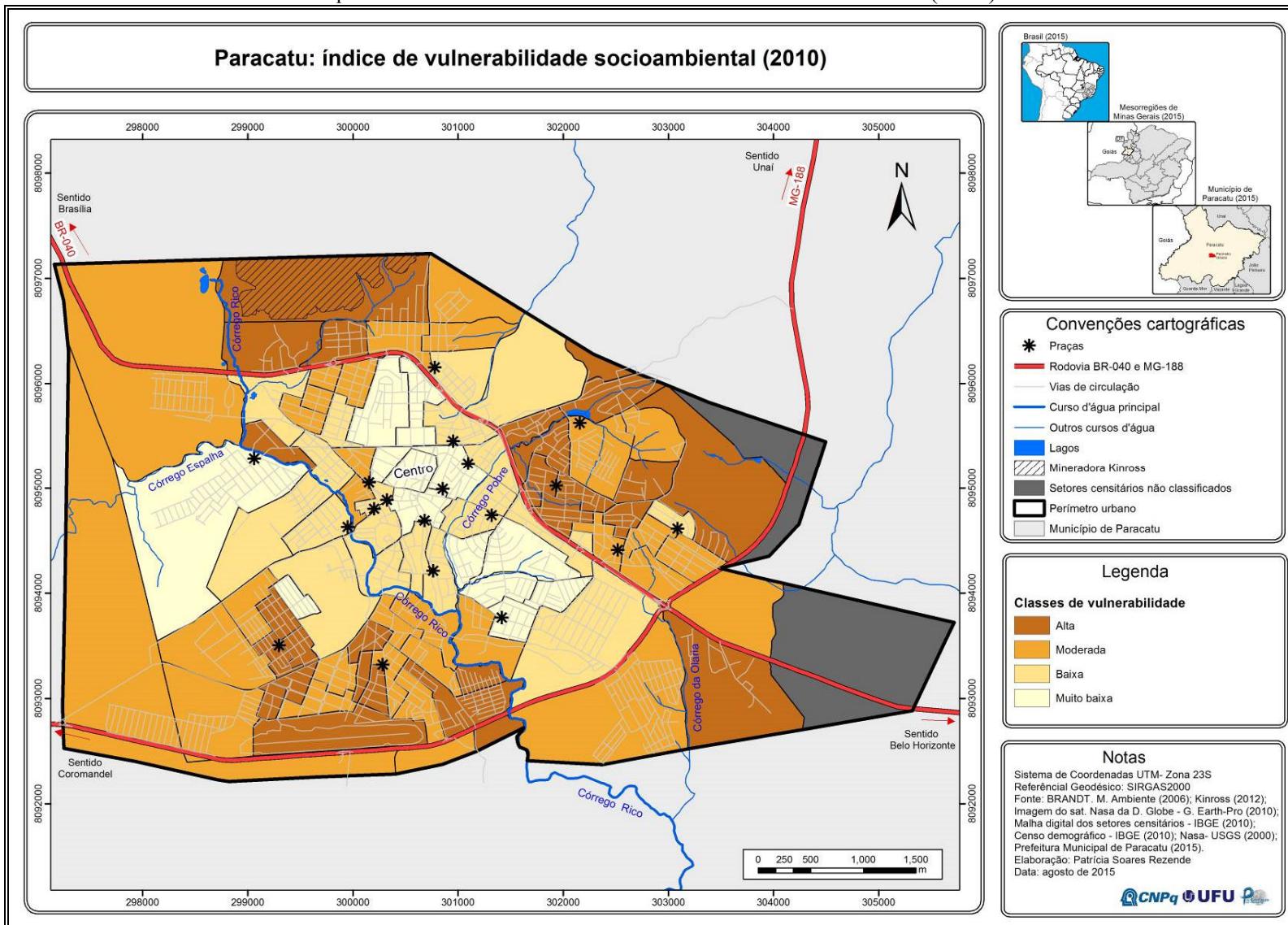
Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

O Mapa 18 indica os setores da cidade que apresentam vulnerabilidade socioambiental, e a partir de seu resultado os gestores públicos poderão atuar de forma direta nos setores que necessitam de maior atenção. O Mapa apresenta também as áreas sem vulnerabilidades, mas que necessitam de cuidados no sentido de impedir que as mesmas se tornem vulneráveis no futuro.

Após representação espacial das classes, observa-se que, dos 88 setores analisados na área de estudo, 26 (29,55%) são de vulnerabilidade alta, localizados principalmente em regiões periféricas e em expansão. Na classe de vulnerabilidade moderada, tem-se 30 setores (34,09%), os quais divisas a classe de alta vulnerabilidade socioambiental.

A classe de baixa vulnerabilidade socioambiental, com 19 setores (21,59%) concentra-se nas áreas mais próximas ao centro. Por fim, compondo 13 setores (14,77%), tem-se a classe de vulnerabilidade socioambiental muito baixa, também localizada principalmente na parte central da área de estudo. Não foi verificada a classe de vulnerabilidade muito alta.

Mapa 18 – Paracatu: índice de vulnerabilidade socioambiental (2010)



Em Paracatu, os maiores índices de vulnerabilidade estão principalmente nas áreas periféricas, com piores índices ambientais e sociais, ou seja, percebe-se a concomitância dos problemas ambientais e das condições de pobreza, o que aumenta o grau de exposição das pessoas residentes nesses setores a qualquer evento adverso de risco. Em oposição, a área central apresenta os melhores índices e possui as melhores condições econômicas.

A classe de vulnerabilidade alta, representando 29,55% do total de setores analisados, localiza-se próxima à mineradora Kinross. Os moradores desses setores estão vulneráveis às atividades executadas pela mineradora em seu cotidiano operacional, bem como ao risco de algum problema nas barragens. Pela proximidade da Kinross, essas pessoas sofrem de forma direta principalmente os impactos da poeira e do ruído.

Ainda nessa classe, tem-se os setores situados a nordeste da área analisada. Tratam-se de locais frágeis ambientalmente, sobretudo em relação aos solos, à declividade e cobertura vegetal e à proximidade dos cursos d'água. Essa área apresenta os piores índices de vulnerabilidade social, confirmando que “há uma tendência de os grupos de baixa renda residirem em áreas com más condições urbanísticas e sanitárias e em situações de risco e degradação ambiental (como, por exemplo, terrenos próximos de cursos d'água e de lixões ou com alta declividade” (ALVES, 2006, p.45).

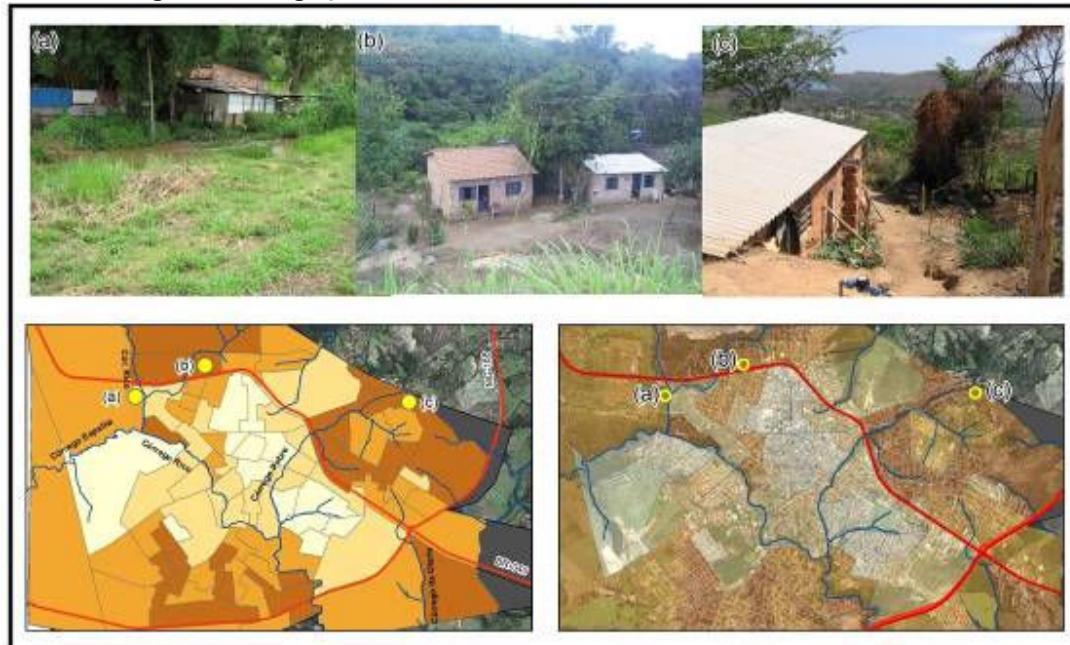
Ressalte-se que os setores localizados nas extremidades da classe de vulnerabilidade alta são aqueles cujo processo de ocupação urbana está em andamento. E caso essa ocupação continue ocorrendo sem devido planejamento, a classe de vulnerabilidade alta tende a ser potencializada. Um dos motivos que pode contribuir para essa potencialização é o preço da terra, pois esses setores oferecem os terrenos mais baratos quando comparados aos das regiões central, sul e sudoeste da cidade. Portanto, acredita-se que as ocupações irão ocorrer de forma irregular, não respeitando as limitações ambientais da área, o que colocará as pessoas em situações de risco no momento atual e no futuro.

As classes baixa e muito baixa, representando 36,36% do total de setores analisados, abrangem os locais com as melhores condições econômicas, os quais se situam na área central da cidade e apresentam os menores índices de vulnerabilidade ambiental.

Percebem-se na área analisada dois padrões de ocupação urbana bem definidos, compostos por áreas vulneráveis e não vulneráveis. O primeiro padrão corresponde aos setores onde a

população apresenta as piores condições econômicas, residindo nas extremidades da cidade, com menos acesso a parte central da mesma, (Figura 60) em moradias pequenas, a maioria sem acabamento.

Figura 60– Exemplos de ocupações em áreas de alta vulnerabilidade socioambiental, ano de 2015



Fonte: Google Earth-Pro (2010) e fotos de autoria de Patrícia Soares Rezende (2015).  
Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

Em decorrência da localização desses setores, percebe-se que a maioria deles apresenta problemas em relação ao acesso às infraestruturas urbanas, tais como sistema de transporte público, hospitais, supermercados e opções de lazer.

Em oposição está a parte central da cidade, com seus setores confrontantes (Figura 61). Em alguns destes há o predomínio de ocupações mais antigas, enquanto em outros, tem-se edificações dotadas de infraestrutura e até mesmo com alto padrão construtivo. São setores com as melhores condições econômicas e os melhores acessos à infraestrutura urbana.

Figura 61– Exemplos de ocupações em áreas de muito baixa vulnerabilidade socioambiental, ano de 2015



Fonte: Google Earth-Pro (2010) e foto de autoria de Patrícia Soares Rezende (2015).  
Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2015).

O Mapa 18 demonstra essa disparidade entre as classes de vulnerabilidade. Observa-se que a existência de praças ocorre principalmente nos setores de baixa e muito baixa vulnerabilidade socioambiental, comprovando que são esses os setores que apresentam as melhores condições de habitação. Portanto, em relação à classe de alta vulnerabilidade socioambiental, nota-se na área analisada que, além de a população residir em setores propícios a algum evento de risco inesperado e possuir as menores condições econômicas, está também desprovida de atividades gratuitas de lazer, tendo em vista a ausência de praças e locais de recreações públicas. Nesse sentido, a população desses setores é obrigada a se deslocar para a área central caso queira lazer gratuito.

Para Pereira (2008, p. 12), a praça “é o local que possibilita a vivência do homem em comunidade, é o espaço que ele partilha com os outros e onde pode interagir com eles”. Nessa perspectiva, a praça é o local onde o cidadão pode usufruir do lazer sem ônus financeiro, onde pode se distanciar dos afazeres rotineiros, onde a relação sociedade natureza pode ser estabelecida. Além da função social, a praça é uma das variáveis que contribui para a qualidade ambiental urbana, pois há espaços permeáveis e cobertura vegetal.

Assim se justifica a importância de os gestores oferecerem opções e estruturas gratuitas de lazer para todos os cidadãos, principalmente nos setores inseridos na classe de vulnerabilidade socioambiental alta, pois, conforme determina o Art. 6º da Constituição Brasileira de 1988, “são direitos sociais a educação, a saúde, a alimentação, o trabalho, a moradia, o lazer, a segurança, a previdência social, a proteção à maternidade e à infância, a assistência aos desamparados”.

Tendo em vista que esse índice de vulnerabilidade socioambiental servirá de suporte para os gestores públicos na tomada de decisão quanto ao planejamento urbano, é necessário identificar o quantitativo em relação às faixas populacionais que ocupam as classes de vulnerabilidade. A Tabela 27 apresenta essa distribuição.

**Tabela 25** – População e renda por classe de vulnerabilidade socioambiental

Variáveis	Classes de vulnerabilidade socioambiental			
	Alta	Moderada	Baixa	Muito baixa
Criança (até 11 anos)	5.612	4.542	2.835	1.626
Adolescente (12 a 18 anos)	3.833	3.209	2.179	1.181
Idoso (60 anos ou mais)	1.467	1.608	1.541	1.061
Renda “pessoa” (até 1 salário)	6.879	5.880	3.758	1.502
Renda “Responsável” (até 1 salário)	2.763	2.263	1.338	481
Total população <sup>21</sup>	24.255	22.471	16.544	10.481

As faixas etárias definidas na tabela foram elaboradas de acordo com o Estatuto da Criança e do Adolescente (Lei nº 8.069 de 13 de julho de 1990) e com o Estatuto do Idoso (Lei nº 10.741 de 01 de outubro de 2003).

Fonte: Adaptado de IBGE (2010).

De acordo com as faixas etárias apresentadas na Tabela 27, percebe-se que as crianças e os adolescentes apresentam o maior número populacional inserido na classe de vulnerabilidade alta. Nesse grupo, as crianças apresentam-se mais frágeis em relação à ausência de saneamento básico, infraestrutura e renda. Em primeiro lugar, porque elas são mais susceptíveis a contaminação por doenças de veiculação hídrica. Em segundo, porque dependem das condições econômicas e dos cuidados dos pais. Neste aspecto, quando o setor censitário é desprovido de creches, a renda da família é comprometida, uma vez que um dos pais não poderá trabalhar em função de ter que

<sup>21</sup> Ressalte-se que a população urbana de Paracatu em 2010 era de 73.772 habitantes. Entretanto, a população analisada neste estudo foi de 73.751 habitantes. A diferença de 21 pessoas refere-se aos três setores que não continham informações do Censo de 2010 e que, por esse motivo, não foram analisados neste estudo.

cuidar das crianças. Por isso, é necessário que esses setores disponibilizem creches suficientes para atender a demanda dos pais.

Já a faixa etária dos idosos se insere principalmente nas classes de vulnerabilidade socioambiental moderada e baixa. São, portanto, menos vulneráveis que as crianças, sobretudo por residirem nos setores situados na parte central da cidade, onde estão as melhores condições econômicas e de infraestrutura. Contudo, essa faixa etária mostra-se vulnerável nas questões de mobilidade, acessibilidade e qualidade ambiental, o que compromete a qualidade de vida dessas pessoas.

Do total populacional, o maior número (32,89%) está na classe de vulnerabilidade socioambiental alta, e apenas 14,21% na classe muito baixa. Esse indicador populacional demonstra que, apesar de os indicadores de renda, escolaridade, saneamento básico e vulnerabilidade social terem melhorado no Brasil, a cidade de Paracatu ainda apresenta 32,89% de sua população suscetível a riscos socioambientais.

Quanto à renda, esta constitui uma variável significativa para o aumento ou a diminuição da vulnerabilidade socioambiental numa determinada cidade, pois é ela que determina o local de moradia das pessoas e o tempo que estas levarão para se reestruturar quando afetadas por algum evento de risco, seja ele social ou ambiental. Depois de ocorrido um evento natural adverso, o indivíduo com melhores condições econômicas tende a se reestruturar com mais facilidade que uma pessoa sem poder aquisitivo, uma vez que esta se torna dependente de auxílios governamentais para se recompor do evento de risco.

Constatou-se na área tomada como objeto deste estudo que o total populacional, bem como a maior parte de responsáveis com renda de até um salário mínimo encontram-se na classe de vulnerabilidade socioambiental alta, confirmando a extrema relação entre pobreza e vulnerabilidade socioambiental. Portanto, verificou-se que os setores localizados ao norte e ao sul da área analisada são os que apresentam os maiores índices de vulnerabilidade socioambiental. A parte norte, quando comparada com as demais áreas vulneráveis, se revela mais frágil ambientalmente, sobretudo por abrigar atividades minerárias de alto impacto, tanto à vida humana quanto ao meio ambiente.

Nesse sentido, é fundamental que os gestores públicos dediquem uma atenção mais assídua a esses setores, a fim de propiciar mais qualidade de vida aos seus moradores.

## 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

Nosso foco principal foi elaborar uma metodologia para identificar os setores com vulnerabilidade socioambiental. Para isso, foram utilizadas informações sociais e ambientais na elaboração dos indicadores, a fim de se chegar a um diagnóstico da situação de vulnerabilidade socioambiental da cidade de Paracatu.

Apesar das dificuldades encontradas na construção metodológica, consideramos a mesma viável, uma vez que oportunizou uma análise integrada de variáveis ambientais e sociais, a partir de técnicas estatísticas multivariadas e SIG no contexto dos setores censitários da área urbana, culminando na elaboração de mapas-sínteses. Estes, por sua vez, possibilitaram uma análise da situação socioambiental da cidade. O método AHP demonstrou-se fundamental na elaboração dos índices de vulnerabilidade ambiental e social, uma vez que os pesos são definidos com rigor estatístico, aproximando-se mais da realidade encontrada na área tomada como objeto de estudo.

Destaca-se, ainda, a importância da utilização de softwares livres para a condução de pesquisas acadêmicas, uma vez que a base cartográfica e os produtos elaborados nesses softwares poderão ser disponibilizados à Prefeitura Municipal, a fim de que esta possa realizar outras análises, auxiliando no planejamento urbano e na execução de ações pontuais nos setores diagnosticados com vulnerabilidades.

Em relação ao aspecto ambiental, constatou-se que todos os setores da cidade apresentam algum tipo de vulnerabilidade. Mesmo a região central, onde se situam os menores indicadores de vulnerabilidade em geral, é a mais vulnerável em relação à cobertura vegetal e à densidade de ocupação, o que afeta de forma direta a qualidade de vida das pessoas ali residentes, pois a escassez de cobertura vegetal e o aumento de áreas impermeáveis colaboram para os processos de enchentes.

Na variável proximidade dos cursos d'água, verificamos a existência de inúmeras residências nas margens dos mesmos, além da ausência de vegetação nessas margens (APP). Tal cenário não deveria ocorrer, pois a ausência de vegetação potencializa os processos de degradação ambiental e quando há pessoas residindo nessas áreas, tratam-se de situações de risco, uma vez que essas pessoas estão expostas à possibilidade de contaminação por doenças, animais peçonhentos, solapamentos, entre outras adversidades.

Percebemos ainda o alto grau de vulnerabilidade ambiental em relação à cobertura vegetal, posto que 76,14 % do total de setores estejam com percentual de cobertura vegetal abaixo do indicado de 30%. Essa ausência de vegetação, além de contribuir para o aumento dos processos erosivos e para a diminuição da estabilidade ambiental das áreas não ocupadas, prejudica a qualidade ambiental e a qualidade de vida na cidade como um todo, pois quando não há cobertura vegetal o desconforto térmico se intensifica, formam-se ilhas de calor e os sons e ruídos não têm meios de ser minimizados.

A existência de uma mineradora no perímetro urbano, além de causar intensos processos de degradação ambiental, coloca as pessoas em situação de vulnerabilidade, expondo principalmente os habitantes dos setores mais próximos à inúmeros riscos. A esse respeito, constatamos em campo a existência de rachaduras nas casas, poluição do ar, aumento da poeira, todos estes problemas decorrentes dos intensos processos de extração de ouro realizados pela mineradora. Some-se a esses fatos, constatados in loco, os diversos estudos publicados que apontam uma possível contaminação das pessoas da cidade em decorrência do arsênio liberado quando da detonação das rochas.

De forma geral, a cidade de Paracatu apresenta-se mais vulnerável ambientalmente nos setores localizados a noroeste e a leste da cidade. Essas regiões se mostram frágeis ambientalmente, principalmente em relação aos solos, à declividade, aos cursos d'água e à cobertura vegetal. Além disso, há nessas áreas a intensa atividade minerária de extração de ouro, que contribui de forma significativa para aumentar a vulnerabilidade desses setores. Dentre os problemas encontrados nesses setores destacam-se: presença de processos erosivos, alagamentos, edificações em áreas de alta declividade, ausência de cobertura vegetal e impactos negativos oriundos dos processos de extração minerária.

Sobre os fatores de vulnerabilidade social, observamos que os maiores índices encontrados foram em relação à educação, aos responsáveis pelos domicílios e à renda. Verificou-se que os menores índices de vulnerabilidade são encontrados na área central, devido ao fato de esta ser ocupada por pessoas com melhores condições econômicas, ao passo que nas áreas mais afastadas, denominadas periferia, encontram-se os maiores índices de vulnerabilidade.

Em relação ao saneamento básico e à infraestrutura de moradia, os índices não foram alarmantes. Contudo, notam-se problemas pontuais, principalmente nos setores localizados a

norte e nordeste da cidade, o que potencializa a vulnerabilidade ambiental, pois essas áreas são justamente as que se apresentam mais frágeis ambientalmente.

Deste modo, os resultados da vulnerabilidade socioambiental mostraram que justamente os setores localizados a norte, nordeste e sul da cidade de Paracatu são os que possuem as maiores vulnerabilidades, pois nessas regiões há uma maior concomitância dos problemas ambientais e sociais. Tratam-se de setores que merecem atenção diferenciada por parte dos gestores urbanos, no intuito de diminuir a vulnerabilidade ora identificada, e de atuar de forma rápida e efetiva em relação às pessoas que vivem em situações de risco, oferecendo melhores condições de educação, moradia, cultura e lazer, ou até mesmo uma realocação, quando não houver alternativa.

Diante da existência de processos erosivos, fragilidade ambiental em alguns setores, ocorrência de problemas sociais e o acelerado processo de urbanização na cidade é necessário que os gestores públicos atuem no sentido de garantir que as próximas ocupações ocorram de forma planejada. Além disso, deve-se manter um monitoramento contínuo dos locais identificados como vulneráveis ou em situação de risco, a fim de garantir melhor qualidade de vida para os moradores da cidade de Paracatu.

É importante frisar que não consideramos esta metodologia como definitiva. Sugere-se que novos estudos sejam feitos no sentido de aprimorar a metodologia, no qual poderá ser agregando outras variáveis, tais como: proximidade com aterro sanitário, índice de inundação, outras técnicas estatísticas e outros programas de SIG, no intuito de aperfeiçoar esse tipo de estudo, para que o mesmo possa ser reaplicado em outras cidades.

Enfim, considera-se que esse tipo de estudo é primordial para as cidades brasileiras, tanto as de pequeno como as de grande porte, pois a abordagem aqui empregada se configura como um instrumento capaz de subsidiar o poder público na gestão e planejamento urbano, elaboração e revisão de plano diretor, defesa civil, ordenamento do espaço urbano, além de apontar as áreas da cidade que necessitam de mais atenção no sentido de reduzir o número de áreas vulneráveis e proporcionar uma melhor qualidade de vida aos cidadãos, bem como minimizar a degradação ambiental.

## REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, V. S. de. **Vulnerabilidade Socioambiental na Macrorregião da Costa Verde.** 2012. 127 f. Dissertação (Mestrado em Estudos Populacionais e Pesquisa Social) – Escola Nacional de Ciências Estatísticas, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE, Rio de Janeiro, 2012.
- ALMEIDA, L. Q. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos:** bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, região metropolitana de Fortaleza, Ceará. 2010. 278 f. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Estadual Paulista, Campus Rio Claro-SP, 2010.
- ALVES, H. P. F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole Paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais.** São Paulo, v.23, n.1, p. 43-59, jan/jun. 2006.
- ALVES, H. P. F.; TORRES, H. G. Vulnerabilidade Socioambiental na Cidade de São Paulo: Uma análise de famílias e domicílios em situação de pobreza e risco ambiental. **São Paulo em Perspectiva**, v. 20, n. 1, p. 44-60, jan./mar. 2006.
- ANDRADE, S.L. **Elaboração de um mapa de risco de inundações da bacia hidrográfica do Córrego São Pedro, área urbana de Uberlândia- MG.** 2011. 61f. Trabalho de Conclusão de Curso (Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia 2011.
- ANDERSON MEDEIROS. Consultor em geotecnologias. Qgis. Disponível em: <<http://andersonmedeiros.com/blogs-sobre-geotecnologias/>>. Acesso em 02 set. 2014.
- BARBOSA, C. C. F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento.** 1997. 157 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, São José dos Campos, 1997.
- BECK, U. **Sociedade de risco:** rumo a uma outra modernidade. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Ed. 34. 2011
- BOSSLE, R. C. **QGIS e geoprocessamento na prática.** São José dos Pinhais: Ed. Do autor, 2015.
- BRASILEIRO, L. A.; SCHIAPATI, R. S.; COMAR, L. C. A influência de rodovias na área urbana. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 02, n. 13, 2014, p. 01-14. Disponível em: <[http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/gerenciamento\\_de\\_cidades/articel\\_e/view/763](http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/gerenciamento_de_cidades/articel_e/view/763)>. Acesso em 27 jun. 2015.
- BRANDT MEIO AMBIENTE. **Relatório de impacto ambiental:** projeto expansão III da Rio Paracatu Mineração S.A. 2006. 88p. Relatório.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Modelagem de dados em geoprocessamento. In: \_\_\_\_\_. (Org.) 2. ed. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São José dos Campos: INPE, 1998. p. 1-35.

CAVALHEIRO, F.; NUCCI, J.C; GUZZO, P.; ROCHA, Y.T. Proposição de terminologia para o verde urbano. **Boletim Informativo da SBAU**, Rio de Janeiro, ano 7, n. 3, p. 7, jul./ago./set.1999.

CERRI, L. E. S.; PAULA, B. L. Aplicação do processo analítico hierárquico (AHP) para priorização de obras de intervenção em áreas e setores de risco geológico nos municípios de Itapecerica da Serra e Suzano (SP). **Geociências**, São Paulo v. 31, n. 2, 2012, p. 247-257.

CEM/CEBRAP/SAS-PMSP. **Mapa da Vulnerabilidade Social da População da Cidade de São Paulo**. São Paulo. 2004. disponível em: <[http://www.fflch.usp.br/centrodametropole/upload/arquivos/Mapa\\_da\\_Vulnerabilidade\\_social\\_da\\_pop\\_da\\_cidade\\_de\\_Sao\\_Paulo\\_2004.pdf](http://www.fflch.usp.br/centrodametropole/upload/arquivos/Mapa_da_Vulnerabilidade_social_da_pop_da_cidade_de_Sao_Paulo_2004.pdf)> Acesso em 20 set. 2015.

CHAVES, S. V. V; LOPES, W. G. R. Riscos, perigo e vulnerabilidade em áreas urbanas: uma discussão conceitual. IV Encontro Nacional da Anppas. Brasília-DF, 2008.

CHAVES, S. V. V. **A vulnerabilidade socioambiental em Teresina, Piauí**. Dissertação de Mestrado. Teresina: Universidade Federal do Piauí, 2009. 176p.

CREPANI, E. et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/dsr/simeao/Publicacoes/SERGISZEE3.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2014.

DANI, S. U. **Vento pode levar o arsênio de Paracatu para as regiões mais ricas e densamente povoadas do Brasil**. 2011. Disponível em: <<http://racismoambiental.net.br/2011/03/26/vento-pode-levar-o-arsenio-de-paracatu-para-as-regioes-mais-ricas-e-densamente-povoadas-do-brasil/>> acesso em 10 ago. 2015.

DANI, S. U. **A mineração dos ossos**. 2015. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2014/321/a-mineracao-dos-ossos>> Acesso em 22 jan. 2015

Dal'Asta, A. Pa et. al. Evolução do arranjo espacial urbano e das terras agrícolas no entorno de Santarém (Pará) no período de 1990 a 2010: Uma análise integrada baseada em sensoriamento remoto e espaços celulares. In: **XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. 2013, Foz do Iguaçu, PR. Anais...INPE, 2013.p. 7041 - 7047.

DESCHAMPS, M. V. **Vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba**. 2004. 154 f. Tese (Doutorado em meio ambiente e desenvolvimento) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

DIAS. J. E; GOES, M. H. B; XAVIER,S. J.; GOMES, O. V. Geoprocessamento Aplicado à Análise Ambiental: o caso do município de Volta Redonda. In: XAVIER-DA-SILVA, J;

ZAIDAN; R. T. (Org.). **Geoprocessamento e Análise Ambiental**. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. cap. 4, p. 143-176.

DIAS, G. H. **Identificação da vulnerabilidade socioambiental na área urbana de Mossoró-RN, a partir do uso de técnicas de análises espaciais**. 2013. 166 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Mossoró, RN, 2013

DUTRA JÚNIOR, Nélio Paulo Sartini. **Vulnerabilidade socioambiental em Ituiutaba-MG**. Ituiutaba, 2015. 92f. Trabalho de Conclusão de Curso (Geografia)- Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba-MG, 2015.

ECODEBATE, **Carta-manifesto**: Mineradora canadense traz doença, morte, pobreza e destruição aos milhares de habitantes de Paracatu, Brasil. 2009. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2009/07/31/carta-manifesto-mineradora-canadense-traz-doenca-morte-pobreza-e-destruicao-aos-milhares-de-habitantes-de-paracatu-brasil/>> Acesso em 10 ago. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos (SiBCS)**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2006. 306p.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; SILVA, F. L.; CHAN, B. L. **Análise de dados**: modelagem multivariada para tomada de decisão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009, 646 p.

FIELD, Andy. **Descobrindo a estatística usando SPSS**. Tradução de Lorí Viali. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 688 p.

FUCHS, A.M.; FRANÇA, M.N.; PINHEIRO, M. S. de F. **Guia para normalização de publicações técnico-científicas**. 1. ed. Uberlândia: EDUFU, 2013. 286 p.

Gaspar, R.; Rangel, W. **Música Xibom Bombom**. As Meninas. Disponível em:<<http://www.vagalume.com.br/as-meninas/xibom-bombom.html>>acesso em: 25 nov. 2015.

GUERRA, A. J. T. e JORGE, M. C. O. (Orgs.). **Degradação de solos no Brasil**. 1<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. v.1, 317p.

GRIGIO, A. M. **Aplicação de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do Município de Guamaré / RN**: simulação de risco das atividades da indústria petrolífera. Natal, UFRN, 2003. 222 f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

GURGEL, B. S. **Avaliação de impactos ambientais por estudo geoquímico na Bacia do Córrego Rico, Paracatu-MG**. 2007. 136 f. Dissertação (Mestrado)- Instituto de Geociências. Dept. de Geoquímica e Recursos Minerais, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2007.

HAIR , J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAN, R. L. **Análise multivariada de dados**. Tradução Adonai Schlup Sant' Anna. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

IBGE– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://ibge.gov.br>>. Acesso em: 24 maio 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Informações Básicas Municipais. **Perfil dos Municípios Brasileiros: Meio Ambiente 2002**. Rio de Janeiro: 2005.

IBGE . **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas\\_da\\_populacao/default\\_caracteristicas\\_da\\_populacao.shtml](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/default_caracteristicas_da_populacao.shtml)>. Acesso em: 05 jun. 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de Pedologia**. 2. ed. In: \_\_\_\_\_. Manuais Técnicos em Geociências, n. 4. Rio de Janeiro, 2007. Não paginado.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **População residente total de 1872 até 2010**. Disponível em:< <http://www.ipeadata.gov.br>> Acesso em: 10 jun. 2014.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. Tradução Hermann Kux. São Paulo. Oficina de textos, 2009.

LOMBARDO, M. A.; FREITAS, M. I. C. de. **Riscos e vulnerabilidades: teoria e prática no contexto luso- brasileiro**. São Paulo. 2013. 249p. ISBN 978-85-7983-436-3. Disponível em: <<http://base.repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/109268/ISBN9788579834363.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 05 jun. de 2014.

MAFFRA, C.Q.T e MAZZOLA, M. “As razões dos desastres em território brasileiro.” In: **Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?**, por R.F. SANTOS, 9-12. Brasilia: Ministério do Meio Ambiente, 2007.

MARANDOLA JÚNIOR, E; HOGAN, D. J. Vulnerabilidades e riscos: entre geografia e demografia. In.: **Revista Brasileira de Estudos Popacionais**, São Paulo, v. 22, n. 1, p 29-53, jan./jun. 2005.

MARANDOLA JÚNIOR, E; HOGAN, D. J. As dimensões da vulnerabilidade. In.: **São Paulo em perspectiva**, v. 20, n. 1, p 33-43, jan./mar. 2006.

MARTINS, V. B. Metodologia Baseada em Sistemas de Informação Geográfica e Análise de Multicritério para Seleção de Áreas para a Construção de um Repositório para o Combustível Nuclear Usado. 2009. 124f. Tese (Doutorado)- Programa de Engenharia Nuclear, Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ/COPPE. Rio de Janeiro, 2009.

MASCARÓ, J. L. **Loteamentos urbanos**. Porto Alegre: Masquattro, 2005. 2ed. 210 p.

MASCARÓ, J. L. **Manual de loteamentos urbanos e urbanização**. Porto Alegre: SAGRA: LUZZATTO, 1997. 2ºed. 237p.

MASCARÓ, L; MASCARÓ, J. L. **Vegetação urbana**. Porto Alegre: Masquattro, 2010. 3º ed. 212p.

MENDONÇA, F. A; LEITÃO, S. A. M. Risco e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos. In.: **GeoTextos**, v. 4, n. 1 e 2, 2008, p. 145-163.

MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem prática**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

MIRANDA, I. J. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

MOURA, A. C. M.. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. 2. ed. Belo Horizonte: A autora, 2005. 272p.

Nasa, USGS. **Department of the Interior U.S. Geological Survey**. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov>> Acesso em: 03 março 2015.

NASCIMENTO, J. A. S., **Vulnerabilidade a eventos climáticos extremos na Amazônia ocidental: uma visão integrada na bacia do rio Acre**. 2011. 185 f. Tese (Doutorado Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, Rio de Janeiro-RJ, 2011.

NASCIMENTO, D. M. C.; DOMINGUEZ, J. M. L. Avaliação da vulnerabilidade ambiental como instrumento de gestão costeira nos municípios de Belmonte e Canavieiras, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, 39(3): 395-408. 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/2648>> Acesso em: 02 jun. 2015.

NARCELIO DE SÁ GEOTECNOLOGIAS. Tutoriais. Disponível em: <<http://narceliodesa.com/category/tutoriais/>>. Acesso em 03 jan. 2015.

NUCCI, J.C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**. São Paulo: Humanitas/FAPESP, 2001, 236p.

OpenStreetMap. Disponível em <<http://www.openstreetmap.re/osm2gis/>> Acesso em: 10 maio 2015.

PAULA, E. M. S. de. **Geotecnologia aplicada a compartimentação ambiental da bacia do Rio Ceará-Ce**. 2008. 109 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciência e Tecnologia, Fortaleza, 2008.

PEREIRA, M. M. D. C. E. **Praças públicas sustentáveis**: Caso de renovação das praças. 2008. 142f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura)- Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2008.

PINESE JÚNIOR, J. F. **Aplicação do método de análise hierárquica – AHP – para a determinação da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio piedade, MG**.

2010. 50f. Trabalho de Conclusão de Curso (Geografia)- Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

**PREFEITURA MUNICIPAL DE PARACATU. Lei Complementar nº052/2006**-Plano Diretor participativo de desenvolvimento de Paracatu. 2006.

**PREFEITURA MUNICIPAL DE PARACATU. Lei Complementar nº060/2009-** Zoneamento e uso e ocupação do solo urbano do Município de Paracatu. 2009a.

**PREFEITURA MUNICIPAL DE PARACATU. Lei Complementar nº061/2009** - Parcelamento do solo e a ordenação da expansão urbana no Município de Paracatu. 2009b.

**PREFEITURA MUNICIPAL DE PARACATU. Lei Complementar nº063/2009-** Normas de posturas e atividades urbanas para o Município de Paracatu. 2009c.

**PREFEITURA MUNICIPAL DE PARACATU. Plano municipal de habitação de interesse social – PMHIS.** Segunda Etapa: Diagnóstico do Setor. 2012. 314p.

**PREFEITURA MUNICIPAL DE PARACATU. Plano de urbanização de assentamentos precários – PUAP.** Produto 01 - diagnóstico da situação. 2014. 174p.

**PREFEITURA MUNICIPAL DE PARACATU. Histórico.** Disponível em<<http://paracatumg.com.br/turismo/historia/>> Acesso em: 02 jun. 2013.

**PROCESSAMENTO DIGITAL.** Geotecnologias e software livre. Índices de tutoriais, Qgis. Disponível em: <<http://www.processamentodigital.com.br/2011/02/16/quantum-gis-indice-de-tutoriais/>> Acesso em: 05 mar. 2015.

Quantum GIS User Guide – Version 2.8.1. Disponível para download em: <<http://www.qgis.org/en/site/>>

**REZENDE, P. S. Análise da fragilidade ambiental da área urbana de Paracatu/MG utilizando Sistema de Informação Geográfica.** 2014. 80f. Trabalho de Conclusão de Curso (Geografia)- Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

**ROSA, R.; BRITO, J.L.S. (1996) Introdução ao Geoprocessamento:** Sistema de Informações Geográficas. Uberlândia, EDUFU. 104p.

\_\_\_\_\_. Análise espacial em Geografia. **Revista da ANPEGE**, V7, N 1 (2011) p. 275 a 289.

**ROSS, J.L.S. Ecogeografia do Brasil.** Subsídios para planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Texto. 2006, 208p.

**SANTOS, A. R.; LOUZADA, F. L. R. O.; EUGENIO, F. C. ARCGIS 9.3 total:** aplicações para dados espaciais. Alegre, ES: CAUFES, 2010. 184 p.

SANTOS, M. J. **O Ouro e a dialética territorial em Paracatu – MG: opulência e resistência.** 2012. 193f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental) - Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2012.

SECRETARIA DO PLANEJAMENTO; SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. **Zoneamento ecológico econômico preliminar-ZEE-Bahia:** vulnerabilidade natural dos solos à erosão. Disponível em: <<http://www.zee.ba.gov.br/zee/wp-content/uploads/2013/10/links/UnidadedePaisagens.pdf>> Acesso em: 02 maio 2015.

SILVA JÚNIOR, B.; FERREIRA, M. A. G. Rodovias em Áreas Urbanizadas e seus Impactos na Percepção dos Pedestres. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 20 (1): 221 – 237. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sn/v20n1/a15v20n1.pdf>> acesso em: 14 de jun. 2015.

SILVA, L. G. **Metodologia geofísica para discriminação de corpos intrusivos na Província Alcalina do Alto Paranaíba-MG.** 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília - UNB, Brasília. 2006.

SIMONETTI, H. **Estudo de impactos ambientais gerados pelas rodovias:** sistematização do processo de elaboração de EIA/RIMA. 2010.57f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI:** Enfrentando a escassez. São Paulo: RiMa, ITE, 2009. 271 p.

URBAN, R. C. **Fragilidade Ambiental, qualidades do solo, da água e ocupação urbana na microbacia do córrego Lavapés- Sorocaba/SP.** 2011. 139f. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil e Ambiental)- Universidade Estadual Paulista, Interunidades, Sorocaba, 2011.

VEYRET, Y (org). **Os Riscos:** o homem agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007. p. 23-49.

VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (org.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil.** Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 2004.

**APÊNDICE A – VARIÁVEIS PARA ELABORAÇÃO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIAL**

---

Grupamento de vulnerabilidade social	Variáveis de origem	Quantidade de variáveis	Cálculo realizado	Variável final
Condições de habitação e infra estrutura	<p><i>Planilha: Domicilio01_MG.xls</i></p> <p>V011 – Domicílios particulares permanentes em outra condição de ocupação (não são próprios, alugados, nem cedidos)</p> <p>V002 Domicílios particulares permanentes</p>	2	$= (V011/V002)*100$	V01 – Percentual de domicílios particulares precários.
	<p><i>Planilha: Domicilio01_MG.xls</i></p> <p>V013– Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade</p> <p>V014– Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da chuva armazenada em cisterna</p> <p>V015– Domicílios particulares permanentes com outra forma de abastecimento de água</p> <p>V002 Domicílios particulares permanentes</p>	4	$= ((V013 + V014 + V015) / V002)*100$	V02 – Percentual de domicílios particulares sem abastecimento de água da rede geral.
	<p><i>Planilha: Domicilio01_MG.xls</i></p> <p>V019 – Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa rudimentar</p> <p>V020 – Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via vala</p> <p>V021 – Domicílios particulares permanentes, com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rio, lago ou mar</p> <p>V022 – Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via outro escoadouro</p> <p>V002 Domicílios particulares permanentes</p>	5	$= ((V019 + V020 + V021 + V022) / V002)*100$	V03 - Percentual de domicílios particulares com banheiro ou sanitário sem esgotamento sanitário via rede geral de esgoto, pluvial ou fossa séptica.
	<p><i>Planilha: Domicilio01_MG.xls</i></p>	2	$= (V023/V002)*100$	V04 - Percentual de domicílios particulares permanentes sem

	V023 – Domicílios particulares permanentes sem banheiro de uso exclusivo dos moradores e nem sanitário. V002 Domicílios particulares permanentes			banheiro.
	<i>Planilha: Domicilio01_MG.xls</i>  V038 Domicílios particulares permanentes com lixo queimado na propriedade V039 Domicílios particulares permanentes com lixo enterrado na propriedade V040 Domicílios particulares permanentes com lixo jogado em terreno baldio ou logradouro V041 Domicílios particulares permanentes com lixo jogado em rio, lago ou mar V042 Domicílios particulares permanentes com outro destino do lixo V002 Domicílios particulares permanentes	6	$=((V038 + V039 + V040 + V041 + V042)/V002)*100$	V05 - Percentual de domicílios particulares permanentes com lixo não coletado.
	<i>Planilha: Domicilio01_MG.xls</i>  V046 Domicílios particulares permanentes sem energia elétrica V002 Domicílios particulares permanentes	2	$=(V046/V002)*100$	V06 - Percentual domicílios particulares permanentes sem energia elétrica
	<i>Planilha: Domicilio01_MG.xls</i>  V008 Domicílios particulares permanentes alugados V002 Domicílios particulares permanentes	2	$=(V008/V002)*100$	V07 - Percentual de domicílios particulares permanentes alugados
	<i>Planilha: Domicilio01_MG.xls</i>  V054 - Domicílios particulares permanentes com 5 moradores V055 - Domicílios particulares permanentes com 6 moradores V056 - Domicílios particulares permanentes com 7 moradores. V057 - Domicílios particulares permanentes com 8 moradores. V058 - Domicílios particulares permanentes com 9 moradores. V059 - Domicílios particulares permanentes com 10 ou mais moradores. V002 Domicílios particulares permanentes	7	$= ((V054 + V055 + V056 + V057 + V058 + V059)/V002)*100$	V08 - Percentual de domicílios particulares permanentes de mais de 4 moradores.
<b>Estrutura etária e Gênero</b>	<i>Planilha: Responsável02_MG.xls</i>  V002 - Pessoas Responsáveis com 10 anos de idade. V003 - Pessoas Responsáveis com 11 anos de idade.	11	$= ((V002 + V003 + V004 + V005 + V006 + V007 + V008 +$	V09 - Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes com 10 a 19 anos de

	V004 - Pessoas Responsáveis com 12 anos de idade. V005 - Pessoas Responsáveis com 13 anos de idade. V006 - Pessoas Responsáveis com 14 anos de idade. V007 - Pessoas Responsáveis com 15 anos de idade. V008 - Pessoas Responsáveis com 16 anos de idade. V009 - Pessoas Responsáveis com 17 anos de idade. V010 - Pessoas Responsáveis com 18 anos de idade. V011 - Pessoas Responsáveis com 19 anos de idade. V001 Pessoas Responsáveis		V009 + V010 + V011)/V001)*100	idade.
	Planilha: <i>Responsável02_MG.xls</i>  V057 - Pessoas Responsáveis com 65 anos de idade. V058 - Pessoas Responsáveis com 66 anos de idade. V059 - Pessoas Responsáveis com 67 anos de idade. V060 - Pessoas Responsáveis com 68 anos de idade. V061 - Pessoas Responsáveis com 69 anos de idade. V062 - Pessoas Responsáveis com 70 anos de idade. V063 - Pessoas Responsáveis com 71 anos de idade. V064 - Pessoas Responsáveis com 72 anos de idade. V065 - Pessoas Responsáveis com 73 anos de idade. V066 - Pessoas Responsáveis com 74 anos de idade. V067 - Pessoas Responsáveis com 75 anos de idade. V068 - Pessoas Responsáveis com 76 anos de idade. V069 - Pessoas Responsáveis com 77 anos de idade. V070 - Pessoas Responsáveis com 78 anos de idade. V071 - Pessoas Responsáveis com 79 anos de idade. V072 - Pessoas Responsáveis com 80 anos de idade. V073 - Pessoas Responsáveis com 81 anos de idade. V074 - Pessoas Responsáveis com 82 anos de idade. V075 - Pessoas Responsáveis com 83 anos de idade. V076 - Pessoas Responsáveis com 84 anos de idade. V077 - Pessoas Responsáveis com 85 anos de idade. V078 - Pessoas Responsáveis com 86 anos de idade. V079 - Pessoas Responsáveis com 87 anos de idade. V080 - Pessoas Responsáveis com 88 anos de idade. V081 - Pessoas Responsáveis com 89 anos de idade. V082 - Pessoas Responsáveis com 90 anos de idade. V083 - Pessoas Responsáveis com 91 anos de idade.	37	= ((V057 + V058 + V059 + V060 + V061 + V062 + V063 + V064 + V065 + V066 + V067 + V068 + V069 + V070 + V071 + V072 + V073 + V074 + V075 + V076 + V077 + V078 + V079 + V080 + V081 + V082 + V083 + V084 + V085 + V086 + V087 + V088 + V089 + V090 + V091 + V092)/V001)*100	V10 - Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes de mais de 64 anos.

	V084 - Pessoas Responsáveis com 92 anos de idade. V085 - Pessoas Responsáveis com 93 anos de idade. V086 - Pessoas Responsáveis com 94 anos de idade. V087 - Pessoas Responsáveis com 95 anos de idade. V088 - Pessoas Responsáveis com 96 anos de idade. V089 - Pessoas Responsáveis com 97 anos de idade. V090 - Pessoas Responsáveis com 98 anos de idade. V091 - Pessoas Responsáveis com 99 anos de idade. V092 - Pessoas Responsáveis com 100 ou mais anos de idade. V001 Pessoas Responsáveis			
	Planilha: <i>Responsável01_MG.xls</i>  V002 - Pessoas responsáveis com 10 anos de idade, do sexo feminino. V003 - Pessoas responsáveis com 11 anos de idade, do sexo feminino. V004 - Pessoas responsáveis com 12 anos de idade, do sexo feminino. V005 - Pessoas responsáveis com 13 anos de idade, do sexo feminino. V006 - Pessoas responsáveis com 14 anos de idade, do sexo feminino. V007 - Pessoas responsáveis com 15 anos de idade, do sexo feminino. V008 - Pessoas responsáveis com 16 anos de idade, do sexo feminino. V009 - Pessoas responsáveis com 17 anos de idade, do sexo feminino. V010 - Pessoas responsáveis com 18 anos de idade, do sexo feminino. V011 - Pessoas responsáveis com 19 anos de idade, do sexo feminino.  Planilha: <i>Responsável02_MG.xls</i> V001 Pessoas Responsáveis	11	$= ((V002 + V003 + V004 + V005 + V006 + V007 + V008 + V009 + V010 + V011)/V001)*100$	V11 - Percentual de mulheres responsáveis por domicílios particulares permanentes com 10 a 19 anos de idade.
	Planilha: <i>Responsável01_MG.xls</i>  V057 - Pessoas responsáveis com 65 anos de idade, do sexo	37	$= ((V057 + V058 + V059 + V060 + V061$	V12 - Percentual de mulheres responsáveis por domicílios

<p>feminino.</p> <p>V058 - Pessoas responsáveis com 66 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V059 - Pessoas responsáveis com 67 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V060 - Pessoas responsáveis com 68 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V061 - Pessoas responsáveis com 69 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V062 - Pessoas responsáveis com 70 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V063 - Pessoas responsáveis com 71 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V064 - Pessoas responsáveis com 72 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V065 - Pessoas responsáveis com 73 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V066 - Pessoas responsáveis com 74 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V067 - Pessoas responsáveis com 75 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V068 - Pessoas responsáveis com 76 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V069 - Pessoas responsáveis com 77 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V070 - Pessoas responsáveis com 78 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V071 - Pessoas responsáveis com 79 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V072 - Pessoas responsáveis com 80 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V073 - Pessoas responsáveis com 81 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V074 - Pessoas responsáveis com 82 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V075 - Pessoas responsáveis com 83 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V076 - Pessoas responsáveis com 84 anos de idade, do sexo feminino.</p>	$+ V062 + V063 + V064 + V065 + V066 + V067 + V068 + V069 + V070 + V071 + V072 + V073 + V074 + V075 + V076 + V077 + V078 + V079 + V080 + V081 + V082 + V083 + V084 + V085 + V086 + V087 + V088 + V089 + V090 + V091 + V092) / V001) * 100$	<p>particulares permanentes com mais de 64 anos de idade.</p>
---	---	---

<p>V077 - Pessoas responsáveis com 85 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V078 - Pessoas responsáveis com 86 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V079 - Pessoas responsáveis com 87 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V080 - Pessoas responsáveis com 88 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V081 - Pessoas responsáveis com 89 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V082 - Pessoas responsáveis com 90 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V083 - Pessoas responsáveis com 91 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V084 - Pessoas responsáveis com 92 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V085 - Pessoas responsáveis com 93 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V086 - Pessoas responsáveis com 94 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V087 - Pessoas responsáveis com 95 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V088 - Pessoas responsáveis com 96 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V089 - Pessoas responsáveis com 97 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V090 - Pessoas responsáveis com 98 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V091 - Pessoas responsáveis com 99 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V092 - Pessoas responsáveis com 100 ou mais anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>Planilha: <i>Responsável02_MG.xls</i></p> <p>V001 Pessoas Responsáveis</p>			
<p>Planilha: <i>Pessoa13_MG.xls</i></p> <p>V022 Pessoas com menos de 1 ano de idade</p>	16	$= ((V022 + V035 + V036 + V037 + V038)$	V13 - Percentual de pessoas com 0 a 14 anos de idade.

	V035 Pessoas de 1 ano de idade V036 Pessoas com 2 anos de idade V037 Pessoas com 3 anos de idade V038 Pessoas com 4 anos de idade V039 Pessoas com 5 anos de idade V040 Pessoas com 6 anos de idade V041 Pessoas com 7 anos de idade V042 Pessoas com 8 anos de idade V043 Pessoas com 9 anos de idade V044 Pessoas com 10 anos de idade V045 Pessoas com 11 anos de idade V046 Pessoas com 12 anos de idade V047 Pessoas com 13 anos de idade V048 Pessoas com 14 anos de idade V002 Pessoas residentes em domicílios particulares permanentes		+ V039 + V040 + V041 + V042 + V043 + V044 + V045 +V046 + V047 + V048)/V002)*100	
	Planilha: <i>Pessoa13_MG.xls</i>  V099 - Pessoas com 65 anos de idade. V100 - Pessoas com 66 anos de idade. V101 - Pessoas com 67 anos de idade. V102 - Pessoas com 68 anos de idade. V103 - Pessoas com 69 anos de idade. V104 - Pessoas com 70 anos de idade. V105 - Pessoas com 71 anos de idade. V106 - Pessoas com 72 anos de idade. V107 - Pessoas com 73 anos de idade. V108 - Pessoas com 74 anos de idade. V109 - Pessoas com 75 anos de idade. V110 - Pessoas com 76 anos de idade. V111 - Pessoas com 77 anos de idade. V112 - Pessoas com 78 anos de idade. V113 - Pessoas com 79 anos de idade. V114 - Pessoas com 80 anos de idade. V115 - Pessoas com 81 anos de idade. V116 - Pessoas com 82 anos de idade. V117 - Pessoas com 83 anos de idade. V118 - Pessoas com 84 anos de idade. V119 - Pessoas com 85 anos de idade. V120 - Pessoas com 86 anos de idade.	37	= ((V099 + V100 + V101 + V102 + V103 + V104 + V105 + V106 + V107 + V108 + V109 + V110 + V111 + V112 + V113 + V114 + V115 + V116 + V117 + V118 + V119 + V120 + V121 + V122 + V123 + V124 + V125 + V126 + V127 + V128 + V129 + V130 + V131 + V132 + V133 + V134)/V002)*100	V14 - Percentual de pessoas de mais de 64 anos de idade.

	V121 - Pessoas com 87 anos de idade. V122 - Pessoas com 88 anos de idade. V123 - Pessoas com 89 anos de idade. V124 - Pessoas com 90 anos de idade. V125 - Pessoas com 91 anos de idade. V126 - Pessoas com 92 anos de idade. V127 - Pessoas com 93 anos de idade. V128 - Pessoas com 94 anos de idade. V129 - Pessoas com 95 anos de idade. V130 - Pessoas com 96 anos de idade. V131 - Pessoas com 97 anos de idade. V132 - Pessoas com 98 anos de idade. V133 - Pessoas com 99 anos de idade. V134 - Pessoas com 100 anos ou mais de idade. <i>V002</i> - Pessoas residentes em domicílios particulares permanentes			
<b>Educação (estrutura etária E gênero )</b>	Planilha <i>Responsável02_MG.xls</i>  V093 – Pessoas Responsáveis Alfabetizados. V001 – Pessoas Responsáveis.	3	= ((V001 V093)/V001)*100	V15 - Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados.
	Planilha: <i>Responsável01_MG.xls</i>  V002 - Pessoas responsáveis com 10 anos de idade, do sexo feminino. V003 - Pessoas responsáveis com 11 anos de idade, do sexo feminino. V004 - Pessoas responsáveis com 12 anos de idade, do sexo feminino. V005 - Pessoas responsáveis com 13 anos de idade, do sexo feminino. V006 - Pessoas responsáveis com 14 anos de idade, do sexo feminino. V007 - Pessoas responsáveis com 15 anos de idade, do sexo feminino. V008 - Pessoas responsáveis com 16 anos de idade, do sexo feminino. V009 - Pessoas responsáveis com 17 anos de idade, do sexo feminino. V010 - Pessoas responsáveis com 18 anos de idade, do sexo	25	= {[ (V002 + V003 + V004 + V005 + V006 + V007 + V008 + V009 + V010 + V011) - (V094 + V095) ] + [(V110 + V111 + V112 + V113 + V114 + V115 + V116 + V117 + V118 + V119) - (V202 + V203)]}/V001}*100  { {[ (V002 + V003 + V004 + V005 + V006 + V007 + V008 + V009 + V010 + V011) - (V202 + V203)]}/V001}*100	V16 - Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados com 10 e 19 anos de idade.

<p>feminino.</p> <p>V011 - Pessoas responsáveis com 19 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V094 - Pessoas alfabetizadas responsáveis com 10 a 14 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V095 - Pessoas alfabetizadas responsáveis com 15 a 19 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>Planilha: <i>Responsável02_MG.xls</i></p> <p>V110 - Pessoas responsáveis com 10 anos de idade, do sexo masculino.</p> <p>V111 - Pessoas responsáveis com 11 anos de idade, do sexo masculino.</p> <p>V112 - Pessoas responsáveis com 12 anos de idade, do sexo masculino.</p> <p>V113 - Pessoas responsáveis com 13 anos de idade, do sexo masculino.</p> <p>V114 - Pessoas responsáveis com 14 anos de idade, do sexo masculino.</p> <p>V115 - Pessoas responsáveis com 15 anos de idade, do sexo masculino.</p> <p>V116 - Pessoas responsáveis com 16 anos de idade, do sexo masculino.</p> <p>V117 - Pessoas responsáveis com 17 anos de idade, do sexo masculino.</p> <p>V118 - Pessoas responsáveis com 18 anos de idade, do sexo masculino.</p> <p>V119 - Pessoas responsáveis com 19 anos de idade, do sexo masculino.</p> <p>V202 - Pessoas alfabetizadas responsáveis com 10 a 14 anos de idade, do sexo masculino .</p> <p>V203 - Pessoas alfabetizadas responsáveis com 15 a 19 anos de idade, do sexo masculino.</p> <p>V001 – Pessoas Responsáveis.</p>		$- (V094 + V095) + [(V110 + V111 + V112 + V113 + V114 + V115 + V116 + V117 + V118 + V119) - (V202 + V203)] \{V001\} * 100$	
<p>Planilha: <i>Responsável01_MG.xls</i></p> <p>V057 - Pessoas responsáveis com 65 anos de idade, do sexo</p>	81	$= \{[(V057 + V058 + V059 + V060 + V061)$	<p>V17 - Percentual de responsáveis por domicílios particulares</p>

<p>feminino.</p> <p>V058 - Pessoas responsáveis com 66 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V059 - Pessoas responsáveis com 67 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V060 - Pessoas responsáveis com 68 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V061 - Pessoas responsáveis com 69 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V062 - Pessoas responsáveis com 70 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V063 - Pessoas responsáveis com 71 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V064 - Pessoas responsáveis com 72 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V065 - Pessoas responsáveis com 73 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V066 - Pessoas responsáveis com 74 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V067 - Pessoas responsáveis com 75 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V068 - Pessoas responsáveis com 76 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V069 - Pessoas responsáveis com 77 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V070 - Pessoas responsáveis com 78 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V071 - Pessoas responsáveis com 79 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V072 - Pessoas responsáveis com 80 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V073 - Pessoas responsáveis com 81 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V074 - Pessoas responsáveis com 82 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V075 - Pessoas responsáveis com 83 anos de idade, do sexo feminino.</p> <p>V076 - Pessoas responsáveis com 84 anos de idade, do sexo feminino.</p>	$+ V062 + V063 + V064 + V065 + V066 + V067 + V068 + V069 + V070 + V071 + V072 + V073 + V074 + V075 + V076 + V077 + V078 + V079 + V080 + V081 + V082 + V083 + V084 + V085 + V086 + V087 + V088 + V089 + V090 + V091 + V092) - (V105 + V106 + V107 + V108)] + [(V165 + V166 + V167 + V168 + V169 + V170 + V171 + V172 + V173 + V174 + V175 + V176 + V177 + V178 + V179 + V180 + V181 + V182 + V183 + V184 + V185 + V186 + V187 + V188 + V189 + V190 + V191 + V192 + V193 + V194 + V195 + V196 + V197 + V198 + V199 + V200) - (V213 + V214 + V215 + V216)]} / V001 \} * 100$	<p>permanentes não alfabetizados com mais de 64 anos de idade.</p>
---	---	--



de idade, do sexo feminino.	Planilha: Responsável02_MG.xls		
V165 - Pessoas responsáveis com 65 anos de idade, do sexo masculino.			
V166 - Pessoas responsáveis com 66 anos de idade, do sexo masculino.			
V167 - Pessoas responsáveis com 67 anos de idade, do sexo masculino.			
V168 - Pessoas responsáveis com 68 anos de idade, do sexo masculino.			
V169 - Pessoas responsáveis com 69 anos de idade, do sexo masculino.			
V170 - Pessoas responsáveis com 70 anos de idade, do sexo masculino.			
V171 - Pessoas responsáveis com 71 anos de idade, do sexo masculino.			
V172 - Pessoas responsáveis com 72 anos de idade, do sexo masculino.			
V173 - Pessoas responsáveis com 73 anos de idade, do sexo masculino.			
V174 - Pessoas responsáveis com 74 anos de idade, do sexo masculino.			
V175 - Pessoas responsáveis com 75 anos de idade, do sexo masculino.			
V176 - Pessoas responsáveis com 76 anos de idade, do sexo masculino.			
V177 - Pessoas responsáveis com 77 anos de idade, do sexo masculino.			
V178 - Pessoas responsáveis com 78 anos de idade, do sexo masculino.			
V179 - Pessoas responsáveis com 79 anos de idade, do sexo masculino.			
V180 - Pessoas responsáveis com 80 anos de idade, do sexo masculino.			
V181 - Pessoas responsáveis com 81 anos de idade, do sexo masculino.			
V182 - Pessoas responsáveis com 82 anos de idade, do sexo masculino.			



	<p>V214 - Pessoas alfabetizadas responsáveis com 70 a 74 anos de idade, do sexo masculino.</p> <p>V215 - Pessoas alfabetizadas responsáveis com 75 a 79 anos de idade, do sexo masculino.</p> <p>V216 - Pessoas alfabetizadas responsáveis com 80 ou mais anos de idade, do sexo masculino.</p> <p>V001 – Pessoas Responsáveis.</p>			
	<p>Planilha: <i>Responsável01_MG.xls</i></p> <p>V093 - Pessoas alfabetizadas responsáveis, do sexo feminino.</p> <p>V001 – Pessoas Responsáveis.</p> <p>Planilha: <i>Responsável02_MG.xls</i></p> <p>V001- Pessoas Responsáveis.</p>	3	$=((V001 + V093)/V001)*100$	<p>–</p> <p>V18 - Percentual de mulheres não alfabetizadas responsáveis por domicílios particulares permanentes.</p>
	<p>Planilha: <i>Pessoa13_MG.xls</i></p> <p>V039 - Pessoas com 5 anos de idade.</p> <p>V040 - Pessoas com 6 anos de idade.</p> <p>V041 - Pessoas com 7 anos de idade.</p> <p>V042 - Pessoas com 8 anos de idade.</p> <p>V043 - Pessoas com 9 anos de idade.</p> <p>V044 - Pessoas com 10 anos de idade</p> <p>V045 - Pessoas com 11 anos de idade.</p> <p>V046 - Pessoas com 12 anos de idade.</p> <p>V047 - Pessoas com 13 anos de idade.</p> <p>V048 - Pessoas com 14 anos de idade.</p> <p>Planilha: <i>Pessoa01_MG.xls</i></p> <p>V002 - Pessoas alfabetizadas com 5 anos de idade.</p> <p>V003 - Pessoas alfabetizadas com 6 anos de idade.</p> <p>V004 - Pessoas alfabetizadas com 7 anos de idade.</p> <p>V005 - Pessoas alfabetizadas com 8 anos de idade.</p> <p>V006 - Pessoas alfabetizadas com 9 anos de idade.</p> <p>V007 - Pessoas alfabetizadas com 10 anos de idade.</p> <p>V008 - Pessoas alfabetizadas com 11 anos de idade.</p> <p>V009 - Pessoas alfabetizadas com 12 anos de idade.</p>	21	$=\{ \{ [(V039 + V040 + V041 + V042 + V043 + V044 + V045 + V046 + V047 + V048)] - [(V002 + V003 + V004 + V005 + V006 + V007 + V008 + V009 + V010 + V011)] \} \} / V002 * 100$	<p>V19 - Percentual de pessoas não alfabetizadas com 5 a 14 anos de idade.</p>

	<p>V010 - Pessoas alfabetizadas com 13 anos de idade.  V011 - Pessoas alfabetizadas com 14 anos de idade.  <i>Planilha: Pessoa13_MG.xls</i></p> <p><i>V002- Pessoas residentes em domicílios particulares permanentes</i></p> <p><i>Planilha: Pessoa13_MG.xls</i></p> <p>V099 - Pessoas com 65 anos de idade.  V100 - Pessoas com 66 anos de idade.  V101 - Pessoas com 67 anos de idade.  V102 - Pessoas com 68 anos de idade.  V103 - Pessoas com 69 anos de idade.  V104 - Pessoas com 70 anos de idade.  V105 - Pessoas com 71 anos de idade.  V106 - Pessoas com 72 anos de idade.  V107 - Pessoas com 73 anos de idade.  V108 - Pessoas com 74 anos de idade.  V109 - Pessoas com 75 anos de idade.  V110 - Pessoas com 76 anos de idade.  V111 - Pessoas com 77 anos de idade.  V112 - Pessoas com 78 anos de idade.  V113 - Pessoas com 79 anos de idade.  V114 - Pessoas com 80 anos de idade.  V115 - Pessoas com 81 anos de idade.  V116 - Pessoas com 82 anos de idade.  V117 - Pessoas com 83 anos de idade.  V118 - Pessoas com 84 anos de idade.  V119 - Pessoas com 85 anos de idade.  V120 - Pessoas com 86 anos de idade.  V121 - Pessoas com 87 anos de idade.  V122 - Pessoas com 88 anos de idade.  V123 - Pessoas com 89 anos de idade.  V124 - Pessoas com 90 anos de idade.  V125 - Pessoas com 91 anos de idade.  V126 - Pessoas com 92 anos de idade.  V127 - Pessoas com 93 anos de idade.  V128 - Pessoas com 94 anos de idade.  V129 - Pessoas com 95 anos de idade.  V130 - Pessoas com 96 anos de idade.</p>			
		52	$= \{ \{ [ (V099 + V100 + V101 + V102 + V103 + V104 + V105 + V106 + V107 + V108 + V109 + V110 + V111 + V112 + V113 + V114 + V115 + V116 + V117 + V118 + V119 + V120 + V121 + V122 + V123 + V124 + V125 + V126 + V127 + V128 + V129 + V130 + V131 + V132 + V133 + V134) ] - [ (V062 + V063 + V064 + V065 + V066 + V067 + V068 + V069 + V070 + V071 + V072 + V073 + V074 + V075 + V076 + V077) ] } / V002 \} * 100$	<p>V20 - Percentual de pessoas não alfabetizadas com mais de 64 anos de idade</p>

	<p>V131 - Pessoas com 97 anos de idade.  V132 - Pessoas com 98 anos de idade.  V133 - Pessoas com 99 anos de idade.  V134 - Pessoas com 100 anos ou mais de idade.</p> <p>Planilha: <i>Pessoa01_MG.xls</i></p> <p>V062 - Pessoas alfabetizadas com 65 anos de idade.  V063 - Pessoas alfabetizadas com 66 anos de idade.  V064 - Pessoas alfabetizadas com 67 anos de idade.  V065 - Pessoas alfabetizadas com 68 anos de idade.  V066 - Pessoas alfabetizadas com 69 anos de idade.  V067 - Pessoas alfabetizadas com 70 anos de idade.  V068 - Pessoas alfabetizadas com 71 anos de idade.  V069 - Pessoas alfabetizadas com 72 anos de idade.  V070 - Pessoas alfabetizadas com 73 anos de idade.  V071 - Pessoas alfabetizadas com 74 anos de idade.  V072 - Pessoas alfabetizadas com 75 anos de idade.  V073 - Pessoas alfabetizadas com 76 anos de idade.  V074 - Pessoas alfabetizadas com 77 anos de idade.  V075 - Pessoas alfabetizadas com 78 anos de idade.  V076 - Pessoas alfabetizadas com 79 anos de idade.  V077 - Pessoas alfabetizadas com 80 anos ou mais de idade.</p> <p>Planilha: <i>Pessoa13_MG.xls</i></p> <p><i>V002- Pessoas residentes em domicílios particulares permanentes</i></p>			
Renda	<p>Planilha: <i>ResponsavelRenda_MG.xls</i></p> <p>V076 - Pessoas responsáveis moradoras em domicílios particulares permanentes sem rendimento nominal mensal.</p> <p>Planilha <i>Responsável02_MG.xls</i></p> <p>V001 – Pessoas Responsáveis.</p>	2	$= (V076/V001)*100$	V21- Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes sem rendimento nominal mensal.
	<p>Planilha: <i>ResponsavelRenda_MG.xls</i></p> <p>V067 - Pessoas responsáveis moradoras em domicílios particulares permanentes com rendimento nominal mensal de até 1/2 salário mínimo.</p> <p>V068 - Pessoas responsáveis moradoras em domicílios</p>	5	$= ((V067 + V068 + V069 + V070)/V001)*100$	V22 - Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes com rendimento nominal mensal de até 3 salários mínimos.

<p>particulares permanentes com rendimento nominal mensal de mais de 1/2 a 1 salário mínimo.</p> <p>V069 - Pessoas responsáveis moradoras em domicílios particulares permanentes com rendimento nominal mensal de mais de 1 a 2 salários mínimos.</p> <p>V070 - Pessoas responsáveis moradoras em domicílios particulares permanentes com rendimento nominal mensal de mais de 2 a 3 salários mínimos.</p> <p>Planilha <i>Responsável02_MG.xls</i></p> <p>V001 – Pessoas Responsáveis.</p>			
--	--	--	--

Fonte: IBGE,2010 - Adaptado de Alcântara (2012), Dias (2013) e Dutra (2015)

Nota: As variáveis do grupamento Condições de habitação e infraestrutura, estão disponíveis na planilha: Domicilio01\_MG. Do grupamento Estrutura etária e Gênero, estão disponíveis nas planilhas: Responsável01\_MG, Responsável02\_MG e Pessoa13\_MG. Do grupamento Educação (estrutura etária e gênero ), estão disponíveis nas planilhas: Responsável01\_MG, Responsável02\_MG, Pessoa01\_MG e Pessoa13\_MG. Do grupamento Renda estão disponíveis na planilha ResponsavelRenda\_MG.