

## DISTRIBUIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS CAVERNAS BRASILEIRAS SEGUNDO A BASE DE DADOS DO CECAV

### DISTRIBUTION AND CHARACTERIZATION OF BRAZILIAN CAVES ACCORDING TO CECAV DATABASE

*Débora Campos Jansen*

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

*Karolina do Nascimento Pereira*

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

#### **Resumo**

Esse trabalho objetiva detalhar a distribuição espacial das cavernas brasileiras, cadastradas na Base de Dados do Centro Nacional de Pesquisas e Conservação de Cavernas – CECAV, em relação aos mapas temáticos de bacias hidrográficas, biomas, solos, geomorfologia, geologia, potencial de ocorrência de cavernas e uso do solo e cobertura vegetal. As relações entre esses temas ficam claras quando se pensa, por exemplo, que as cavernas se formam com a dissolução das rochas; que a declividade do terreno aumenta ou reduz o armazenamento de água na superfície; que o solo pode agir como filtro na contaminação das águas subterrâneas; ou que a cobertura vegetal serve de proteção ao solo favorecendo ou não a penetração da água. Para o cruzamento, foram utilizados dados de 15 de janeiro de 2015, com 14.189 cavernas registradas. Através do cruzamento desses dados, obtiveram-se vários resultados, entre eles, que 66% das cavernas estão localizadas na bacia do São Francisco e do Tocantins; 52% no bioma Cerrado; 56% nas áreas de potencialidade de ocorrência de cavernas de grau “Muito Alto”; 51% localizadas em áreas de vegetação alterada; e 67% dentro de unidades de conservação, de uso sustentável. Há necessidade de se realizar mais estudos para subsidiar a criação de políticas públicas de conservação do Patrimônio Espeleológico. Tais estudos não devem adotar práticas de conservação concentrados na visão de cavidades subterrâneas como unidades individuais, mas sim, considerar o contexto ambiental e social na qual estão inseridas.

**Palavras-chave:** Cavernas; Banco de dados CECAV; Patrimônio espeleológico.

#### **Abstract**

*The study aims to detail the spatial distribution of Brazilian caves registered in the National Center for Research and conservation of Caves – CECAV's database in relation to thematic maps of watersheds, biomes, soils, geomorphology, geology, potential for occurrence of caves, land use and vegetation cover. The relationships among these themes are clear when one thinks, for example, that the caves are formed with the dissolution of the rocks, the slope of the terrain increases or reduces the storage of water on the surface, the soil can act as a filter on groundwater contamination, or that the vegetation cover soil protection serves favoring or not water penetration. It was used the data from January 15, 2015, containing 14.189 registered caves. By crossing this data, this led to several results, including, for example, that 66% of the caves are located in the basin of San Francisco and of Tocantins 52% in the Cerrado biome; 56% are in the areas of potential occurrence of caves of degree "too high"; 51% located in areas of altered vegetation; and 67% within conservation units, sustainable use. It is needed to conduct further studies to support the creation of public policies for Speleological Heritage conservation. Such studies should not adopt conservation practices focused only in the vision of caves as individual units, but rather, consider the environmental and social context in which they are inserted.*

**Keywords:** Caves; Database; Speleological heritage

## 1 INTRODUÇÃO

A legislação brasileira define cavidades naturais subterrâneas como:

todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo homem, 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 (BRASIL, 2008).

A Base de Dados (geoespacializados) de Cavernas do Centro Nacional de Pesquisas e Conservação de Cavernas - CECAV tem hoje a sua alimentação de dados provenientes de trabalhos de campo realizados por seus técnicos e analistas ambientais, estudos espeleológicos realizados como subsídio ao licenciamento ambiental, pesquisas científicas aplicadas, material bibliográfico e de outras bases de dados. Em 31 de janeiro de 2015, essa base contava com 14.198 registros, no entanto sabemos que esses dados não refletem o universo de cavernas existentes no Brasil.

Esse estudo tem por objetivo detalhar a distribuição espacial das cavernas brasileiras constantes na Base de Dados do CECAV (Figura 1) em relação a outros mapas temáticos como: bacias hidrográficas, biomas, solos, geomorfologia, geologia, potencial de ocorrência de cavernas e uso do solo e cobertura vegetal, permitindo diversas avaliações e análises geoespacializadas das informações geradas.

As relações entre os temas ficam claras quando se pensa, por exemplo, que as cavernas se formam com a dissolução das rochas, que a declividade do terreno aumenta ou reduz o armazenamento de água na superfície, que o solo pode agir como filtro na contaminação das águas subterrâneas, ou que a cobertura vegetal serve de proteção ao solo favorecendo ou não a penetração da água.

Segundo Prous (2007), a preservação das cavernas não deve ser desvinculada do ambiente externo. Uma vez que a comunidade no interior de uma caverna é, geralmente, dependente de recursos alóctones, deve-se visar à preservação de todo o ambiente cárstico. Para tanto é necessário estudos e investimentos em pesquisas ao redor das áreas de influência das cavidades subterrâneas naturais.

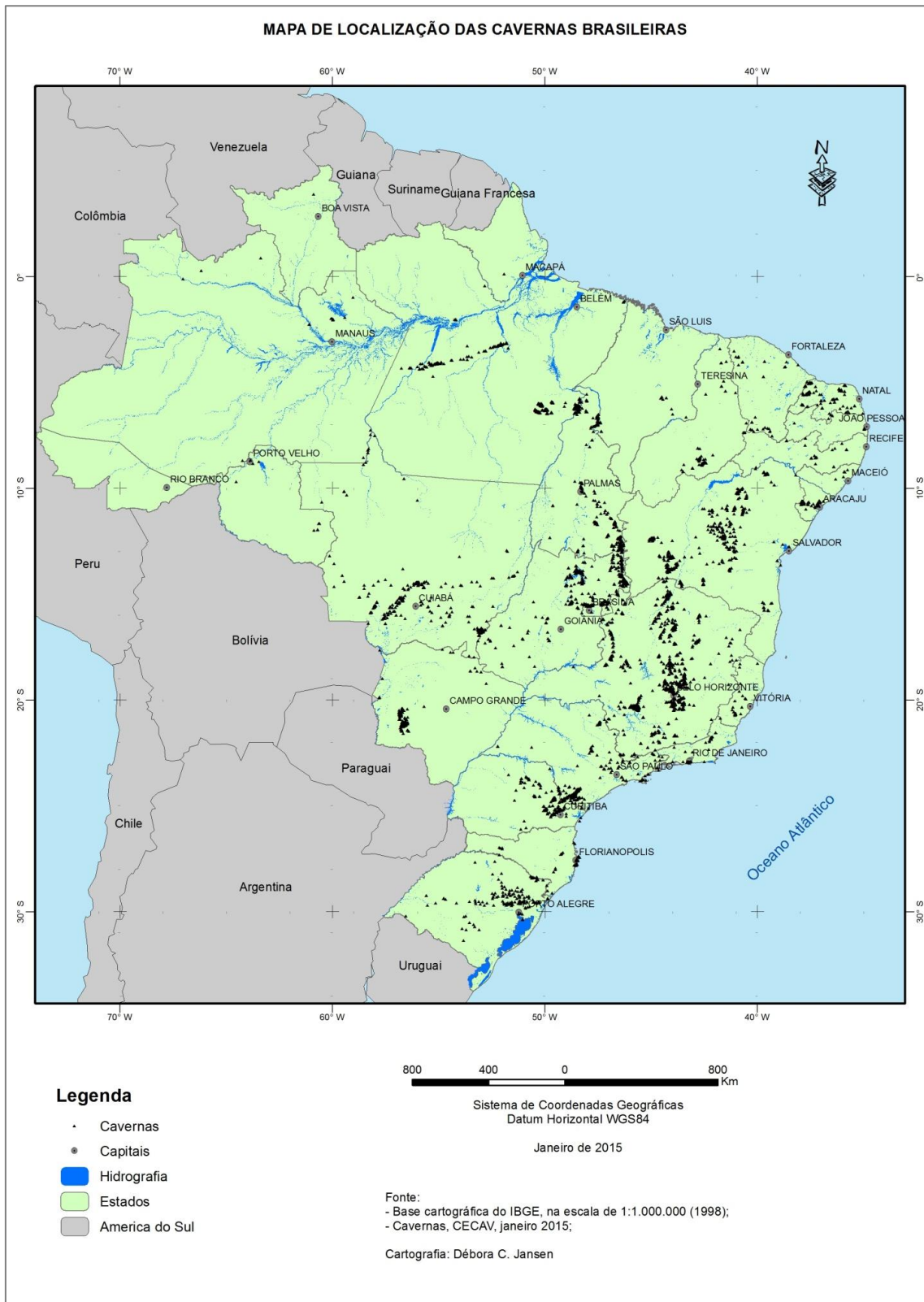
O que precisa ser sempre destacado é a necessidade permanente de se promover a proteção e o conhecimento das cavernas e de seu frágil ecossistema em busca de um manejo adequado e menos impactante da geodiversidade e da biodiversidade associado a elas.

O objetivo principal desse estudo é detalhar a distribuição espacial das cavernas brasileiras, caracterizando suas ocorrências em função dos temas disponíveis, de acordo com a sua localização na Base de Dados de Cavernas do CECAV.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO E CONCEITUAL

Segundo Jansen (2013) locais de ocorrências das cavernas podem ser denominados de ambientes cársticos, definido por Travassos (2011) como sendo:

Um ecossistema complexo formado por rochas que foram dissolvidas pela água naturalmente acidulada ao longo de milhares de anos. Tal ambiente é caracterizado, principalmente, pela circulação de água em superfície e em subsuperfície e, por isso, conta com a presença de cavernas, depressões fechadas (dolinas, lagoas, etc.), drenagens subterrâneas, fauna e flora específicas (TRAVASSOS, 2011).



**Figura 1**– Mapa de Localização das Cavernas com a distribuição das cavernas no contexto nacional.  
Cartografia: Débora C. Jansen.

Os ambientes onde as cavernas são encontradas possuem predominância de fatores (bióticos e abióticos) associados a temas específicos, principalmente as bacias hidrográficas, biomas, solos, geomorfologia, geologia, potencial de ocorrência de cavernas, uso do solo e cobertura vegetal. Além desses temas também foram utilizados os dados para a quantificação de ocorrência de cavernas em unidades de conservação.

Segundo Guerra (1989) bacia hidrográfica ou de drenagem é um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes, onde as águas escoam normalmente dos pontos mais altos para os mais baixos. Os efeitos dos agentes erosivos alterando as suas estruturas tornam esse ambiente dinâmico, capaz de receber todas as interferências naturais e antrópicas ocorridas na área.

Esse dinamismo oferece às bacias uma característica de sistema ecológico que funciona de forma integrada e capaz de permitir a avaliação da fragilidade natural de ambientes do tipo cárstico, que segundo Ford e Williams (2007), devido à pequena capacidade de autodepuração, são mais eficientes na transmissão do que na absorção de poluentes.

Em 2004, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) definiu bioma como sendo um grupo relativamente homogêneo de vegetais e de animais constituído pelo agrupamento de tipos de vegetação contíguos e identificáveis em escala regional, com condições geoclimáticas similares e história compartilhada de mudanças, o que resulta em uma diversidade biológica própria. Os nomes adotados foram os mais usuais e populares, em geral associados ao tipo de vegetação predominante ou ao relevo.

Para Guerra (1989) o solo é uma camada superficial de terra capaz de ser arável e com ocorrência de vida microbiana. Podem ser de dimensões variadas e são formados pela decomposição da rocha.

Lepsch (2010) afirma que existem solos mais suscetíveis à erosão do que outros devido às suas características físicas. Os Latossolos são bem desenvolvidos, com grande profundidade e porosidade sendo considerados solos velhos e maduros. Os Argissolos, comparado aos Latossolos, são menos estáveis e menos intemperizados, ocorrendo em topografias um pouco mais movimentadas. Os solos rasos são mais erodíveis que os profundos uma vez que o acúmulo da água da chuva ocorre muito acima da rocha ou camada adensada, que é impermeável, encharcando mais rapidamente o solo e facilitando o escoamento superficial.

Ao se tratar a geomorfologia, que tem nas formas terrestres o seu objeto de estudo, Guerra (1989) afirma que tais formas são determinadas por seus aspectos (descrição), por suas dimensões (medidas), pela origem de suas formas (gênese) e pelo processo de formação e de transformação dos diferentes acidentes do relevo (evolução).

O IBGE (2009) elaborou uma proposta para mapeamento taxonômico da estrutura geomorfológica de acordo com uma classificação temporal e espacial, na qual se distinguem os modelados como unidade básica e seus grupamentos hierarquicamente relacionados. Os Domínios Morfoestruturais, os maiores táxons na compartimentação do relevo, representam o 1º nível de grandeza dessa classificação, ocorrem em escala regional e organizam os fatos geomorfológicos segundo o arcabouço geológico, marcado pela natureza das rochas e pela tectônica que atua sobre elas. São definidos quatro domínios no território brasileiro: os Depósitos Sedimentares Quaternários<sup>1</sup>, as Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas<sup>2</sup>; os Cinturões Móveis Neoproterozóicos<sup>3</sup> e os Crátoms Neoproterozóicos<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> São basicamente “áreas de acumulação representadas pelas planícies e terraços de baixa declividade e, eventualmente, depressões modeladas sobre depósitos de sedimentos horizontais a sub-horizontais de ambientes fluviais, marinhos, lagunares e/ou eólicos, dispostos na zona costeira ou no interior do continente”.

<sup>2</sup> “São planaltos e chapadas desenvolvidos sobre rochas sedimentares horizontais a sub-horizontais, eventualmente dobradas e/ou falhadas, em ambientes de sedimentação diversos, dispostos às margens ou no interior dos continentes”.

<sup>3</sup> São grandes áreas “representadas por planaltos, alinhamentos serranos e depressões interplanálticas elaborados em terrenos dobrados e falhados, incluindo principalmente metamorfitos e granitóides associados”.

Segundo Crepani 51L 51L. (2001), a geologia contribui para a análise e definição da categoria morfodinâmica da unidade de paisagem natural por compreender as informações relativas à história da evolução geológica do ambiente.

Maia (2001) afirma que a maior ou menor susceptibilidade de uma rocha é determinada pela estabilidade química dos seus minerais, submetidos às mesmas condições de alteração na superfície terrestre. Nessas mesmas condições, por exemplo, o basalto devido a menor estabilidade química dos seus minerais essenciais tem maior alterabilidade em relação ao granito, rocha de grande estabilidade química.

O atributo geológico tratado nesse estudo foram as Províncias Estruturais brasileiras que segundo a CPRM (2003) são regiões geológicas naturais, de grandes dimensões, que indicam feições estratigráficas, tectônicas, magmáticas e metamórficas próprias e diferentes das apresentadas pelas províncias confinantes.

As províncias cratônicas do Amazonas e do São Francisco são embasamentos compostos por núcleos microcontinentais arqueanos e faixas móveis paleoproterozóicas e mesoproterozóicas. As províncias da Borborema e Tocantins apresentam embasamento complexo, com predomínio de faixas móveis paleoproterozóicas e mesoproterozóicas, intensamente retrabalhadas no Brasiliano. Já a Província da Mantiqueira tem a evolução orogênica nitidamente diacrônica, de faixa a faixa, de província para província. E por último as províncias da Parnaíba e do Paraná apresentam subdivisões internas primárias (antéclises) e secundárias (arcos, domos), criados nos processos tectônicos pós-carboníferos (CPRM, 2003).

Segundo Jansen (2013), as áreas potencialmente cársticas são geotecnicamente frágeis, altamente vulneráveis à degradação e, associadas à ocupação intensa, à ocorrência de atividades minerárias e agropecuárias e à exploração sem controle do aquífero, podem sofrer sérios impactos, alguns, até mesmo, irreversíveis.

Os aquíferos cársticos, por exemplo, são muito sensíveis à contaminação em decorrência da falta de filtragem natural da água. As águas superficiais e subterrâneas são conectadas diretamente o que faz com que os contaminantes sejam assimilados sem filtragem ou qualquer tipo de diluição, causando impactos extremamente difíceis de serem remediados (SALLUN, 2008).

A cobertura vegetal protege a paisagem de várias formas, como por exemplo, evitando o impacto direto das gotas de chuva no solo que causa a desagregação das partículas; ampliando a capacidade de infiltração do solo; impedindo a compactação do solo, o que diminui a capacidade de absorção de água; e servindo de *habitat* de espécies animais e estruturas biológicas (raízes) que atuam no aumento da porosidade e permeabilidade do solo (CREPANI et al., 1996).

Segundo IBGE (1992), as formações florestais brasileiras são constituídas pelas florestas ombrófilas (em que não falta umidade durante o ano) e as estacionais (em que falta umidade num período do ano) situadas tanto na região amazônica quanto nas áreas extra-amazônicas, mais precisamente na Mata Atlântica.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) é constituído pelo conjunto das unidades de conservação federais, estaduais e municipais, tendo entre seus principais objetivos proteger as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural de dada região (BRASIL, 2000).

---

<sup>4</sup> “São planaltos residuais, chapadas e depressões interplanálticas, tendo como embasamento metamorfitos e granitóides associados e incluindo como cobertura rochas sedimentares e/ou vulcano-plutonismo, deformados ou não”.

O SNUC (2000, inciso II, art.2º) conceitua unidade de conservação como:

espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção” e as dividem em dois grupos: Proteção Integral (categorizadas para preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais) e Uso Sustentável (para compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O foco do cruzamento dos dados está na ocorrência das cavernas em relação a outros temas (bacias hidrográficas, biomas, solos, geomorfologia, geologia, potencial de ocorrência, uso do solo e cobertura vegetal e unidades de conservação) dos quais havia disponibilidade de dados digitais, em formato *shapefile*. Foram utilizados os dados de ocorrência das 14.189 cavernas disponibilizados no site do CECAV, em janeiro de 2015.

Os temas foram padronizados e tratados nos softwares ArcGIS e Excel. O resultado da geoespacialização dos dados de caverna em relação aos temas citados foi transformado em planilhas/gráficos para permitir uma melhor análise e avaliação. Cada tema teve seus atributos selecionados conforme descritos a seguir:

#### 3.1 Região hidrográfica

Os dados de Bacia Hidrográfica utilizados foram os digitais do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), Nível 01: representação gráfica (polígonos) das 12 Grandes Regiões Hidrográficas, em escala compatível de 1:1.000.000 fornecido pela Agência Nacional de Águas (2003). Esses dados forneceram uma divisão das regiões hidrográficas em 12 categorias:

- Região Hidrográfica Amazônica;
- Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental;
- Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental;
- Região Hidrográfica Atlântico Leste;
- Região Hidrográfica Atlântico Sul;
- Região Hidrográfica Atlântico Sudeste;
- Região Hidrográfica do Paraná;
- Região Hidrográfica do Parnaíba;
- Região Hidrográfica do São Francisco;
- Região Hidrográfica do Uruguai;
- Região Hidrográfica do Paraguai;
- Região Hidrográfica do Tocantins.

#### 3.2 Bioma

Os dados dos Biomas foram retirados do Mapa de Biomas do Brasil - Primeira Aproximação, na escala de 1:5.000.000 (IBGE, 2004) categorizados, em 06 unidades, da seguinte forma:

- Amazônia;
- Caatinga;
- Cerrado;
- Mata Atlântica;
- Pantanal;
- Pampa.

### **3.3 Solos**

Os dados de Solos utilizados foram os do Mapa de Solos do Brasil, produzido pela EMBRAPA Solos, em 2011, na escala de 1:5.000.000. Esta base de dados representa a distribuição geográfica dos solos de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS, 2006).

O atributo (COMP1) que contém as classes de solo dominante das unidades de mapeamentos foi o utilizado e categorizado, em 16 unidades, da seguinte forma:

- Afloramento de Rochas;
- Água;
- Argissolos;
- Chernossolos;
- Cambissolos;
- Dunas;
- Espodossolos;
- Gleissolos;
- Latossolos;
- Luvisolos;
- Neossolos;
- Nitossolos;
- Organossolos;
- Planossolos;
- Plintossolos;
- Vertissolos.

Segundo a Embrapa (2015) os Latossolos são os solos de maior ocorrência no Brasil, sendo mais frequentes em regiões equatoriais e tropicais, estando associados normalmente a relevos planos e suaves ondulados. Devido às boas condições físicas e aos relevos mais suaves, apresentam alto potencial para o uso agrícola.

### **3.4 Geomorfologia**

Os dados geomorfológicos utilizados foram os do Mapa de Unidades de Relevo do Brasil, referentes ao Projeto: Sistematização das Informações sobre Recursos Naturais, na escala de 1:5.000.000 (IBGE, 2006).

O atributo utilizado (NOM\_DOMINI) que contém os domínios morfoestruturais, foi categorizado em 06 itens:

- Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas;
- Cinturões Móveis Neoproterozóicos;
- Crátoms Neoproterozóicos;
- Depósitos Sedimentares Quaternários;
- Ilha Oceânica;
- Massa D'água.

### **3.5 Geologia**

Os dados geológicos utilizados foram os do Serviço Geológico do Brasil, na escala de 1:2.500.000 (CPRM, 2003).

O atributo utilizado foi o das Províncias Geológicas Estruturais, categorizado em 08 itens:

- Amazônia;
- Bacia do Paraná;
- Borborema;
- Mantiqueira;
- Parnaíba;
- São Francisco Norte;
- São Francisco Sul;
- Tocantins.

### **3.6 Potencial de ocorrência de cavernas**

Os dados de Potencial de Ocorrência de Cavernas foram obtidos do Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil, na escala de 1:2.500.000 (JANSEN; CAVALCANTI; LAMBLÉM, 2012).

Foram geradas cinco classes para estabelecer o grau de potencialidade de ocorrência de cavernas brasileiras (Muito Alto, Alto, Médio, Baixo e Ocorrência Improvável).

### **3.7 Uso do solo e Cobertura Vegetal**

Nesse caso, foram utilizados os dados de Vegetação do Brasil, sem escala não informada (EMBRAPA, 2007). Utilizou-se o atributo AGRICULTUR, com 24 categorias, para os ajustes e a geração dos dados:

- Agriculturas e pastagens permanentes dominantes;
- Áreas urbanizadas;
- Campos inundáveis;
- Campos limpos;
- Corpos d'água naturais e artificiais;
- Florestas arbustivas-arbóreas aberta;
- Florestas arbustivas-arbóreas densa;
- Florestas com predomínio de bambu e cipós;



- Florestas de transição semi-decíduais aberta;
- Florestas estacionais decíduais aberta;
- Florestas estacionais decíduais densa;
- Florestas estacionais semi-decíduais aberta;
- Florestas estacionais semi-decíduais densa;
- Florestas hidrófilas abertas com palmeira;
- Florestas ombrófilas aberta;
- Florestas ombrófilas densa;
- Igapós e várzeas;
- Manguezais;
- Mosaicos de agricultura, pastagens e vegetação arbórea alterada;
- Mosaicos de vegetação não arbórea pastejada e pequena agricultura
- Rochas e solos nus ou com vegetação dispersa;
- Savanas arbustivas;
- Savanas gramíneas;
- Sem informação.

### **3.8 Unidades de Conservação**

Os dados de unidades de conservação foram retirados da compilação feita pela Diretoria de Qualidade Ambiental do IBAMA a partir de dados de diversas fontes oficiais e não-oficiais (CNUC, OEMA, OMMA etc.), datados de fevereiro de 2013.

Foram trabalhados os atributos referentes à jurisdição (federal, estadual, municipal e distrital) e ao grupo (proteção integral e uso sustentável).

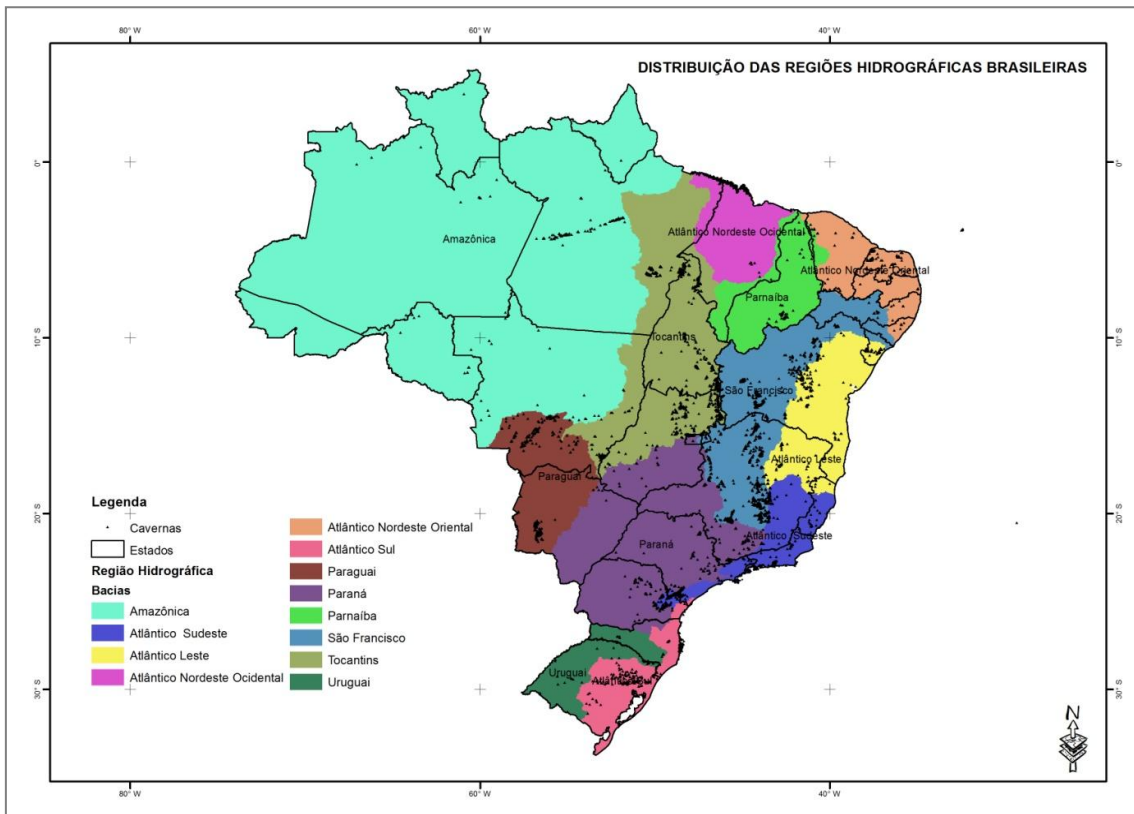
Vale ressaltar que a diferença entre as várias escalas, dimensões, formatos e disposição dos polígonos, nos diversos temas, exigiu um ajuste individualizado para permitir que as 14.189 cavernas recebessem a classificação proposta nos temas trabalhados.

## **4 RESULTADOS ALCANÇADOS**

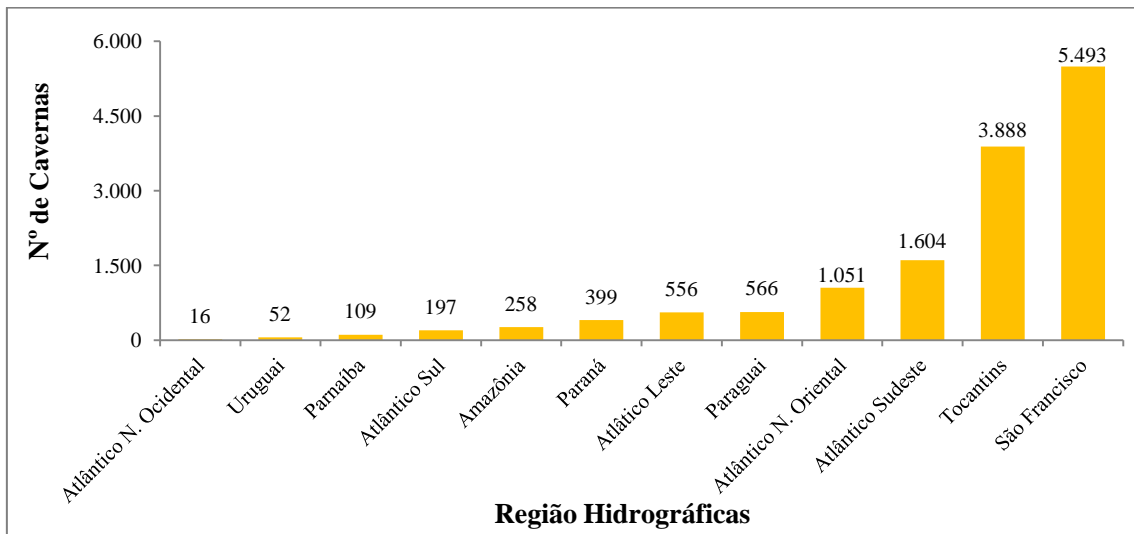
Os resultados alcançados retratam os cruzamentos dos dados temáticos com os dados de ocorrência de cavernas no território brasileiro, constantes na Base de Dados do CECAV em janeiro de 2015.

### **4.1 Região hidrográfica**

O cruzamento da Base de Dados de Cavernas do CECAV com os dados das bacias hidrográficas do Brasil permitiu quantificar o número de cavernas por região hidrográfica, conforme o Figura 2 e Gráfico 1.



**Figura 2** – Distribuição das Regiões Hidrográficas.  
Cartografia: Débora C. Jansen.

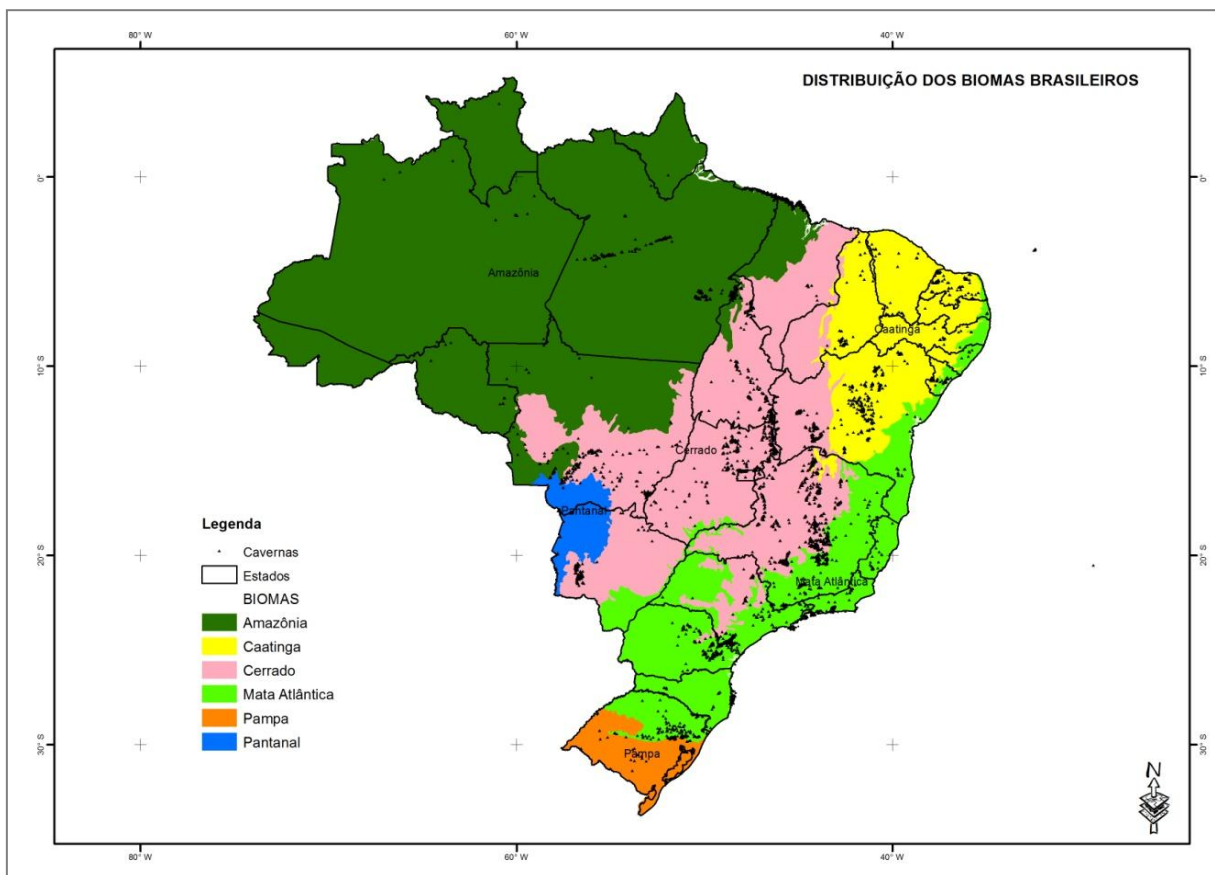


**Gráfico 1**– Número de ocorrência de cavernas por regiões hidrográficas.  
Fonte: elaborado pelos autores

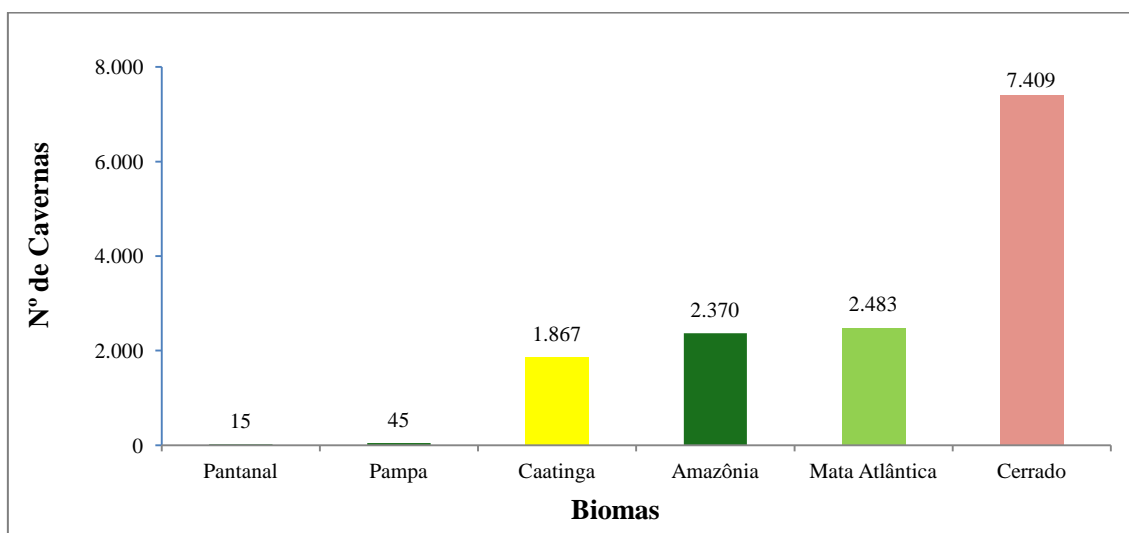
As bacias do São Francisco e Tocantins abrigam o maior número de cavernas, 5.493 e 3.888, respectivamente e, juntas, somam mais de 66% das cavidades naturais registradas na Base de Dados do CECAV. Nessas áreas há a predominância de rochas carbonáticas e ferríferas, o que pode explicar a ocorrência de grandes quantidades de cavernas. Em contrapartida, as bacias Atlântico Nordeste Ocidental, Uruguai, Parnaíba, Atlântico Sul, Amazônia e Paraná abrigam juntas pouco mais de 1.000 cavernas, equivalendo a um percentual de 7,2% dos dados registrados.

## 4.2 Biomas

No cruzamento do tema biomas, o Cerrado apresenta a maior quantidade de cavidades naturais subterrâneas, 7.409, representando 52,2% de todos os dados de cavernas registradas no Banco de Dados do CECAV (Figura 3 e Gráfico 2).



**Figura 3** – Distribuição dos Biomas brasileiros.  
Cartografia: Débora C. Jansen.



**Gráfico 2**– Número de ocorrência de cavernas por biomas.  
Fonte: elaborado pelos autores.

O bioma Cerrado, segundo Jansen; Cavalcanti, Lamblém (2012) apresenta um importante aspecto geológico que é a presença de afloramentos de calcário, comuns em

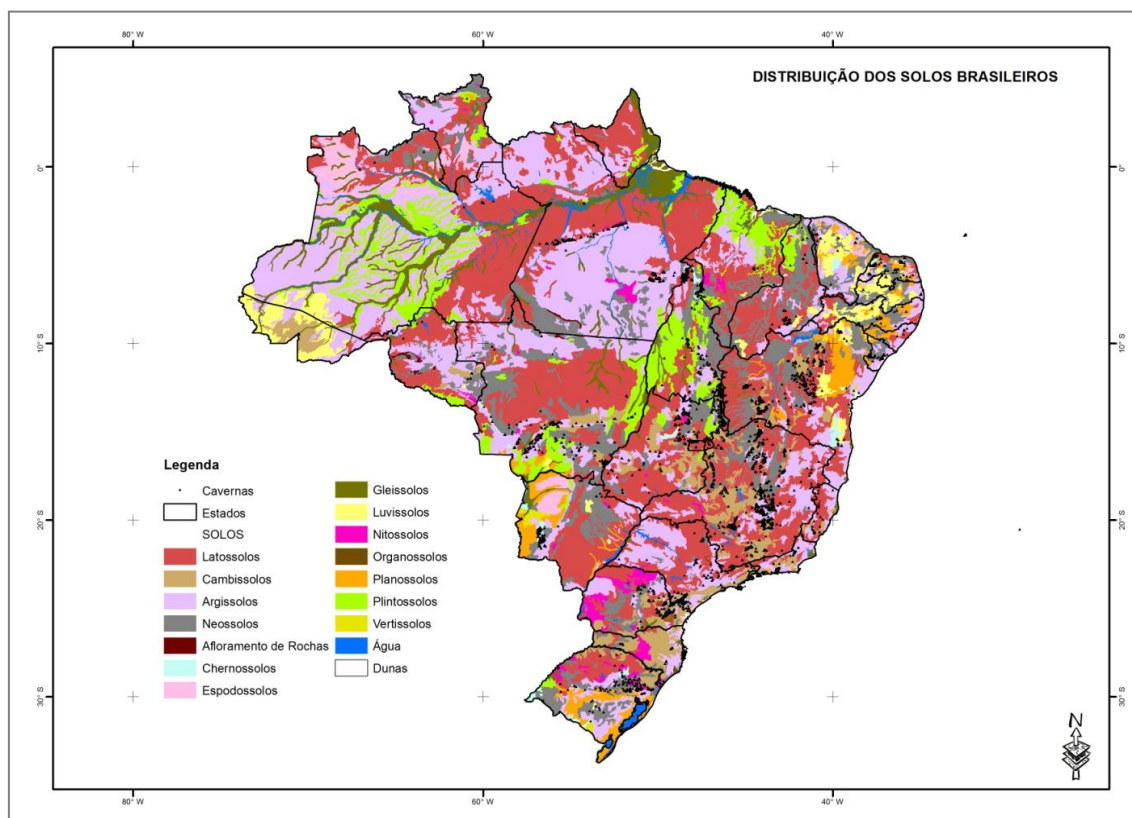
quase toda área de ocupação desse domínio e que possibilitam a existência de grandes complexos cavernícolas.

Para Marinho-Filho; Rodrigues; Juarez (2002), um perfil geológico igual ao do Cerrado favorece uma grande riqueza de espécies de morcegos e altas taxas de endemismos quando comparado a outros biomas.

Apesar de todos os aspectos importantes levantados por diversos autores, atualmente, entre todos os biomas, o Cerrado é um dos que mais sofre com a pressão das atividades antrópicas. Segundo Sano et al. (2010), o Cerrado apresenta cerca de 50% de sua área original (equivalente a 1 milhão de km<sup>2</sup>) convertidas em geral para áreas de pastagens e agricultura. Tal fato atinge diretamente a proteção e conservação do Patrimônio Espeleológico brasileiro e por ser uma área estrategicamente importante para a conservação, estudos e ações protetivas devem se concentrar nessa região.

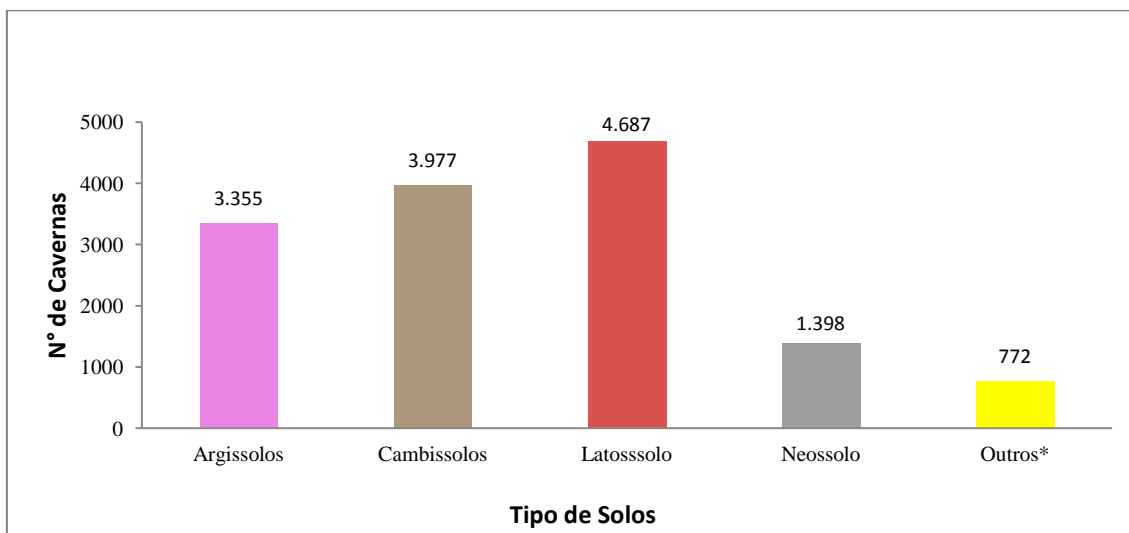
### 4.3 Solos

No cruzamento do tema Solos, o destaque fica por conta do Latossolo, com 33% das cavernas, seguido do Cambissolo com 28%. Os dois juntos somam 8.664 das cavernas registradas na Base de Dados (Figura 4 e Gráfico 3).



**Figura 4** – Distribuição dos Solos brasileiros.  
Cartografia: Débora C. Jansen.

O uso excessivo do Latossolo pelas atividades agropecuárias gera processos erosivos, pois atividades como revolvimento do solo, adubação excessiva, desmatamento, lixiviação danificam a estrutura do solo (EMBRAPA; 2015). Esses danos podem também provocar pressão nas estruturas das cavernas.

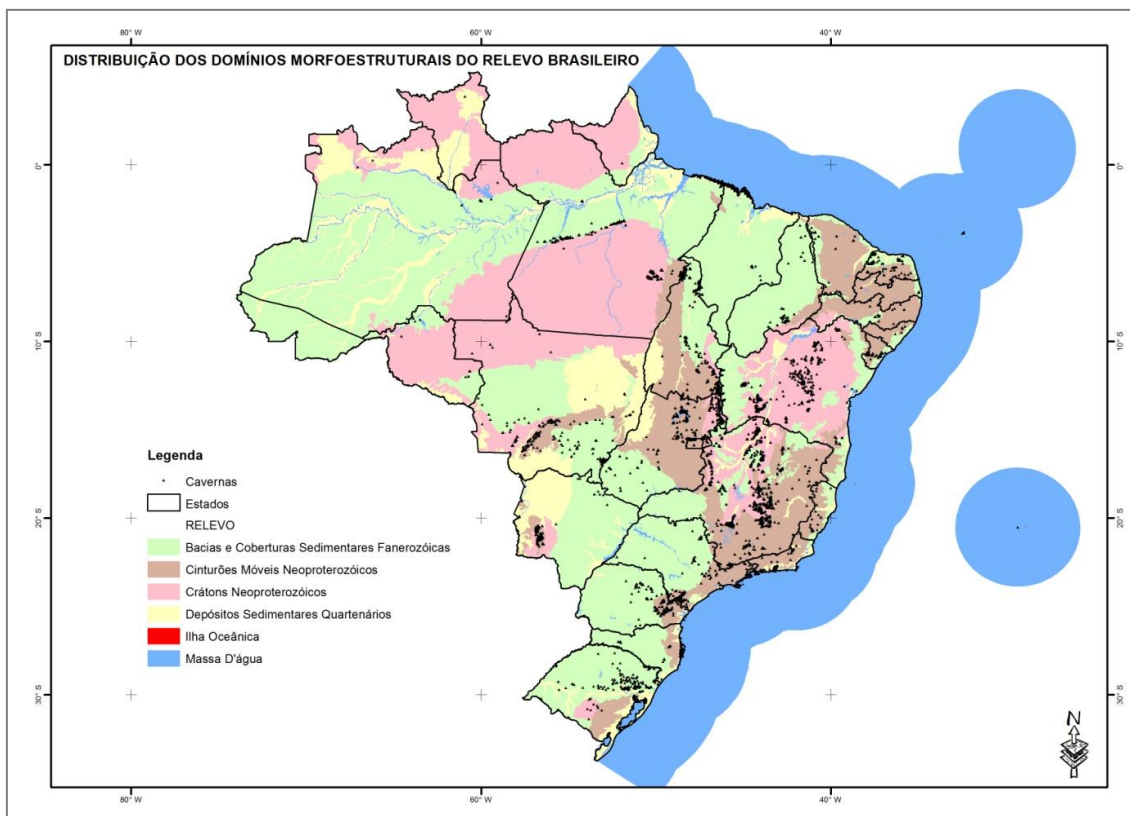


**Gráfico 3**– Número de ocorrência de cavernas por tipo de solos (\*Outros: Afloramento de Rochas, Chernossolos, Dunas, Espodossolos, Gleissolos, Luvisolos, Nitossolos, Organossolos, Planossolos, Plintossolos, Vertissolos e Água).

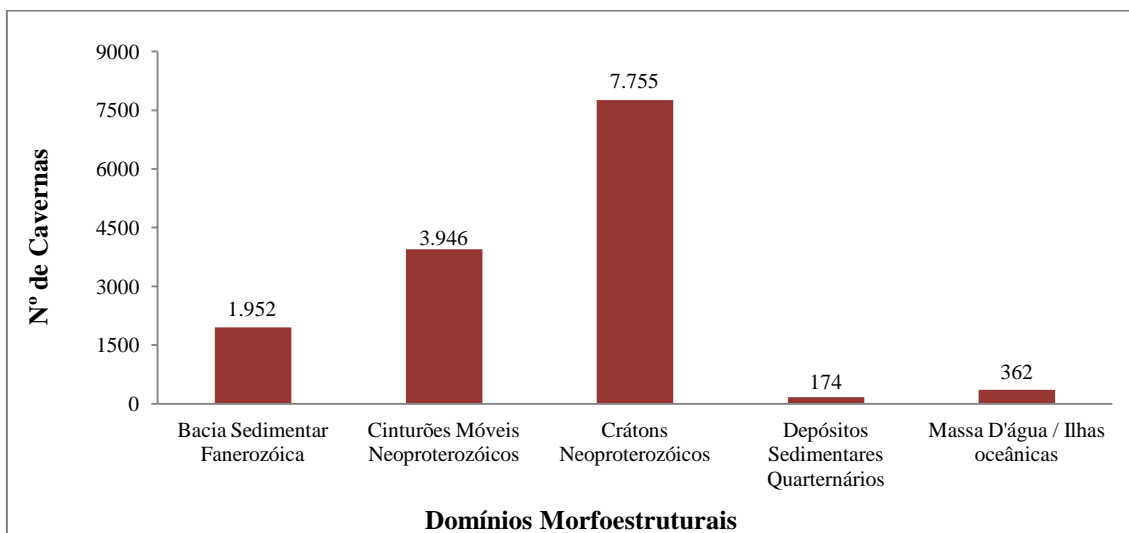
Fonte: elaborado pelos autores.

#### 4.4 Geomorfologia

No cruzamento dos dados geomorfológicos o destaque está por conta das 7.755 cavernas, aproximadamente 55% do total, localizadas nos planaltos residuais, chapadas e depressões interplanálticas dos Crátons Neoproterozóicos. Em seguida vêm os Cinturões Móveis Neoproterozóicos com quase 28% das cavernas (Figura 5 e Gráfico 4).



**Figura 5**– Distribuição dos Domínios Morfoestruturais do relevo brasileiro.  
Cartografia: Débora C. Jansen.



**Gráfico 4**– Número de ocorrência de cavernas por domínios morfoestruturais do relevo.  
Fonte: elaborado pelos autores.

Cruzando os dados gerados por Ross (2008) com os dados do IBGE (2006) pode-se obter uma classificação do relevo do Brasil em unidades geomorfológicas. As cavernas concentram-se nas depressões, como pode ser visto na Tabela 1.

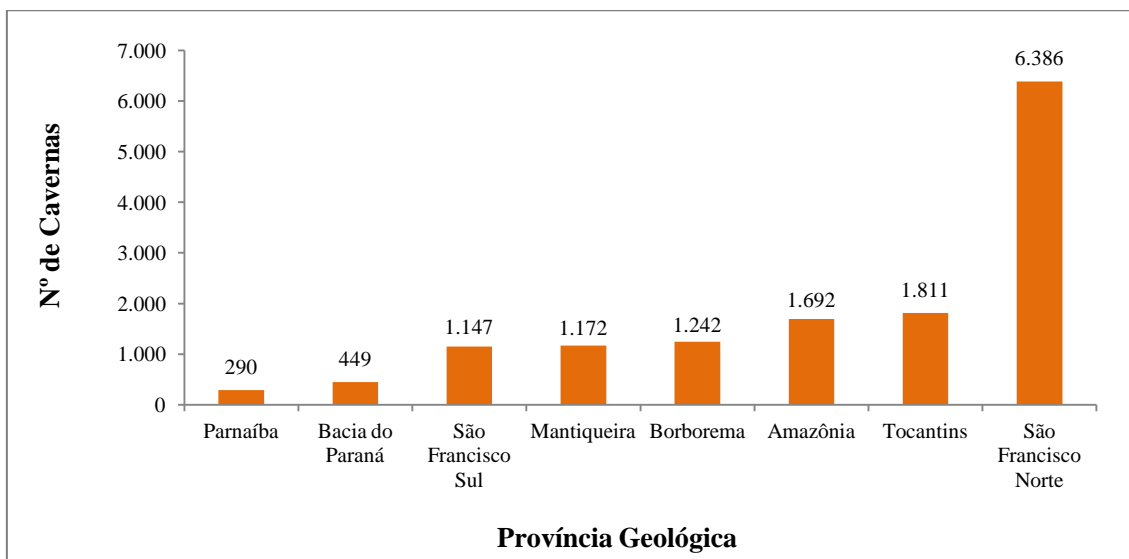
**Tabela 1**– Correlação dos Domínios Morfoestruturais com as unidades geomorfológicas.

Domínios Morfoestruturais / Unidades geomorfológicas	Depressões	Planaltos	Planícies	Tabuleiros	Não Classificado
Crátons Neoproterozóicos	5.419	2.336	-	-	-
Cinturões Móveis Neoproterozóicos	1.077	2.869	-	-	-
Bacia Sedimentar Fanerozoica	575	507	-	870	-
Depósitos Sedimentares Quaternários	62	5	103	4	-
Massa D'água / Ilhas oceânicas	-	-	-	-	362
<b>Total</b>	<b>7.133</b>	<b>5.717</b>	<b>103</b>	<b>874</b>	<b>362</b>

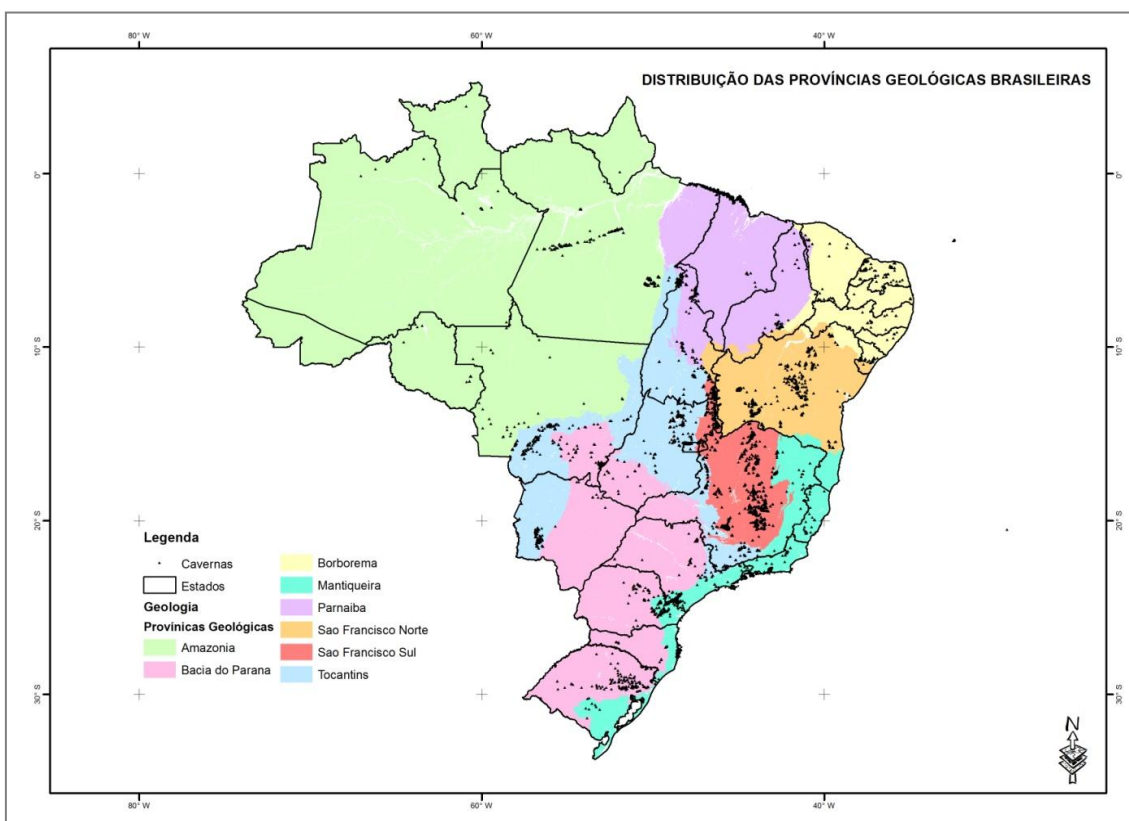
Fonte: elaborado pelos autores.

#### 4.5 Geologia

No cruzamento desse tema, obteve-se que 7.533 (53% do total) cavernas estão dentro das Províncias Geológicas do São Francisco Norte e Sul, conforme Gráfico 5 e Figura 6.



**Gráfico 5**– Número de ocorrência de cavernas por províncias geológicas.  
Fonte: elaborado pelos autores.



**Figura 6**– Distribuição das Províncias Geológicas brasileiras.  
Cartografia: Débora C. Jansen.

Segundo Almeida (1977), a Província do São Francisco pode ser definida como uma entidade de consolidação pré-brasileira, com história evolutiva desde o Arqueano até o Neoproterozóico. Congrega no seu embasamento suítes metaplutônicas, sequências metavulcano-sedimentares, greenstone belts e cinturões granulíticos de idade arqueana a paleoproterozóica.

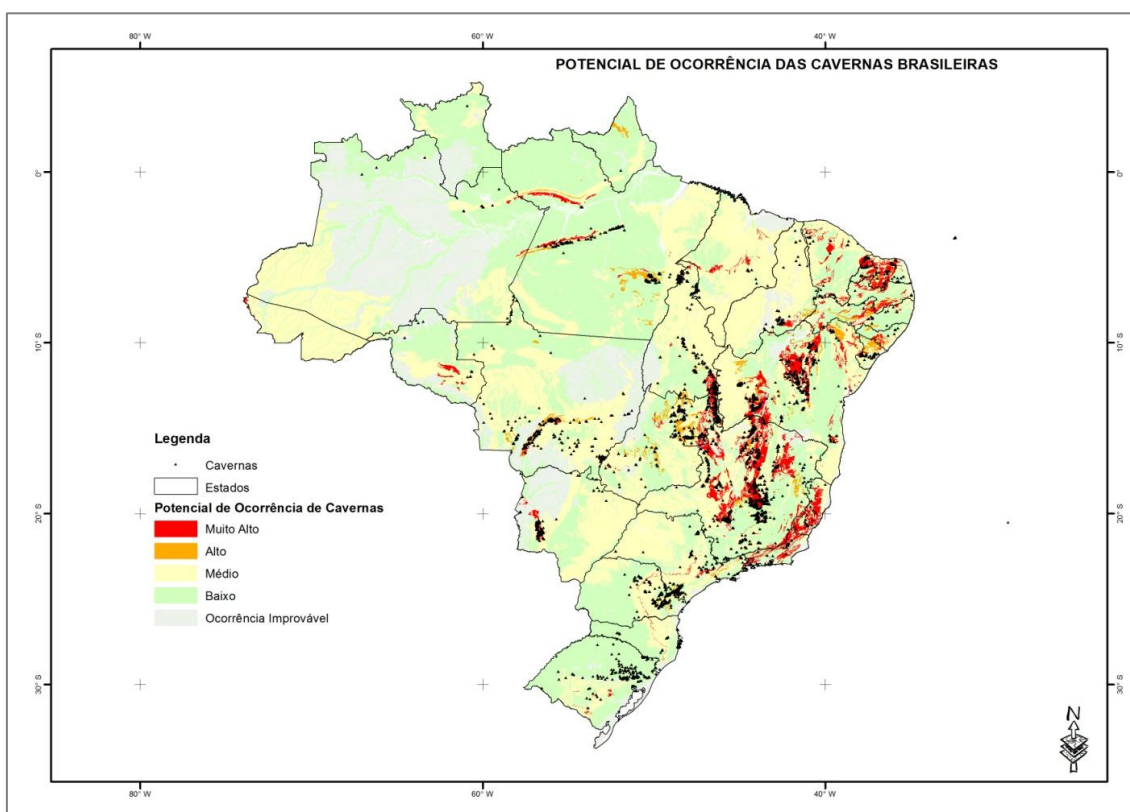
Somente nos locais onde os Domínios dos Crátons Neoproterozóicos coincidem com as Províncias Geológicas do São Francisco (Norte e Sul) foram registradas 5.987 cavernas formadas por rochas carbonáticas.

Inseridas nas Províncias Geológicas do São Francisco encontram-se duas importantes Províncias Espeleológicas (Bambuí e Una), “onde ocorrem grandes corpos de rochas carbonáticas suscetíveis às ações cársticas e, conseqüentemente, a formação de cavernas” (CARVALHO JÚNIOR, et al.; 2008, p. 205).

#### 4.6 Potencial de Ocorrência de Cavernas

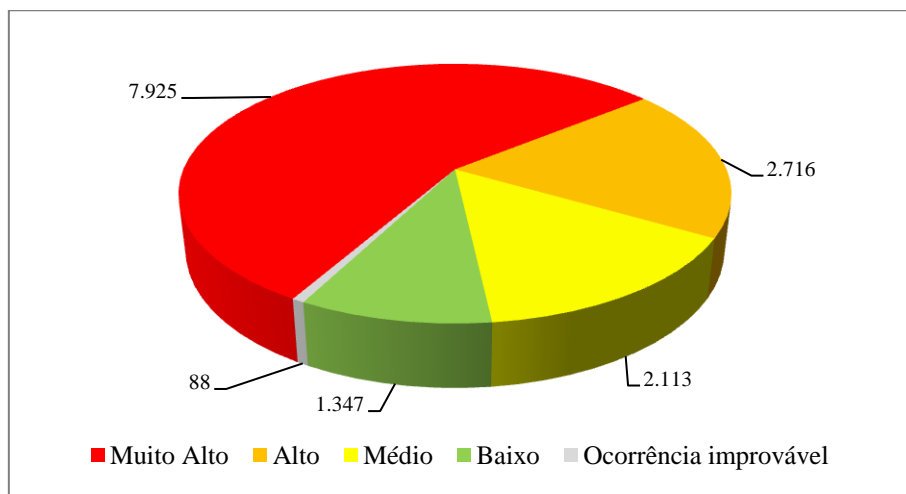
Os dados de potencialidade de ocorrência das cavernas registrados no Banco de Dados do CECAV apontam que cerca de 56% das cavernas estão localizadas em áreas com grau de potencialidade Muito Alto e 19% em grau Alto (Figura 7 e Gráfico 6).

Com isso, pode-se afirmar que 75% das cavernas desenvolvem-se basicamente em rochas predominantemente carbonáticas e ferríferas.



**Figura 7**– Distribuição das Províncias Geológicas brasileiras.  
Cartografia: Débora C. Jansen.





**Gráfico 6**– Número de cavernas em áreas de potencial ocorrência.  
 Fonte: elaborado pelos autores.

A potencialidade classificada com o grau “Médio” engloba, em especial, os arenitos e quartzitos com vários registros de ocorrência em todo o Brasil, representando 14,9% das cavidades utilizadas. Os demais graus de classificação, “Baixo” e “Ocorrência Improvável”, somam 10,1% do total.

Como apenas 5% das cavidades naturais subterrâneas brasileiras são conhecidas (PILÓ; AULER, 2011), pode-se inferir que o número de cavernas conhecidas pode alcançar números muito maiores do que os registrados até o momento.

#### 4.7 Uso do solo e Cobertura vegetal

A Tabela 2 apresenta os dados de Uso do Solo e Cobertura Vegetal, que foram tratados e cruzados com os dados de cavernas. O primeiro tratamento foi feito ao se acoplar os atributos originais em uma legenda alternativa que pudesse facilitar a visualização e a interpretação dos dados apresentados pela Embrapa (EMBRAPA, 2007).

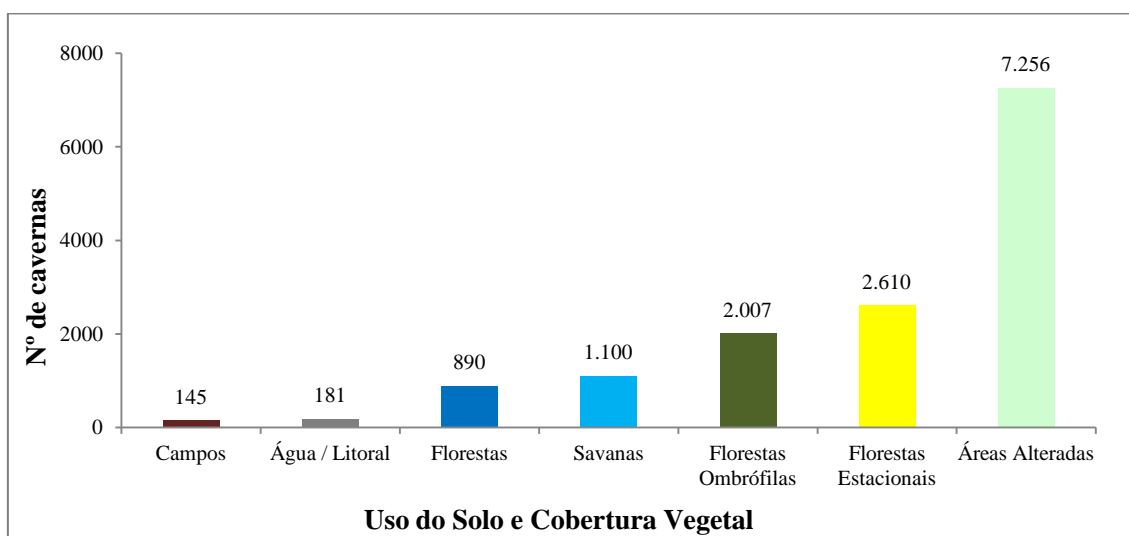
**Tabela 2**– Legenda de uso do solo e cobertura vegetal.

Atributo AGRICULTUR Embrapa (2007)	Legenda adaptada
- Corpos d'água naturais e artificiais - Manguezais - Sem informação	Água / Litoral
- Agriculturas e pastagens permanentes dominantes - Áreas urbanizadas - Mosaicos de agricultura, pastagens e vegetação arbórea alterada - Mosaicos de vegetação não arbórea pastejada e pequena agricultura - Rochas e solos nus ou com vegetação dispersa	Áreas Alteradas (Agricultura, Pastagens, Rochas, Solos nu e Áreas Urbanas)
- Campos inundáveis - Campos limpos - Igapós e várzeas	Campos (Inundáveis, Limpos, Igapós e Várzeas)
- Florestas arbustivas-arbóreas aberta - Florestas arbustivas-arbóreas densa - Florestas com predomínio de bambu e cipós - Florestas de transição semi-decíduais aberta - Florestas hidrófilas abertas com palmeira	Florestas (Arbustiva-arbórea, Bambú, Cipó, Hidrófilas e Transição)
- Florestas estacionais decíduais aberta	Florestas Estacionais

Atributo AGRICULTUR Embrapa (2007)	Legenda adaptada
- Florestas estacionais decíduais densa - Florestas estacionais semi-decíduais aberta - Florestas estacionais semi-decíduais densa	
- Florestas ombrófilas aberta - Florestas ombrófilas densa	Florestas Ombrófilas
- Savanas arbustivas - Savanas graminosas	Savanas

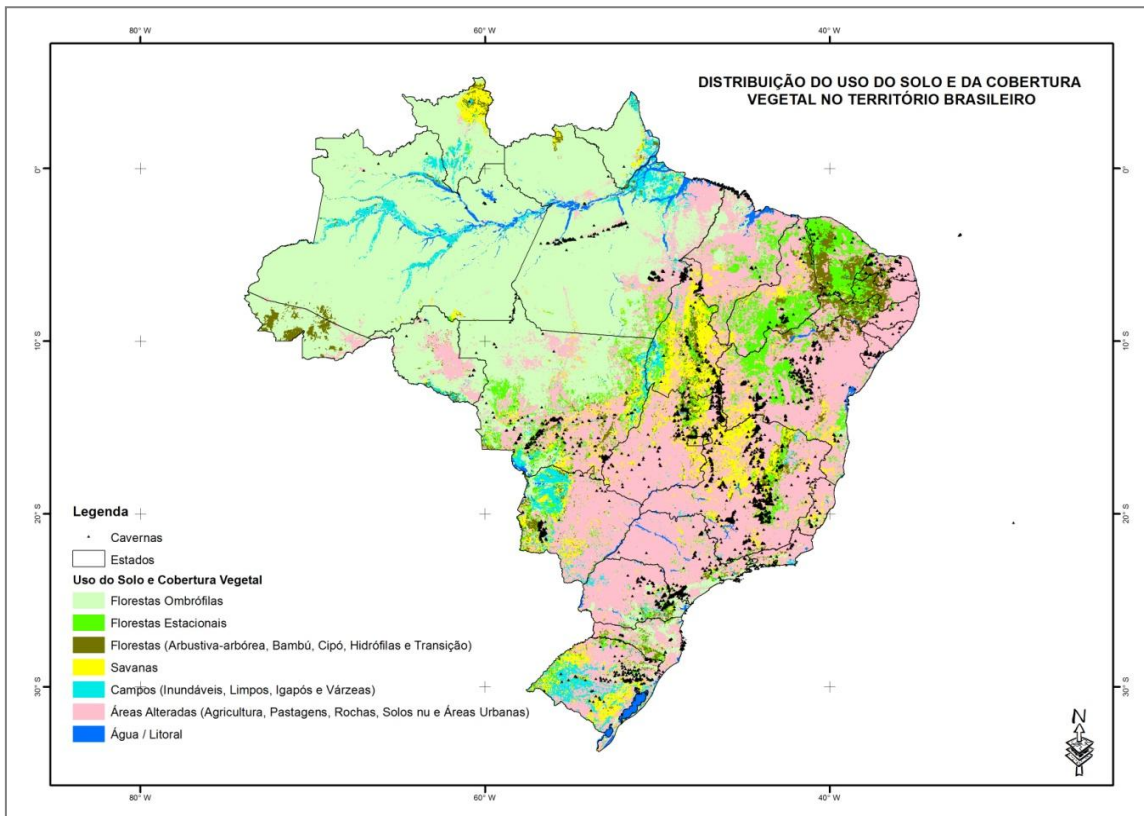
Fonte: EMBRAPA (2007), adaptado pelos autores.

A ocorrência de algum tipo de cobertura vegetal favorece a proteção das cavernas, mas o que se pode constatar é que mais de 50% delas estão nas áreas alteradas, consideradas como as mais frágeis do ponto vista ambiental (Gráfico 7 e Figura 8).



**Gráfico 7**– Número de ocorrência de cavernas conforme o uso do solo e da cobertura vegetal.

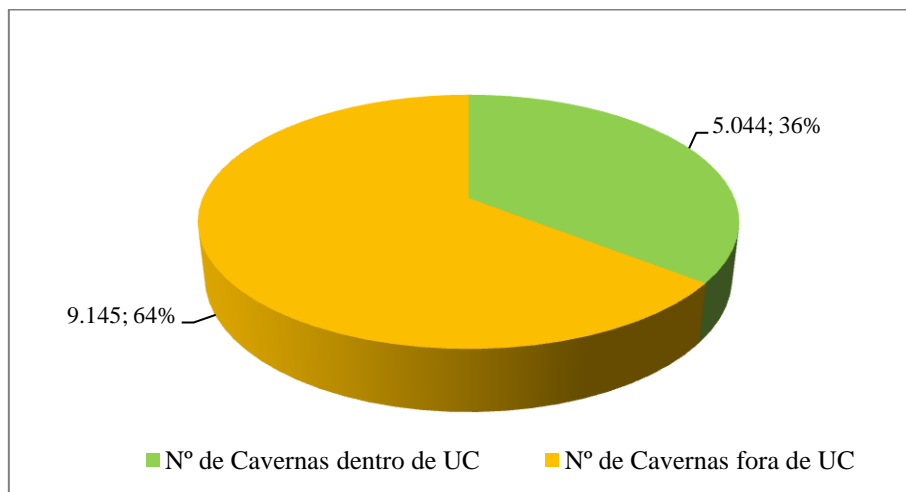
Fonte: elaborado pelos autores.



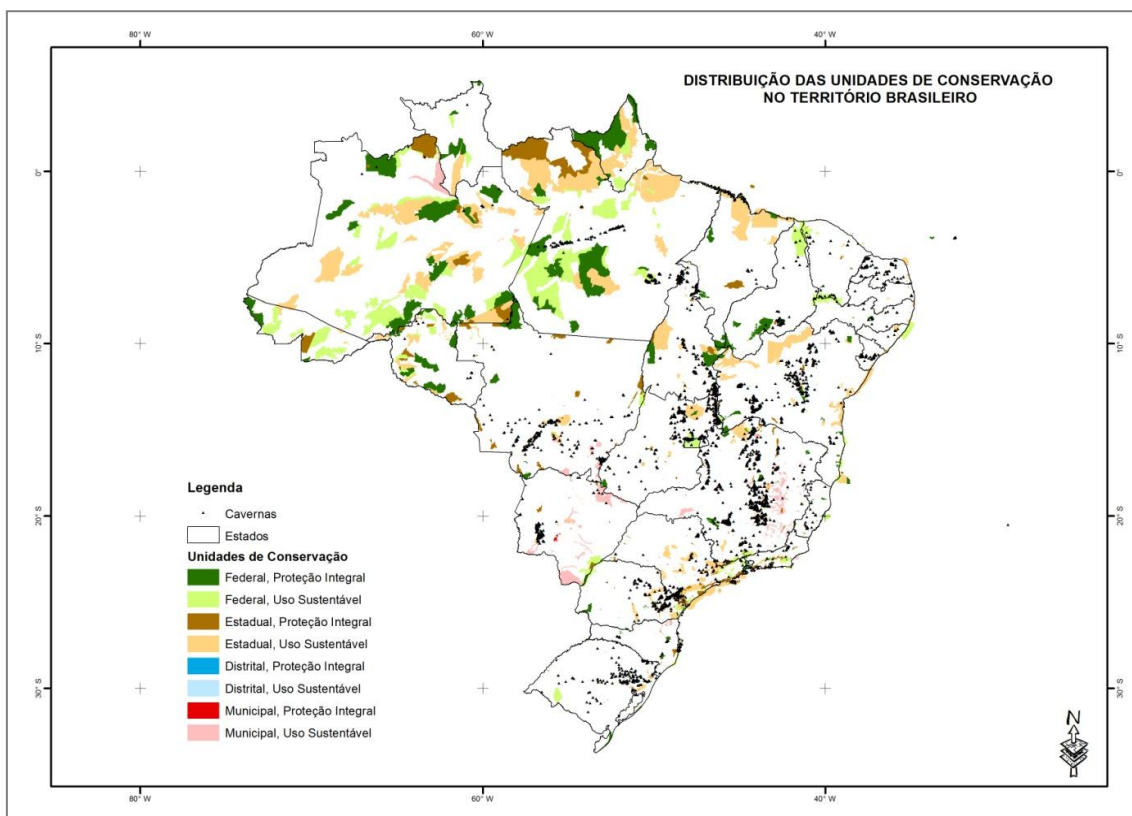
**Figura 8**– Detalhamento do Uso do Solo e da Cobertura Vegetal no território brasileiro. Cartografia: Débora C. Jansen.

#### 4.8 Unidades de Conservação

O principal cruzamento desse tema se refere à quantidade de cavernas que se encontram, teoricamente, protegidas dentro de alguma unidade de conservação (UC). Foram utilizadas 1.435 unidades de conservação distribuídas em todo o território nacional, sendo que apenas 172 delas têm cavernas. Das 14.189 cavernas, 5.044 delas estão dentro de unidades de conservação (Gráfico 8 e Figura 9).

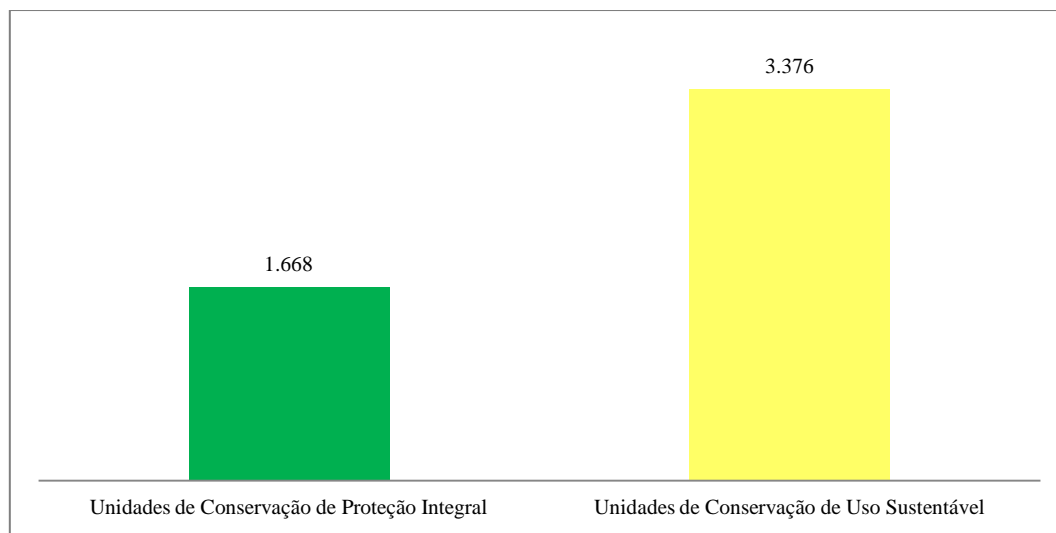


**Gráfico 8**– Número de cavernas em relação às unidades de conservação. Fonte: elaborado pelos autores.



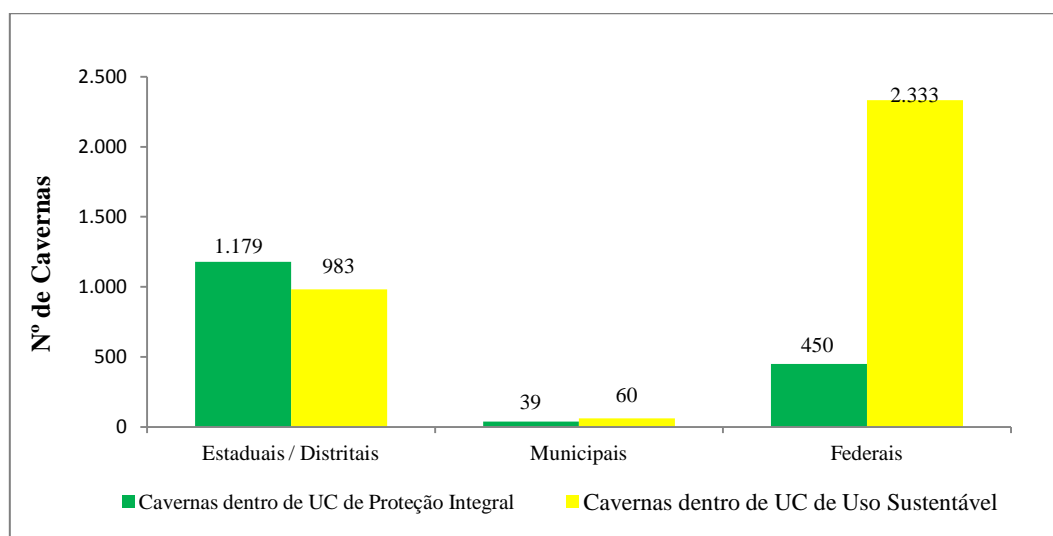
**Figura 9** – Distribuição das Unidades de Conservação no território brasileiro.  
Cartografia: Débora C. Jansen.

Das 5.044 cavernas dentro de UC, apenas 33% (1.668) estão localizadas em unidades de conservação de Proteção Integral e a maioria (67%) localizadas em unidades de conservação de Uso Sustentável (Gráfico 9).



**Gráfico 9**– Número de cavernas em relação às UC dos grupos Proteção Integral e Uso Sustentável.  
Fonte: elaborado pelos autores.

Em uma abordagem regionalizada, das 5.044 cavernas temos que 2.333 (46%) são de jurisdição federal e estão localizadas no grupo de unidades de Uso Sustentável (Gráfico 10).



**Gráfico 10-** Número de cavernas dentro de Unidades de Conservação por região.

Fonte: elaborado pelos autores.

Esse é um dado preocupante, pois segundo o SNUC, o objetivo básico das unidades de conservação de Uso Sustentável é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais (BRASIL, 2000). Portanto, atividades diversas como, uso público para visitação, exploração de recursos naturais, entre outras, são permitidas, o que pode acarretar danos ao ecossistema e, conseqüentemente, às cavernas da região.

Por outro lado, no âmbito estadual/distrital, 23% das cavernas estão localizadas em unidades de conservação de Proteção Integral, grupo de conservação mais indicado para a proteção das cavidades naturais subterrâneas.

Nesse contexto, autores como Sessegolo; Theulen (2001, p.696) ressaltam que “a única maneira eficiente para a conservação do patrimônio espeleológico brasileiro é através da criação e implantação de unidades de conservação de uso indireto, especialmente as de domínio público”; e destacam que “as áreas protegidas particulares podem e devem ser incentivadas, embora não substituam as do poder público que exercem um papel fundamental na conservação, principalmente quando se trata de áreas cársticas maiores”.

## 5 CONCLUSÕES

Através desse levantamento e do cruzamento de dados podemos afirmar que há a necessidade de se realizar mais estudos para auxiliar na integração das políticas públicas de conservação do Patrimônio Espeleológico brasileiro. Tais estudos não devem adotar práticas de conservação concentradas na visão de cavidades subterrâneas como unidades individuais. Devem considerar o contexto ambiental e social na qual estão inseridas, igualando-se aos temas tratados nesse estudo.

Ressalta-se também a necessidade de realização de mais estudos espeleológicos voltados à prospecção de cavernas, pois como apontam diversos autores, como Piló; Auler (2011), o conhecimento e registro atual do número de cavernas estão muito aquém do que realmente existe no nosso país.

É fato que os estudos ambientais, em consequência do cumprimento da legislação ambiental vigente, exigidos aos responsáveis por empreendimentos, de qualquer natureza, que possam causar danos às cavidades naturais subterrâneas têm

ampliado bastante esses conhecimentos, porém, ainda longe de abarcar as áreas de potencial ocorrência de cavernas existentes no país.

## REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional de Águas. *Nível 01: representação gráfica (polígonos) das Grandes Regiões Hidrográficas*, do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), em escala compatível de 1:1.000.000, 2003.
- ALMEIDA, F. F. M.. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 7, n. 4. p. 349-364. 1977.
- BERTRAND G.. *Paisagem e Geografia Física Global*. Esboço Metodológico. R. RAÍE GA, Curitiba, n. 8, p. 141-152. 2004. Editora UFPR.
- BRASIL. Presidência da República. Lei n. 9.985, de 18 de junho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). *Diário Oficial da União*. Brasília DF, 19 set. 2000. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil03/leis/L9985.htm>>. Acesso em: abril 2012.
- CARVALHO JÚNIOR, O. A.; BERBET-BORN, M.; MARTINS, E. S.; GUIMARÃES, R. F., GOMES, R. A. T.. Ambientes cársticos. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2008. p. 185-218.
- CECAV. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. *Base de Dados Geoespacializados das Cavidades Naturais Subterrâneas do Brasil*. Disponível em <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads /mapas.html>>. Acesso em: 01 fev. 2015.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil* - texto, mapas & SIG. BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (Ed.) Brasília: CPRM, 2003. 692 p.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. *Mapa Geológico do Brasil: dados vetoriais digitais*. Brasília, DF, 2003. Escala de 1:2.500.000.
- CREPANI, E., MEDEIROS, J. S. de; AZEVEDO, L. G. de; HERNANDEZ FILHO, P.; GALLOTI, T.; DUARTE, F. V.. *Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico*. São José dos Campos: INPE, 1996.
- CREPANI, E. MEDEIROS, J. S. de; HERNANDEZ FILHO, P.; GALLOTI, T.; DUARTE, F. V; BARBOSA, C. C. F.. *Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial*. São José dos Campos: INPE, 2001.
- EMBRAPA. *Dados de Vegetação do Brasil*. Formato digital (shapefile), ano 2007.
- EMBRAPA. *Mapa de Solos do Brasil*. Produzido pela Embrapa Solos, na escala de 1:5.000.000 (2011).
- FORD, D.; WILLIAMS, P. W.. *Karst hydrogeology and geomorphology*. [Rev. ed.] a Hoboken, NJ: Chichester, England; John Wiley & Sons, 2007. 562 p.
- GUERRA, A. T. *Dicionário geológico-geomorfológico*. 7ª ed., 3ª impressão, Rio de Janeiro: IBGE, 1989, 446p.
- IBAMA. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente de dos Recursos Naturais Renováveis. *Base digital de dados geoespacializados das áreas protegidas do Brasil, compilados pela Diretoria de Qualidade Ambiental, com dados do Cadastro Nacional de Unidades*

de Conservação e órgãos estaduais e municipais de meio ambiente (atualizado até 01/02/2013).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual técnico da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro, IBGE, 1992. 91p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa de Biomas do Brasil - Primeira Aproximação* - escala 1:5.000.000, Rio de Janeiro, IBGE, 2004

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa de Unidades de Relevo do Brasil*, na escala de 1:5.000.000 (2006).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual técnico de geomorfologia*. 2ª ed. - Rio de Janeiro, IBGE, 2009. 182 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*, Brasília: CECAV, v. 2, n. 1, p. 42-57, 2012. Disponível em: <[http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/RBEsp/article/view/255/pdf\\_255](http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/RBEsp/article/view/255/pdf_255)>.

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. 149f. Dissertação (Mestrado em Geografia – Tratamento da Informação Espacial) - PUC Minas. Belo Horizonte. Disponível em: <[http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/TratInfEspacial\\_JansenDC\\_1.pdf](http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/TratInfEspacial_JansenDC_1.pdf)>.

LEPSCH, I. F.. *Formação e conservação dos solos*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216 p.

MAIA, P. C. de A.. *Avaliação do comportamento geomecânico e de alterabilidade de enrocamentos*. Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO). 2001. Disponível em: <[http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca\\_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=2075@1](http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=2075@1)>.

MARINHO-FILHO, J. A.; RODRIGUES, F. H. G.; JUAREZ K. M.. The Cerrado mammals: diversity, ecology, and natural history. In: OLIVEIRA, P.S. & R.J. MARQUIS (Ed.). *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*. New York: Columbia University Press, p.266-284. 2002.

PILÓ, L. B.; AULER, A.. Introdução à Espeleologia. In: CECAV. *III Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental*. Brasília: CECAV/Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2011. Cap. 1, p. 7-23

PROUS, X.. Ecologia de cavernas. Sociedade de Ecologia do Brasil. CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL. 8., 2007, Caxambu. *Anais...* Disponível em: <<http://www.seb-ecologia.org.br/viiiiceb/palestrantes/Xavier.pdf>>.

ROSS, J. L. S.. *Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 208 p.

SALLUN, A. E. M.; FERRARI, J. A.; KARMANN, I. HIRUMA, S. T.; SALUN FILHO, W. *Parque Estadual Intervales: Carste. (Cap.3.1.2)*. Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, Fundação Florestal, SP, 2008. Disponível em: <[http://fflorestal.sp.gov.br/files/2012/01/1.%20Volume%20Principal/cad%202\\_DIAGNOSTICO%20E%20AVALIACAO/pag91\\_138CARSTE.pdf](http://fflorestal.sp.gov.br/files/2012/01/1.%20Volume%20Principal/cad%202_DIAGNOSTICO%20E%20AVALIACAO/pag91_138CARSTE.pdf)>.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA J. R., L. G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 166, p. 113-124, 2010.

SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J. *Árvore do Conhecimento*. Solos Tropicais. AGEITEC – Agência Embrapa de Informação tecnológica (2015). Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONTAG01\\_11\\_2212200611540.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_11_2212200611540.html)>. Acesso em: 16 jan. 15.

TRAVASSOS L. E. P.. *Noções de Carstologia* (apostila da disciplina). Belo Horizonte: PUC/MG, Programa de Pós-Graduação em Geografia - Tratamento da Informação Espacial, 1º semestre 2011.

SESSEGOLO, G. C. e THEULEN, V.. Estratégias para Conservação das Cavernas Brasileiras. SPELEOBRAZIL 2001, Brasília. SBE: Campinas, 2001. *Anais...* Disponível em <[http://cavernas.org.br/anais26cbe/26CBE\\_695-698.pdf](http://cavernas.org.br/anais26cbe/26CBE_695-698.pdf)>. Acesso em: 21 fev. 2015.

Recebido em 02/2015.  
Aceito para publicação em 04/2015.