



**Universidade de Brasília**

**Instituto de Geociências**

**ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL**

***ELABORAÇÃO DO MAPA DE POTENCIAL  
ESPELEOLÓGICO DO DISTRITO FEDERAL  
UTILIZANDO FERRAMENTAS DE  
GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO  
REMOTO***

**ANDRÉ COSTA GONÇALVES**

Orientadora: Tati de Almeida

Monografia de conclusão de  
curso de Especialização

**BRASÍLIA – DF**

**2013**



**Universidade de Brasília**

**Instituto de Geociências**

**ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL**

***ELABORAÇÃO DO MAPA DE POTENCIAL  
ESPELEOLÓGICO DO DISTRITO FEDERAL  
UTILIZANDO FERRAMENTAS DE  
GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO  
REMOTO***

**ANDRÉ COSTA GONÇALVES**

Orientadora: Tati de Almeida

Monografia de conclusão de  
curso de Especialização

**BRASÍLIA – DF**

**2013**



Universidade de Brasília

Instituto de Geociências

FOLHA DE APROVAÇÃO

***ELABORAÇÃO DO MAPA DE POTENCIAL  
ESPELEOLÓGICO DO DISTRITO FEDERAL  
UTILIZANDO FERRAMENTAS DE  
GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO  
REMOTO***

**ANDRÉ COSTA GONÇALVES**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento Ambiental, na Universidade de Brasília, pela seguinte banca examinadora:

Orientadora:

\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Tati de Almeida  
Instituto de geociências UnB

Examinador:

\_\_\_\_\_  
Prof.

Examinador:

\_\_\_\_\_  
Prof.

Brasília, de dezembro de 2013.

# **AGRADECIMENTOS**

Agradeço

à Professora Tati de Almeida, pela orientação.

ao Professor Paulo Menezes, pelo conhecimento compartilhado.

ao Professor Roig, pela colaboração com o assunto tratado na monografia.

à minha companheira, por estar do meu lado e me aguentar em todos os momentos.

ao Thiago Spagnolo, pelas trocas de idéias.

à Banca Examinadora.

## RESUMO

O Brasil possui um rico e diverso patrimônio espeleológico devido à grande extensão territorial de áreas cársticas, onde se desenvolvem as cavernas. A dimensão, diversidade e complexidade das formações cársticas existentes no Brasil exigem um enorme esforço para a preservação uma vez que o patrimônio espeleológico tem sofrido constantes pressões da urbanização, mineração, grandes projetos energéticos, turismo e a constante mecanização da agricultura e consolidação do agronegócio. Tendo em vista que a legislação sobre a conservação do patrimônio espeleológico estabelece que os empreendimentos localizados nas áreas que potencialmente possam ocorrer cavernas devem conter o componente espeleológico em seus estudos ambientais, o presente trabalho objetivou elaborar um mapa de potencial de ocorrência de cavidades para o Distrito Federal. Justifica-se esse trabalho pela necessidade de se conhecer mais profundamente a diversidade espeleológica e pela necessidade de planejamento de diretrizes voltadas para a preservação do patrimônio espeleológico presente no território do Distrito Federal. Procura-se, portanto, contribuir para enriquecer o acervo de conhecimentos sobre as cavernas do DF servindo como referência para futuros trabalhos e ações concretas. O mapa foi elaborado por meio de análise espacial que levou em consideração a litologia, a cota altimétrica, a declividade, a distância dos rios, concentração de drenagens e falhas geológicas. A definição dos pesos para cada um desses fatores foi realizada a partir de uma análise das características verificadas nas cavernas da região. De acordo com o mapa elaborado no presente trabalho, de modo geral, pode-se notar que o potencial espeleológico do Distrito Federal é relativamente baixo. Em termos de dimensão, a classe de ocorrência improvável possui 285.751 ha, baixo potencial com 233.677 ha, médio potencial com extensão total de 47.583 ha, alto com área de 9.796 ha e as áreas de muito alto potencial somam apenas 2.096 ha. Analisando a distribuição das cavidades por classe de potencial temos a seguinte distribuição: trinta cavidades na classe "muito alto", vinte e quatro na classe "alto potencial", onze cavidades na classe de "médio potencial" e doze cavidades na classe de "baixo potencial". As dificuldades apresentadas para a realização do trabalho proposto relacionou-se ao fato de que a escala do mapeamento geológico não contemplou as inúmeras e pequenas lentes de calcários e dolomitos que afloram em toda porção norte do DF. Um mapeamento geológico mais detalhado irá revelar áreas não identificadas no mapeamento geológico utilizado devido à escala do trabalho. Conclui-se que a metodologia empregada na elaboração do mapa de potencial de ocorrência de cavidades subterrâneas no Distrito Federal se mostrou bastante eficiente, tendo em vista a análise dos resultados obtidos e sua correlação com as características do relevo cárstico.

**Palavras-chave:** Análise Espacial, Potencial Espeleológico, Carste.

## ABSTRACT

Brazil has a rich and diverse due to the large territory of karst areas, where usually caves are developed. The large area, diversity and complexity of existing karst formations in Brazil require a huge effort to preserve it since has been suffering constant pressures of urbanization, mining, large energy projects, tourism and agricultural mechanization and agribusiness consolidation. As legislation about conservation of speleological heritage establishes that ventures located in areas that potentially may occur caves must contain speleological component in its environmental studies. Present research aimed to develop a map of potential occurrence of cavities in Federal District, Brazil. This work is justified by the need to understand more deeply the speleological diversity and the need to plane guidelines to preserve the speleological heritage in territory. Aimed therefore to contribute to enrich the knowledge about the caves of DF serving as a reference for future researches and concrete actions. The map was produced using spatial analysis that took into account the lithology, the altimetry, slope, distance to rivers, drains and concentration of geological faults. Definition of weights for each of these factors was conducted from an analysis of the characteristics observed in the caves of the region. According to the map prepared in this study, in general, it can be noted that the speleological potential of the Federal District is relatively low. In terms of size, class of unlikely occurrence has 285,751 ha, 233,677 ha with low potential, medium potential with a total length of 47,583 ha, with high potential na area of 9,796 ha and areas of very high potential total only 2,096 ha. Analyzing the distribution of existing caves per potencial class have the following distribution: thirty caves in the class "very high" twenty-four in the class "high potential", eleven caves in the class of "medium potential" and twelve caves in the class of "low potential". The difficulties presented to perform the proposed study was related to the fact that the scale of geologic map did not include many small lenses of limestones and dolomites that arise across the northern portion of the DF. A more detailed geological map will reveal areas not identified in geologic map used due to the scale. It is concluded that the methodology used in the preparation of the potential occurrence of caves in the Federal District map was very efficient frtom analysis of results and their correlation with the features of karst.

**Key words:** Spatial Analysis, Speleological Potencial, Karst.

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
1.1 O CONCEITO DE CAVERNA .....	8
1.2 AS PRINCIPAIS REGIÕES CÁRSTICAS DO BRASIL .....	9
1.3 MARCO LEGAL DO PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO .....	11
1.4 OBJETIVOS .....	13
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
2.1 GEOPROCESSAMENTO , SIG E SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO MEIO AMBIENTE .....	15
2.2 O POTENCIAL ESPELEOLÓGICO E O SIG.....	15
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>26</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>30</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui um rico e diverso patrimônio espeleológico devido à grande extensão territorial de áreas cársticas, onde se desenvolvem as cavernas. As cavernas fazem parte da vida do homem há milhares de anos. Na pré-história, nossos antepassados usavam esses locais para rituais e para abrigo. Dessa forma, as cavernas guardam registros históricos valiosos para compreensão de quando, onde e como viviam os primeiros habitantes do nosso continente. Além da importância histórica, os ambientes cársticos são extremamente importantes do ponto de vista ambiental.

## 1.1 O CONCEITO DE CAVERNA

Existem diferentes conceitos de caverna utilizados no mundo, cada um representando um certo "olhar" sob as cavidades subterrâneas. A definição mais utilizada internacionalmente entende caverna como uma abertura natural formada em rocha, larga o suficiente para entrada do homem. É uma definição utilizada pela União Internacional de Espeleologia - UIS, e tem a característica de ser "antropogênica", uma vez que o parâmetro para definição do que é ou não uma caverna é o homem. Na ciência, são vários os parâmetros utilizados para se definir cavernas, dependendo da disciplina envolvida.

A legislação Brasileira adota o termo *cavidade natural subterrânea* que, de acordo com o Decreto Nº. 6.640, de 07/11/2008, é:

"todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna ou buraco, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem, desde que tenham sido formados por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante".

A definição adotada inclui todo o ambiente onde está inserido a cavidade. Os sistemas cársticos são ecossistemas únicos, formados pela dissolução de rochas, geralmente carbonáticas, que, do ponto de vista geológico e hidrológico, desenvolvem de maneira conjunta e interdependente um sistema de cavernas, aquíferos de condutos e um relevo específico, com dolinas, sumidouros, abismos e outras feições. As cavernas são testemunhas de processos geológicos de milhões de anos que estão em constante desenvolvimento devido principalmente à ação da água.

Do ponto de vista biológico, as cavernas abrigam uma grande quantidade de espécies altamente adaptados ao ambiente subterrâneo. As pesquisas da fauna cavernícola têm se desenvolvido muito e a cada dia novas espécies são catalogadas. Fora das

cavernas o ambiente cárstico é rico em espécies da fauna e flora, os afloramentos rochosos formam o habitat ideal tanto para as aves como para as bromélias e orquídeas. As cavernas e o seu ambiente são parte importante do ecossistema e a preservação e a manutenção do patrimônio espeleológico brasileiro têm sido apoiadas por diferentes setores da sociedade.

## 1.2 AS PRINCIPAIS REGIÕES CÁRSTICAS DO BRASIL

O patrimônio espeleológico brasileiro é gigantesco e ainda pouco conhecido. É difícil falar de um número certo de cavernas registradas no Brasil, uma vez que as listas e bases de dados estão sendo constantemente atualizadas. Além disso, um número considerável de cavidades mapeadas em processos de licenciamento ambiental não estão integradas às bases oficiais.

Segundo o CECAV (Disponível em <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/projetos-e-atividades/potencialidade-de-ocorrencia-de-cavernas.html>>. Acesso em 01/12/2013), hoje existem aproximadamente 21.000 registros referentes a mais de 10.000 cavernas. Estima-se que o número de cavernas no território brasileiro pode superar 360.000 cavidades. A Tabela 1 mostra o número de cavernas conhecidas, potencial provável e porcentagem de cavernas conhecidas por litologia.

**Tabela 1.** Estimativa do potencial espeleológico brasileiro em relação a cavernas conhecidas e litologia.

<b>Litologia</b>	<b>Número de cavernas conhecidas</b>	<b>Provável potencial (cavernas ainda não conhecidas)</b>	<b>Porcentagem de cavernas conhecidas</b>
Carbonatos	7.000	> 150.000	< 5%
Quartzitos	510 <sup>(*)</sup>	> 50.000	< 1%
Arenitos	510 <sup>(*)</sup>	> 50.000	< 1%
Minério de Ferro	2.000	> 10.000	< 20%
Outras litologias	200	> 50.000	< 0,5%

Fonte: Piló e Auler (2011, p. 9), modificado por Jansen et al., 2012. Disponível em <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/projetos-e-atividades/potencialidade-de-ocorrencia-de-cavernas.html>>. Acesso em: 01 dez. 2013.

Essa estimativa é baseada no número limitado de pesquisas espeleológicas desenvolvidas no país e pelas grandes extensões territoriais ocupadas por terrenos

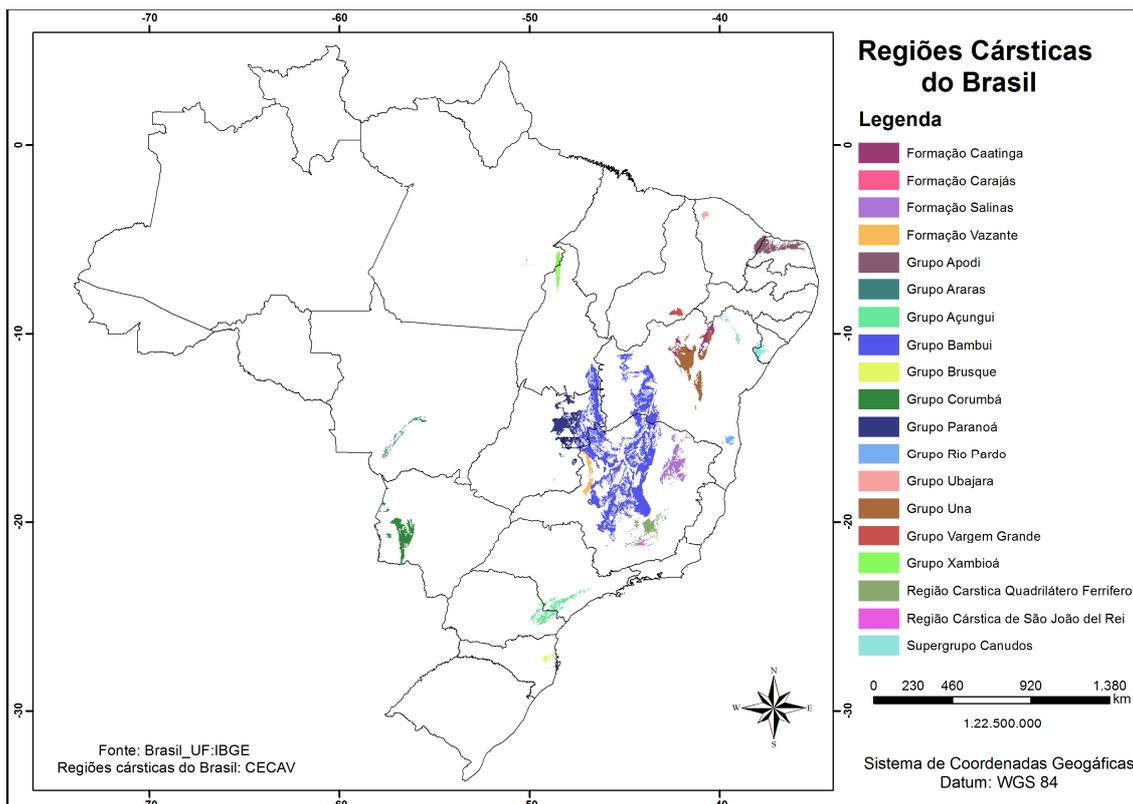
cársticos. Tais números demonstram que ainda temos um longo caminho para percorrer no sentido de registrar e conhecer o patrimônio espeleológico brasileiro.

A maior ocorrência de rochas propensas ao desenvolvimento de cavernas é constituída pelos calcários e dolomitos do grupo Bambuí. Essa grande região cárstica se desenvolve desde o sul de Minas Gerais até o centro oeste da Bahia, passando pelo leste de Goiás e do Distrito Federal. Inserido nos calcários do Bambuí está a APA Carste Lagoa Santa, onde foram encontrados registros paleontológicos antropológicos de grande importância em suas cavernas. Também inseridos nos calcários do grupo Bambuí, estão as regiões do vale do rio Peruaçu e de Arco e Pains.

Os calcários e dolomitos do grupo Una também se destacam em área e número de cavernas, estendendo-se da região central da Bahia até o norte do estado. Duas regiões se destacam nesse grupo: Chapada Diamantina e Campo Formoso, onde estão as duas maiores cavernas do Brasil, a Toca da Boa Vista e a Toca da Barriguda, com 108 km e 30 km de extensão, respectivamente.

Entre São Paulo e Paraná, afloram os calcários e dolomitos do grupo Açungi, onde está localizado o Parque Estadual Turístico do Alto da Ribeira (PETAR). No Centro-oeste os calcários do grupo Corumbá se destacam, enquanto no Nordeste o grupo Apodi e Ubajara.

Além dos carstes típicos, constituídos por rochas carbonáticas, o Brasil também possui inúmeras cavernas conhecidas em quartzitos e em minério de ferro. São cavernas com processos de formação específicos e que ocorrem em condições de elevadas temperaturas e umidade durante todo o ano, uma vez que a dissolução da sílica e do ferro é bem mais lenta. As principais regiões onde se desenvolvem as cavernas ferruginosas é na Serras de Carajás, no Pará, e na região do Quadrilátero Ferrífero, ao sul de Belo Horizonte, em Minas Gerais. A leste do Quadrilátero Ferrífero, na Serra do Caraça, também se desenvolve duas das maiores cavernas em quartzito do mundo, a Gruta do Centenário, com 484 m de desnível e 3.800 m de extensão e a Gruta da Bocaina, com 404 m de desnível.



**Figura 1.** Regiões Cársticas do Brasil. Fonte de dados: bases do Cecav. Disponível em < <http://www.icmbio.gov.br/cecav/projetos-e-atividades/provincias-espeleologicas.html>>. Acesso em 01 dez., 2013.

### 1.3 MARCO LEGAL DO PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO

A dimensão, diversidade e complexidade das formações cársticas existentes no Brasil exigem um enorme esforço para a preservação. O patrimônio espeleológico tem sofrido constantes pressões. O desenvolvimento do país nas últimas décadas tem gerado transformações no padrão de organização e localização das atividades produtivas com a descentralização das atividades produtivas.

A urbanização, a mineração, os grandes projetos energéticos, o turismo e a constante mecanização da agricultura e consolidação do agronegócio têm exercido pressões e gerado conflitos sobre as áreas cársticas e despertado um intenso debate que reflete diretamente na legislação ambiental a respeito das cavernas.

A legislação que trata do tema das cavernas brasileiras acompanha os debates em torno dos diferentes interesses que envolve o uso e a apropriação econômica do território e a preservação do patrimônio espeleológico, histórico e dos ecossistemas cársticos.

A constituição de 1988, em seu artigo 20, inciso X, define que todas as cavidades naturais subterrâneas são bens da União, portanto, de uso comum ao povo. No entanto, foi

com o Decreto N°. 99.556, de 1990, que a preservação do patrimônio espeleológico foi mais incentivada. Esse Decreto possui um texto simples e claro a respeito da preservação das cavidades, estabelecendo que as cavernas devem ser preservadas e a integridade do seu ecossistema deve ser garantida, tornando obrigatória:

*"a elaboração de estudo de impacto ambiental para as ações ou os empreendimentos de qualquer natureza, ativos ou não, temporários ou permanentes, previstos em áreas de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas ou de **potencial espeleológico**, os quais, de modo direto ou indireto, possam ser lesivos a essas cavidades, ficando sua realização, instalação e funcionamento condicionados à aprovação, pelo órgão ambiental competente, do respectivo relatório de impacto ambiental."* (Grifo meu)

Nota-se que os empreendimentos de qualquer natureza previstos em área de ocorrência de cavernas ou áreas de potencial espeleológico devem ser licenciados e para eles deve ser elaborado estudo de impacto ambiental. É importante ressaltar que os empreendimentos só poderiam ser efetivados, de acordo com o Decreto em pauta, se garantissem a preservação das cavidades e a integridade do seu ecossistema. Tal norma jurídica gerou uma série de debates, principalmente no setor da mineração, uma vez que impossibilitava a continuidade de diversos empreendimentos.

Nesse período, uma série de irregularidades e crimes foram cometidos contra o patrimônio espeleológico, inúmeras supressões de cavernas foram realizadas à revelia das leis e autoridades ambientais. Dessa forma, em 2004 foi editada a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA N°. 374 que trouxe à tona esse debate a partir do conceito de cavidade natural subterrânea relevante. A relevância das cavidades era evidenciada a partir de "atributos ecológicos, ambientais, cênicos, científicos, culturais ou sócio-econômicos no contexto local ou regional".

Apesar de contribuir para o conhecimento e regulamentação do uso do patrimônio espeleológico, a Resolução CONAMA N°. 374/2004 não resolveu a questão dos empreendimentos que impactavam as cavidades uma vez que a ela não poderia contrariar o Decreto N°. 95.556/1990 no que se refere a supressão de cavidades. No entanto, em 2008 foi editado o Decreto N°. 6.640, que alterou significativamente o regime jurídico de proteção das cavidades subterrâneas.

De modo geral, pode-se dizer que o Decreto N°. 6.640/2008 definiu um sistema de classificação do grau de relevância das cavernas de acordo com seus atributos, analisados sob o enfoque local e regional. Esse sistema reduziu de maneira drástica o grau de proteção existente. Medeiros e Galvão (2011) destacam três pontos polêmicos que o Decreto N°. 6.640/2008 altera, são eles:

"a) Desobriga a elaboração de EIA-RIMA, vinculando apenas os empreendimentos e atividades potencialmente poluidores e degradadores do Patrimônio Espeleológico ao licenciamento ambiental (Art. 5º, a);

b) As cavernas de alta, média e baixa relevância poderão ser objetos de impactos negativos irreversíveis, sendo que as cavernas consideradas de "baixa relevância" poderão ser destruídas sem qualquer tipo de compensação patrimonial ou mesmo ambiental (art. 4º, § 5);

c) Confirma a posição do CECAV de que todas as cavernas são relevantes".

A partir de então, tem havido um crescimento vertiginoso nos trabalhos de prospecção e de relevância espeleológica no âmbito do processo de licenciamento ambiental, uma vez que áreas anteriormente impossibilitadas de uso econômico, têm a possibilidade de uso intensivo mediante um estudo de relevância das cavidades na área de influência dos empreendimentos minerários. Portanto, se por um lado, o Decreto N°. 6.640/2008 possibilitou um avanço no conhecimento sobre o patrimônio espeleológico do país, por outro permite uma série de intervenções nas cavidades subterrâneas, mediante compensação ambiental.

O que se manteve presente em toda a legislação sobre o tema é a idéia de que os empreendimentos localizados nas áreas que potencialmente possam ocorrer cavernas devem conter o componente espeleológico em seus estudos ambientais. Ou seja, as áreas de potencialidade de ocorrência de cavidades subterrâneas devem ser analisadas cuidadosamente no processo de licenciamento ambiental com o objetivo de resguardar a integridade do patrimônio espeleológico ainda não cadastrado e conhecido.

#### 1.4 OBJETIVOS

O objetivo desse trabalho consiste em elaborar um mapa de potencial de ocorrência de cavidades para o Distrito Federal. O mapa foi elaborado através de análise espacial que levou em consideração a litologia, a cota altimétrica, a declividade, a distancia dos rios, concentração de drenagens e falhas geológicas. A definição dos pesos para cada um desses fatores foi realizada a partir de uma análise das características verificadas nas cavernas da região. Com isso, buscamos também avaliar a metodologia baseada na análise hierárquica, ou análise multi-critérios, na elaboração do mapa de potencial espeleológico.

O uso de ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto associado a um Sistema de Informações Geográficas se tornou fundamental para a elaboração do mapa

de potencial espeleológico, à medida que possibilitou inter-relacionar os fatores condicionantes da formação de cavernas por meio dos layers de informação.

Justifica-se esse trabalho pela necessidade de se conhecer mais profundamente a diversidade espeleológica e pela necessidade de planejamento de diretrizes voltadas para a preservação do patrimônio espeleológico presente no território do Distrito Federal. Procura-se, portanto, contribuir para enriquecer o acervo de conhecimentos sobre as cavernas do DF servindo como referência para futuros trabalhos e ações concretas.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 GEOPROCESSAMENTO , SIG E SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO MEIO AMBIENTE

O uso do geoprocessamento impactou de maneira irreversível a maneira como tratamos as informações sobre o meio ambiente. Por meio da capacidade de integrar diferentes níveis de informação sobre o território, os sistemas computacionais ampliaram em muito a capacidade de processamento de dados espaciais, estabelecendo assim, uma nova forma de relação entre o mundo real e o universo conceitual utilizado para representá-lo.

Para Câmara, as principais vantagens dos sistemas de informações geográficas é que eles são capazes de integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno. Combinando essas informações, através de algoritmos de manipulação, podemos gerar mapeamentos temáticos derivados. Além disso, podemos consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados.

Essas características fazem com que as aplicações das ferramentas presentes em um SIG abranjam as mais diversas áreas de atuação. No que se refere às questões ambientais, Medeiros e Câmara (2001) assinalam que são quatro dimensões fortemente influenciadas pela aplicação dos SIGs, são elas: Mapeamento Temático, Diagnóstico Ambiental, Avaliação de Impacto Ambiental, Ordenamento Territorial e os Prognósticos Ambientais.

### 2.2 O POTENCIAL ESPELEOLÓGICO E O SIG

Um dos importantes estudos dentro da perspectiva de sistemas de informações geográficas aplicados à espeleologia, foi a elaboração do mapa de "Potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil", publicado em 2012 na Revista Brasileira de Espeleologia (JANSEN; CAVALCANTI; LAMBLÉM, 2012).

Com base na análise da distribuição das cavernas conhecidas e registradas, dados bibliográficos sobre as principais formações litológicas onde ocorrem cavernas e do mapa digital sobre as regiões cársticas do Brasil, foi elaborada uma tabela de gradação de potencial para a ocorrência de cavidades naturais por litologia.

**Tabela 2.** Potencial de ocorrência de cavernas por Litologia.

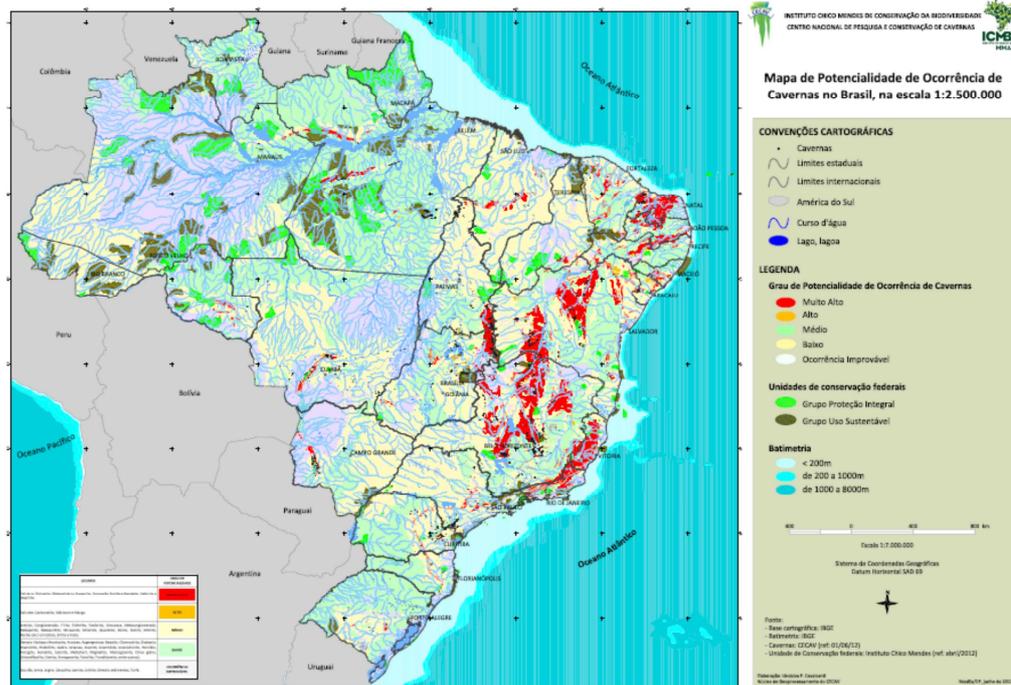
<b>Litotipo</b>	<b>Grau de Potencialidade</b>
Calcário, Dolomito, Evaporito, Metacalcário, Formação ferrífera bandada, Itabirito e Jaspilito.	Muito Alto
Calcrete, Carbonatito, Mármore e Marga.	Alto
Arenito, Conglomerado, Filito, Folhelho, Fosforito, Grauvaca, Metaconglomerado, Metapelito, Metassilito, Micaxisto, Milonito, Quartzito, Pelito, Riolito, Ritmito, Rocha calci-silicática, Silito e Xisto.	Médio
Anortosito, Arcóseo, Augengnaisse, Basalto, Charnockito, Diabasio, Diamictito, Enderbitto, Gabro, Gnaisse, Granito, Granitóide, Granodiorito, Hornfels, Kinzigito, Komatito, Laterita, Metachert, Migmatito, Monzogranito, Oliva gabro, Ortoanfíbolito, Sienito, Sienogranito, Tonalito, Trondhjemitto, entre outros litotipos.	Baixo
Aluvião, Areia, Argila, Cascalho, Lamito, Linhito, Turfa e outros sedimentos.	Ocorrência Improvável

Fonte: JANSEN; CAVALCANTI; LAMBLÉM (2012)

Esses dados foram cruzados com o mapeamento geológico nacional, permitindo elaborar o mapa de potencial espeleológico do Brasil em escala 1:2.500.000 (Figura 2). Esse mapa tem o objetivo de explicitar as regiões mais importantes do país em termos de desenvolvimento do relevo cárstico, que, por seus atributos ambientais relevantes, são regidos por regras mais restritivas do ponto de vista da legislação vigente. Ou seja, o mapa define os territórios onde estudos espeleológicos devem ser realizados para a implantação de empreendimentos passíveis de licenciamento ambiental.

Além disso, a identificação dessas regiões permite orientar as ações e políticas do governo, no que se refere ao ordenamento, planejamento e gestão do território. Permite também orientar as pesquisas científicas, uma vez que aponta as áreas mais interessantes do ponto de vista espeleológico.

No entanto, os mapas de potencial espeleológico podem ser elaborados em diferentes escalas, de acordo com diferentes objetivos. Podem ser usados como subsídio de zoneamentos e planos de manejos espeleológicos, como ferramenta para gestão ambiental em níveis de planejamento municipal, estadual ou regional. São muito utilizados em escala de detalhe para subsidiar as estratégias de prospecção espeleológica. Os mapas de potencial espeleológico, portanto, são de fundamental importância para subsidiar a tomada de decisão sobre os territórios compostos por formações cársticas.



**Figura 2.** Mapa de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil. Disponível em < <http://www.icmbio.gov.br/cecav/projetos-e-atividades/potencialidade-de-ocorrencia-de-cavernas.html>>. Acesso em: 01 dez. 013.

À medida que se detalha a escala de análise nota-se que outros fatores também influenciam na distribuição espacial das cavidades. A proximidade com as drenagens, a declividade do terreno e a presença de falhas geológicas são alguns exemplos de características que condicionam diretamente a formação das cavernas. Nesse sentido, o potencial espeleológico é resultado de interação de diferentes fatores ambientais que, no seu conjunto, aumentam ou diminuem as chances de ocorrências de cavernas.

Em trabalho de mapeamento regional de potencial de ocorrências de cavernas ferruginosas no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, e na Serra de Carajás, Pará, Calux (2011) utilizou as variações de litologia, a densidade de lineamentos estruturais, a hipsometria e a declividade como parâmetros que influenciam na maior ou menor ocorrência das cavidades. Nesse trabalho o autor hierarquizou os parâmetros utilizados, dando pesos relativos para cada um e para cada classe dentro de cada tema. Com isso obteve o resultado em quatro classes diferentes de potencial: ocorrência improvável ou baixo, médio, alto e muito alto.

Antonio (1997) mapeou o potencial de ocorrência de cavernas em arenito na Serra do Itaquaré, São Paulo, utilizando como parâmetros o mapa de lineamentos estruturais, fofointerpretação e classe de declividade superior a 45°. Os parâmetros utilizados para cada

região dependem diretamente das características do processo de espeleogênese das cavidades da região.

Na região do Distrito Federal, uma proposta de potencial espeleológico foi realizada por Joyce Pinheiro de Oliveira Fiori (comunicação pessoal). Os parâmetros utilizados foram a litologia, geomorfologia e solos. Esses parâmetros foram combinados e classificados de acordo com as características que favorecem ou inibem a formação de cavernas. Esse trabalho concluiu que devido à falta de um mapeamento geológico mais detalhado, uma grande quantidade de afloramentos formados por lentes de calcário e dolomitos não foram delimitados, o que dificultou a identificação das áreas de muito alto potencial, uma vez que a geologia é um dos principais fatores que condicionam a espeleogênese.

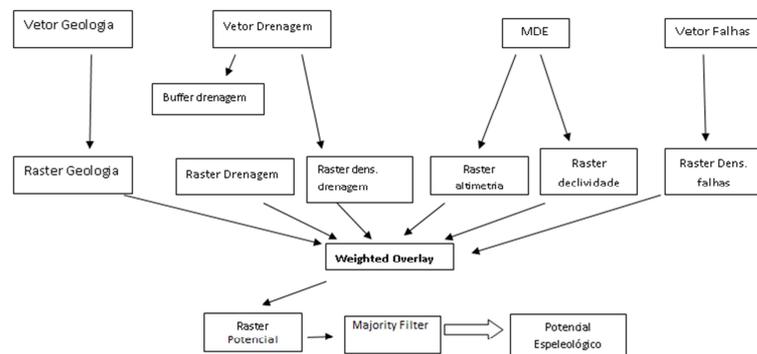
Para tentar diminuir essas dificuldades, nesse trabalho foram definidos outros elementos que serão ponderados na análise hierárquica da quantificação do potencial espeleológico. Além disso, o uso de outra metodologia permite a comparação e avaliação dos principais fatores que definem o potencial de ocorrência de cavernas no Distrito Federal.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do presente trabalho foi utilizada a metodologia amplamente disseminada e aceita em análises espaciais conhecida como análise multi-critérios. É também conhecido como árvore de decisões ou análise hierárquica de pesos. A técnica se baseia no mapeamento de variáveis por planos de informação e de cada um de seus componentes de legenda para o resultado final.

Para a o mapeamento do potencial espeleológico do Distrito Federal foram utilizados as seguintes variáveis de referência: geologia (litologia e concentração de falhas), relevo (altimetria e declividade) e hidrografia (concentração de drenagem e distância da drenagem).

A base da litologia foi retirada do mapeamento geológico do Distrito Federal, desenvolvido por Freitas-Silva e Campos (1998), em escala 1:100.000, constante no Relatório Técnico do Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal (1998). A base de Hidrografia foi retirada da base da Terracap 2010, em escala de 1:10.000. Os dados de altimetria foram retirados do modelo digital de elevação (MDE) da Aster (Gdem), com resolução espacial de 30 metros. Já as falhas geológicas foram retirados do mapeamento geológico de Goiás, em escala de 1:500.000, disponibilizada na pagina do Sistema Estadual de Geoinformação do Estado de Goiás (SIEG). Os pontos de cavidades subterrâneas do DF foram obtidos no cadastro do CECAV. A figura 3 representa de forma simplificada os principais procedimentos metodológicos realizados para a obtenção do mapa de potencial de ocorrência de cavernas.



**Figura 3.** Fluxograma dos procedimentos metodológicos realizados para a elaboração do mapa de potencial de ocorrência de cavernas no Distrito Federal.

Após reprojeter os *layers* de informação para o mesmo sistema de coordenadas e *datum*, todos os *layers*, exceto o MDE, foram convertidos para formato *raster*. Posteriormente os *rasters* que continham valores flutuantes foram reclassificados para valores inteiros. A técnica de sobreposição ponderada (*weighted overlay*) consiste na definição de pesos para cada classe de cada *raster*. Após definir o peso para cada classe, cada *raster* ganha um valor de percentagem referente a sua importância na definição do fenômeno apresentado.

A definição de pesos é de extrema importância nesse procedimento e deve tentar simular, de maneira mais realística possível, a influência de cada fator representado no processo analisado. Nesse sentido é fundamental a compreensão da natureza dos processos, gerais e específicos, da formação das cavidades.

Além da compreensão geral do processo de espeleogênese, é importante identificar as características singulares do carste da região, uma vez que cada lugar possui uma forma própria de interação entre os fatores condicionantes. Para tentar captar as características peculiares da região buscou-se identificar o número de cavidades por classe de cada parâmetro utilizado. Com isso podemos verificar onde a maioria das grutas já identificadas no DF se distribuem em termos de geologia, distância de drenagens, declividade, concentração de falhas e drenagens e cota altimétrica.

Além disso, foi realizado um trabalho de campo na APA da Cafuringa, local de maior concentração de cavernas do DF. Foram visitadas algumas grutas localizadas no Monumento Natural do Morro da Pedreira e tiradas fotos para ilustrar o trabalho (anexo). O trabalho de campo foi de extrema importância à medida que alguns detalhes e percepções acerca das características do carste da região ajudaram a montar e hierarquizar de forma mais realista possível os parâmetros utilizados

Como se sabe, o principal fator que influencia na formação das cavidades naturais subterrâneas é a característica das rochas. A geologia do DF foi largamente discutida e descrita por inúmeros autores (Andrade Ramos 1954; Barbosa 1962; Danni *et al* 1970; Faria 1984 e 1989 e 1995 e Freita-Silva & Campos 1998), não cabendo aqui a descrição sumária de seus grupos unidades. Adotando a classificação de Freitas-Silva & Campos 1998, buscou-se correlacionar as unidades descritas com a tabela de potencial de litologia.

A distribuição das cavidades no DF mostra que a grande maioria delas se desenvolvem sob o Grupo Paranoá, mais precisamente na unidade Pelito-carbonatada e sob as lentes de calcários e dolomitos. Além dessa distribuição, para definição dos pesos das classes de geologia foi utilizada a classificação de potencial por litologia elaborada pelos

pesquisadores do CECAV (tabela 2). A tabela 3 mostra os critérios utilizados para definição dos pesos para a classe litologia.

**Tabela 3.** Critério para definição dos pesos no parâmetro geologia

	<b>Litologia</b>	número de cavidades	potencial/litologia (cecav)	Pesos
<b>1</b>	Bambuí	0	baixo	1
<b>2</b>	Grupo Araxá	2	médio	3
<b>3</b>	Paranoá (Pasmopelito carbonatada - ppc - Lentes de calcário)	31	alto	9
<b>4</b>	Paranoá (Pasmopelito carbonatada - ppc)	30	alto	5
<b>5</b>	Paranoá (metarritimito argiloso - pr4)	8	médio	3
<b>6</b>	Q3	0	médio	1
<b>7</b>	R3	0	médio	1
<b>8</b>	A	0	médio	1
<b>9</b>	S	0	médio	1
<b>10</b>	Grupo Canastra	6	médio	3

A cota altimétrica também foi utilizada como parâmetro definidor do grau de potencialidade de ocorrência de cavernas uma vez que foi notado que grande parte das cavidades que ocorrem no Distrito Federal estão localizadas entre as cotas 780 a 830. Em campo no Morro da Pedreira, foi constatado que as cavernas encontram-se nas porções mais baixas do afloramento, onde ocorre a concentração de água no sistema. As parte mais altas do afloramento do Morro da Pedreira e constituída por paredões e abismos. A tabela 4 mostra como foi definido os pesos para o parâmetro altimetria.

**Tabela 4.** Definição dos pesos para as classes de cotas altimétricas.

	Altimetria -	Número de cavidades	Pesos
<b>1</b>	723 -800m	21	5
<b>2</b>	800 -850m	26	5
<b>3</b>	850 - 900m	12	4
<b>4</b>	900 - 950m	9	3
<b>5</b>	950 - 1000m	3	3
<b>6</b>	1000 - 1050m	4	3
<b>7</b>	1050-1100m	2	3
<b>8</b>	1100 - 1150m	0	3
<b>9</b>	1150 - 1200m	0	3
<b>10</b>	1200 - 1250m	0	3
<b>11</b>	1250 - 1300m	0	3
<b>12</b>	1300 - 1363m	0	3

Outra variável importante para a análise de potencial espeleológico é o grau de declividade do terrenos. De maneira geral, as cavernas ocorrem mais abundantemente nas

áreas de maior declividade. Os afloramentos de calcários tem um desnível que varia de vinte a cinquenta metros. No entanto, foi observado que as cavidades que ocorrem no DF se encontram, em sua maioria, nas médias declividades. Isso ocorre devido à características próprias do carste que aqui se desenvolve.

Uma hipótese provável para distribuição das cavernas em médias declividades é a velocidade que a água entra no sistema cárstico. As altas declividades acarretam grandes velocidades e a predominância de carreamento de sedimentos enquanto as baixas declividades são áreas onde se acumulam sedimentos. Ao que parece, as condições ideais para o desenvolvimento das cavidades na região são de médias declividade. O que permite que a água tenha tempo de entrar, agir na dissolução das rochas e sair do sistema. A tabela 5 mostra a distribuição das cavidades por grau de declividade e os pesos estabelecidos.

**Tabela 5.** Definição dos pesos para a classe declividade e graus.

	Declividade	Número de cavidades	Pesos
<b>1</b>	0 - 1,680596	6	3
<b>2</b>	1,680596 - 3,390368	3	3
<b>3</b>	3,390368 - 5,030269	3	3
<b>4</b>	5,030269 - 6,645679	4	3
<b>5</b>	6,645679 - 8,415177	7	4
<b>6</b>	8,415177 - 10,453014	11	5
<b>7</b>	10,453014 - 12,843697	15	5
<b>8</b>	12,843697 - 15,708434	10	5
<b>9</b>	15,708434 - 19,23488	3	3
<b>10</b>	19,23488 - 23,736477	6	3
<b>11</b>	23,736477 - 29,948784	5	3
<b>12</b>	29,948784 - 57,715641	3	3

Outro variável refere-se ao grau de concentração de drenagens. Esse parâmetro é muito parecido com a densidade de drenagem, no entanto não se refere ao limite geográfico imposto pela bacia hidrográfica. Foi analisada a distribuição das cavidade do DF entre as classes de concentração de drenagem para o estabelecimento dos pesos. A tabela 6 mostra os pesos usados para cada classe de concentração de drenagens, em km<sup>2</sup>.

**Tabela 6.** Distribuição de pesos da variável concentração de drenagens.

	Concentração de drenagens - 10%	Numero de cavidades	Pesos
1	0 - 0,700107	0	3
2	0,700107 - 1,561777	1	3
3	1,561777 - 2,58501	1	3
4	2,58501 - 3,715953	13	5
5	3,715953 - 4,900749	27	5
6	4,900749 - 6,1394	26	5
7	6,1394 - 7,539614	6	3
8	7,539614 - 9,370663	3	3
9	9,370663 - 13,732868	0	3

As falhas geológicas também foram utilizadas como variável que condicionam a formação das cavidades naturais subterrâneas. Notou-se que há um grupo de cavernas que são influenciadas pelos falhamentos e outro grupo que se desenvolve independente das estruturas das rochas. Definimos, portanto, que as os pesos não devem variar de maneira significativa entre as áreas que possuem e as que não possuem as falhas geológicas. A definição do pesos desta variável está representado na tabela 7.

**Tabela 7.** Distribuição dos pesos da variável "concentração de falhas".

	Densidade de falhas - %	Número de cavidades	Pesos
1	0 - 0,055164	32	5
2	0,055164 - 0,15761	4	3
3	0,15761 - 0,248236	6	3
4	0,248236 - 0,327042	1	3
5	0,327042 - 0,413727	2	3
6	0,413727 - 0,508294	5	3
7	0,508294 - 0,626502	18	5
8	0,626502 - 0,772291	9	5
9	0,772291 - 1,004767	0	3

Por último, foi usada a influência da distância das drenagens como parâmetro. Esse critério tem como base a importância que a hidrografia tem para o desenvolvimento dos sistemas cársticos. Nota-se que foi usado apenas as drenagens perenes para a criação dos múltiplos *buffers*. Isso ocorreu devido a impossibilidade de "rodar" o *buffer* em todo o *shape file*, que é muito pesado. No entanto, o entendimento dos processos envolvidos na espeleogênese definem a água como seu principal agente formador. Nesse sentido, foi definido um peso decrescente à medida que as áreas se distanciam das drenagens principais. Durante o trabalho de campo e após análise das drenagens, foi constatado que, no território do DF, não existem sumidouros em rios perenes, o que permite a utilização

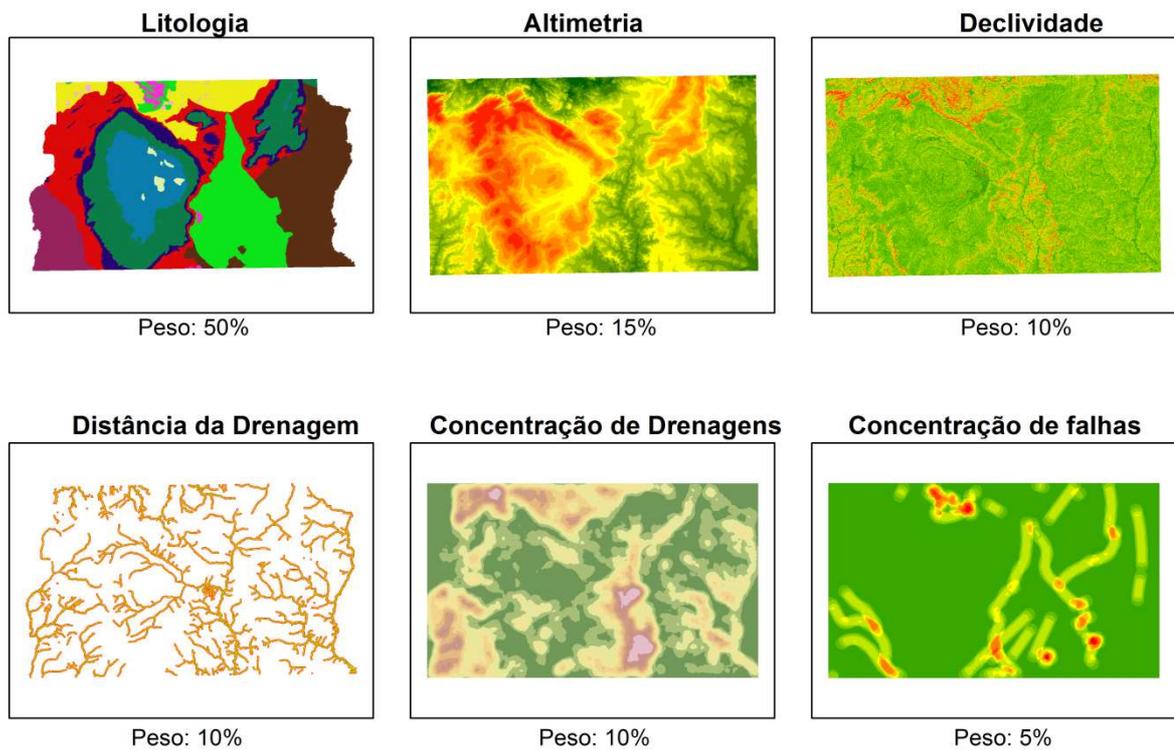
dessa variável sem o prejuízo da análise final. A tabela 8 mostra a distribuição dos pesos para as classes de distância das drenagens perenes.

**Tabela 8.** Distribuição dos pesos para a classe distância de drenagens.

	<b>Distância</b>	<b>Pesos</b>
<b>1</b>	15	7
<b>2</b>	50	6
<b>3</b>	100	5
<b>4</b>	200	4
<b>5</b>	300	3
<b>6</b>	> 300	3

Com as variáveis e pesos das classes definidos, passou-se à determinação da importância relativa de cada classe. A figura 4 mostra todas as camadas de informação utilizadas na determinação do potencial espeleológico em formato *raster*, todos com 30 metros de resolução espacial. A geologia foi definida como variável mais importante, com 50% de importância para o resultado final. A cota altimétrica foi a segunda variável mais importante no processo de ocorrência de cavernas com 15 % da importância total. Distância das drenagens, concentração de drenagens e declividade tiveram importância relativa de 10% cada. E por último, a concentração de falhas foi a variável de menor peso relativo, com 5 % de influência total.

Os *rasters* foram sobrepostos utilizando a ferramenta *Weighted Overlay*, em que a importância de cada variável e de cada classe foram ponderadas de acordo com os valores estabelecidos, originando o mapa de Potencial de ocorrência de cavernas do Distrito Federal. Para eliminar o efeito de ruído na imagem, foi aplicado um filtro (*Marjory filter*) que suavizou a figura final. O mapa possui cinco classes de potencial, são elas: ocorrência improvável, baixo potencial, médio potencial, alto potencial e muito alto potencial.



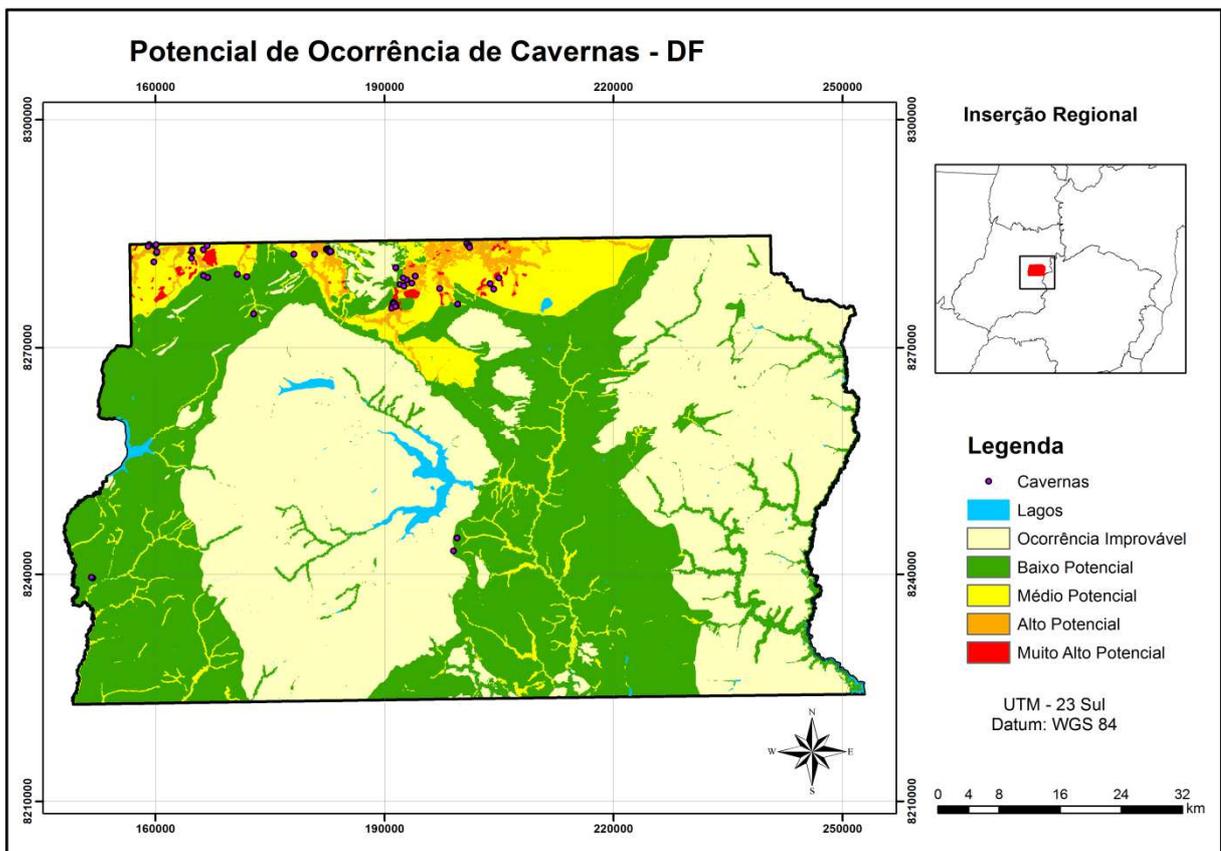
**Figura 4.** Representação matricial das variáveis utilizadas na análise de potencial espeleológico e seus respectivos pesos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo geral, pode-se notar que o potencial espeleológico do Distrito Federal é relativamente baixo. Grande parte de seu território está entre o grau de potencial baixo à ocorrência improvável. As áreas com maior potencial espeleológico encontram-se em sua porção norte e nordeste. São áreas onde predominam as unidades carbonatadas do grupo Paranoá e onde se desenvolvem de maneira mais significativa o relevo cárstico. Essa região faz parte da bacia do Rio Maranhão, importante afluente do Rio Tocantins. As áreas classificadas como muito alto potencial ficam restritas às lentes de calcário e dolomitos que afloram de modo pontual e de maneira heterogênea na região.

Nota-se que a geologia é fator preponderante na definição do grau de potencial espeleológico. Observa-se também que a metodologia aplicada deixa clara influência da rede de drenagem na definição das áreas potenciais. Isso ocorre uma vez que a água é fator fundamental para o desenvolvimento das cavernas.

Em termos de dimensão, a classe de ocorrência improvável possui 285.751 ha, baixo potencial com 233.677 ha, médio potencial com extensão total de 47.583 ha, alto com área de 9.796 ha e as áreas de muito alto potencial somam apenas 2.096 ha.

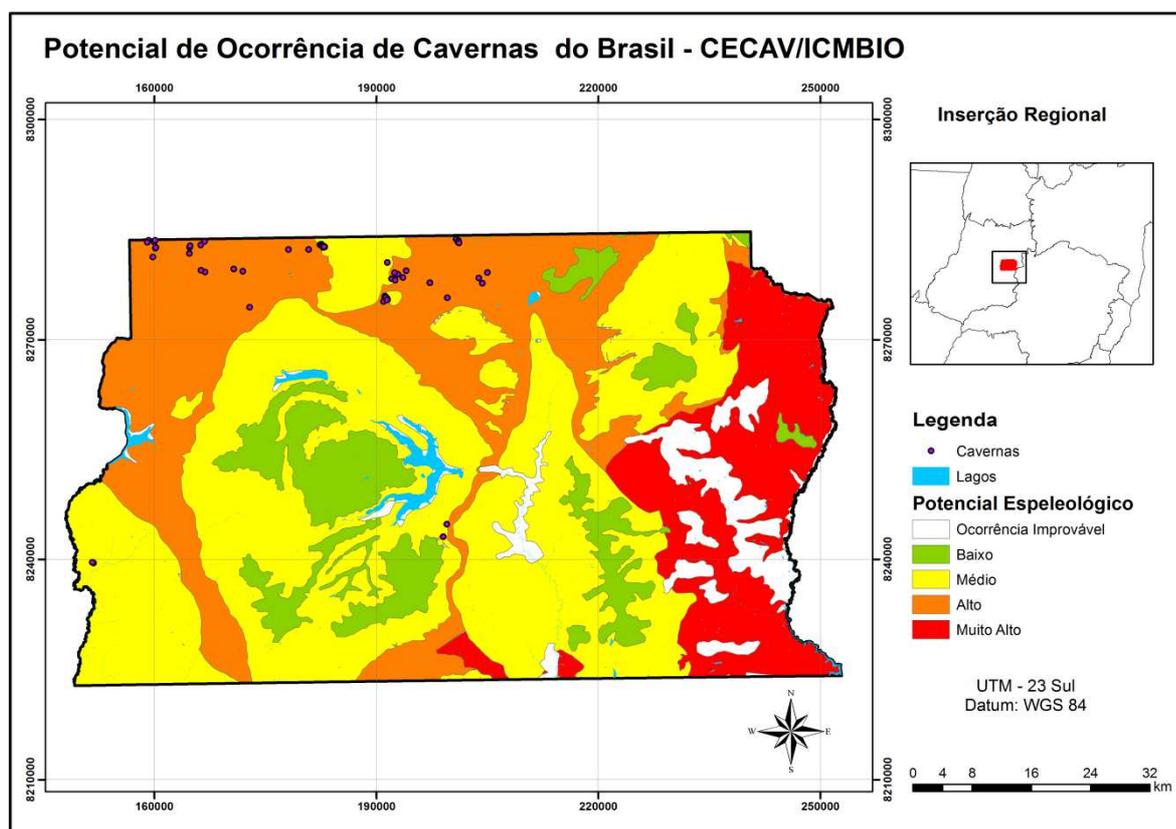


**Figura 5.** Mapa final de potencial de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas

Comparado o mapa gerado com o mapa produzido com a base de potencial espeleológico disponibilizada pelo CECAV, notamos significativas diferenças. É importante ressaltar que tais diferenças são devidas tanto à metodologia aplicada em cada trabalho e à escala. No entanto, não podemos deixar de frisar a importância da realização de mapeamentos oficiais mais detalhados, uma vez que estes servem como base de políticas e ações que se dão no âmbito local.

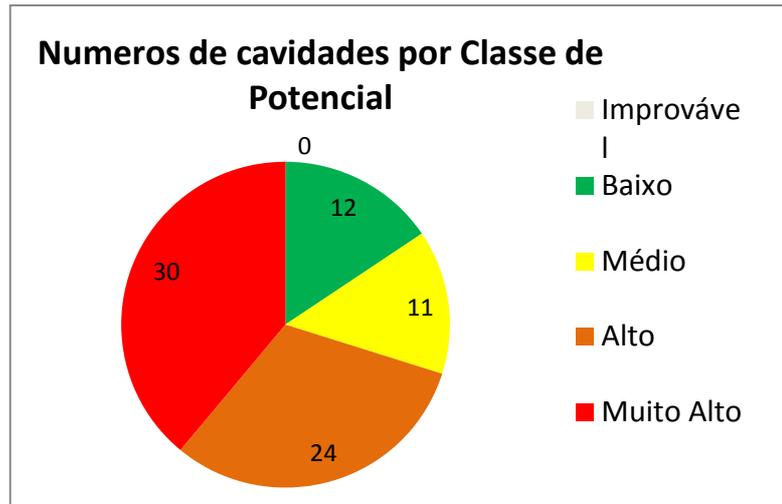
A principal, e mais preocupante, diferença está na região considerada de potencial “Muito alto” no mapa do CECAV e, que de acordo com a metodologia utilizada neste trabalho, foi considerada como área de ocorrência improvável de cavernas. O fundamento dessa grande diferença está na base de geologia utilizada.

Já a classe de potencial alto no mapa do CECAV agregou as classes de potencial alto e médio obtidas neste trabalho. Além disso a utilização dos parâmetros de proximidade, concentração de drenagens e declividade fizeram com que o mapa final de potencial espeleológico refletisse a influência das drenagens e das quebras de relevo.



**Figura 6.** Mapa de potencial de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas de acordo com a base de dados do CECAV.

Analisando a distribuição das cavidades por classe de potencial temos a seguinte distribuição: Trinta (30) cavidades na classe "muito alto", vinte e quatro (24) na classe “alto potencial”, onze (11) cavidades na classe de “médio potencial” e doze (12) cavidades na classe de “baixo potencial”. A figura 6 apresenta um gráfico com esses valores.



**Figura 7.** Distribuição de cavidades por classe de potencial espeleológico.

Verifica-se que a distribuição das cavidades naturais nas classes de potencialidade "alto" e "muito alto" ficou bastante coerente com o resultado esperado. Já o maior número de cavidade presentes na classe de baixo potencial em relação a de médio potencial não nos parece coerente. Uma possível explicação desse fato é a ocorrência pontual e restrita de rochas mais propícias à ocorrência de cavernas e que não foram mapeados na escala de 1:100.000. Além disso, podem certos locais reunir condições propícias mesmo sob litologias com menor potencial. O fato de nenhuma cavidade ser encontrada na classe de ocorrência improvável, e o maior número de cavidades estar presente na classe de muito alto potencial, demonstra que os critérios utilizados e seus respectivos pesos corresponderam de maneira satisfatória

Nesse sentido, as dificuldades apresentadas para a realização do trabalho proposto relacionou-se ao fato de que a escala do mapeamento geológico não contemplou as inúmeras e pequenas lentes de calcários e dolomitos que afloram em toda porção norte do DF. Um mapeamento geológico mais detalhado irá revelar áreas não identificadas no mapeamento geológico utilizado devido à escala do trabalho.

Nesse contexto vislumbra-se, em trabalhos de aprofundamento do tema, o mapeamento das feições exocársticas, por meio de sensoriamento remoto, com o intuito de melhorar a qualidade do mapeamento, contribuindo também para um melhor conhecimento do patrimônio espeleológico da região.

## 5 CONCLUSÃO

Conclui-se que a metodologia empregada na elaboração do mapa de potencial de ocorrência de cavidades subterrâneas no Distrito Federal se mostrou bastante eficiente,

tendo em vista a análise dos resultados obtidos e sua correlação com as características do relevo cárstico. A definição dos pesos de cada classe e o estabelecimento da sua importância relativa no processo de formação das cavidades subterrâneas foram definidos de maneira estatística associados às referências bibliográficas e ao conhecimento dos processos de formação do carste. O trabalho de campo foi de fundamental importância na calibração dos pesos à medida que forneceu informações valiosas sobre as características principais do sistema cárstico que se desenvolve no Distrito Federal.

A elaboração do mapa de potencial espeleológico teve como intuito ampliar o conhecimento a respeito do patrimônio espeleológico do Distrito Federal e servir de base para outros trabalhos que se debruçam sobre a temática. O mapa poderá ser utilizado como referência para implementação de diretrizes e ações governamentais que visem a preservação dos sistemas cársticos uma vez que aponta as áreas de maior interesse espeleológico.

Além disso, durante a realização da pesquisa, pudemos avaliar as reais potencialidades de aplicação da metodologia de análise ponderada de acordo com a correspondência do produto final com as características da realidade geográfica. Conclui-se que a metodologia é satisfatória para a elaboração do mapa de potencial espeleológico uma vez que as características específicas de cada região sejam estudadas e levadas em consideração.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONIO, Rogério Dell. Método de identificação de áreas potenciais ao desenvolvimento de cavernas na Serra de Itaqueri - SP, utilizando SIG. 1997.

BRASIL. Decreto nº.6.640, de 07 de novembro de 2008. Dá nova redação aos arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6640.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6640.htm)>. Acesso em: 08 dez. 2013.

BRASIL. Decreto nº. 99.556, de 1º de outubro de 1990. Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, e dá outras providências. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1990-1994/D99556.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D99556.htm)>. Acesso em: 08 dez. 2013.

BRASIL. Constituição Federal de 1988. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm)>. Acesso em: 08 dez. 2013.

CALUX, A. S. 2011. Potencialidade para ocorrência de cavernas em rochas ferríferas na Serra de Carajás (PA), Quadrilátero Ferrífero (MG) e Corumbá (MS). In: 1º Simpósio Mineiro do Carste: *Anais do Evento*, Belo Horizonte, 2011. p. 48-48.

CÂMARA, G. Sistemas de Informação Geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral. Disponível em <[http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde\\_arquivos/21/TDE-2007-08-21T144753Z-769/Publico/Mara%20lone.pdf](http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_arquivos/21/TDE-2007-08-21T144753Z-769/Publico/Mara%20lone.pdf)>. Acesso em: 08 dez. 2013.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº. 374, de 10 de setembro de 2004. Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=452>>. Acesso em: 08 dez. 2013.

CECAV - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. Disponível em <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/projetos-e-atividades/potencialidade-de-ocorrencia-de-cavernas.html>>. Acesso em: 01 dez. 2013.

CECAV - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. Base de Dados. 2012. Disponível em <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads/mapas.html>>. Acesso em: 01 dez. 2013.

INSTITUTO DE ECOLOGIA E MEIO AMBIENTE DO DISTRITO FEDERAL - IEMA; UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB. *Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal*. Brasília, 1998. 208 p.

JANSEN, D. C.; CAVALCANTI, L. F.; LAMBLÉM, H. S. Mapa de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil, na escala 1:2.500.000. *Revista Brasileira de Espeleologia*, v. 2, n.1, p. 42-57, 2012.

MEDEIROS, J. S.; CÂMARA, G. Geoprocessamento para projetos ambientais. In: *Introdução ao Geoprocessamento*. Livro on-line. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2001. cap. 10. Disponível em <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.19.15.08/doc/cap10-aplicacoesambientais.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2013.

MEDEIROS, R. C. S.; GALVÃO, A. L. Histórico e Contextualização Legal. In: INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE - CENTRO NACIONAL DE

PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS (CECAV). *III Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental*. Belo Horizonte: Instituto Terra Brasilis, 2011. p. 153-167. Disponível em <  
<http://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/Apostila%20Curso%20de%20Espeleologia%20e%20Licenciamento%20Ambiental.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2013.

## ANEXO I







