

**ANÁLISE PRELIMINAR DOS MAPAS DE VULNERABILIDADE DO
PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO PARA AS ÁREAS CÁRSTICAS
PRIORITÁRIAS DA REGIÃO DE ABRANGÊNCIA DO PAN
CAVERNAS DO SÃO FRANCISCO**

**PRELIMINARY ANALYSIS OF VULNERABILITY MAPS OF
SPELEOLOGICAL HERITAGE FOR PRIORITY KARST AREAS
COVERED BY PAN CAVES OF SÃO FRANCISCO**

Mauro Gomes

*Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - Base Minas Gerais/Instituto Chico Mendes
E-mail: mauro.gomes@icmbio.gov.br*

Débora Campos Jansen

*Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas/Instituto Chico Mendes
E-mail: debora.jansen@icmbio.gov.br*

Darcy José Santos

*Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - Base Minas Gerais/Instituto Chico Mendes
E-mail: darcy.santos@icmbio.gov.br*

Lindalva Ferreira Cavalcanti

*Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas/Instituto Chico Mendes
E-mail: lindalva.cavalcanti@icmbio.gov.br*

Resumo

O Projeto de Monitoramento e Avaliação de Impactos sobre o Patrimônio Espeleológico começou a ser desenvolvido em 2010 para atender ao Componente 4 do Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico (PNCPE) que trata, especificamente, da definição de procedimentos para a realização de monitoramento, avaliação, prevenção e mitigação de impactos sobre o Patrimônio Espeleológico. A primeira fase deste projeto definiu o mapa de vulnerabilidade do Patrimônio Espeleológico para nove áreas cársticas prioritárias da região de abrangência do PAN Cavernas do São Francisco. Este artigo apresenta a discussão dos resultados preliminares desse produto, indicando a localização e dimensão das áreas mais vulneráveis e também a localização das cavidades naturais subterrâneas e unidades de conservação.

Palavras-chave: cavernas, geoprocessamento, patrimônio espeleológico, vulnerabilidade.

Abstract

The Project Monitoring and Evaluation of Impacts on the Speleological Heritage began to be developed in 2010 as part of the Component 4 of the Brazilian Speleological Heritage Conservation Program (PNCPE), in order to define procedures for conducting monitoring, assessment, prevention and mitigation impacts on the Speleological Heritage. In the first phase of this project were defined environmental vulnerability maps of the Speleological Heritage for nine priority karst areas in the region covered by PAN Caves of São Francisco. This article presents the discussion of the preliminary results, indicating the location and size of the most vulnerable areas, as well as the location of caves and natural protected areas.

Keywords: caves, geoprocessing, speleological heritage, vulnerability.

1 INTRODUÇÃO

O ponto de partida para a definição das ações do Projeto de Monitoramento e Avaliação de Impactos sobre o Patrimônio Espeleológico, do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), foi a elaboração de metodologia que possibilitasse a identificação de áreas nas quais o Patrimônio Espeleológico estivesse mais sujeito a impactos causados pela ação do homem.

A identificação destas áreas vulneráveis também era uma das necessidades do Plano de Ação Nacional para a Conservação do Patrimônio Espeleológico nas Áreas Cársticas da Bacia do rio São Francisco (PAN Cavernas do São Francisco) e durante uma das oficinas preparatórias deste Plano de Ação foi proposta a integração entre os dois projetos, ambos de responsabilidade do CECAV. Dessa forma, foi inserida a Ação 2.5 que trata especificamente da elaboração do mapa de vulnerabilidade do Patrimônio Espeleológico para as áreas cársticas prioritárias da região de abrangência do Plano de Ação Nacional.

A metodologia para o mapeamento das áreas vulneráveis, desenvolvida pelo CECAV, foi aplicada em nove áreas prioritárias com a finalidade de subsidiar propostas para a proteção do Patrimônio Espeleológico, bem como para a definição de ações de mitigação de impactos ambientais. Para a definição dessas áreas utilizou-se o histórico de demandas recebidas pelo CECAV e as informações provenientes das oficinas preparatórias do PAN Cavernas do São Francisco.

O resultado do trabalho está registrado em nove mapas de vulnerabilidade ambiental e também relaciona as nove áreas prioritárias com as áreas protegidas e com a localização geográfica das cavidades naturais subterrâneas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Definição da área de estudo

A escolha das áreas prioritárias foi realizada pela equipe do CECAV tomando-se por base o histórico de demandas recebidas pelo Centro, bem como informações provenientes das oficinas preparatórias do PAN Cavernas do São Francisco.

A delimitação dessas áreas seguiu, inicialmente, o traçado das bacias hidrográficas, critério adotado naquele momento como unidade de planejamento. Assim, foram identificadas nove áreas prioritárias (Figura 1), na região de abrangência do PAN Cavernas do São Francisco visando à elaboração dos mapas de vulnerabilidade ambiental.

- Área 1 - Mambai/Terra Ronca;
- Área 2 - Paracatu/Unai/Vazante;
- Área 3 - Araripe;
- Área 4 - São Desidério/Serra do Ramalho;
- Área 5 - Quadrilátero Ferrífero;
- Área 6 - Ouroândia/Campo Formoso;
- Área 7 - Canarana/Iraquara/Iramaia;
- Área 8 - Peruaçu/Montes Claros; e
- Área 9 - APA Carste de Lagoa Santa/Monjolos.

A região de abrangência do Plano de Ação Nacional extrapola os limites da área de drenagem da bacia hidrográfica do rio São Francisco. Com uma área de 765.621 km², de acordo com Lima; Cavalcanti & Meguerditchian (2014), essa região é constituída pela Bacia do rio São Francisco, acrescida de quatro unidades hidrográficas (Alto Vaza-

Barris, Baixo Vaza-Barris/Sergipe/Japarutuba, Piauí/Real e Baixo Mundaú) e de 14 unidades de conservação com cavernas [APA do Planalto Central (DF/GO), APA do Rio São Bartolomeu (DF), APA das Nascentes do Rio Vermelho (GO), APA Distrital de Cafuringa (DF), APA Estadual da Serra Geral de Goiás (GO), PARNA de Brasília (DF), PE de Terra Ronca (GO), MONA Distrital do Conjunto Espeleológico do Morro da Pedreira (DF) e RESEX Recanto das Araras de Terra Ronca (GO), APA Chapada do Araripe (CE/PE/PI) e FLONA Araripe-Apodi (CE), PE Serra do Intendente (MG), PARNA da Chapada Diamantina (BA) e APA Estadual de Marimbus-Iraquara (BA)].

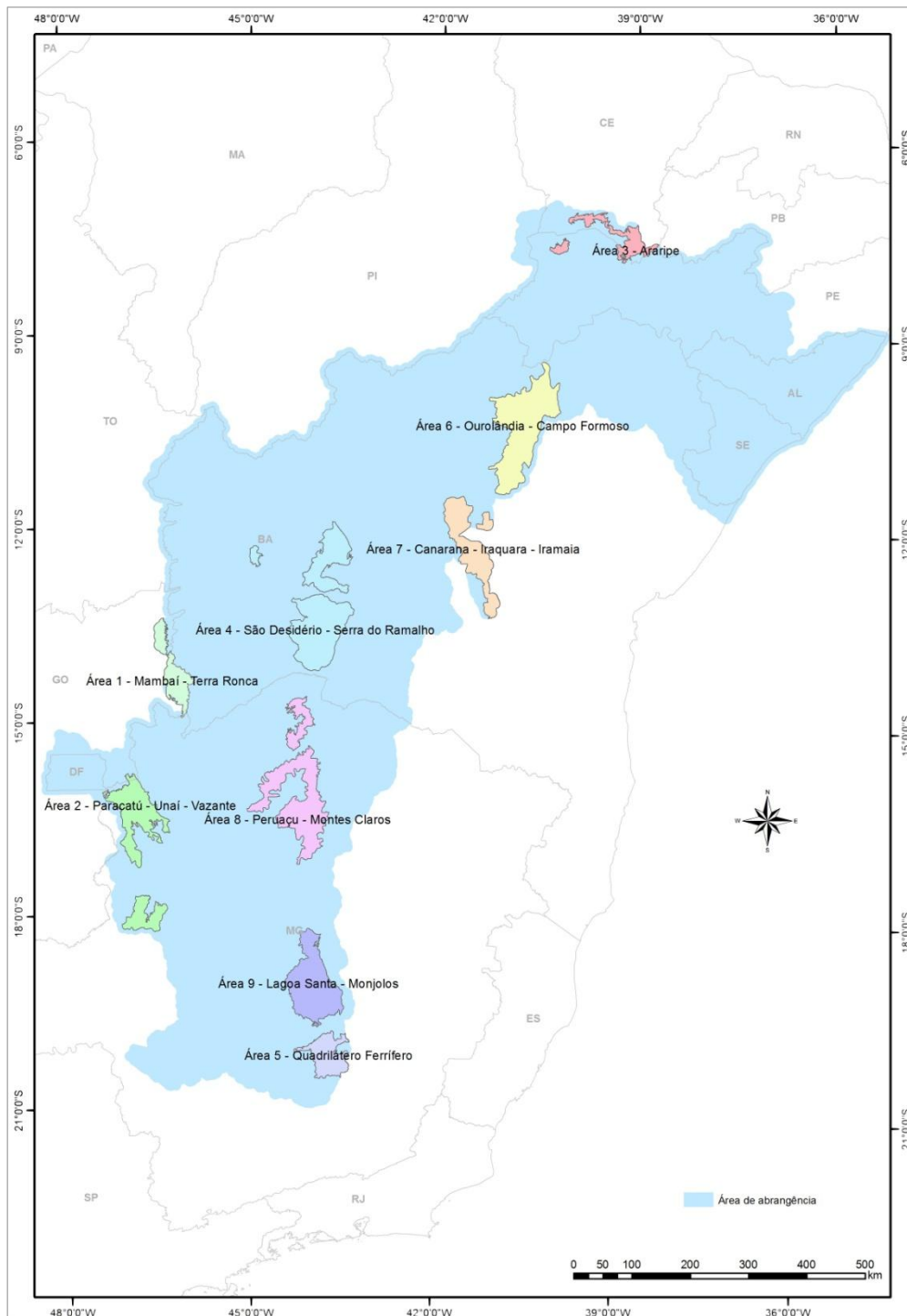


Figura 1- Mapa de localização das nove áreas prioritárias para a aplicação da metodologia voltada à identificação do grau de vulnerabilidade ambiental, na região do PAN Cavernas do São Francisco. Cartografia: Mauro Gomes

2.2 Mapa de vulnerabilidade ambiental

A proposta inicial do mapa de vulnerabilidade ambiental das nove áreas prioritárias tomou por base o cruzamento das informações geoespaciais do mapa de vulnerabilidade natural e do mapa de uso e cobertura do solo, conforme proposto por Jansen (2013).

Para a elaboração dos mapas de uso do solo e cobertura vegetal foram utilizadas imagens *Landsat* e *Resourcesat*, fornecidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (INPE, 2012) (INPE, 2012).

As informações relativas à geologia (coesão da rocha), clima (intensidade pluviométrica), pedologia (maturidade do solo) e potencial de ocorrência de cavernas foram aquelas utilizadas por Crepani et al. (2001) e Jansen (2013).

Segundo Crepani et al. (2001), o grau de coesão das rochas é informação básica, uma vez que em rochas pouco coesas podem prevalecer os processos erosivos modificadores do relevo (morfogênese) em detrimento dos formadores de solos (pedogênese).

Sobre a variável geomorfológica, optou-se pela utilização do Mapa de Unidades de Relevo do Brasil (IBGE, 1993) em vez do Índice de Concentração de Rugosidade (ICR), considerando-se a característica dos domínios morfoestruturais.

Para o processamento das imagens e dos dados vetoriais foram utilizados os softwares SPRING[®], versão 5.1.6 e ArcGIS[®], versão 9.3. O Google Earth[®], versão 6.2.2.6613, foi utilizado como suporte na etapa de classificação de imagens.

Inicialmente, a metodologia foi aplicada nas áreas 5 (Quadrilátero Ferrífero), 8 (Peruaçu/Montes Claros) e 9 (APA Carste de Lagoa Santa/Monjolos). A partir de então, foi verificada a necessidade de efetuar os seguintes ajustes para equilibrar o grau de participação das variáveis utilizadas:

- Redefinição dos pesos conferidos a cada variável que compõe o mapa de vulnerabilidade natural, com os atributos do mapa de uso do solo e cobertura vegetal;
- Execução do mapa de vulnerabilidade ambiental em uma única etapa de processamento (Figura 2), conforme os parâmetros detalhados na equação abaixo.

$$\text{Vulnerabilidade ambiental} = [\text{geologia}] * 0,22 + [\text{pedologia}] * 0,15 + [\text{relevo}] * 0,18 + [\text{clima}] * 0,10 + [\text{potencial de ocorrência de cavernas}] * 0,07 + [\text{uso e cobertura do solo}] * 0,28$$

Tais pesos tomaram por base os trabalhos de Meneses (2003) e Gomes (2010), bem como experiências adquiridas em campo, sempre enfatizando a importância dessas variáveis na proteção e manejo do Patrimônio Espeleológico nacional.

Depois de finalizada a etapa de processamento, por meio da análise multicritérios, o mapa resultante de cada uma dessas nove áreas-prioritárias foi reclassificado em cinco classes denominadas de Muito Alta, Alta, Média, Baixa e Muito Baixa Vulnerabilidade Ambiental.

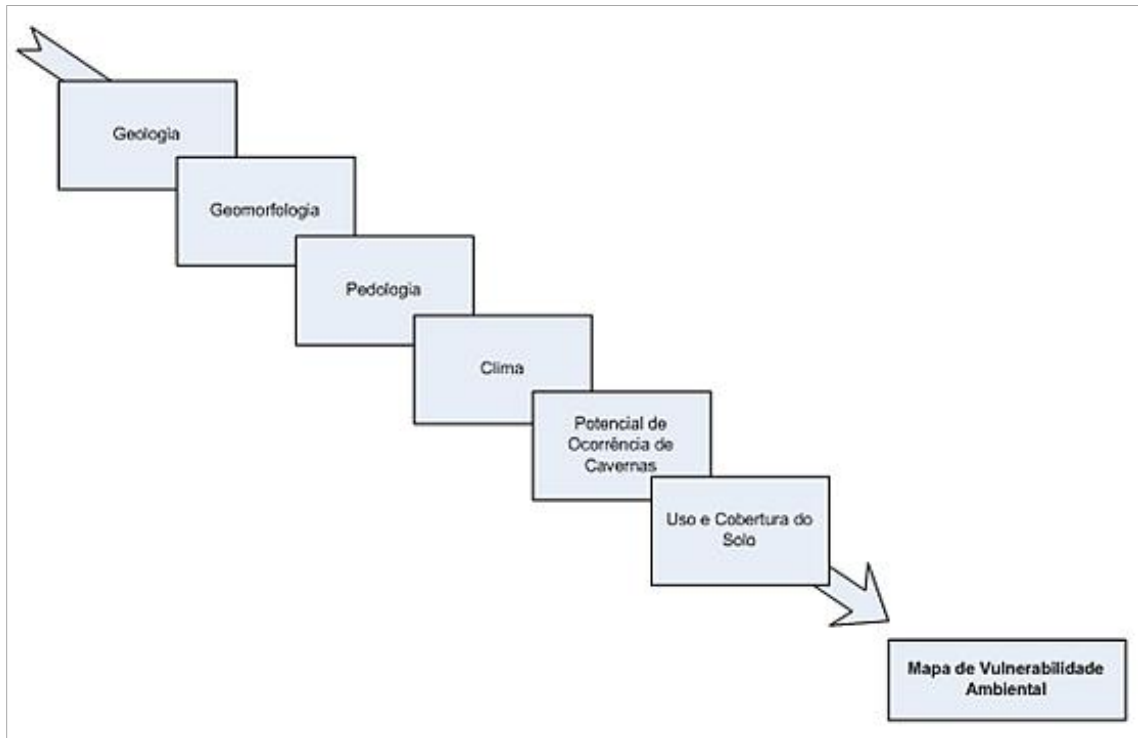


Figura 2- Variáveis utilizadas na elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental das nove áreas prioritárias da região de abrangência do PAN Cavernas do São Francisco

Também foram usados os dados de 5.649 cavernas conhecidas na região de abrangência do PAN Cavernas do São Francisco, de acordo com a Base de Dados Geoespacializados das Cavidades Naturais Subterrâneas do Brasil (Base CECAV)¹, atualizada em 01/11/2013 (CECAV, 2013), bem como dados geoespaciais das áreas protegidas cadastradas nessa região (IBAMA, 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi realizada uma análise detalhada dos mapas de vulnerabilidade ambiental das nove áreas prioritárias da região de abrangência do PAN Cavernas do São Francisco, estabelecendo suas relações com as áreas protegidas e com a localização geográfica das cavidades naturais subterrâneas. No detalhamento da distribuição dessas cavernas também foram relevadas aquelas que se encontram localizadas fora dos limites das unidades de conservação, pois, teoricamente, são os principais alvos de atividades potencialmente impactantes ao sistema cavernícola e, portanto, objeto inegável na elaboração de estudos e na promoção de medidas de conservação.

3.1 Mapas de Vulnerabilidade Ambiental

3.1.1 Área 1 - Mambaí/Terra Ronca

A Área 1 - Mambaí/Terra Ronca tem extensão de 3.880,90 km² e está localizada na divisa entre os estados de Goiás e Bahia.

Como resultado da aplicação da metodologia (Figura 3) tem-se na Tabela 1 e Figura 4 a distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental da Área 1.

¹ Sistema de Coordenadas Geográficas, Datum WGS 84.

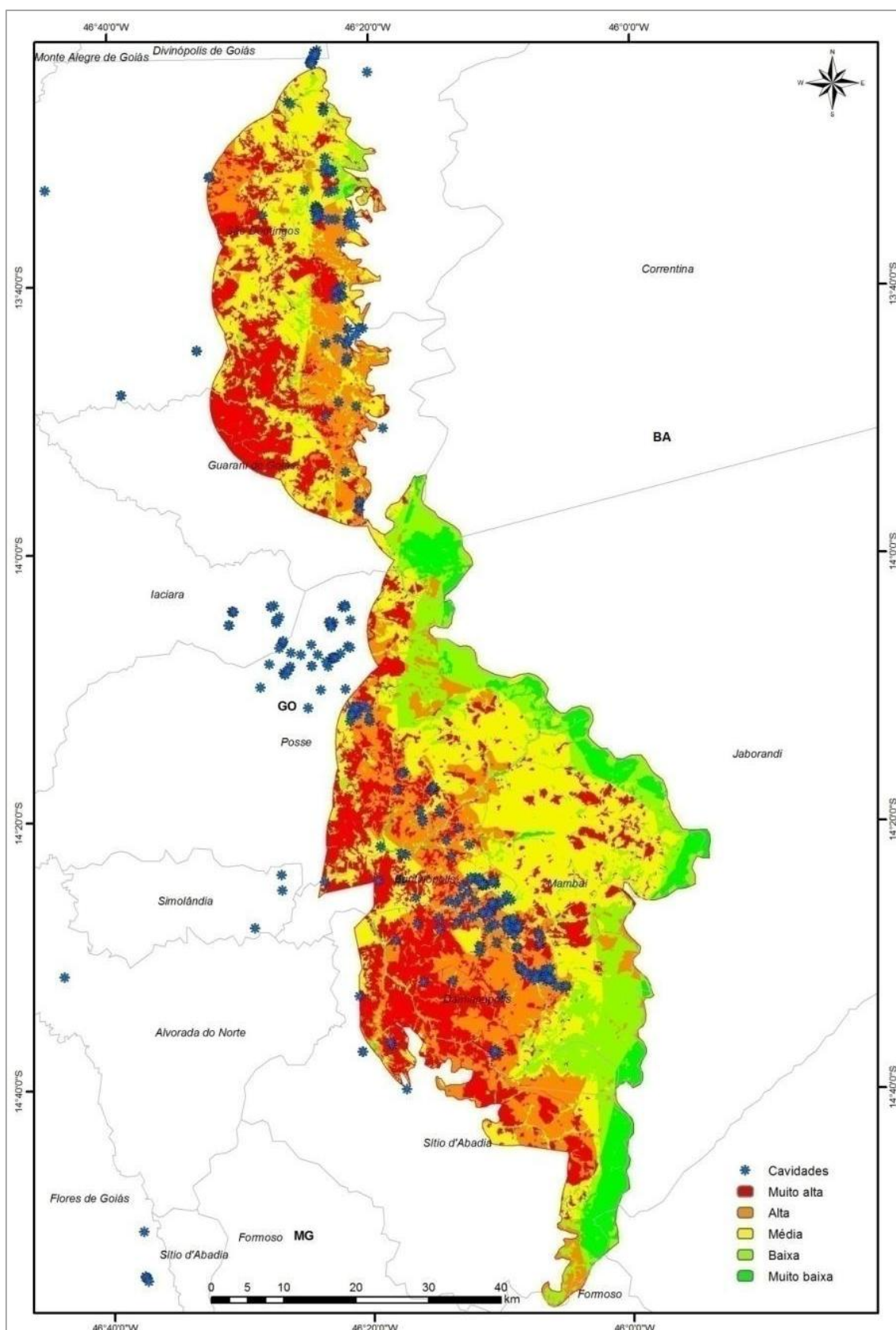


Figura 3 - Mapa de vulnerabilidade ambiental da Área 1 - Mambai/Terra Ronca.
Cartografia: Mauro Gomes

Tabela 1- Distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental na Área 1 - Mambaí/Terra Ronca

Vulnerabilidade ambiental	Área (km ²)
Muito alta	958,64
Alta	818,46
Média	1.268,80
Baixa	591,77
Muito baixa	243,23
Total	3.880,90

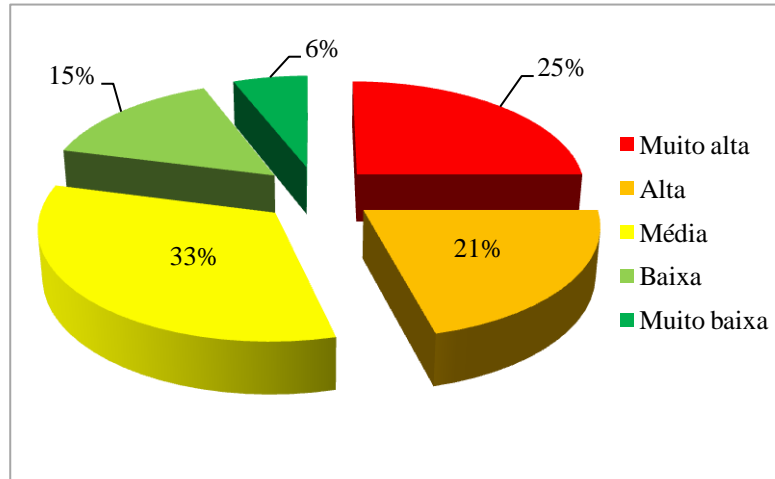


Figura 4- Distribuição percentual das classes de vulnerabilidade ambiental na Área 1 - Mambaí/Terra Ronca.

De acordo com a Base CECAV, foram identificadas 211 cavidades naturais subterrâneas dentro dos limites da Área 1. Na Figura 5 tem-se a distribuição da localização dessas cavernas em relação ao grau de vulnerabilidade ambiental da Área.

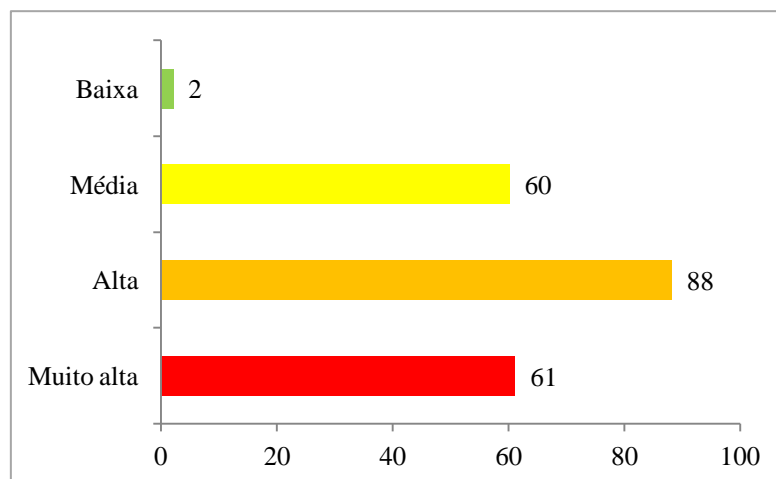


Figura 5- Distribuição da localização das 211 cavidades naturais subterrâneas cadastradas na Base CECAV, de acordo com a vulnerabilidade ambiental da Área 1 - Mambaí/Terra Ronca

No que se refere às áreas protegidas, existem quatro unidades de conservação na Área 1 – Mambaí/Terra Ronca (Figura 6), sendo uma de proteção integral (Parque Estadual de Terra Ronca) e três de uso sustentável (Reserva Extrativista do Recanto das Araras de Terra Ronca, Área de Proteção Ambiental Estadual da Serra Geral de Goiás e

Área de Proteção Ambiental das Nascentes do Rio Vermelho). Aproximadamente 87% das cavernas da Área 1 encontram-se no interior dessas quatro áreas protegidas.

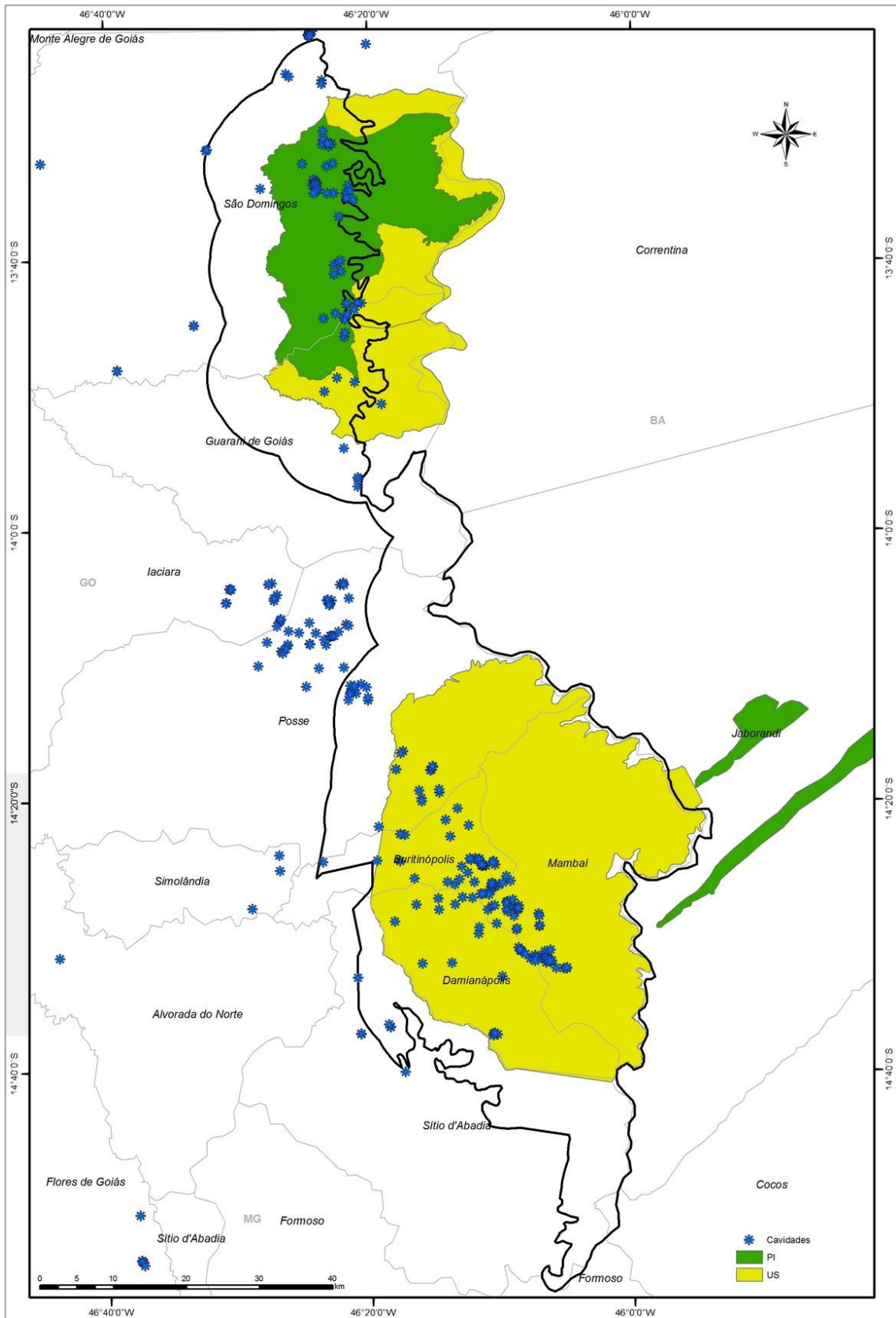


Figura 6 - Unidades de conservação localizadas na Área 1 - Mambai/Terra Ronca.
Cartografia: Mauro Gomes

Do total de 3.880,90 km² de extensão da Área 1, observa-se que 2.217,86 km² (57,14%) estão dentro de áreas protegidas, sendo 350,44 km² (9%) em unidades de proteção integral e 1.867,38 (48,11%) nas de uso sustentável.

Por outro lado, é possível observar na Tabela 2 a classificação das áreas vulneráveis nos 1.663,06 km² (42,86) que se encontram fora dos limites das áreas protegidas.

Tabela 2- Distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental dos locais que se encontram fora dos limites das unidades de conservação da Área 1 - Mambai/Terra Ronca

Vulnerabilidade ambiental	Área (km ²)
Muito alta	431,87
Alta	257,91
Média	539,91
Baixa	281,98
Muito baixa	151,37
Total	1.663,04

A distribuição da localização das 27 cavernas que se encontram fora dos limites das unidades de conservação da Área 1, em função do grau de vulnerabilidade ambiental, pode ser verificada na Figura 7.

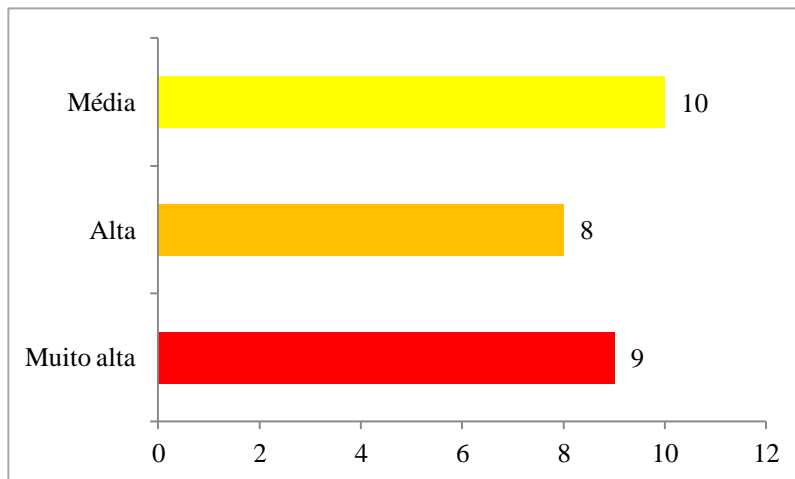


Figura 7- Distribuição das 27 cavernas localizadas fora dos limites das unidades de conservação, segundo o grau de vulnerabilidade ambiental da Área 1.

3.1.2 Vulnerabilidade ambiental da Área 2 - Paracatu/Unaí/Vazante

A Área 2 - Paracatu/Unaí/Vazante tem extensão de 8.957,51 km² e se localiza na região noroeste de Minas Gerais, próximo à divisa com o estado de Goiás e o Distrito Federal.

Como resultado da aplicação da metodologia (Figura 8) tem-se na Tabela 3 e Figura 9 a distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental da Área 2.

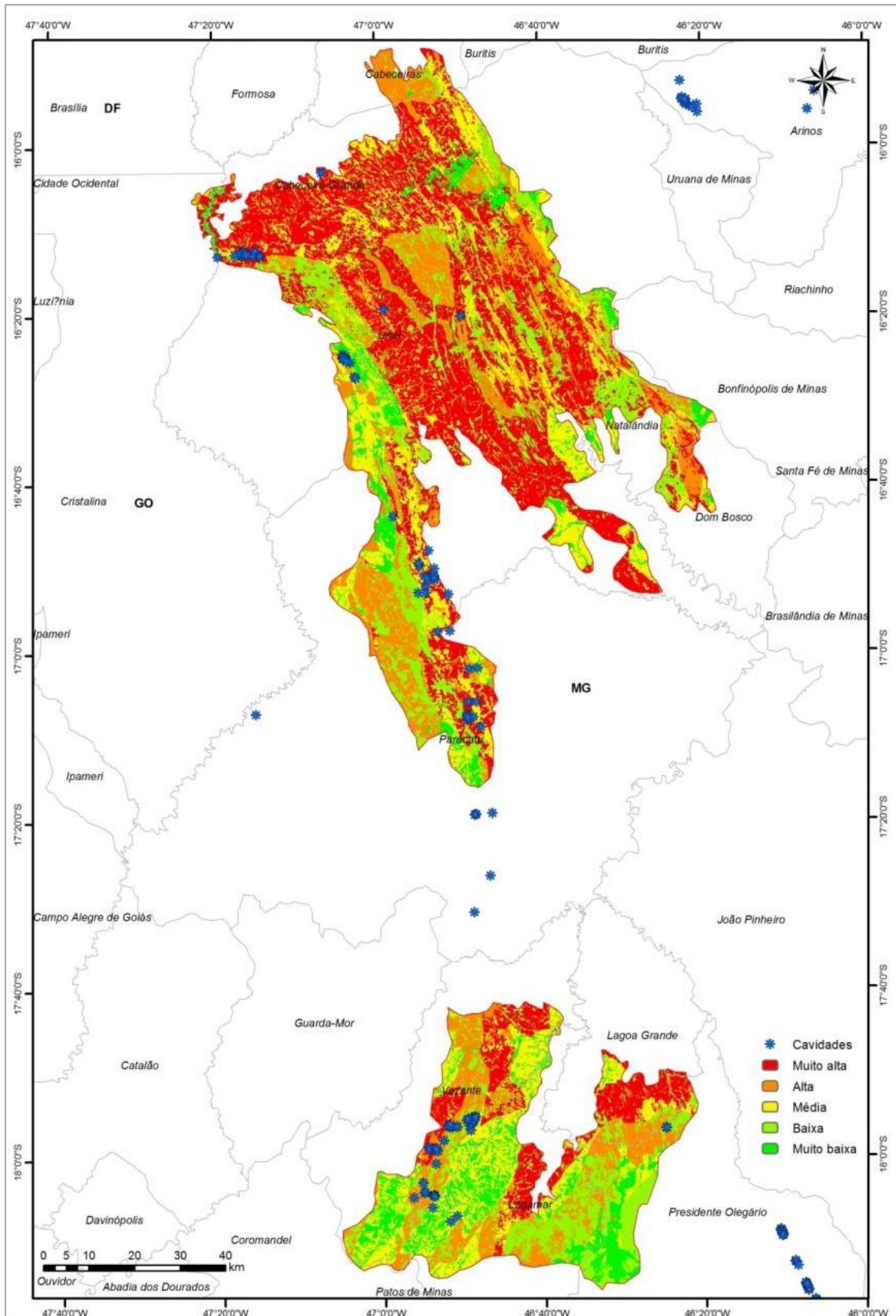


Figura 8- Mapa de vulnerabilidade ambiental da Área 2 - Paracatu/Unaí/Vazante.
Cartografia: Mauro Gomes

Tabela 3- Distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental na Área 2- Paracatu/Unai/Vazante.

Vulnerabilidade ambiental	Área (km ²)
Muito alta	2.893,56
Alta	1.633,49
Média	1.979,22
Baixa	1.682,07
Muito baixa	769,17
Total	8.957,51

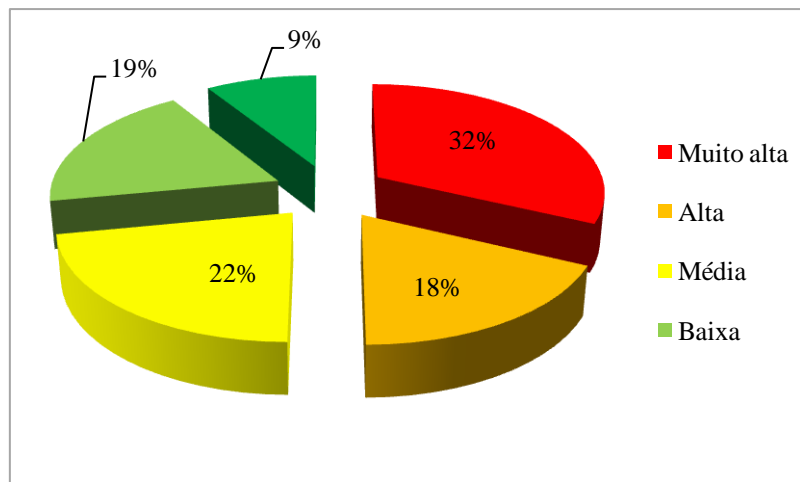


Figura 9- Distribuição percentual das classes de vulnerabilidade ambiental na Área 2 - Paracatu/Unai/Vazante.

Com relação às cavidades naturais subterrâneas conhecidas, de acordo com a Base CECÁV, 99 estão dentro dos limites da Área 2. A distribuição da localização dessas cavernas em relação ao grau de vulnerabilidade ambiental encontra-se na Figura 10. Como não existem unidades de conservação na Área 2, todas as 99 cavernas estão localizadas fora de áreas protegidas.

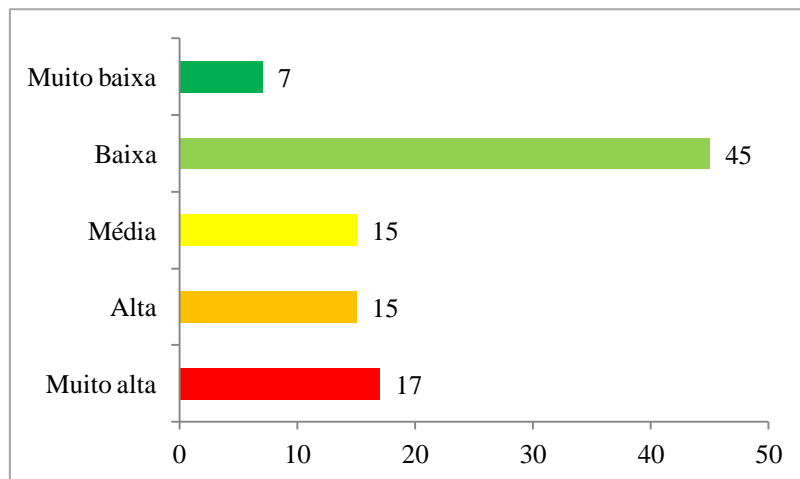


Figura 10- Distribuição da localização das 99 cavidades naturais subterrâneas, em relação ao grau de vulnerabilidade ambiental da Área 2.

3.1.3 Vulnerabilidade ambiental da Área 3 - Araripe

A Área 3 - Araripe tem extensão de 3.371,88 km² e se localiza na divisa dos estados do Ceará e Pernambuco.

Como resultado da aplicação da metodologia (Figura 11) tem-se na Tabela 4 e Figura 12 a distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental da Área 3.

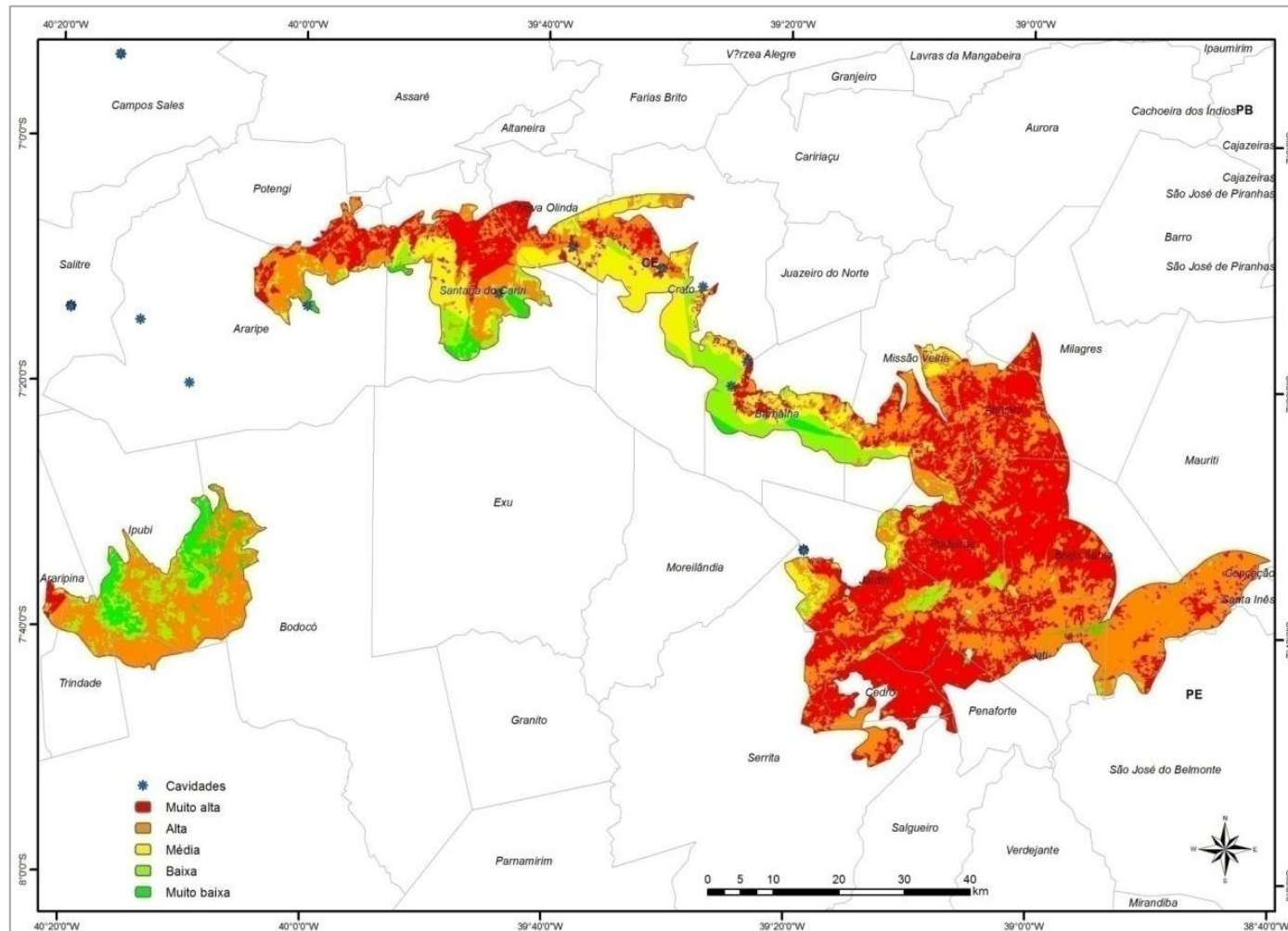


Figura 11- Mapa de vulnerabilidade ambiental da Área 3 - Araripe.
Cartografia: Mauro Gomes

Tabela 4- Distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental na Área 3 - Araripe

Vulnerabilidade ambiental	Área (km ²)
Muito alta	1.247,98
Alta	1.332,11
Média	371,16
Baixa	294,43
Muito baixa	126,20
Total	3.371,88

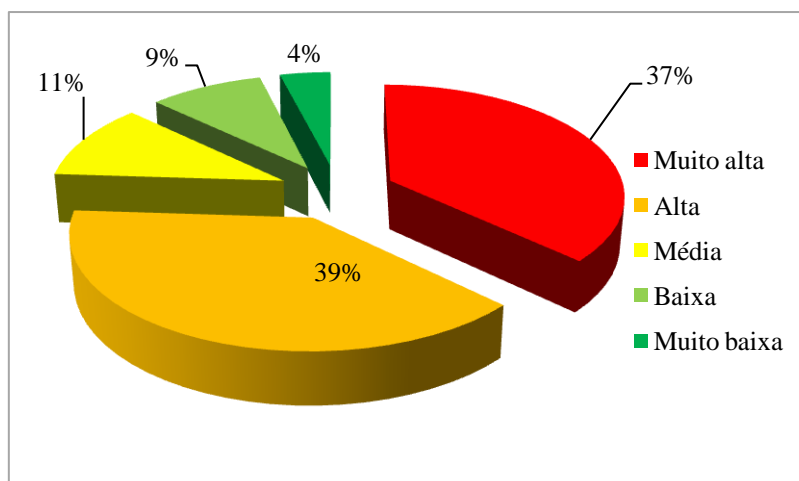


Figura 12- Distribuição percentual das classes de vulnerabilidade ambiental na Área 3 - Araripe

De acordo com a Base CECAV, na Área 3 foram identificadas 8 cavidades naturais subterrâneas. A distribuição da localização dessas cavernas em relação ao grau de vulnerabilidade ambiental da Área encontra-se na Figura 13.

Do total de 3.371,88 km² de extensão dessa Área, 2.876,67 km² (85%) se encontram em uma unidade de conservação de uso sustentável, a Área de Proteção Ambiental da Chapada do Araripe (Figura 14), bem como as oito cavernas conhecidas.

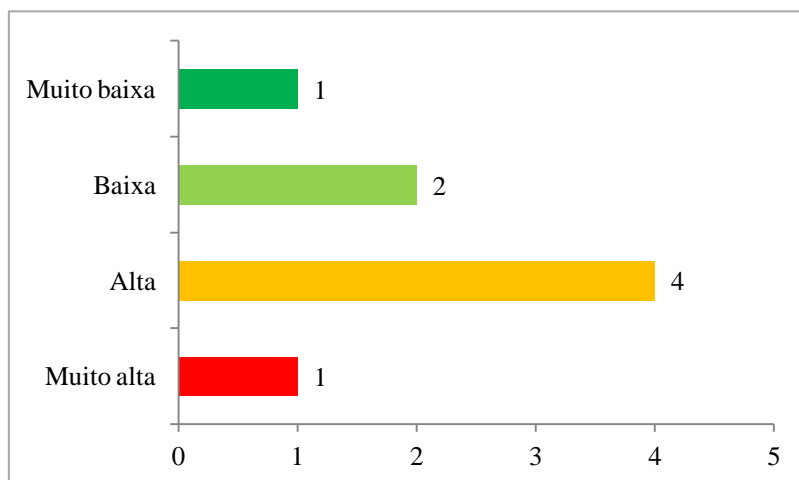


Figura 13- Distribuição das oito cavidades naturais subterrâneas, em relação ao grau de vulnerabilidade ambiental da Área 3

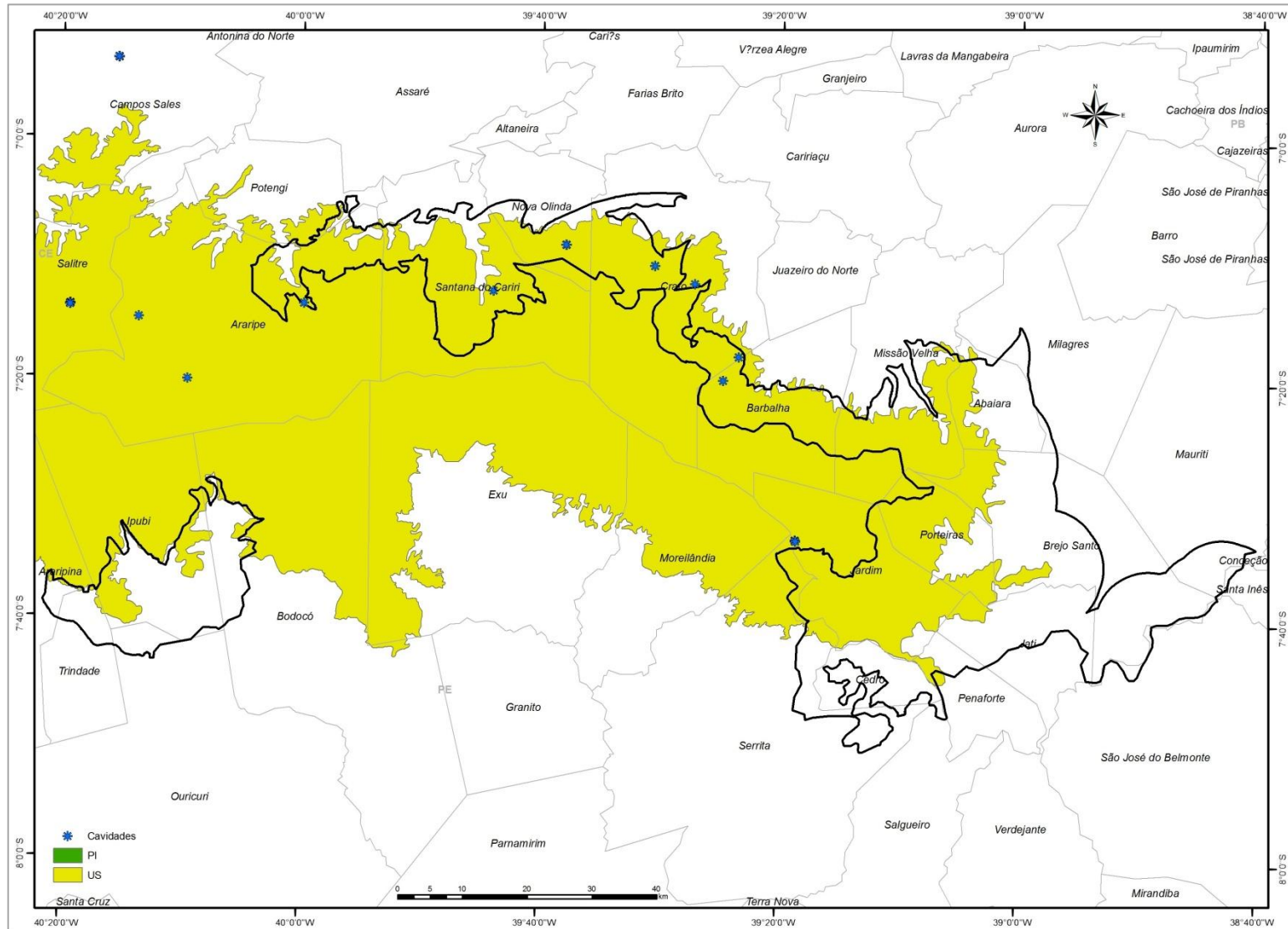


Figura 14- Unidade de conservação localizada na Área 3 - Araripe
 Cartografia: Mauro Gomes

Na Tabela 5 tem-se a classificação das áreas vulneráveis nos 495,21 km² (15%) que se encontram fora dessa área protegida.

Tabela 5- Distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental para os locais situados fora dos limites da APA da Chapada do Araripe

Vulnerabilidade ambiental	Área (km²)
Muito alta	69,24
Alta	358,13
Média	7,28
Baixa	47,01
Muito baixa	13,55
Total	495,21

3.1.4 Vulnerabilidade ambiental da Área 4 - São Desidério/Serra do Ramalho

A Área 4 - São Desidério/Serra do Ramalho tem extensão de 14.633,86 km² e se localiza na região oeste do Estado da Bahia.

Como resultado da aplicação da metodologia (Figura 15) tem-se na Tabela 6 e Figura 16 a distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental da Área 4.

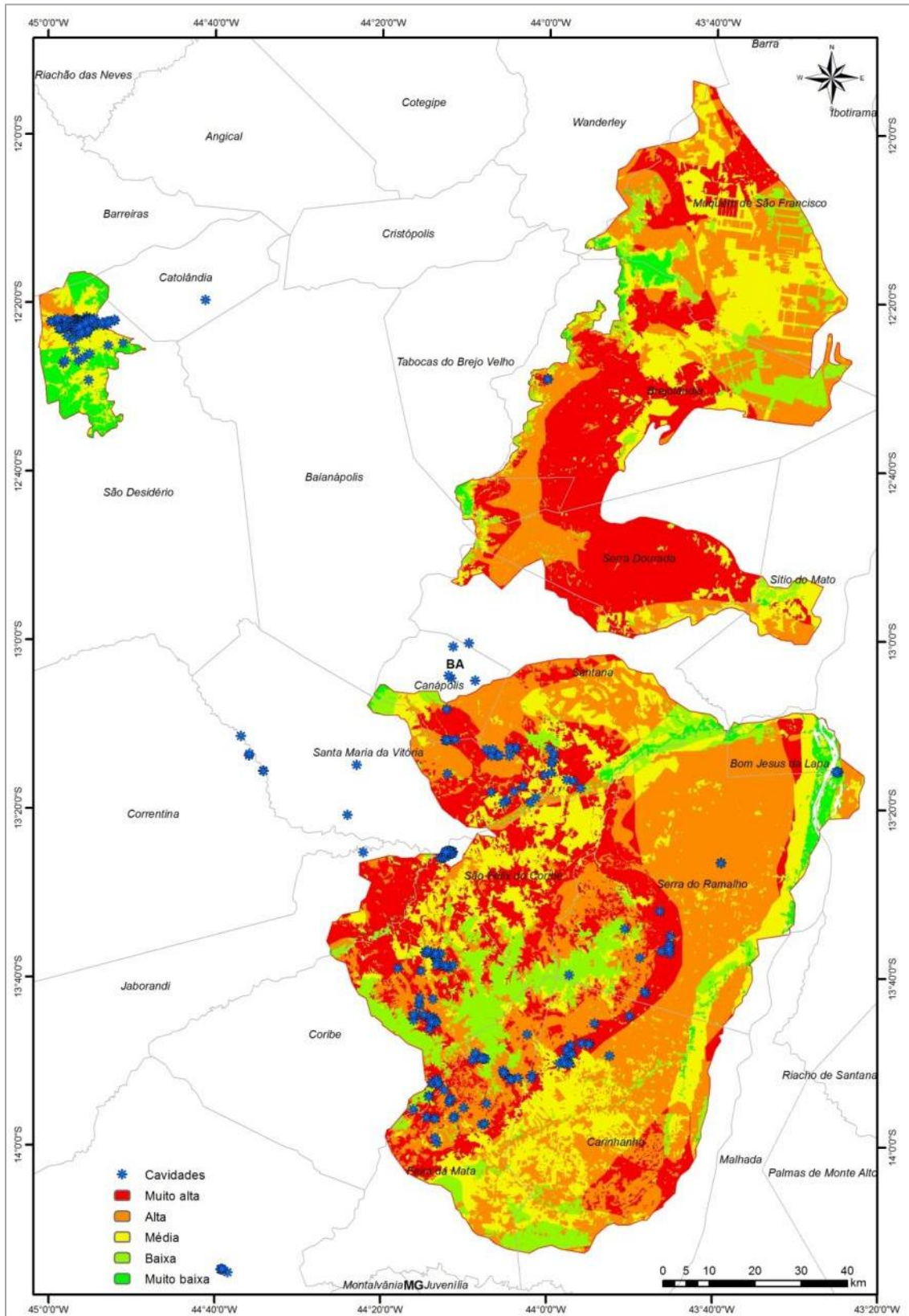


Figura 15: Mapa de vulnerabilidade ambiental da Área 4 - São Desidério/Serra do Ramalho.
Cartografia: Mauro Gomes

Tabela 6- Distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental na Área 4 - São Desidério/Serra do Ramalho.

Vulnerabilidade ambiental	Área (km²)
Muito alta	3.936,66
Alta	5.507,02
Média	3.315,78
Baixa	1.425,82
Muito baixa	448,58
Total	14.633,86

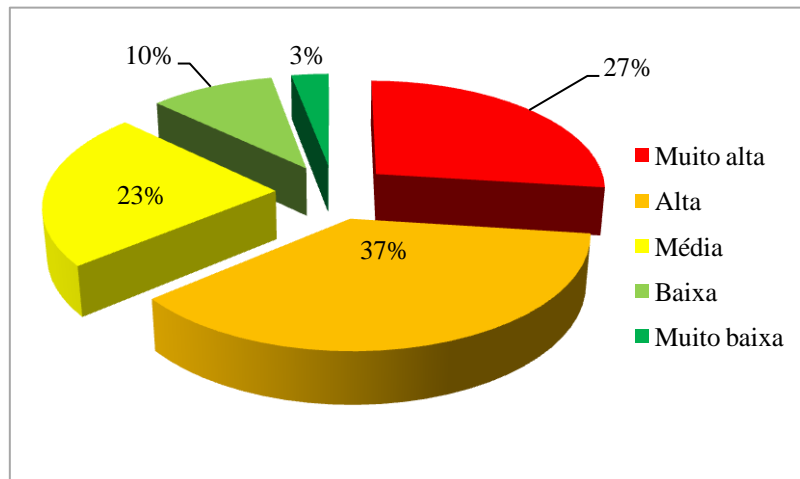


Figura 16- Distribuição percentual das classes de vulnerabilidade ambiental na Área 4 - São Desidério/Serra do Ramalho.

Segundo a Base CECAV, na Área 4 foram identificadas 347 cavidades naturais subterrâneas. Na Figura 17 tem-se a distribuição da localização dessas cavernas em relação ao grau de vulnerabilidade ambiental da Área.

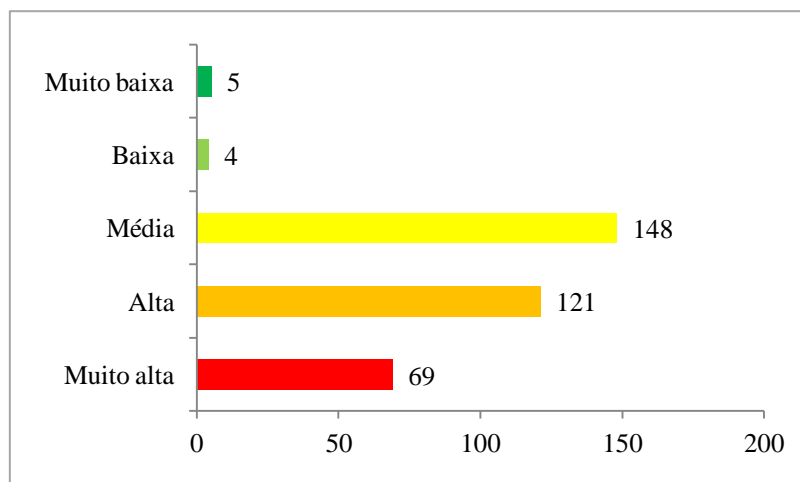


Figura 17- Distribuição da localização das 347 cavernas existentes, em relação ao grau de vulnerabilidade ambiental da Área 4.

Na Área 4 existem duas áreas protegidas (Figura 18), sendo uma unidade de conservação de uso sustentável (Área de Proteção Ambiental Estadual de São Desidério) e uma terra indígena (Vargem Alegre).

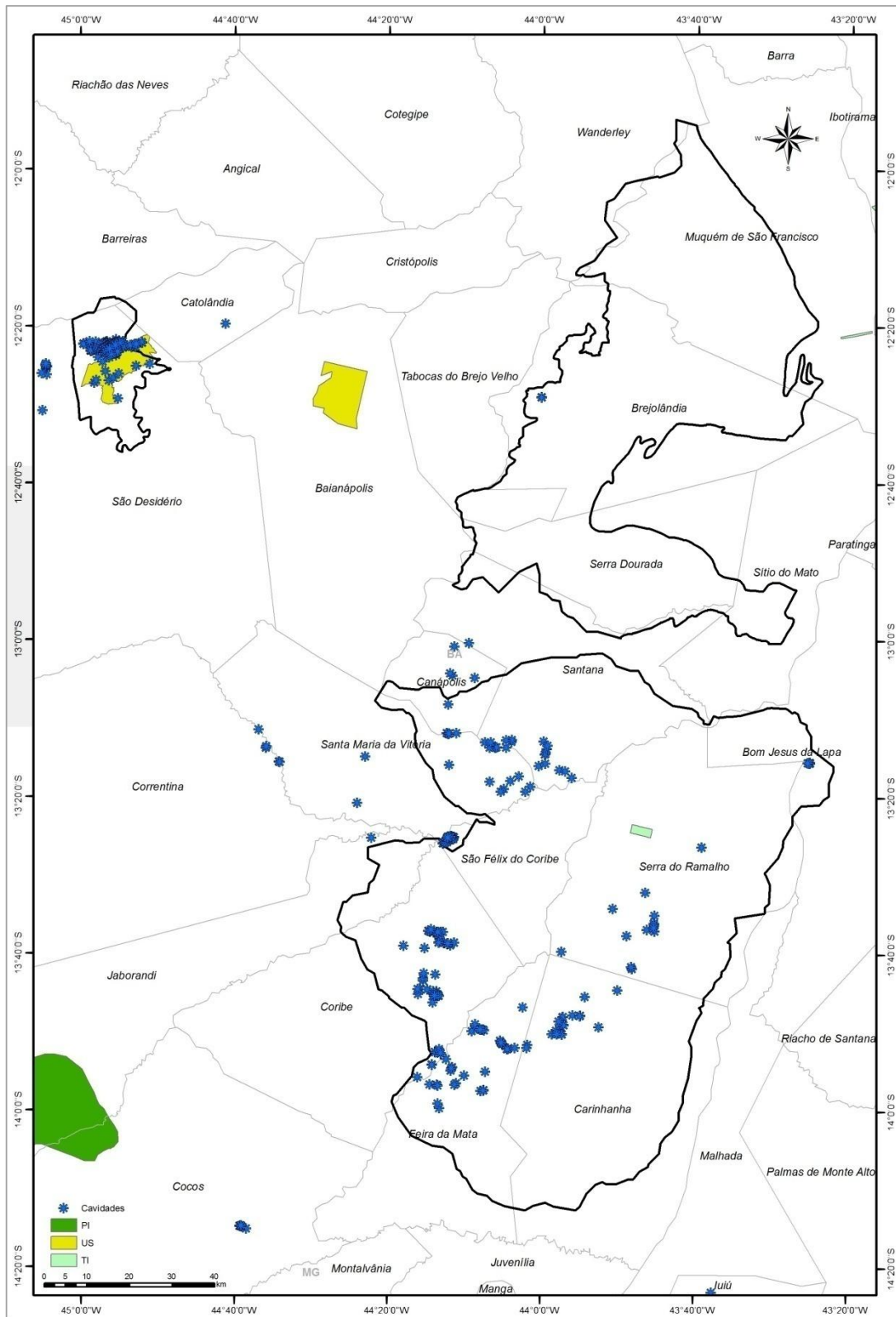


Figura 18- Áreas protegidas localizadas na Área 4 - São Desidério/Serra do Ramalho
Cartografia: Mauro Gomes.

Do total de 14.633,86 km² de extensão da Área 4, apenas 103,65 km² (0,71%) se encontram em áreas protegidas, sendo 9,81 km² (0,07%) na terra indígena e 93,84 km² (0,64%) na unidade de uso sustentável.

Na Tabela 7 tem-se a classificação das áreas vulneráveis nos 14.530,21 km² (99,29%) que se encontram fora de áreas protegidas e na Figura 19, a distribuição da localização das 328 cavernas que se encontram dentro dessas áreas vulneráveis.

Tabela 7- Distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental para os locais situados fora dos limites das áreas protegidas

Vulnerabilidade ambiental	Área (km²)
Muito alta	3.936,66
Alta	5.497,09
Média	3.243,83
Baixa	1.425,79
Muito baixa	426,84
Total	14.530,21

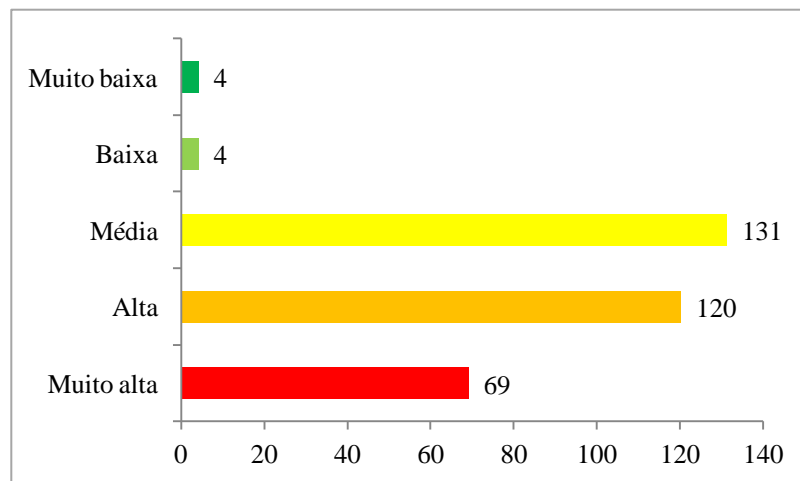


Figura 19- Distribuição da localização das 328 cavernas da Área 4, de acordo com o grau de vulnerabilidade ambiental dos locais situados fora dos limites das áreas protegidas

3.1.5 Vulnerabilidade ambiental da Área 5- Quadrilátero Ferrífero

A Área 5- Quadrilátero Ferrífero tem extensão de 3.802,38 km² e se localiza na porção centro sul do estado de Minas Gerais.

Como resultado da aplicação da metodologia (Figura 20) tem-se na Tabela 8 e Figura 21 a distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental da Área 5.

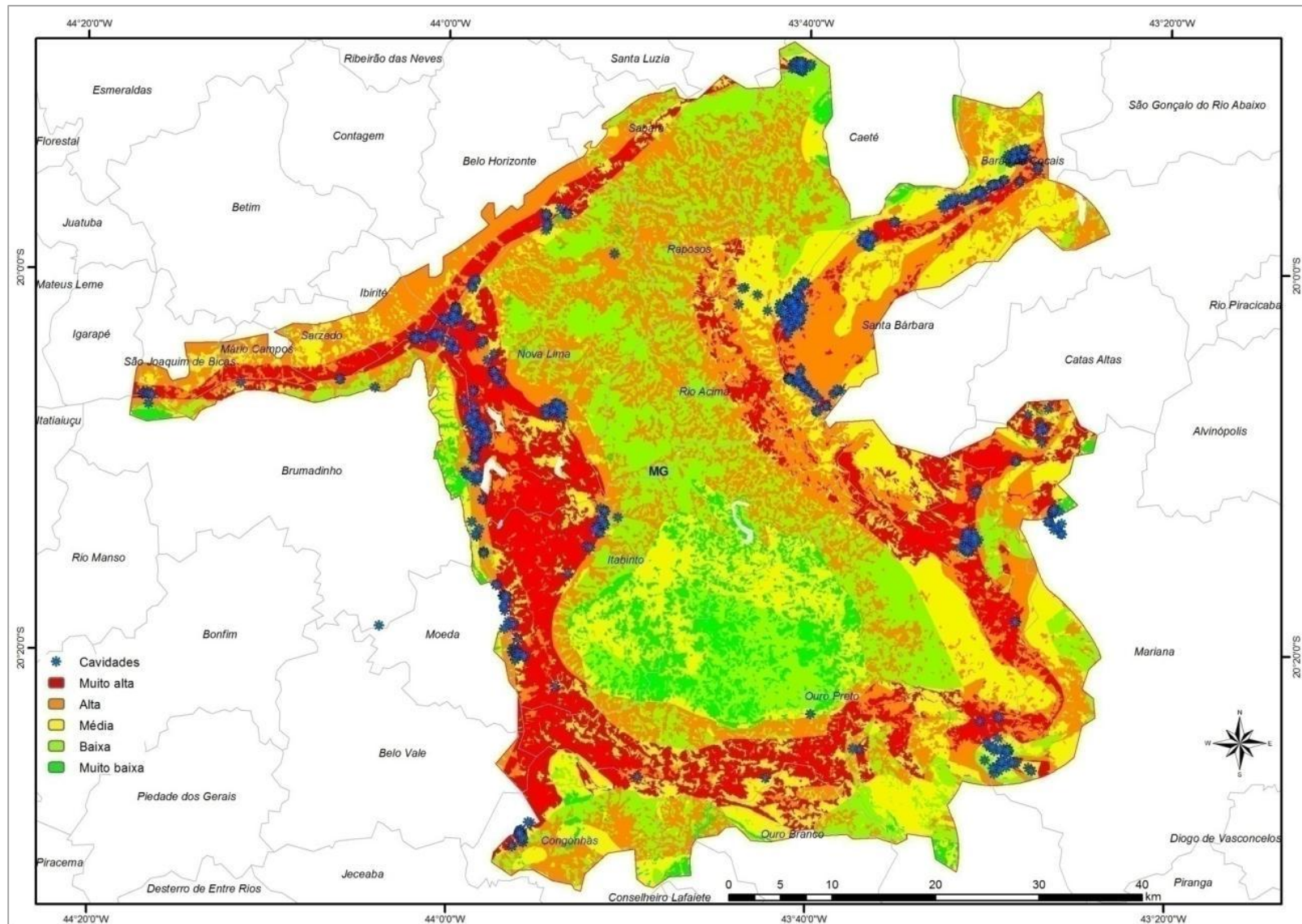


Figura 20- Mapa de vulnerabilidade ambiental da Área 5 - Quadrilátero Ferrífero.
Cartografia: Mauro Gomes.

Tabela 8- Distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental na Área 5 - Quadrilátero Ferrífero.

Vulnerabilidade ambiental	Área (km ²)
Muito alta	715,23
Alta	1.207,05
Média	840,79
Baixa	838,40
Muito baixa	200,91
Total	3.802,38

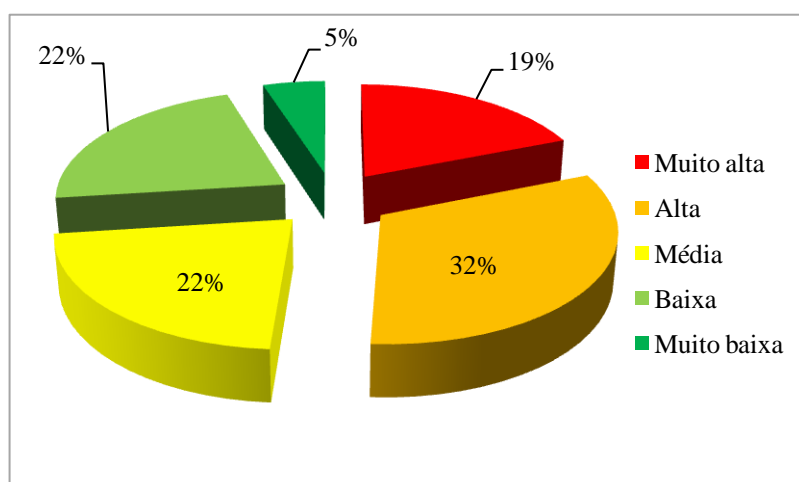


Figura 21- Distribuição percentual das classes de vulnerabilidade ambiental na Área 5 - Quadrilátero Ferrífero.

De acordo com a Base CECAV, foram identificadas 702 cavidades naturais subterrâneas na Área 5. A distribuição da localização dessas cavernas em relação ao grau de vulnerabilidade ambiental da Área encontra-se na Figura 22.

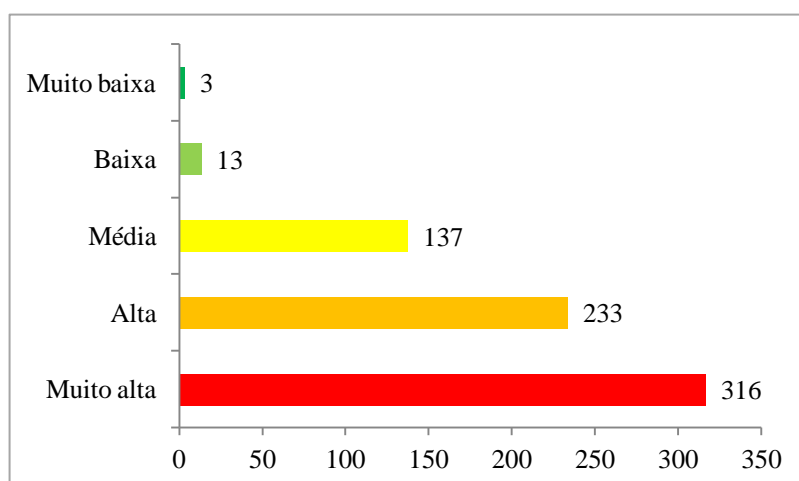


Figura 22- Distribuição da localização das 702 cavernas conhecidas, de acordo com o grau de vulnerabilidade ambiental da Área 5.

Na Área 5 existem 40 áreas protegidas, sendo 18 na jurisdição estadual e 22 na municipal (Figura 23). São 12 unidades de conservação de proteção integral (Estação Ecológica Estadual Cercadinho, Estação Ecológica Estadual de Arêdes, Estação Ecológica de

Fechos, Monumento Natural da Serra da Moeda, Parque Estadual Serra do Ouro Branco, Parque Estadual Serra do Rola-Moça, Parque Natural Municipal Aggeo Pio Sobrinho, Parque Natural Municipal das Mangabeiras, Parque Natural Municipal Chácara do Lessa, Parque Natural Municipal Mata das Borboletas, Parque Natural Municipal Roberto Burle Marx), 5 unidades de conservação de uso sustentável (Área de Proteção Ambiental Estadual Sul RMBH, Área de Proteção Ambiental Estadual Fechos, Área de Proteção Ambiental Estadual Cachoeira das Andorinhas, Floresta Estadual do Uaimi, Área de Proteção Ambiental Municipal Serra das Farofas) e 23 de categorias não pertencentes ao Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC (Área de Proteção Especial Estadual Rio Manso, Área de Proteção Especial Estadual Veríssimo, Área de Proteção Especial Estadual Córrego Taboão, Área de Proteção Especial Estadual Rola-Moça e Bálamo, Área de Proteção Especial Estadual Córrego Cercadinho, Área de Proteção Especial Estadual Córrego da Mutuca, Área de Proteção Especial Estadual Córrego Barreiro, Parque Municipal das Nações, Parque Municipal Jornalista Eduardo Couri, Parque Municipal Área Verde do Vertedouro da Barra, Parque Municipal Nova Granada, Parque Municipal Paulo Beirutti, Parque Municipal Bosque São Bento II, Parque Municipal Juscelino Kubitschek ou Parque do Acaba Mundo, Parque Municipal Professor Amilcar Vianna Martins, Parque Municipal Julien Rien, Parque Municipal Bandeirante Silva Ortiz, Parque Municipal Vila Pantanal, Parque Municipal Marcus Pereira de Mello, Parque Municipal Halley Alves Bessa, Parque Municipal Área das Nascentes da Barragem Santa Lúcia, Parque Municipal Vila Pinho).

Dos 3.802,37 km² da Área 5, tem-se em área protegida 47,52% (1.806,98 km²), sendo que 1.611,29 km² (42,38%) localizam-se em unidades de conservação de uso sustentável, 128,27 km² (3,37%) em unidades de proteção integral e 67,43 km² (1,77%) em outras categorias não pertencentes ao SNUC.

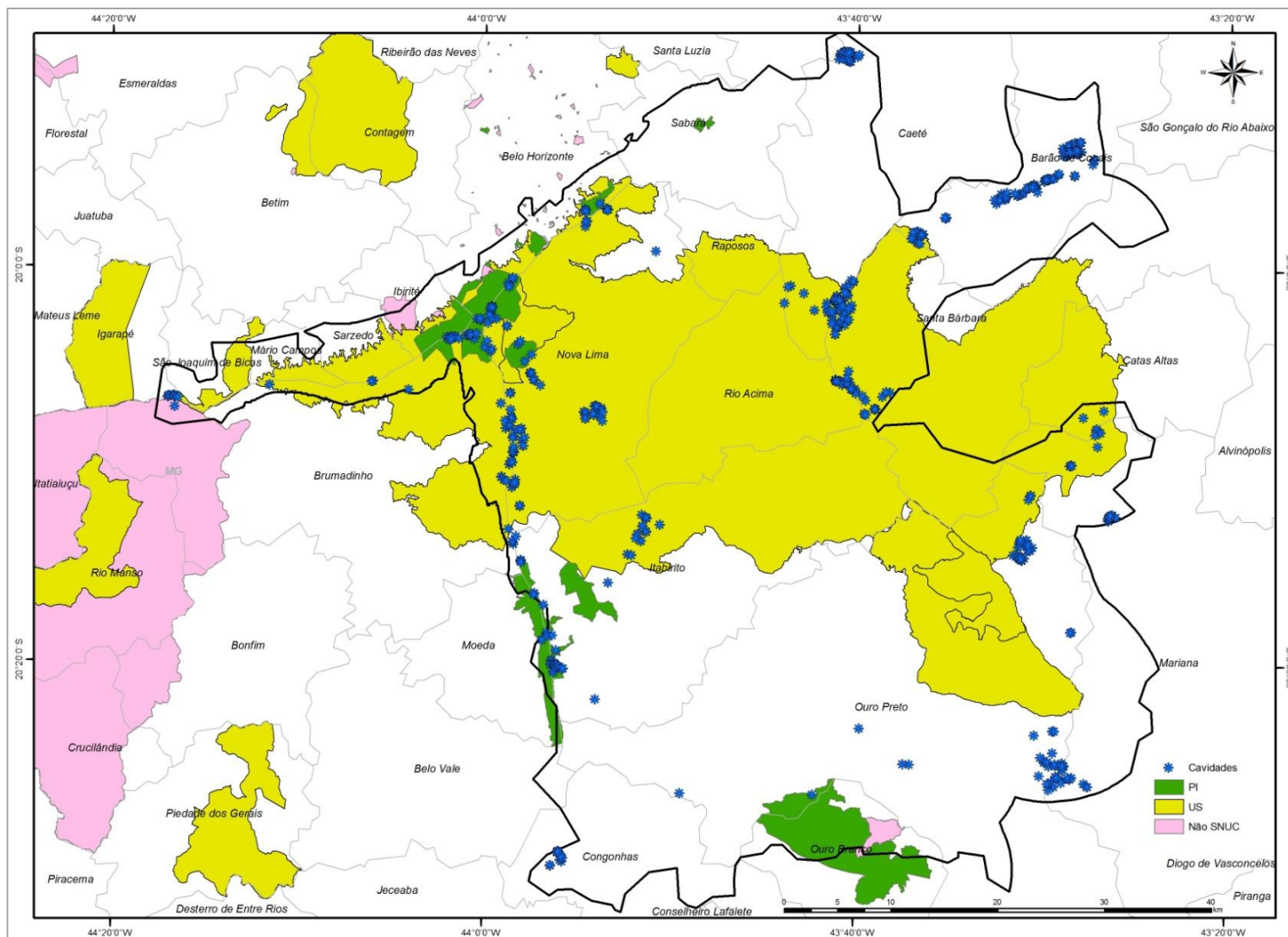


Figura 23- Áreas protegidas localizadas na Área 5 - Quadrilátero Ferrífero.
Cartografia: Mauro Gomes

Na Tabela 9 pode-se verificar a classificação das áreas vulneráveis nos 1.995,39 km² (58,48%) que se encontram fora dos limites das áreas protegidas.

Tabela 9- Distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental para os locais situados fora dos limites das áreas protegidas

Vulnerabilidade ambiental	Área (km ²)
Muito alta	274,68
Alta	576,68
Média	508,50
Baixa	465,39
Muito baixa	170,14
Total	1.995,39

Conforme a base de dados do CECAV, das 702 cavidades identificadas na Área 5, um total de 369 encontra-se fora dos limites das unidades de conservação. Na Figura 24 tem-se a distribuição da localização dessas cavernas em relação ao grau de vulnerabilidade ambiental.

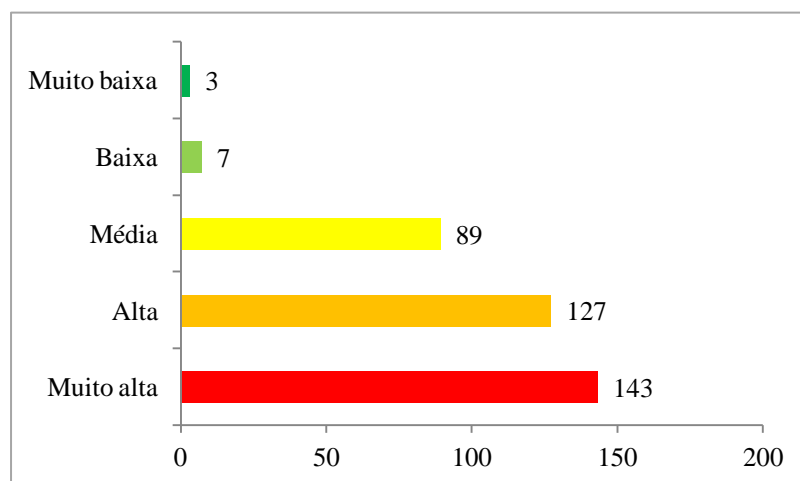


Figura 24- Distribuição da localização das 369 cavernas situadas fora dos limites das áreas protegidas, de acordo com o grau de vulnerabilidade ambiental da Área 5

3.1.6 Vulnerabilidade ambiental da Área 6 - Ourolândia/Campo Formoso

A Área 6 - Ourolândia/Campo Formoso tem extensão de 12.313,90 km² e se localiza na região norte do estado da Bahia, próxima à divisa com o estado de Pernambuco.

Como resultado da aplicação da metodologia (Figura 25) tem-se na Tabela 10 e Figura 26 a distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental da Área 6.

Tabela 10- Distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental na Área 6 - Ourolândia/Campo Formoso.

Vulnerabilidade ambiental	Área (km ²)
Muito alta	4.275,78
Alta	3.551,08
Média	2.520,15
Baixa	1.466,40
Muito baixa	500,49
Total	12.313,90

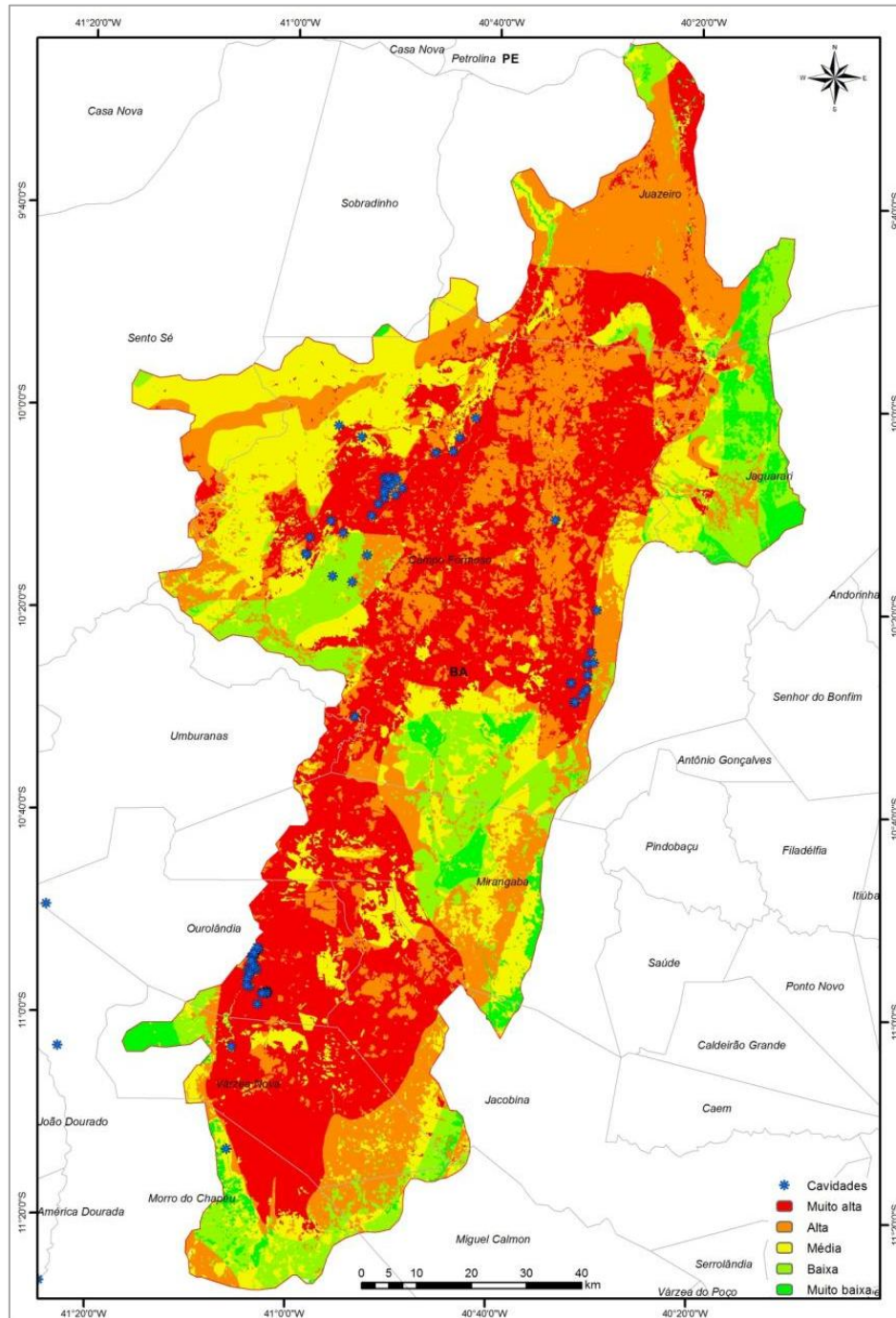


Figura 26: Mapa de vulnerabilidade ambiental da Área 6 - Ourolândia/Campo Formoso. Cartografia: Mauro Gomes.

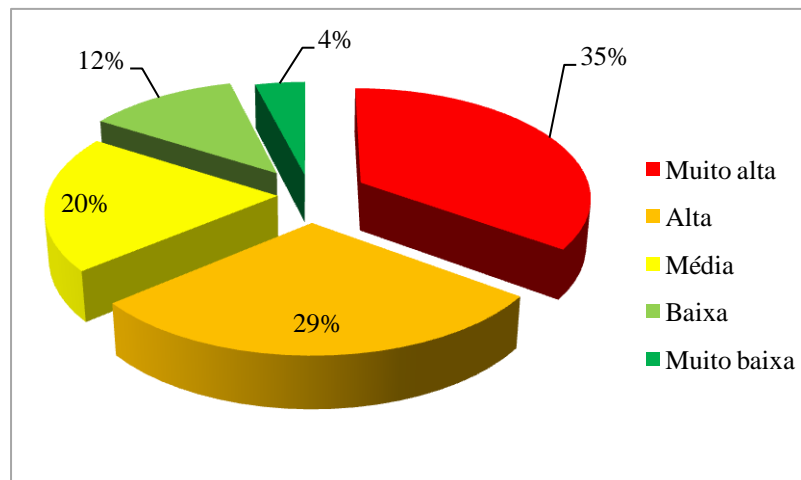


Figura 27- Distribuição percentual das classes de vulnerabilidade ambiental na Área 6 - Ourolândia/Campo Formoso.

De acordo com a Base CECAV, na Área 6 foram identificadas 80 cavidades naturais subterrâneas. Essa Área não possui áreas protegidas.

Na Figura 28 tem-se a distribuição da localização dessas cavernas em relação ao grau de vulnerabilidade ambiental da Área 6.

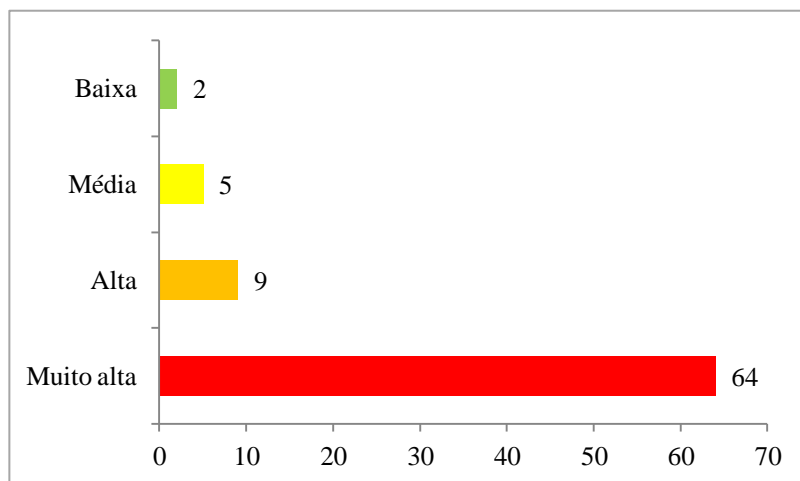


Figura 28- Distribuição da localização das 80 cavernas cadastradas e situadas fora dos limites de áreas protegidas, segundo o grau de vulnerabilidade ambiental da Área 6.

3.1.7 Vulnerabilidade ambiental da Área 7 - Canarana/Iraquara/Iramaia

A Área 7 - Canarana/Iraquara/Iramaia tem extensão de 7.113,13 km² e se localiza na região central do estado da Bahia.

Como resultado da aplicação da metodologia (Figura 29) tem-se na Tabela 11 e Figura 30 a distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental da Área 7.

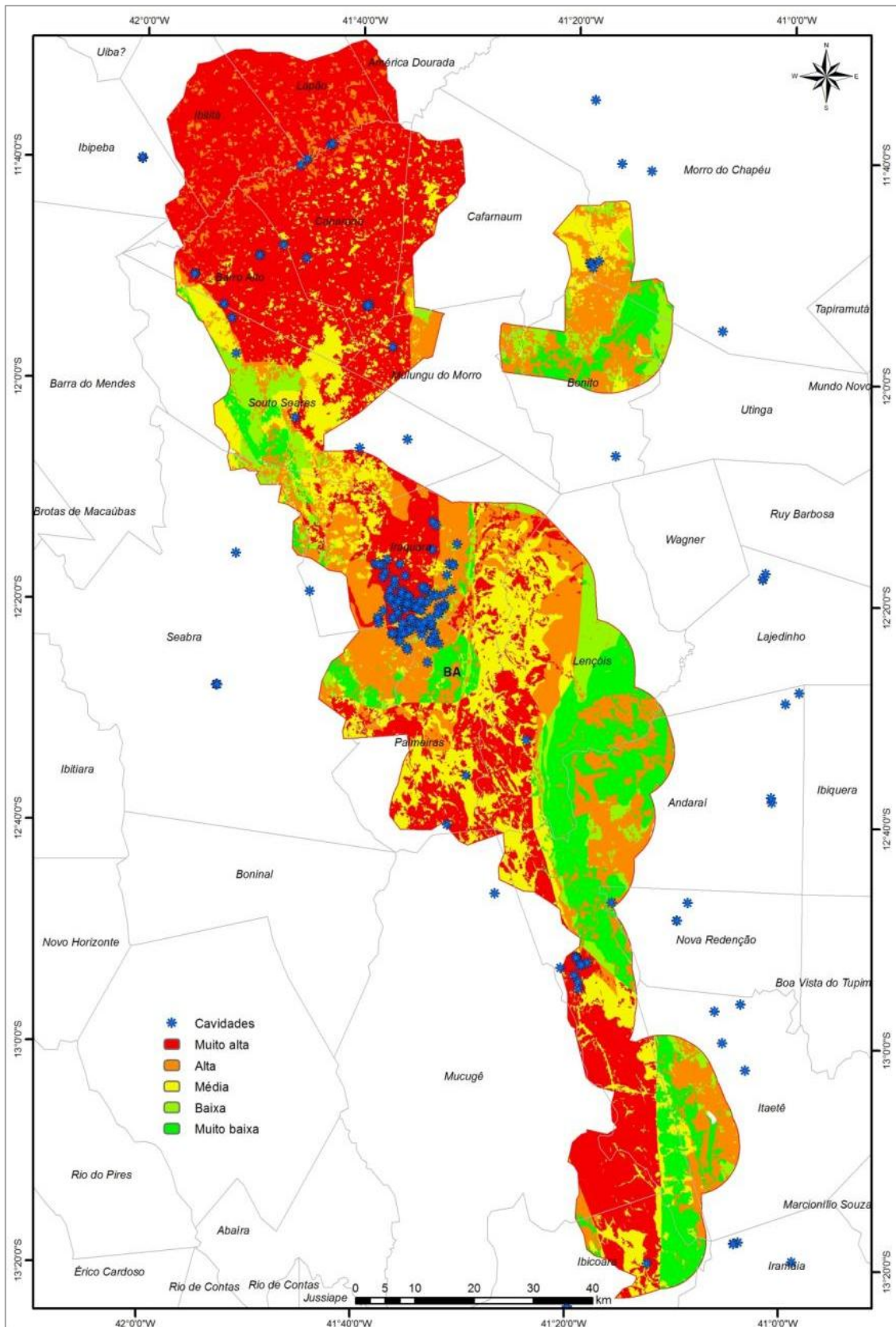


Figura 29- Mapa de vulnerabilidade ambiental da Área 7 - Canarana/Iraquara/Iramaia. Cartografia: Mauro Gomes.

Tabela 11- Distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental na Área 7 - Canarana/Iraquara/Iramaia.

Vulnerabilidade ambiental	Área (km ²)
Muito alta	2.925,29
Alta	1.558,28
Média	1.302,53
Baixa	907,26
Muito baixa	419,77
Total	7.113,13

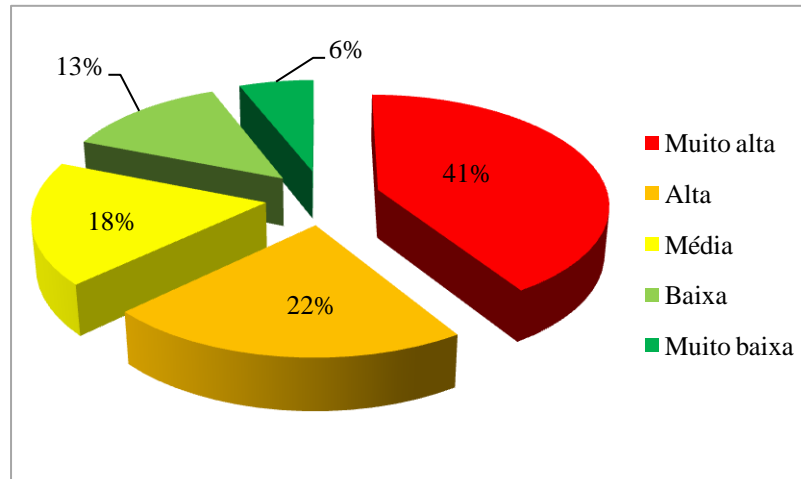


Figura 30- Distribuição percentual das classes de vulnerabilidade ambiental na Área 7

De acordo com a Base CECAV, existem 163 cavidades naturais subterrâneas dentro dos limites da Área 7. Na Figura 31 tem-se a distribuição da localização dessas cavernas em relação ao grau de vulnerabilidade ambiental da Área.

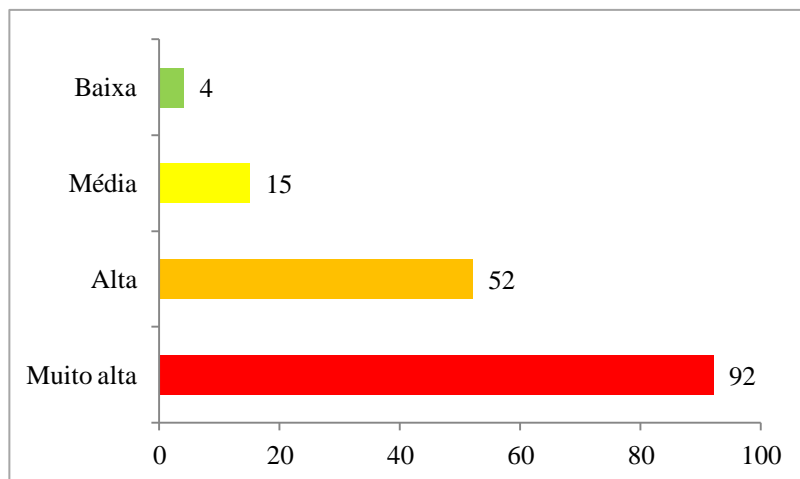


Figura 31- Distribuição da localização das 163 cavernas cadastradas, de acordo com o grau de vulnerabilidade ambiental da Área 7.

Encontram-se nessa Área duas unidades de conservação, a Área de Proteção Ambiental Estadual Marimbus-Iraquara e o Parque Nacional da Chapada Diamantina (Figura 32).

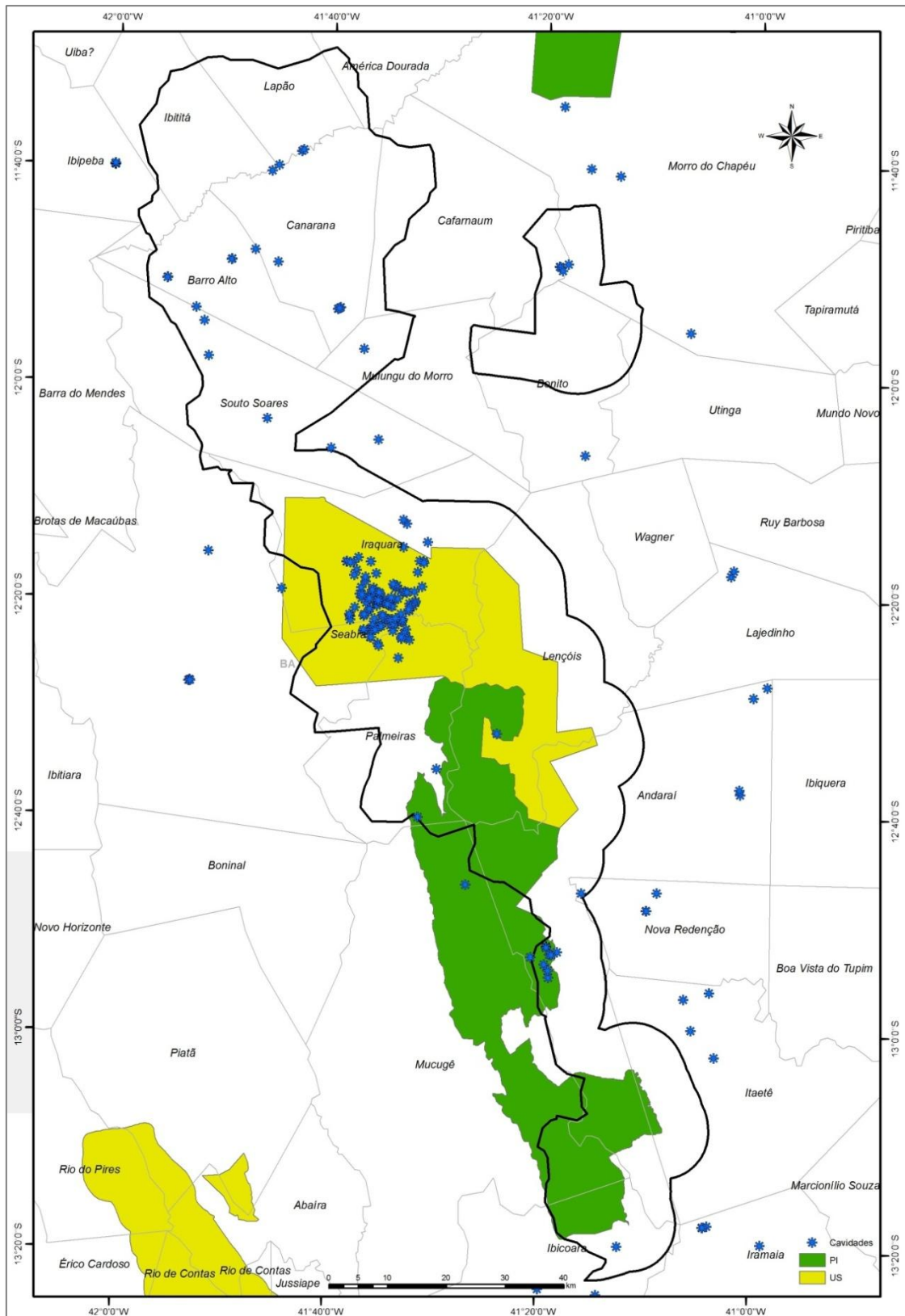


Figura 32- Unidades de conservação localizadas na Área 7 - Canarana/Iraquara/Iramaia.
Cartografia: Mauro Gomes.

Do total de 7.113,13 km² de extensão da Área 7, tem-se 2.018,27 km² (28,37%) dentro das unidades de conservação, sendo 1.149,09 km² (16,15%) na de proteção integral e 869,18 km² (12,21%) na de uso sustentável.

A Tabela 12 apresenta a classificação das áreas vulneráveis nos 5.094,85 km² (71,63%) que se encontram fora dos limites das áreas protegidas.

Tabela 12- Distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental para os locais situados fora dos limites das unidades de conservação existentes na Área 7.

Vulnerabilidade ambiental	Área (km ²)
Muito alta	2.174,48
Alta	1.125,14
Média	815,31
Baixa	350,54
Muito baixa	629,38
Total	5.094,85

Das 163 cavidades naturais subterrâneas identificadas dentro dos limites da Área 7, um total de 31 se situa fora dos limites das duas unidades de conservação. Na Figura 33 tem-se a distribuição da localização dessas cavernas em relação ao grau de vulnerabilidade ambiental da Área.

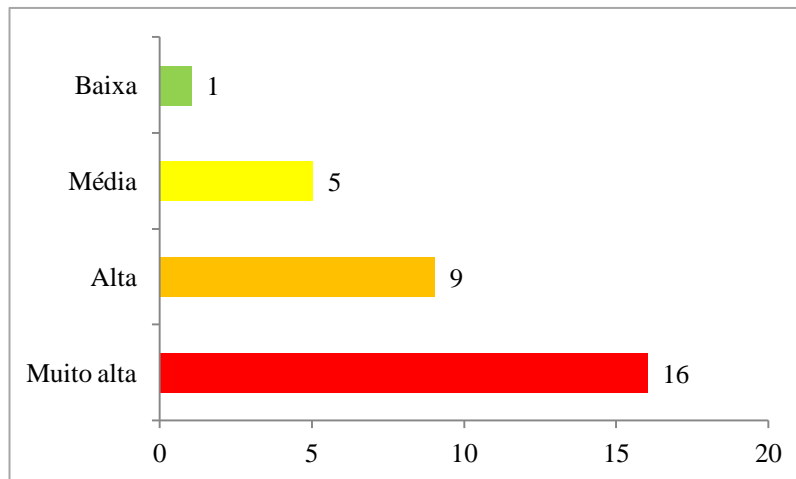


Figura 33- Distribuição da localização das 31 cavernas situadas fora dos limites das unidades de conservação, segundo o grau de vulnerabilidade ambiental da Área 7.

3.1.8 Vulnerabilidade ambiental da Área 8 - Peruaçu/Montes Claros

A Área 8 - Peruaçu/Montes Claros tem extensão de 12.150,34 km² e se localiza na região norte do estado de Minas Gerais.

Como resultado da aplicação da metodologia (Figura 34) tem-se na Tabela 13 e Figura 35 a distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental da Área 8.

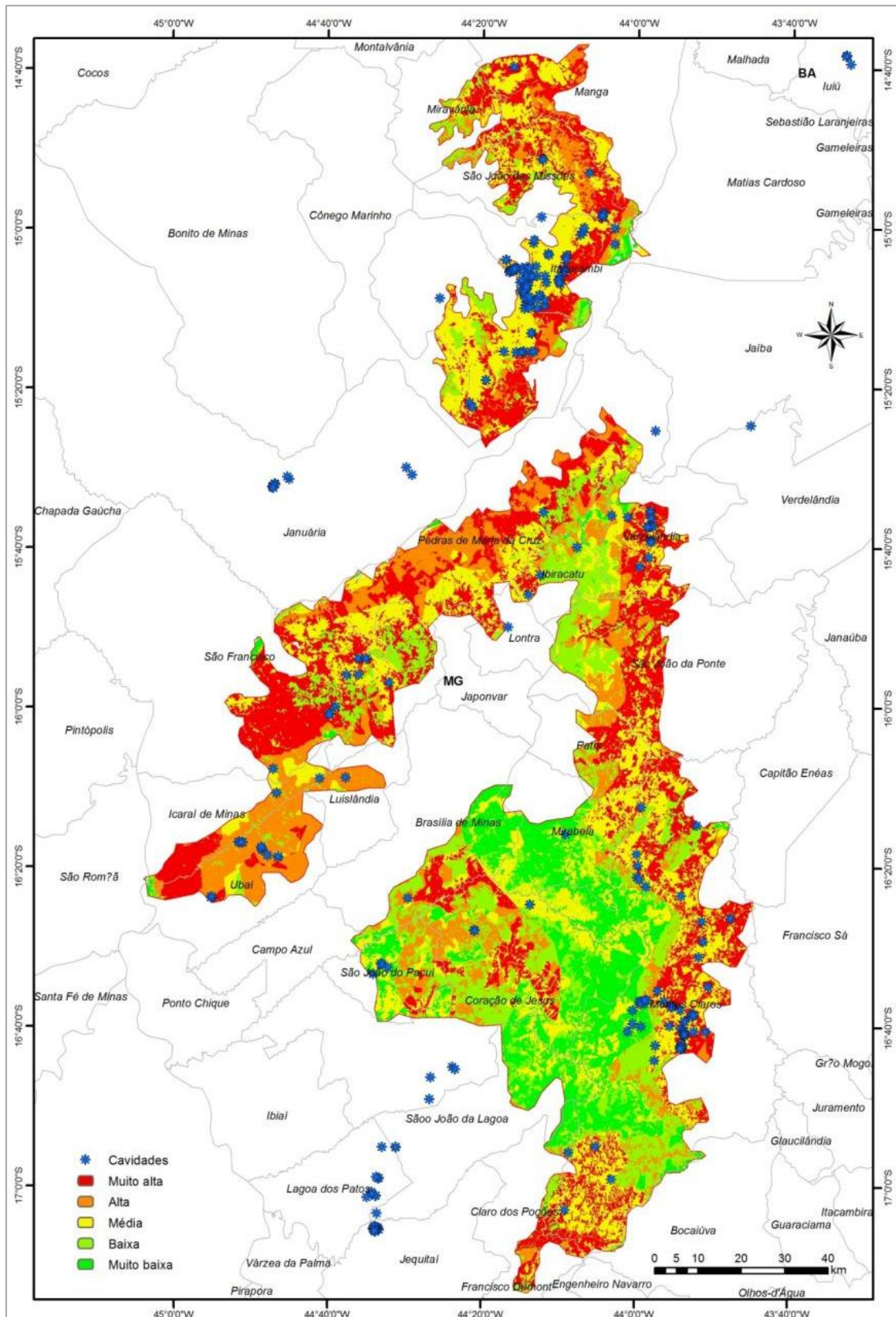


Figura 34- Mapa de vulnerabilidade ambiental da Área 8 - Peruaçu/Montes Claros.
Cartografia: Mauro Gomes.

Tabela 13- Distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental na Área 8 - Peruaçu/Montes Claros.

Vulnerabilidade ambiental	Área (km ²)
Muito alta	3.124,35
Alta	1.972,94
Média	3.581,80
Baixa	2.018,45
Muito baixa	1.452,80
Total	12.150,34

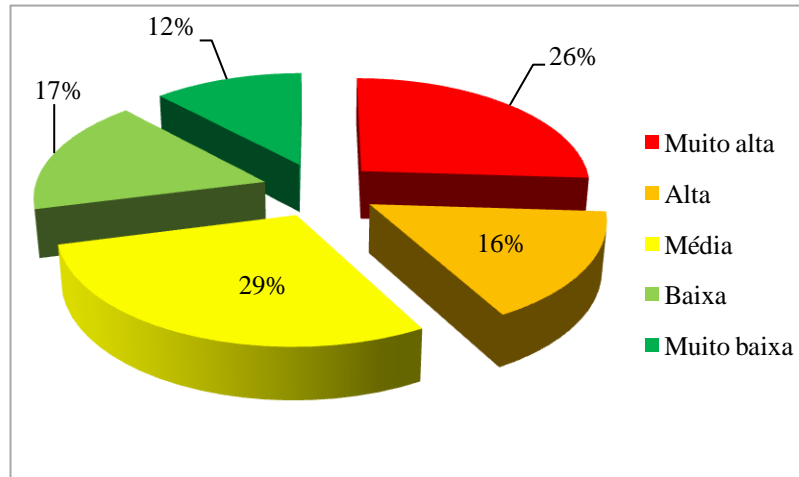


Figura 35- Distribuição percentual das classes de vulnerabilidade ambiental na Área 8 - Peruaçu/Montes Claros.

Existem 254 cavernas dentro dos limites da Área 7, segundo a Base CECAV. Na Figura 36 tem-se a distribuição da localização dessas cavidades naturais subterrâneas em relação ao grau de vulnerabilidade ambiental.

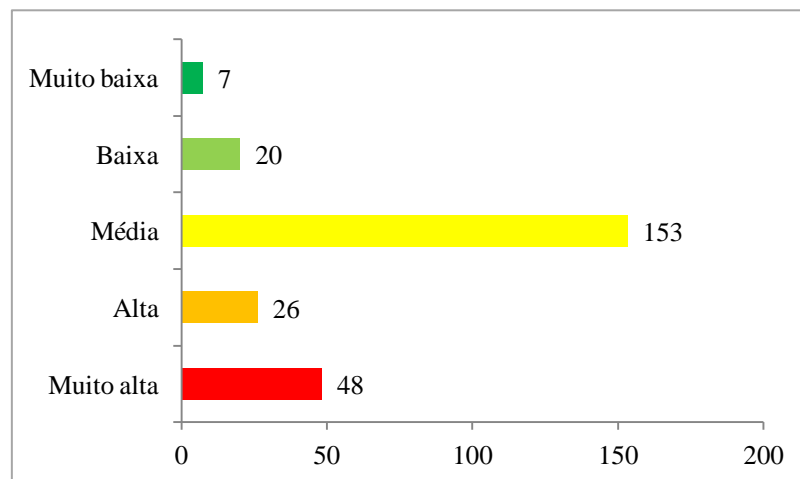


Figura 36- Distribuição da localização das 254 cavernas, segundo a vulnerabilidade ambiental da Área 8.

Na Área 8 existem 9 áreas protegidas (Figura 37), sendo 4 de proteção integral (Parque Estadual do Cajueiro, Parque Estadual Mata Seca, Parque Estadual da Lapa Grande e Parque Nacional Cavernas do Peruaçu), 3 de uso sustentável (Área de Proteção Ambiental Municipal Serra do Sabonetal, Área de Proteção Ambiental Estadual Bacia do Rio Pandeiros

e Área de Proteção Ambiental Cavernas do Peruaçu) e 2 terras indígenas (Xacriabá e Xacriabá Rancharia).

Do total de 12.150,34 km² de extensão da área, tem-se 1.041,30 km² (8,57%) dentro de áreas protegidas, sendo 428,80 km² (3,53%) em unidades de conservação de proteção integral, 290,78 km² (2,39%) em unidades de uso sustentável e 321,72 km² (2,65%) em terras indígenas.

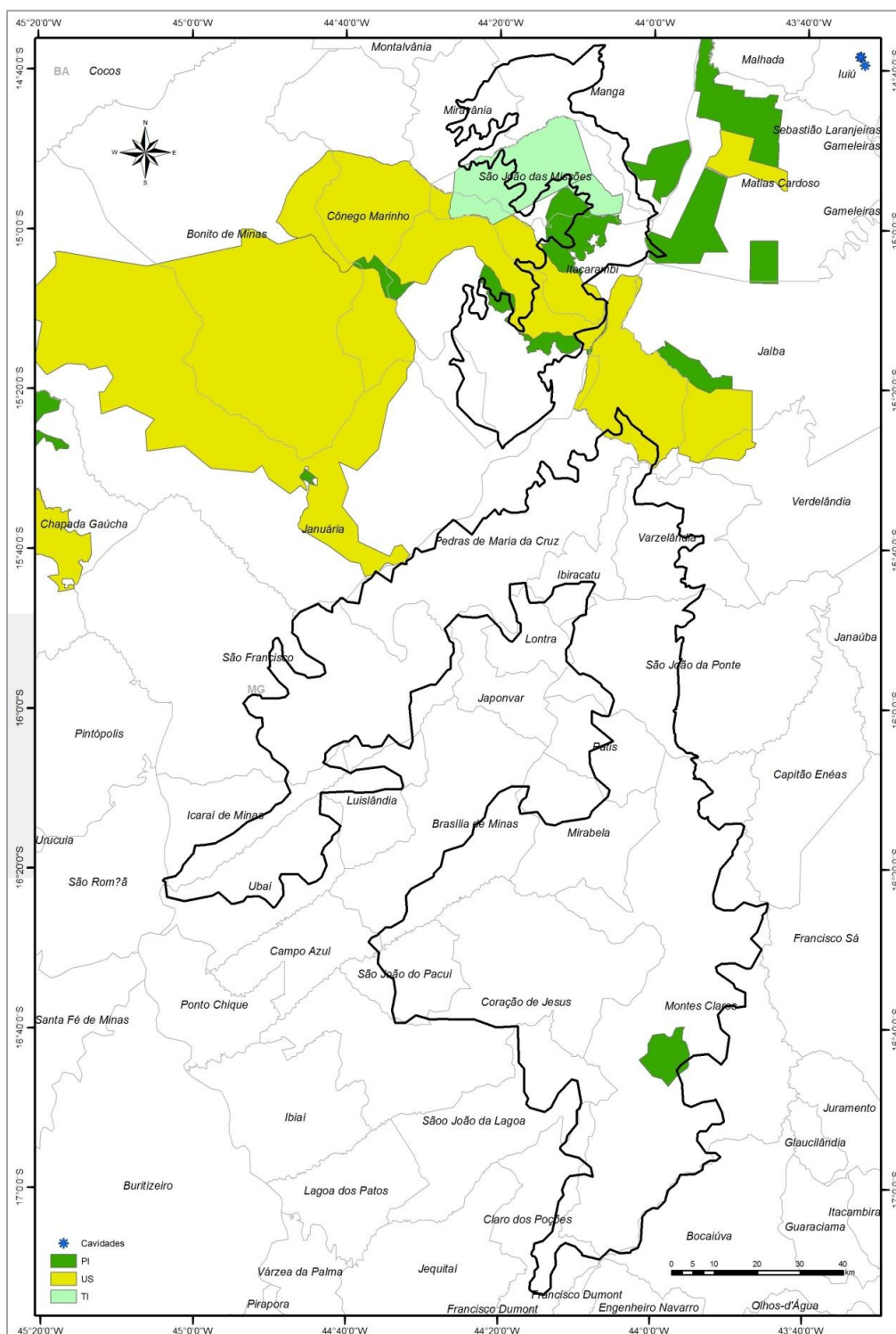


Figura 37- Áreas protegidas localizadas na Área 8 - Peruaçu/Montes Claros. Cartografia: Mauro Gomes.

A Tabela 14 apresenta a classificação das áreas vulneráveis nos 11.109,04 km² (91,43%) situados fora dos limites das áreas protegidas.

Tabela 14- Distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental para os locais situados fora dos limites de unidades de conservação.

Vulnerabilidade ambiental	Área (km²)
Muito alta	2.918,09
Alta	1.845,76
Média	3.030,42
Baixa	1.877,36
Muito baixa	1.437,41
Total	11.109,04

De acordo com a Base CECAV, existem 254 cavernas dentro dos limites da Área 8. Na Figura 38 tem-se a distribuição da localização das 153 situadas fora dos limites das áreas protegidas em relação ao grau de vulnerabilidade ambiental da Área 8.

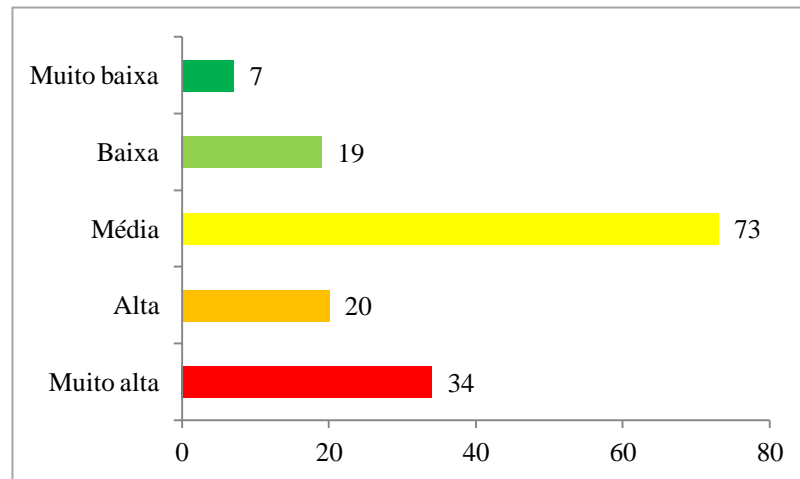


Figura 38- Distribuição da localização das 153 cavernas situadas fora dos limites das áreas protegidas, segundo o grau de vulnerabilidade ambiental da Área 8.

3.1.9 Vulnerabilidade ambiental da Área 9 - APA Carste de Lagoa Santa/Monjolos

A Área 9 - APA Carste de Lagoa Santa/Monjolos tem extensão de 8.727,73 km² e se localiza na região central do estado de Minas Gerais.

Como resultado da aplicação da metodologia (Figura 39) tem-se na Tabela 15 e Figura 40 a distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental da Área 9.

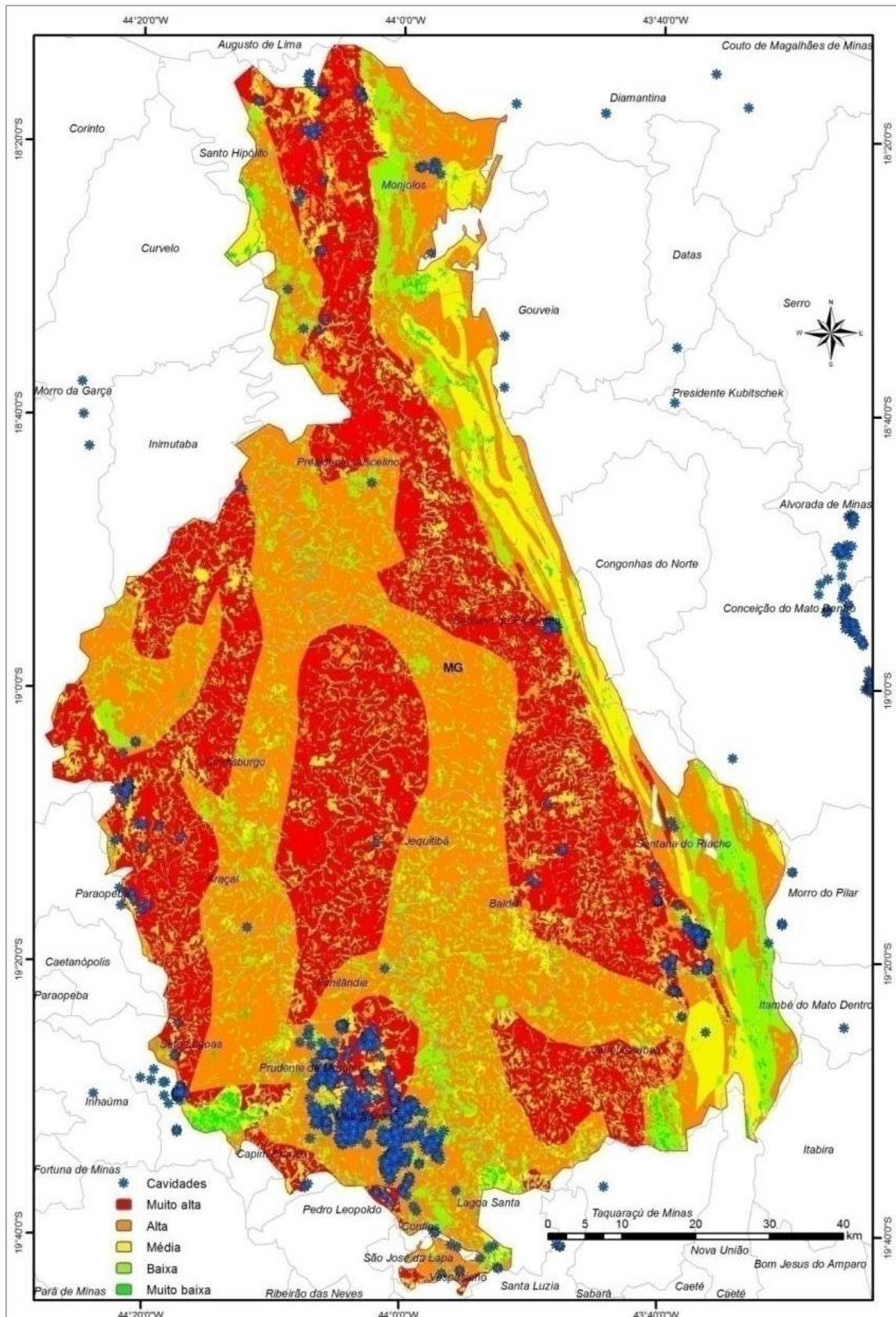


Figura 39- Mapa de vulnerabilidade ambiental da Área 9 - APA Carste de Lagoa Santa/Monjolos. Cartografia: Mauro Gomes.

Tabela 15- Distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental na Área 9 - APA Carste de Lagoa Santa/Monjolos.

Vulnerabilidade ambiental	Área (km ²)
Muito alta	2.829,10
Alta	3.475,47
Média	1.307,14
Baixa	1.010,80
Muito baixa	105,22
Total	8.727,73

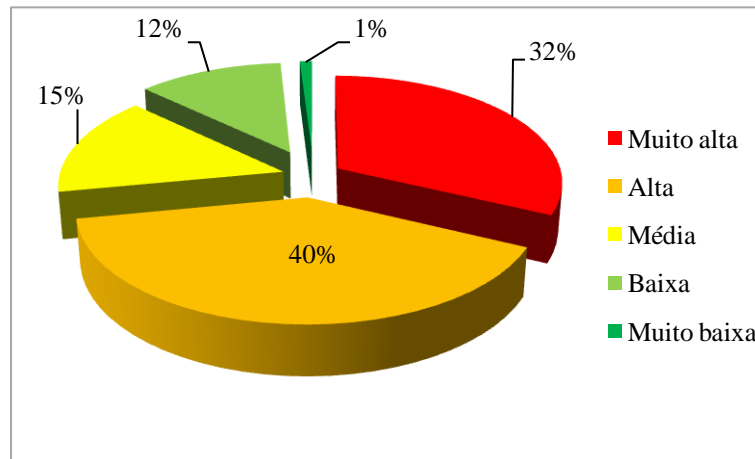


Figura 40- Distribuição percentual das classes de vulnerabilidade ambiental na Área 9- APA Carste de Lagoa Santa/Monjolos.

Segundo a Base CECAV, existem 1.048 cavernas dentro dos limites da Área 9. A distribuição da localização dessas cavernas em relação ao grau de vulnerabilidade ambiental encontra-se na Figura 41.

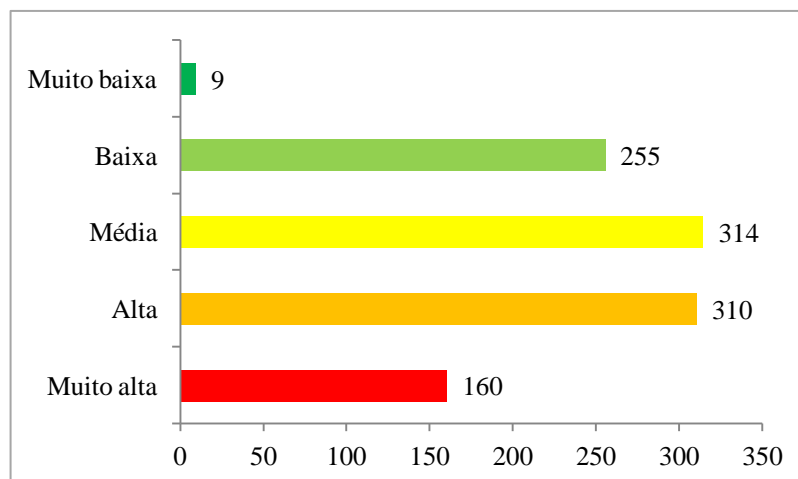


Figura 41- Distribuição da localização das 1.048 cavernas, segundo o grau de vulnerabilidade ambiental da Área 9.

Nessa Área encontram-se 17 unidades de conservação (Figura 42), sendo 3 federais, 10 estaduais e 4 municipais. São 12 de proteção integral (Monumento Natural Estadual Experiência da Jaguará, Monumento Natural Estadual Gruta Rei do Mato, Monumento

Natural Estadual Lapa Vermelha, Monumento Natural Estadual Peter Lund, Monumento Natural Estadual Santo Antônio, Monumento Natural Estadual Vargem da Pedra, Monumento Natural Estadual Várzea da Lapa, Parque Estadual da Cerca Grande, Parque Estadual do Sumidouro, Parque Estadual Serra do Intendente, Parque Nacional da Serra do Cipó, Parque Natural Municipal Ribeirão do Campo) e 5 de uso sustentável (Área de Proteção Ambiental Municipal Barão e Capivara, Área de Proteção Ambiental Carste de Lagoa Santa, Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira, Área de Proteção Ambiental Estadual Serra do Intendente, Área de Proteção Ambiental Municipal Serra Talhada.

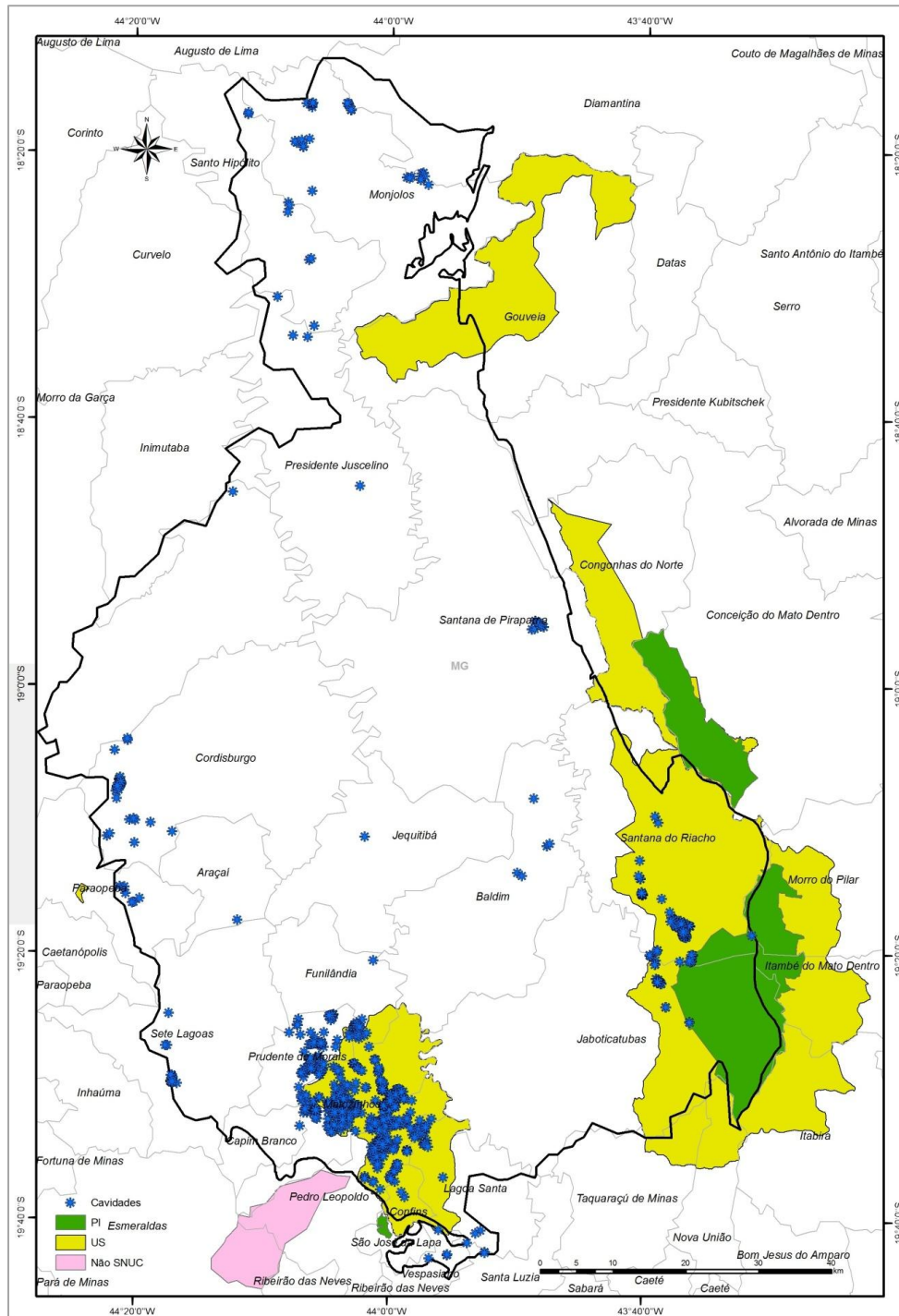


Figura 42- Unidades de conservação localizadas na Área 9 - APA Carste de Lagoa Santa/Monjolos. Cartografia: Mauro Gomes.

Do total de 8.727,73 km² de extensão da Área, tem-se 1.484,86 km² (17,01%) dentro de unidades de conservação, sendo 236,61 km² (2,71%) nas de proteção integral e 1.248,24 km² (14,30%) nas de uso sustentável.

A Tabela 16 apresenta a classificação das áreas vulneráveis nos 7.242,87 km² (82,99%) que se encontram fora dos limites das áreas protegidas.

Tabela 16- Distribuição das classes de vulnerabilidade ambiental para os locais situados fora dos limites das unidades de conservação.

Vulnerabilidade ambiental	Área (km²)
Muito alta	2.663,76
Alta	2.877,82
Média	1.015,25
Baixa	617,94
Muito baixa	68,10
Total	7.242,87

Segundo a Base CECAV, existem 1.048 cavidades dentro da Área 9. Na Figura 43 tem-se a distribuição da localização das 259 situadas fora dos limites das áreas protegidas em relação ao grau de vulnerabilidade ambiental da Área 9.

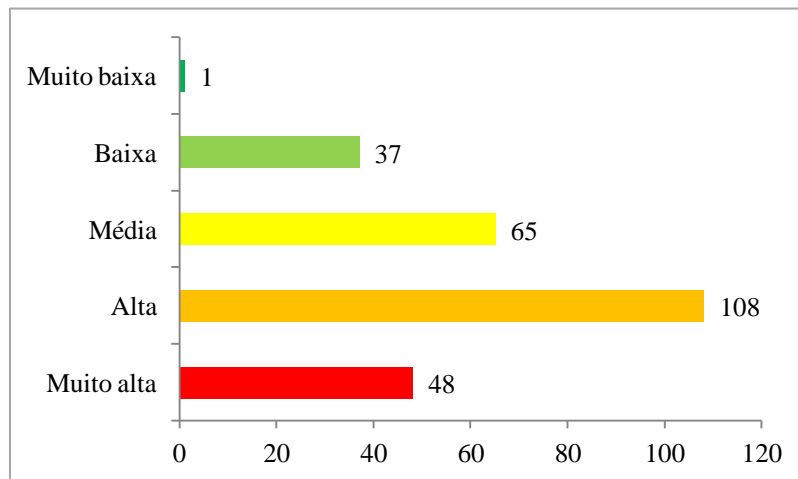


Figura 43- Distribuição da localização das 259 cavidades naturais subterrâneas situadas fora dos limites das unidades de conservação, de acordo com o grau de vulnerabilidade ambiental da Área 9.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As nove áreas definidas como prioritárias para a elaboração dos mapas de vulnerabilidade ambiental representam aproximadamente 10% da região de abrangência do PAN Cavernas do São Francisco e tem a seguinte distribuição no que diz respeito à extensão territorial (Tabela 17):

Tabela 17- Extensão territorial das nove áreas prioritárias na região de abrangência do PAN Cavernas do São Francisco

Nome da Área Prioritária	Área (km ²)
Área 1 – Mambai/Terra Ronca	3.880,90
Área 2 – Paracatú/Unai/Vazante	8.957,50
Área 3 – Araripe	3.371,88
Área 4 – São Desidério/Serra do Ramalho	14.633,86
Área 5 – Quadrilátero Ferrífero	3.802,37
Área 6 – Ourolândia/Campo Formoso	12.313,90
Área 7 – Canarana/Iraquara/Iramaia	7.113,13
Área 8 – Peruaçu/Montes Claros	12.150,34
Área 9 – APA Carste/Monjolos	8.727,73
Total	74.951,63

A síntese dos mapas de vulnerabilidade ambiental das nove áreas prioritárias (Figura 44) indica que cerca de 60% dessas áreas estão classificadas como de vulnerabilidade ambiental Muito Alta ou Alta.

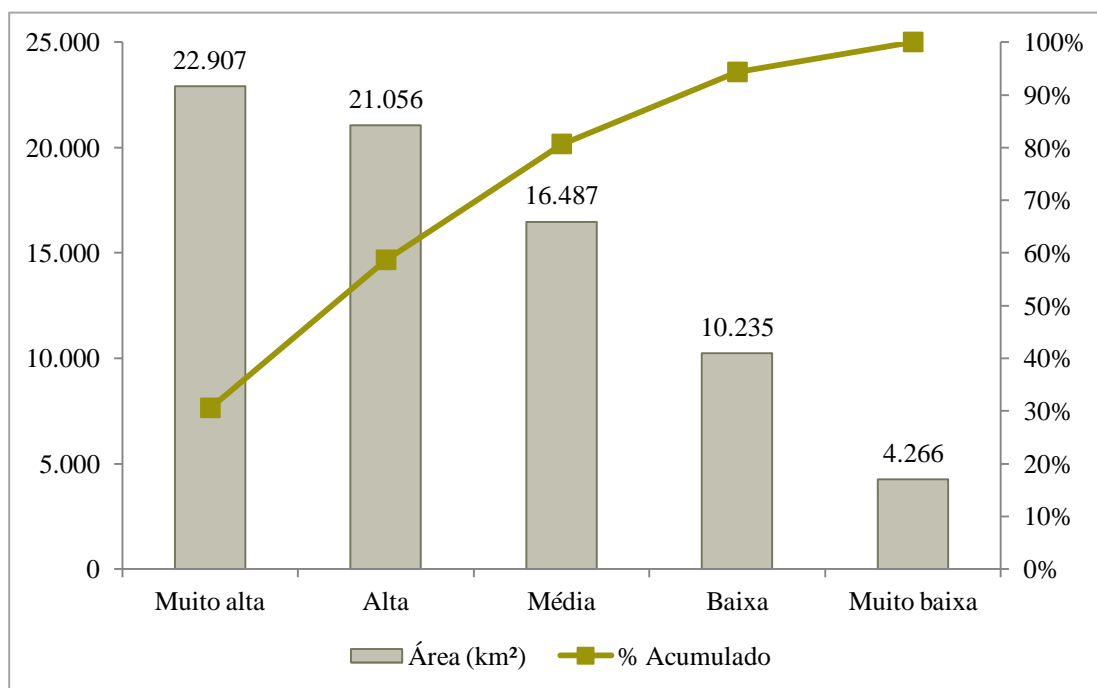


Figura 45- Síntese do resultado da classificação do grau de vulnerabilidade ambiental das nove áreas prioritárias na região de abrangência do PAN Cavernas do São Francisco.

É importante destacar que 43,78% do total analisado localizam-se dentro dos limites de áreas protegidas.

Assim, tem-se na Tabela 18 a distribuição dos 56,22% da área total analisada que se encontra fora dos limites de áreas protegidas, em relação ao grau de vulnerabilidade ambiental.

Tabela 18- Síntese da extensão territorial das nove áreas prioritárias situadas fora dos limites de áreas protegidas, de acordo com as classes de vulnerabilidade ambiental

Vulnerabilidade ambiental	Área (km²)
Muito alta	12.468,78
Alta	12.538,53
Média	9.160,50
Baixa	5.066,01
Muito baixa	2.896,79
Total	42.130,61

Um pouco mais da metade das cavernas (51,5%) cadastradas na região de abrangência do PAN Cavernas do São Francisco, de acordo com a Base CECAV, está inserida nas nove áreas prioritárias analisadas, sendo que 76,2% se situam dentro de áreas protegidas e 23,8% fora de seus limites (Tabela 19).

Tabela 19- Quantitativo de cavernas da Base CECAV nas nove áreas prioritárias e distribuição de suas localizações em relação aos limites das áreas protegidas

Áreas prioritárias	Número de cavernas	Número de cavernas fora dos limites de áreas protegidas
Área 1 – Mambai/Terra Ronca	211	27
Área 2 – Paracatú/Unai/Vazante	99	99
Área 3 – Araripe	8	0
Área 4 – São Desidério/Serra do Ramalho	347	328
Área 5 – Quadrilátero Ferrífero	702	369
Área 6 – Ouroândia/Campo Formoso	80	80
Área 7 – Canarana/Iraquara/Iramaia	163	31
Área 8 – Peruaçu/Montes Claros	254	153
Área 9 – APA Carste/Monjolos	1.048	259
Total	2.912	1.346
Percentual	51,50%	23,8%

Obs.: segundo a Base CECAV (atualização de 01/11/13) são 5.651 cavernas na região de abrangência do PAN Cavernas do São Francisco.

5 CONCLUSÕES

Os mapas apresentados se referem a uma primeira aproximação dos limites das áreas consideradas mais vulneráveis ao Patrimônio Espeleológico na região de abrangência do PAN Cavernas do São Francisco.

A sequência das ações deste Plano poderá determinar os tipos de ajustes necessários nos mapas de vulnerabilidade ambiental, para atendimento ao objetivo geral do PAN Cavernas do São Francisco.

A escala das bases de dados digitais disponíveis, sobretudo para a variável geomorfologia (1:5.000.000) condiciona o baixo grau de detalhamento dos mapas.

À época da definição destas nove áreas prioritárias, ainda encontrava-se em curso o Projeto Arcos Pains Espeleologia - PROAPE que objetivava, dentre outros, a identificação de áreas cársticas ambientalmente sensíveis ou frágeis (PROAPE, 2012). Dessa forma, em função de existir um esforço de pesquisa naquela região e com objetivos próximos à Ação 2.5

do PAN Cavernas do São Francisco, a equipe responsável pelo Projeto de Monitoramento e Avaliação de Impactos sobre o Patrimônio Espeleológico optou por não direcionar o presente estudo àquela área.

Para fundamentar a análise dos mapas de vulnerabilidade ambiental, aqui apresentados, foram utilizadas informações provenientes de várias fontes, sendo algumas delas dependentes de processos dinâmicos.

Assim, no que diz respeito à sobreposição das áreas prioritárias com as áreas protegidas (unidades de conservação, terras indígenas, categorias não mais existentes no SNUC) ou com a localização das cavidades naturais subterrâneas, foram considerados apenas os dados disponíveis até o momento da análise.

Entretanto, o resultado desse estudo deve ser reconsiderado no caso de criação de novas áreas protegidas, bem como no incremento do número de cavernas da base CECAV, seja no que diz respeito a novos registros, bem como à validação das coordenadas geográficas das cavernas já cadastradas.

REFERÊNCIAS

- CECAV. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. *Base de dados geoespacializados das cavernas do Brasil*. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads/mapas.html>>. (atualização de 01/11/2013).
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S de; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. *Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial*. São José dos Campos: INPE, 2001. 103. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/dsr/simeao/Publicacoes/SERGISZEE3.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2012.
- GOMES, M. *Metodologia para identificação de áreas vulneráveis para a conservação do Patrimônio Espeleológico brasileiro*. 2010. 54 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento). Belo Horizonte: UFMG, 2010.
- IBAMA. *Base digital de dados geoespacializados das áreas protegidas do Brasil* (compilados pela Diretoria de Qualidade Ambiental do Ibama, com dados do Cadastro Nacional de Unidades de Conservação – CNUC/MMA e órgãos estaduais e municipais de meio ambiente). Atualizado até 01/02/2013. (shapefile enviado por skype em 01 fev. 2013).
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa de unidades de relevo do Brasil*. Rio de Janeiro. 1993. Escala 1:5.000.000. (arquivo vetorial no formato shapefile).
- INPE. Instituto Brasileiro de Pesquisas Espaciais. *Catálogo de imagens*. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 15 mai. 2012.
- JANSEN, D. C.; GOMES, M.; CAVALCANTI, L. F.; SANTOS, D. J. Vulnerabilidade natural do Patrimônio Espeleológico na bacia do Rio São Francisco. In: SIMPÓSIO MINEIRO DO CARSTE - Carste e cavernas: Minas de Informações, 2., 2013. Belo Horizonte: UFMG. *Resumos e pôsteres...* RODET, J.; VASCONCELOS, A. M. C. (Org.). Speleo-Tract n° 8. Saint-Martin-aux-Buneaux: Centre Normand d'Etude du Karst et des Cavités du Sous-sol, 2013. p. 37; p. 60. ISSN 0290-1412. Disponível em: <http://www.cnek.org/IMG/pdf/SPELEO-TRACT_no_8_-_complet.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2014.

JANSEN, D. C. *Análise ambiental da Área de Proteção Ambiental do Morro da Pedreira e do Parque Nacional da Serra do Cipó para a proteção do patrimônio espeleológico*. 2013. 150 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC Minas. Belo Horizonte. 2013.

LIMA, M. F. de; CAVALCANTI, L. F.; MEGUERDITCHIAN, I. *Relatório descritivo da oficina da segunda monitoria anual do Plano de Ação Nacional para a Conservação do Patrimônio Espeleológico nas Áreas Cársticas da Bacia do Rio São Francisco - PAN Cavernas do São Francisco*. Brasília: CECAV, 2014. 119p. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/images/stories/projetos-e-atividades/PAN/PAN_Cavernas_do_SF__relatorio_segunda_Monitoria_Anual_260314.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2014.

MENESES, I. C. R. R. C. *Análise geossistêmica na Área de Proteção Ambiental (APA) Carste de Lagoa Santa*. 2003. 174 f. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003.

PROAPE. *Projeto Arcos Pains Espelologia*. Ouro Preto: FEOP - Fundação Educativa de Rádio e TV de Ouro Preto. 2012. Disponível em: <<http://www.see.ufop.br/wp-content/uploads/2013/08/projeto-arcos-pains-espeleologia.pdf>>.

Recebido em 01/2014.
Aceito para publicação em 06/2014.