



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: BIODIVERSIDADE
LINHA DE PESQUISA: BIOLOGIA DE POPULAÇÕES, COMUNIDADES E ECOSISTEMAS

DIEGO DE MEDEIROS BENTO



DIVERSIDADE DE INVERTEBRADOS EM CAVERNAS

CALCÁRIAS DO OESTE POTIGUAR:



**SUBSÍDIOS PARA A DETERMINAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA
CONSERVAÇÃO**



NATAL-RN

2011

DIEGO DE MEDEIROS BENTO

DIVERSIDADE DE INVERTEBRADOS EM CAVERNAS

CALCÁRIAS DO OESTE POTIGUAR:

**SUBSÍDIOS PARA A DETERMINAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA
CONSERVAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, área de concentração em Biodiversidade: Biologia de Populações, Comunidades e Ecossistemas, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Alexandre Vasconcellos (UFRN)

Co-orientador

Prof. Dr. Rodrigo Lopes Ferreira (UFLA)

NATAL - RN

2011

Catálogo da Publicação na Fonte
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Biblioteca Central Zila Mamede

Bento, Diego de Medeiros.

Diversidade de invertebrados em cavernas calcárias do oeste potiguar : subsídios para a determinação de áreas prioritárias para a conservação / Diego de Medeiros Bento. – Natal, 2011.

160 f. : il.

Orientador: Alexandre Vasconcellos.

Co-orientador: Rodrigo Lopes Ferreira

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Biociências. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas.

1. Carste – Rio Grande do Norte – Dissertação. 2. Animais cavernais – Rio Grande do Norte – Dissertação. 3. Animais da caatinga – Ameaças – Dissertação. 4. Invertebrados – Populações – Dissertação. I. Vasconcellos, Alexandre. II. Ferreira, Rodrigo Lopes. III. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. IV. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 591.5(813.2)(043.3)

DIEGO DE MEDEIROS BENTO

DIVERSIDADE DE INVERTEBRADOS EM CAVERNAS

CALCÁRIAS DO OESTE POTIGUAR:

**SUBSÍDIOS PARA A DETERMINAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA
CONSERVAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, área de concentração em Biodiversidade: Biologia de Populações, Comunidades e Ecossistemas, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 25 de março de 2011

Prof. Dr. Marconi Souza-Silva (UNILAVRAS-MG)

Prof. Dr. Bruno Cavalcante Bellini (UFRN)

Prof. Dr. Mauro Pichorim (UFRN)

Prof. Dr. Alexandre Vasconcellos (UFRN)
Orientador

NATAL
RIO GRANDE DO NORTE – BRASIL

Dedico este trabalho ao meu pai, José, e minha mãe, Neide...

A eles devo tudo. Minha vida, minha trajetória, enfim, tudo o que sou.

***Nunca conseguirei demonstrar o quanto sou grato e o quanto me espelho nessas duas
pessoas maravilhosas que sempre me servirão de exemplo.***

***Dedico também à minha amada, Amanda. Todo o incentivo desde o início, o
companheirismo, a compreensão e apoio nestes dois anos foram essenciais para que eu
chegasse até aqui. Enfim, te amo por tudo o que você é e representa para mim.***

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Alexandre Vasconcellos e ao Prof. Dr. Rodrigo Lopes Ferreira, meus orientadores e amigos. Por meio deste trabalho tive a oportunidade de conhecê-los; ambos me aceitaram como orientando “no escuro”. Hoje acredito que não poderia ter tido melhores orientadores e agradeço demais por todo o convívio e aprendizado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (UFRN) pelo apoio a esse trabalho durante todo o mestrado, em especial para Louise e para o Prof. Dr. Walter Ferreira.

Ao pessoal do Laboratório de Ecologia e Conservação da Biodiversidade (UFRN), Gindomar, Heitor, Daniel, Uirandé, Victor, Reberth e Márdyla, pelo companheirismo e boas conversas durante as horas e horas na lupa.

Ao pessoal do Laboratório de Ecologia Subterrânea (UFLA): Marconi, Xavier, Leopoldo, Thays, Maysa, Dani e Marcela pelo apoio e preciosa ajuda na morfotipagem do material.

Ao Prof. Dr. Bruno Bellini, pela identificação dos colêmbolos, bem como pelas valiosas contribuições para este trabalho, motivo este pelo qual também sou bastante grato ao Prof. Dr. Mauro Pichorim.

A Geilson, pelo total apoio e ajuda indispensável nas coletas.

Aos meus colegas e amigos do CECAV: Darcy, Iatagan e Uilson, pelo apoio, companheirismo e ajuda nas coletas e durante todo esse processo; sem vocês e Geilson esse trabalho não teria sido concluído. A Jocy por ter “descoberto” o primeiro troglóbio (Cirolanidae na gruta dos Troglóbios) do Estado, despertando a curiosidade da comunidade científica para esse verdadeiro tesouro que temos embaixo de nossos pés, bem como pelo apoio e incentivo desde o início do mestrado. Tenho a imensa alegria de trabalhar e compartilhar das maravilhas do mundo subterrâneo com pessoas como vocês.

A todos da minha família, em especial aos meus sogros “dona” Eridan e “seu” Araújo, que acompanharam tudo de perto, principalmente no último ano.

A todos, enfim, que de alguma maneira contribuíram para que esse trabalho fosse concluído.

... Um fato geológico nos sertões do Norte substituía, em seguida, estes acidentes, no criar idênticos empecilhos. Assim transposta a paisagem, o solo descai para o sítio da Várzea, aparentando travessia fácil, mas realmente difícil para uma tropa nas agitações do combate. Larga camada calcárea derrama-se por ali, aspérrima, patenteando notável fenômeno de decomposição atmosférica. Broqueadas de infinitas cavidades tangenceando-se em bordas de quinas vivas e cortantes, sarjadas de sulcos fundos de longas arestas rígidas e finas, feito lâminas de facas; eriçada de ressaltos pontiagudos; duramente rugosa em todos os pontos; escavando-se salteadamente em caldeirões largos e brunidos, patenteia impressionadoramente o influxo secular dos reagentes enérgicos, que longamente a trabalham. Corroeram-na, e perfuraram-na, e minaram-nas as chuvas ácidas das tempestades, depois das secas demoradas. Ela reflete, imóvel e corroída, a agitação revolta das tormentas. Pisando naqueles estrepes unidos e fortes, estraçoar-se-iam as mais resistentes botas e não haveria resguardos para topadas e tombos perigosíssimos...

Euclides da Cunha, em "Os Sertões"



RESUMO GERAL

Diversidade de invertebrados em cavernas calcárias do Oeste Potiguar: subsídios para a determinação de áreas prioritárias para conservação.

Estima-se que as áreas cársticas brasileiras perfaçam cerca de 200 mil km². As cavernas, um dos principais componentes do relevo cárstico, são uma importante janela para a realização de estudos biológicos sobre os ambientes hipógeos. No Rio Grande do Norte são conhecidas 563 cavidades, sendo que 476 delas encontram-se nos municípios de Baraúna, Felipe Guerra, Governador Dix-Sept Rosado, Apodi e Mossoró, região Oeste do Estado. No entanto, a exemplo do restante do país, a fauna cavernícola do RN ainda é pobremente conhecida. O presente estudo utilizou dados de coletas de invertebrados realizadas em 47 cavernas e teve como objetivos analisar o efeito das alterações ambientais entre as estações seca e chuvosa nas comunidades de invertebrados cavernícolas, caracterizar essas comunidades e avaliar as relações entre variáveis bióticas e morfológicas das cavernas e do entorno, bem como definir áreas prioritárias para a conservação de ambientes cavernícolas da área de estudo a partir de parâmetros bióticos. Foram encontrados fortes efeitos sobre a estrutura das comunidades de invertebrados cavernícolas em função das mudanças ambientais entre as estações, com valores de riqueza total, abundância, diversidade e complexidade ecológica significativamente maiores na estação chuvosa. Foi possível avaliar como a morfologia da caverna e variáveis do ambiente externo influenciam as variáveis bióticas do sistema, de forma que a variedade de recursos, a cobertura florestal no entorno, a área da caverna e de suas entradas foram as variáveis que melhor explicaram a estrutura das comunidades de invertebrados cavernícolas da região. Foram encontrados elevados valores de riqueza total de invertebrados ($36,62 \pm 14,04$ spp/caverna) e de espécies troglóbias (61 espécies, média de $1,77 \pm 2,34$ spp/caverna) e, diante da relevância biológica da área no contexto nacional e das iminentes pressões antrópicas existentes, foram definidas quatro áreas prioritárias para ações de conservação da biodiversidade cavernícola regional.

Palavras-chave: Caatinga, carste, fauna subterrânea, troglóbios.

GENERAL ABSTRACT

Invertebrate diversity in limestone caves in the Oeste Potiguar (Brazil, RN): subsidies for the determination of priority areas for conservation.

It is estimated that the Brazilian karst areas sum about 200.000 km². The caves, one of the main components of karst, are important windows into the biological studies on hypogean environments. In Rio Grande do Norte are known 563 caves, and 476 of them are in the municipalities of Baraúna, Felipe Guerra, Governador Dix-Sept Rosado, Apodi and Mossoró, the Western region of the State. However, like in the rest of the country, the cave fauna of the State is still poorly understood. This study used data from invertebrates harvested in 47 caves and aimed to analyze the effect of environmental change between the dry and rainy seasons in the communities of cave invertebrates, characterize these communities and evaluate the relationships between morphological and biotic variables of the caves and surroundings, and to define priority areas for conservation of cave environments of the study area from biotic parameters. Strong effects were found in the community structure of cave invertebrates due environmental changes between seasons, with values of total richness, abundance, diversity and ecological complexity significantly higher in the rainy season. It was possible to assess how the morphology of the cave and the external environment variables affect the biotic system, so that the variety of resources, forest cover in the vicinity, the area of the cave and its entrance were the variables that best explained the structure communities of cave invertebrates in the region. High values of total richness of invertebrates ($36,62 \pm 14,04$ spp / cave) and troglomorphic species (61 species, mean $1,77 \pm 2,34$ spp / cave) were found and, given the biological relevance in the context of the area national and the imminent anthropogenic pressures existing, we defined four priority areas for actions aiming cave biodiversity conservation in the region.

Key-words: Caatinga, karst, subterranean fauna, troglobites.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	11
1. INTRODUÇÃO GERAL	12
1.1. Carste e cavernas	12
1.2. O ambiente subterrâneo	13
1.3. Classificação ecológico-evolutiva dos organismos cavernícolas	15
1.4. Estado atual do conhecimento sobre a fauna cavernícola tropical	17
1.5. Ameaças reais e potenciais à fauna subterrânea no RN	19
2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO	20
3. REFERÊNCIAS	28

CAPÍTULO I – ALTERAÇÕES NAS COMUNIDADES DE INVERTEBRADOS EM CAVERNAS DO OESTE POTIGUAR (RN, BRASIL) DURANTE AS ESTAÇÕES SECA E CHUVOSA	33
RESUMO	34
ABSTRACT	35
1. INTRODUÇÃO	36
2. MATERIAL E MÉTODOS	38
2.1. Área de Estudo	38
2.1.1. <i>Definição dos períodos de coleta</i>	38
2.1.2. <i>Cavernas amostradas</i>	39
2.2. Coleta de invertebrados e caracterização das cavidades	39
2.3. Análise dos dados	43
2.3.1. <i>Índices biológicos, estabilidade ambiental e complexidade</i>	43
2.3.2. <i>Variações entre estações</i>	44
3. RESULTADOS	45
3.1. Índices biológicos, estabilidade ambiental e complexidade	45
3.2. Variação entre estações	56
4. DISCUSSÃO	59
5. REFERÊNCIAS	63

CAPÍTULO II – INVERTEBRADOS EM CAVERNAS DO OESTE POTIGUAR (RN, BRASIL): DIVERSIDADE, COMPOSIÇÃO DAS COMUNIDADES E SUAS RELAÇÕES COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS	67
RESUMO	68
ABSTRACT	69
1. INTRODUÇÃO	70
2. MATERIAL E MÉTODOS	72

2.1. Área de estudo	72
2.1.1. <i>Sistematização dos dados pré-existentes e definição das cavernas a serem amostradas</i>	72
2.2. Coleta de invertebrados e caracterização das cavidades e entorno	74
2.3. Análise dos dados	78
2.3.1. <i>Composição, riqueza, complexidade e distribuição de invertebrados</i>	78
2.3.2. <i>Relações entre as variáveis bióticas e ambientais</i>	78
3. RESULTADOS	79
3.1. Composição , riqueza, complexidade e distribuição de invertebrados	79
3.2. Relações entre as variáveis bióticas e ambientais	98
3.3. Diversidade de espécies troglóbias	99
4. DISCUSSÃO	102
4.1. Composição, riqueza, complexidade e distribuição de invertebrados	102
4.2. Relações entre as variáveis bióticas e ambientais	105
4.3. Diversidade de espécies troglóbias	105
5. REFERÊNCIAS	110
<hr/>	
CAPÍTULO III – CONSERVAÇÃO DE AMBIENTES CÁRSTICOS EM UMA ÁREA DO SEMI-ÁRIDO NEOTROPICAL: DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS A PARTIR DE PARÂMETROS BIÓTICOS	115
RESUMO	116
ABSTRACT	117
1. INTRODUÇÃO	118
2. MATERIAL E MÉTODOS	121
2.1. Área de Estudo	121
2.1.1. <i>Sistematização dos dados pré-existentes e definição das cavernas a serem amostradas</i>	121
2.2. Coleta de invertebrados e caracterização das cavidades e do entorno	125
2.2.1. <i>Coleta de invertebrados</i>	125
2.2.2. <i>Caracterização dos impactos antrópicos</i>	125
2.3. Análise dos dados	127
2.3.1. <i>Ferramentas de valoração das cavernas</i>	127
2.3.2. <i>Riqueza total de espécies de invertebrados, complexidade e riqueza de espécies troglóbias</i>	127
2.3.3. <i>Grau de vulnerabilidade das cavernas</i>	128
2.3.4. <i>Análises espaciais, valoração final e determinação de áreas prioritárias para conservação</i>	128

3. RESULTADOS	130
3.1. Riqueza de espécies	130
3.2. Índice de Complexidade Ecológica em Cavernas	130
3.3. Vulnerabilidade	130
3.4. Riqueza de espécies troglóbias	134
3.5. Áreas prioritárias para conservação	134
4. DISCUSSÃO	140
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	145
6. REFERÊNCIAS	147
<hr/>	
APÊNDICE A – Alguns invertebrados encontrados nas cavernas do Oeste Potiguar	152
APÊNDICE B – Algumas das cavernas amostradas	156



INTRODUÇÃO GERAL E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. Carste e cavernas

As cavidades naturais subterrâneas são todo e qualquer espaço subterrâneo penetrável pelo homem, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecidas como caverna, 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 a sua formação haja ocorrido por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou do tipo de rocha encaixante (Brasil, 1990).

As cavernas são componentes de um tipo de relevo denominado “carste”, que é encontrado em cerca de 10 a 15% da superfície terrestre - as chamadas áreas cársticas (Ford & Williams, 2007). Esse relevo pode ser caracterizado como um complexo dinâmico em constante modificação, principalmente pela ação da água atuando na formação, moldagem e deposição de inúmeras feições (Gilbert et al., 1994), sendo que a gênese e a evolução destas paisagens dependem do padrão estrutural, do grau de solubilidade da rocha e da ação de fluxos de água associadas a características ambientais que determinam o funcionamento geológico e biológico de ambientes subterrâneos (Palmer, 1991).

Estima-se que as áreas cársticas brasileiras perfaçam cerca de 200 mil km². No entanto, considerando o pouco conhecimento atual disponível sobre rochas suscetíveis à gênese de cavidades naturais no país, acredita-se que cerca de 5% da superfície (450.000 km²) apresente condições favoráveis à ocorrência de ecossistemas subterrâneos (Auler et al., 2001). Esses dados levam a crer que o potencial espeleológico brasileiro seja superior a 100 mil cavernas, o maior na América do Sul (Auler et al., 2001). Entretanto, até o momento pouco mais de 9.000 cavernas encontram-se cadastradas em bancos de dados junto aos órgãos ambientais (CECAV/ICMBio, 2011a).

As cavernas podem ser encontradas em vários tipos de rochas, principalmente nas mais solúveis, como as carbonáticas (calcário, principalmente), fato que não exclui a possibilidade de se encontrar cavernas em outras litologias (Auler et al., 2001), como arenito, quartzito e minério de ferro – o chamado pseudocarste (Glazek, 2006). Cavernas ainda podem ocorrer sem a atuação de processos de dissolução mineral, como cavernas de origem vulcânica, glacial ou resultantes de movimentos tectônicos (Gillieson, 1996).

As paisagens cársticas podem ser divididas em três zonas principais: zona externa ou exocarste; zona de contato da rocha com o solo, ou epicarste; e zona subterrânea, denominada endocarste (Ford & Williams, 2007). Nestas zonas podemos encontrar diversas feições, que vão desde formas destrutivas ou de dissolução (formas superficiais e formas subterrâneas), e feições construtivas como os espeleotemas que são depósitos químicos formados no interior das cavernas (Kohler, 2001).

O exocarste inclui feições como os poliés, dolinas, maciços, torres, mogotes, lapiás e também formas fluviocársticas, tais como vales cegos, sumidouros, ressurgências e cânions. Uma extensa descrição destas formas pode ser encontrada em Jennings (1985), Palmer (1991), White (1988), Kohler (2001) e Ford & Williams (2007). Como compartimento intermediário, o epicarste corresponde, em geral, a um extenso volume subsuperficial que consiste de uma zona de intercâmbio entre o solo úmido e a rocha. Esse ambiente pode apresentar um sistema heterogêneo de fendas nas quais é retida a água proveniente da chuva por tempos variáveis podendo formar verdadeiros aquíferos suspensos (Camacho, 1992). Tal compartimento representa ainda uma importante via de colonização e dispersão para os organismos subterrâneos de tamanho corporal reduzido, e estudos sobre o epicarste desenvolvidos nas últimas décadas não só ampliaram notavelmente os limites e a extensão dos ambientes hipógeos, bem como a compreensão sobre as áreas de distribuição das espécies subterrâneas (Juberthie et al., 1980; Pipan & Culver, 2007). Já o endocarste compreende uma considerável quantidade e variedade de cavidades subterrâneas que se desenvolvem associadas à rocha e, de acordo com suas dimensões, podem ser classificadas como microcavernas, menores que 0,1 cm de diâmetro; mesocavernas, com tamanhos entre 0,1 e 20 cm, e macrocavernas, maiores que 20 cm. Estas últimas são consideradas como uma importante “janela” para a realização de estudos nos ambientes subterrâneos (Howarth, 1981; Howarth, 1983).

1.2. O ambiente subterrâneo

O ambiente subterrâneo (hipógeo) apresenta características bastante peculiares quando comparado ao ambiente superficial (epígeo). Dentre estas características pode-se citar a ausência permanente de luz e a tendência à estabilidade das condições ambientais, como temperatura (que se aproxima da média anual da temperatura externa) e umidade - esta última tendendo à saturação (Culver, 1982). Em cavernas extensas, a temperatura e a umidade quase não variam em locais mais distantes da(s) entrada(s), no entanto cavernas

menores em extensão apresentam oscilações mais evidentes, que são reflexos diretos das variações no ambiente epígeo.

Tradicionalmente, no ambiente cavernícola podem ser reconhecidas pelo menos três zonas ambientais distribuídas ao longo de um gradiente e caracterizadas pelas diferenças entre luminosidade, temperatura e distribuição dos organismos (Barr, 1967; Culver, 1982; Poulson & White, 1969):

1. Zona de entrada: é aquela onde a luz incide diretamente e tanto a temperatura quanto a umidade relativa do ar acompanham as variações externas. É a região mais influenciada pelo meio epígeo;

2. Zona de penumbra: há incidência indireta de luz e flutuações menores de temperatura e umidade quando comparadas às da zona de entrada. Sua extensão, em uma mesma caverna, pode variar de acordo com a época do ano e posição da entrada em relação ao sol;

3. Zona afótica: apresenta total ausência de luz e habitual tendência à estabilidade ambiental.

A ausência permanente de luz no interior das cavernas impossibilita a ocorrência de organismos fotossintetizantes. Dessa forma, na grande maioria das cavernas (à exceção de poucas cavernas nas quais a base da produção primária pode ser a quimioautotrofia, realizada principalmente por bactérias), os recursos alimentares disponíveis para a fauna residente têm origem alóctone (Souza-Silva, 2003), sendo carregada, contínua ou temporariamente, por agentes físicos e biológicos (Culver, 1982; Edington, 1984; Ferreira & Martins, 1999; Gnaspini, 1989; Howarth, 1983). Dentre os agentes físicos destacam-se a importação pelo vento, rios, enxurradas, cursos d'água ou por águas que percolam no teto ou nas paredes e através de aberturas ou fraturas que eventualmente existem nas cavernas (Gilbert et al., 1994). A importação biológica é feita principalmente por animais que habitualmente utilizam as cavernas como abrigos (*e.g.* morcegos) ou penetram acidentalmente e morrem nestes ambientes, e seus cadáveres são utilizados como recursos alimentares por outros organismos (Ferreira, 2005a). Fezes e carcaças de morcegos e de animais terrestres são importantes fontes de recursos alimentares para numerosas espécies de microorganismos e artrópodes, principalmente em cavernas permanentemente secas (Ferreira & Martins, 1998; Ferreira & Martins, 1999; Gilbert et al., 1994; Gillieson, 1996; Howarth, 1983; Juberthie & Decu, 1994; Souza-Silva, 2003).

Assim, grande parte ou a quase totalidade da produção nos ecossistemas cavernícola é de origem secundária, baseada em cadeia de detritívoros atuando sobre recursos provenientes do meio externo. No entanto, raízes vegetais são também importantes recursos alimentares para os organismos que vivem em tubos de lavas vulcânicas e em cavernas superficiais (Howarth, 1983; Jasinska et al., 1996; Souza-Silva, 2003).

As cavernas, dessa forma, são comumente caracterizadas como ambientes que têm tendência ao oligotrofismo, já que geralmente as vias de importação não são eficientes e tendem a não transportar grandes quantidades de recursos e a disponibilidade destes não é regular (Culver, 1982). Deste modo, os organismos que vivem no meio hipógeo devem apresentar adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais, geralmente ligadas às limitações físicas e à disponibilidade de recursos alimentares que existem nas cavernas (Culver, 1982). Assim, a pequena disponibilidade de recursos nas cavernas se torna um fator limitante ao estabelecimento de inúmeras espécies nos ecossistemas subterrâneos (Culver, 1982; Ferreira, 2005b).

Os recursos alimentares alóctones, portanto, mantêm populações de organismos de todos os níveis tróficos nos ecossistemas subterrâneos e o tipo, a qualidade e a forma de disseminação do recurso no sistema são determinantes na composição e estrutura das comunidades cavernícolas (Culver, 1982; Ferreira & Martins, 1999; Howarth, 1983). Apesar de historicamente os ambientes subterrâneos serem considerados pobres em termos de biodiversidade e biomassa, uma grande variedade de táxons está representada nestes ecossistemas, o que inclui desde bactérias, algas e fungos, até grupos vegetais (restritos a regiões eufóticas), invertebrados e vertebrados. Entretanto, a maioria destes grupos consiste de espécies pré-adaptadas às condições prevalentes nestes sistemas. Sendo assim, grupos que apresentem preferências por habitats úmidos, sombreados e/ou que possuem uma dieta generalista (detritívoros ou predadores não especializados) são potencialmente mais aptos a colonizarem e se estabelecerem nestes ambientes (Gibert et al., 1994).

1.3. Classificação ecológico-evolutiva dos organismos cavernícolas

Em relação à condição ecológico-evolutiva, os organismos cavernícolas não se apresentam de maneira homogênea sendo representados por táxons muito variados. Segundo Holsinger & Culver (1988), modificado do sistema Schiner-Racovitza, os organismos cavernícolas podem ser classificados em três categorias:

1. *Troglóxenos*: organismos regularmente encontrados no ambiente subterrâneo, mas que periodicamente se deslocam para o ambiente epígeo geralmente em busca de alimento e/ou para completar seu ciclo de vida. Em geral ocorrem nas porções mais próximas à entrada, mas populações eventualmente também podem ocorrer em zonas mais distantes. Muitos desses organismos são responsáveis pela importação de recursos alimentares provenientes do meio epígeo, sendo muitas vezes os principais responsáveis pelo fluxo energético, como em cavernas permanentemente secas.

2. *Troglófilos*: organismos facultativos no ambiente subterrâneo capazes de completar seu ciclo de vida de forma independente no meio epígeo ou hipógeo. No epígeo, tanto os troglóxenos quanto os troglófilos geralmente ocorrem em ambientes úmidos e sombreados, no entanto os troglófilos são encontrados preferencialmente no meio hipógeo.

3. *Troglóbios*: organismos restritos ao ambiente cavernícola que podem apresentar diversos tipos de especializações morfológicas, fisiológicas e comportamentais que evoluíram em resposta às pressões seletivas presentes em cavernas e/ou à ausência de pressões seletivas típicas do meio epígeo. Frequentemente estes organismos apresentam redução das estruturas oculares, despigmentação e alongamento de apêndices. Além disso geralmente apresentam distribuição geográfica restrita, baixa densidade populacional, baixa tolerância às flutuações ambientais e estratégia reprodutiva do tipo K, características que os tornam potencialmente ameaçados de extinção frente às alterações de seu ambiente (Culver, 1982). Em virtude destas características, quaisquer espécies troglóbias são consideradas, minimamente, como espécies vulneráveis à extinção pela International Union for Conservation of Nature (IUCN).

Embora o sistema de Shinner-Racovitza contemple somente três categorias, existe uma quarta categoria de organismos que podem ser frequentemente encontrados nestes ambientes. Tais organismos, denominados acidentais (Barr, 1968), compreendem espécies que normalmente não são encontradas em cavernas, mas que involuntariamente penetram nestes ambientes seja por quedas em entradas verticais ou ainda veiculadas pela água ou vento. Esses organismos, mesmo que não consistam de seres efetivamente cavernícolas, apresentam uma importância ecológica nítida, uma vez que suas fezes, e principalmente seus cadáveres, servem de alimento para outros organismos presentes nestes ambientes (Zampaulo, 2010).

Outro aspecto importante é que historicamente as comunidades encontradas nas zonas de entrada dos ambientes cavernícolas geralmente são excluídas dos estudos e inventários por abrigarem uma ampla diversidade de animais que não apresentam forte associação com o ambiente subterrâneo (Chapman, 1994). Entretanto, regiões próximas às entradas demonstram gradientes de modificações estruturais, biológicas e físicas, criando uma zona de transição, ou ecótono, entre os meios epígeos e hipógeos. Essa região localiza-se em uma zona diferenciada, determinada pelo equilíbrio entre a disponibilidade de recursos (característica epígea) e a estabilidade ambiental (característica hipógea), funcionando como filtros entre os diferentes sistemas e podendo resultar em zonas de alta complexidade biológica e com ocorrência de espécies endêmicas (Gilbert, 1997; Prous et al., 2004). Tais áreas se apresentam extremamente dinâmicas em função das variações ambientais em diferentes épocas do ano e podem influenciar na distribuição dos organismos subterrâneos (Cordeiro, 2008).

1.4. Estado atual do conhecimento sobre a fauna cavernícola tropical

Embora a fauna cavernícola tropical ainda seja pouco estudada, o número de troglóbios é geralmente considerado menor que em cavernas localizadas nas áreas temperadas ao Norte, o que é frequentemente explicado pelos fortes efeitos dos episódios de glaciações nestas áreas, com consequente maior isolamento de populações no ambiente subterrâneo, mais estável (Deharveng, 2005). No entanto, se todas as espécies, não apenas as troglóbias, são contadas, as comunidades tropicais terrestres são pelo menos tão diversas e provavelmente mais diversas que as das cavernas temperadas, especialmente se as comunidades associadas a guano de morcegos são incluídas (Deharveng e Bedos, 2000). Entretanto, em muitos casos, cavernas em regiões tropicais têm apresentado maiores quantidades de recursos alimentares em virtude da alta produtividade dos ecossistemas epígeos. Desta forma, muitos modelos elaborados e propostos a partir de sistemas subterrâneos temperados devem ser readequados às condições dos sistemas tropicais (Zampaulo, 2010).

A fauna cavernícola brasileira começou a ser relativamente bem estudada a partir da década de 80, principalmente em cavernas calcárias e localizadas nos Estados de São Paulo, Goiás, Bahia, Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, além de um pequeno número no Ceará (Dessen et al., 1980, Pinto-da-Rocha, 1995). Das cerca de 800 cavidades inventariadas no país, apenas uma pequena fração pode ser considerada bem conhecida do ponto de vista

biológico e grande parte destes estudos foram realizados dentro de unidades de conservação, que são áreas legalmente protegidas. Exemplos são o Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira e Parque Estadual de Intervalos, ambos localizados no Estado de São Paulo, o Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, localizado no norte de Minas Gerais e o Parque Nacional da Serra da Bodoquena localizado no Estado do Mato Grosso do Sul (Ferreira, 2003; Ferreira & Horta, 2001; Gnaspini et al., 1994; Trajano, 2000). Desta forma, a maioria dos estudos bioespeleológicos brasileiros encontram-se fragmentados e concentram-se em áreas cársticas de algumas poucas regiões do país. Mesmo assim, vários estudos têm revelado uma elevada diversidade e endemismos da fauna subterrânea em algumas regiões do Brasil (Ferreira, 2004; Ferreira, 2005b; Ferreira et al., 2010; Gnaspini & Trajano, 1994; Pinto-da-Rocha, 1995; Prous & Ferreira, 2009; Souza-Silva, 2008; Trajano, 2000).

No entanto, poucos estudos ecológicos foram realizados, sendo a maioria estudos zoológicos e simples levantamentos faunísticos (Dessen et al., 1980, Ferreira & Horta, 2001). Além do Rio Grande do Norte, estudos relativos à fauna cavernícola da Caatinga são restritos aos estados da Bahia e Ceará (Trajano, 1987; Ferreira & Martins, 1998; Ferreira, 2004).

Os estudos bioespeleológicos no carste do RN ainda são incipientes. Até o momento, só foram emitidas pelo ICMBio/CECAV cinco licenças para pesquisa biológica de invertebrados em cavernas do Estado. Dessas, três tiveram seu relatório conclusivo finalizado (Silva, 2008; Coelho, 2008; Ferreira et al., 2008; Ferreira et al., 2010) e as outras duas ainda estão em andamento, incluído o presente estudo (Jocy Cruz, comunicação pessoal). Com relação à fauna de invertebrados, a despeito do pioneirismo, Silva (2008) realizou apenas um levantamento prévio em seis cavernas do município de Felipe Guerra. Ferreira et al. (2008) inventariaram 17 cavernas em oito municípios, com resultados bastante promissores, no entanto seis cavernas não foram totalmente inventariadas e em muitas cavidades houve apenas uma coleta, impossibilitando caracterizações biológica e trófica mais completas, considerando variações sazonais.

Inventários e mapeamentos geográficos da biodiversidade cavernícola são importantes ferramentas para entender e conservar a fauna frente a ameaças antrópicas. No entanto, Ferreira (2005b) ressalta que as diferentes metodologias empregadas nos poucos estudos sobre ecologia de comunidades cavernícolas no Brasil dificultam a comparação e impedem a identificação de padrões gerais. Deste modo, o uso de uma metodologia padrão que integre aspectos físicos das cavernas e seu entorno, diversidade,

riqueza e distribuição das espécies, pode promover uma importante base para iniciar ações de conservação destes ambientes peculiares. O conhecimento da biota cavernícola na Caatinga, e ainda mais no carste norterio-grandense, ainda é incipiente. Assim, estudos de identificação dos taxons e características ecológicas das cavernas são primordiais para o planejamento de ações de conservação destes ambientes.

1.5. Ameaças reais e potenciais à fauna subterrânea no RN

As interferências sobre o meio físico decorrentes de fenômenos naturais ou da ação antrópica refletem-se diretamente sobre as cavernas. A desestruturação dos sistemas cavernícolas, por sua vez, pode causar várias modificações no sistema externo, acentuando ainda mais o estado de desequilíbrio de um dado ecossistema (Ferreira, 2004).

A dinamização da produção agrícola e da construção civil tem impulsionado a expansão da indústria cimenteira e de corretivos agrícolas no país, levando a uma crescente exploração da matéria prima para esses insumos: o calcário. Este tipo de atividade tem pressionado as áreas com ocorrência de rochas carbonáticas em todo país colocando em risco a preservação destes frágeis ecossistemas bem como toda a biodiversidade associada. No Rio Grande do Norte, a indústria de cal é uma das principais fontes de receita dos municípios com ocorrência de cavernas em rocha carbonática. Segundo Cruz et al. (2010), a indústria do cal ameaça 19,92% das cavidades conhecidas no Estado, estando os municípios de Apodi e Governador Dix-Sept Rosado entre as áreas de maior conflito, havendo, inclusive, casos de danos diretos e indiretos em cavernas. Existem diversos outros conflitos com o patrimônio espeleológico estadual, dentre eles os polígonos de áreas autorizadas para pesquisa de viabilidade econômica (principalmente) e para lavra pelo DNPM (Departamento Nacional de produção Mineral), onde se encontram 90,59% das cavernas do Estado; os blocos de exploração e produção de petróleo – 11,19% das cavidades – principalmente nos municípios de Felipe Guerra e Gov. Dix-Sept Rosado; Assentamentos rurais de reforma agrária, com 32,5% das cavernas conhecidas, principalmente no município de Baraúna, e a visitação desordenada, principalmente por pessoas das comunidades vizinhas às áreas cársticas, em 6,93% das cavidades (Cruz et al, 2010).

Aliado a isso é somada a recente publicação do Decreto Presidencial Nº 6.640/2008 (Brasil, 2008), que altera o Decreto Nº 99.556/1990 (dispõe sobre a proteção das cavernas brasileiras). Anteriormente à publicação do referido Decreto, todas as cavernas brasileiras eram protegidas, de forma que sua utilização e de sua área de influência deveriam ocorrer

dentro de condições que assegurem sua integridade física e a manutenção do respectivo equilíbrio ecológico. Com a alteração na legislação, as cavernas deverão ser classificadas de acordo com seu grau de relevância em máximo, alto, médio ou baixo, determinado pela análise de atributos ecológicos, biológicos, geológicos, hidrológicos, paleontológicos, cênicos, histórico-culturais e socioeconômicos. Somente as cavernas com grau de relevância máximo permanecem permanentemente protegidas, as demais poderão sofrer impactos irreversíveis mediante licenciamento ambiental. Entre os atributos capazes de elevar, por si só, uma caverna ao grau de relevância máximo, está a condição de habitat essencial para a preservação de populações de organismos troglóbios ou de espécies animais em risco de extinção. Desta forma, o aumento do conhecimento acerca da fauna cavernícola cada vez mais ganha importância no contexto da conservação destes ecossistemas.

De acordo com o exposto, espécies associadas a cavidades naturais como as localizadas na região Oeste do Rio Grande do Norte, que se encontram fora de unidades de conservação, correm sérios riscos. Diversas áreas calcárias dessa região têm sido foco da exploração de grandes empresas, e da ação de pequenas e médias empresas, muitas delas operando em situação irregular. Este tipo de atividade tem alterado as áreas com ocorrência de rochas carbonáticas e as cavidades nelas inseridas, transformando a paisagem local e provocando inúmeros impactos ambientais. Nesta perspectiva, a definição de áreas prioritárias para a criação de Unidades de Conservação na área é emergencial.

2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

O Estado do Rio Grande do Norte tem uma população de 2.776.782 habitantes, dos quais 73,35% encontram-se concentrados em áreas urbanas. Sua densidade demográfica é de 52,3 hab/km². Localizado na região Nordeste do Brasil, entre os paralelos de 4°49'53" e 6°58'57" latitude sul, e os meridianos de 35°58'03" e 38°36'12" de longitude oeste, o Estado possui 167 municípios e ocupa uma área de 53.077,3 km², o que corresponde a 3,42% do território nordestino e cerca de 0,62% do território nacional. Limita-se ao Norte e a Leste com o Oceano Atlântico; ao Sul com o Estado da Paraíba e a Oeste com o Estado do Ceará (IDEMA, 2007).

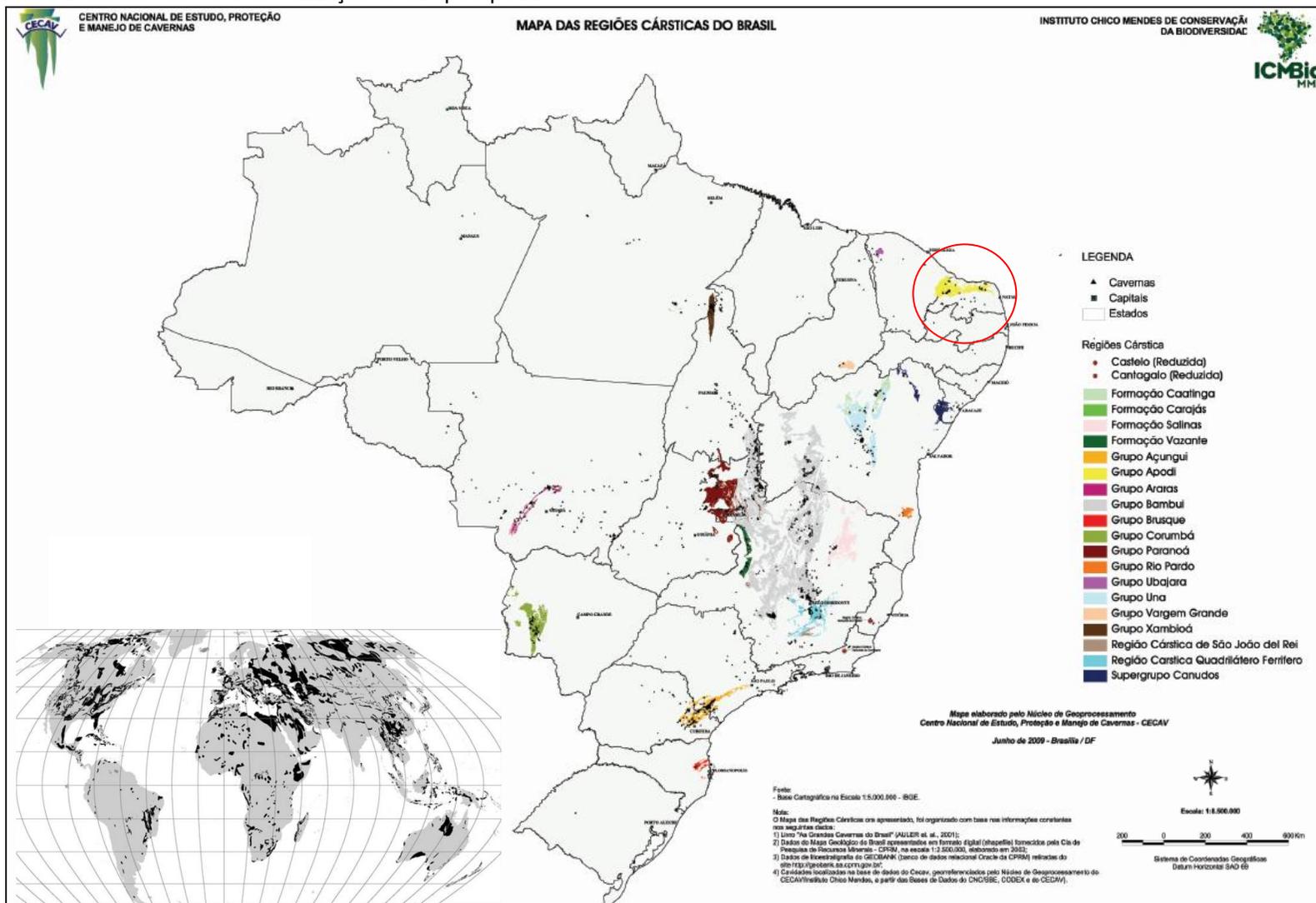
A heterogeneidade da estrutura geológica do Estado do Rio Grande do Norte propicia a formação de diferentes feições cársticas: ao norte, a Bacia Potiguar com os calcários do Grupo Apodi – Formação Jandaíra, e na porção sul, o Embasamento Cristalino. Há ainda os

mármore da Formação Jucurutú e os Arenitos da Formação Açú. No entanto, é nos calcários do Grupo Apodi – Formação Jandaíra que estão inseridas 91,47% das 563 cavernas atualmente conhecidas no Estado, o que torna o RN o 7º Estado brasileiro em número de cavernas, além do segundo no Nordeste (Cruz et al., 2010). A figura 1 apresenta as principais regiões cársticas brasileiras, com destaque para o Grupo Apodi.

O exocarste na região apresenta-se principalmente na forma de afloramentos calcários popularmente conhecidos como “lajedos”, onde são comuns falhas, fraturas, lapíás, dolinas, entre outras feições típicas de regiões carsticas. É nos lajedos onde são encontradas a grande maioria das entradas das cavernas.

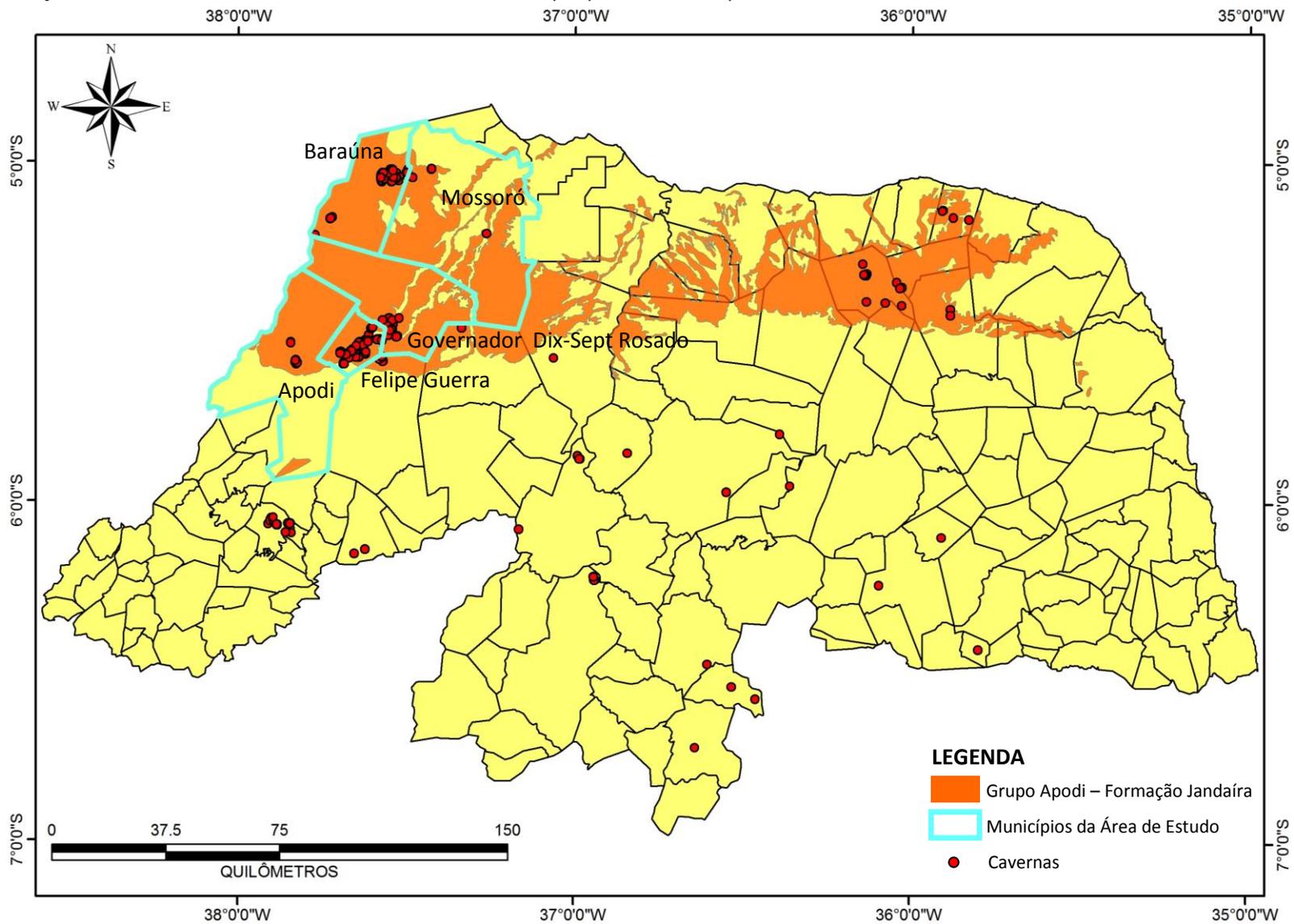
As cavernas calcárias do Estado estão concentradas na Mesorregião Agreste (no município de Jandaíra e arredores) e, principalmente, na Mesorregião Oeste Potiguar, com destaque para os municípios de Baraúna (218 cavernas), Felipe Guerra (191), Governador Dix-Sept Rosado (46), Apodi (14) e Mossoró (7), onde estão localizadas 84.55% (476 cavidades) das cavernas conhecidas (Cruz et al., 2010). Tais municípios foram definidos como a área objeto do presente estudo. A figura 2 mostra as áreas de ocorrências dos calcários do Grupo Apodi – Formação Jandaíra, bem como as cavernas atualmente conhecidas no Estado, com destaque para os referidos municípios.

Figura 1 - Mapa das principais regiões cársticas do Brasil (o mapa no canto inferior esquerdo apresenta as principais regiões cársticas do planeta). O círculo vermelho destaca a localização do Grupo Apodi.



Fonte: Modificado de CECAV/ICMBio(2011b).

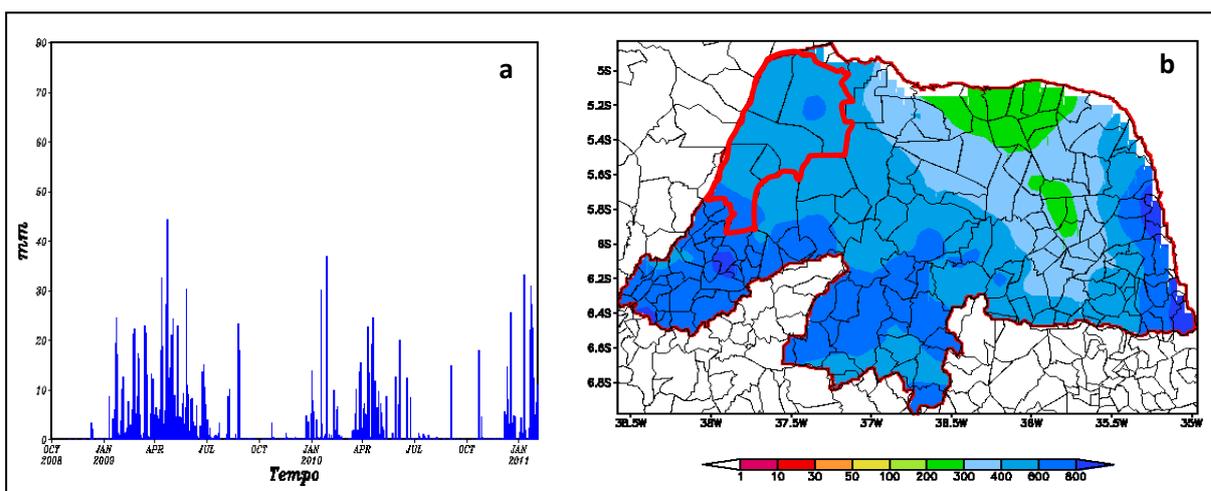
Figura 2 - Mapa do Rio Grande do Norte mostrando as ocorrências dos calcários do Grupo Apodi – Formação Jandaíra, bem como a localização das cavernas atualmente conhecidas, com destaque para os municípios da área de estudo.



Os municípios de Felipe Guerra, Apodi, Governador Dix-Sept Rosado e parte do município de Mossoró fazem parte da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, enquanto que parte do município de Mossoró e do município de Baraúna fazem parte da Sub-bacia 01 da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso (SEMARH, 2011).

A Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró ocupa uma superfície de 14.276 km², correspondendo a cerca de 26,8% do território estadual, enquanto a Sub-Bacia 01 da Faixa Litorânea Norte de Escoamento Difuso ocupa uma superfície de 649,5 km² (1,2% do território estadual) (SEMARH, 2011). O clima da região é predominantemente do tipo BSw'h', da classificação climática de Köppen, caracterizado por um clima muito quente e semi-árido, com a estação chuvosa se atrasando para o outono. As chuvas anuais médias de longo período situam-se em torno de 670 mm, evaporação de 1.760 mm e um déficit de água de 1.000 mm, durante 09 meses. As precipitações são irregulares e, de modo geral, são significativas e ocorrem no período de fevereiro a julho concentrando-se a maior parte de março a junho. A umidade relativa apresenta-se bastante variável, normalmente entre 59 e 76%, e a temperatura média anual em torno de 28° C (IDEMA, 2005). A figura 3 mostra a evolução temporal da precipitação média e a precipitação acumulada (mm) para a área do estudo e a tabela 1 apresenta uma caracterização adicional dos municípios da área de estudo.

Figura 3 - Evolução temporal da precipitação média na área de estudo entre 01/10/2008 e 03/02/2011 (a) e precipitação acumulada (mm) para o Estado do Rio Grande do Norte entre 01/10/2009 e 30/09/2010 (b), com destaque para os municípios da área de estudo.



Fonte: CPTEC/INPE(2011).

Tabela 1 - Caracterização básica dos cinco municípios da área de estudo.

Município	População	Área(km ²)	Coordenadas Sede		Altitude da sede (m)	Distância da Capital(km)
			Latitude(S)	Longitude(W)		
Apodi	34.632	1.602,66	5° 39' 51"	37° 47' 56"	67	328
Baraúna	23.098	825.80	5° 04' 48"	37° 37' 00"	94	317
Felipe Guerra	5.680	268.43	5° 36' 09"	37° 41' 19"	40	351
Gov. Dix-Sept Rosado	12.374	1.129,36	5° 27' 32"	37° 31' 15"	26	320
Mossoró	234.390	2.110,21	5° 11' 15"	37° 20' 39"	16	285

Fonte: IDEMA,2007.

A região está inserida no Bioma Caatinga, caracterizado por uma vegetação que é um mosaico de arbustos espinhosos e florestas sazonalmente secas que cobre a maior parte dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e a parte nordeste de Minas Gerais, no vale do Jequitinhonha, ocupando uma área aproximada de 734.478 km², cerca de 9,92% do território nacional e que é o único bioma exclusivamente brasileiro. Isso significa que grande parte do patrimônio biológico dessa região não é encontrada em outro lugar do mundo exceto no nordeste do Brasil (Silva et al., 2004). O termo Caatinga é de origem Tupi e significa “mata branca”, referindo-se ao aspecto da vegetação durante a estação seca, quando a maioria das árvores perde as folhas e os troncos esbranquiçados e brilhantes dominam a paisagem (Prado, 2003). As folhas e as flores são produzidas em um curto período de chuvas e a Caatinga permanece “dormente” durante a maior parte do ano. A vegetação herbácea também cresce somente durante as chuvas curtas e esparsas (Rizzini et al., 1988)

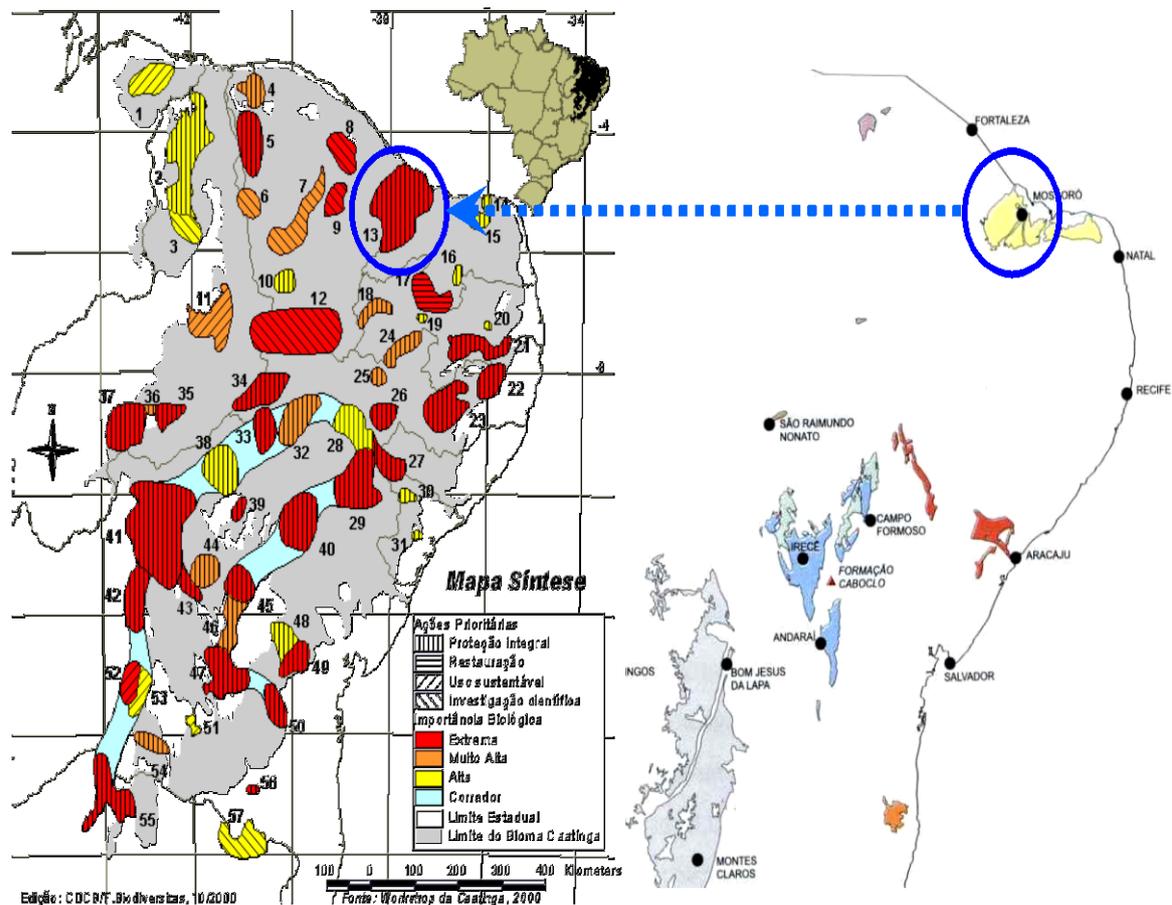
Apesar de estar, realmente, bastante alterada, especialmente nas terras mais baixas, a Caatinga contém uma grande variedade de tipos vegetacionais, com elevado número de espécies e também remanescentes de vegetação ainda bem preservada, que incluem um número expressivo de táxons raros e endêmicos (Giulietti et al., 2004).

A grande heterogeneidade ambiental do bioma Caatinga e a singularidade de certos ambientes permitem prever que a fauna de invertebrados deste bioma seja riquíssima, com vários endemismos. Entretanto, o aspecto mais relevante na análise dos poucos dados existentes é o conhecimento insuficiente. Há, portanto, uma necessidade urgente de melhorar o conhecimento sobre os invertebrados desse bioma, principalmente ao se considerar a atual tendência mundial na escolha deste grupo de organismos como indicadores de qualidade ambiental (SILVA et al., 2004).

As áreas carbonáticas do Estado do Rio Grande do Norte coincidem com áreas prioritárias para a conservação do bioma Caatinga, conforme critérios adotados pelo

Ministério do Meio Ambiente, definidos a partir de parâmetros epígeos (figura 4). Desta forma, destaca-se a região onde se localizam os municípios da área do presente estudo, dentre outros, como de importância biológica extrema. Justamente em tais regiões encontram-se as maiores concentrações de cavernas do Estado.

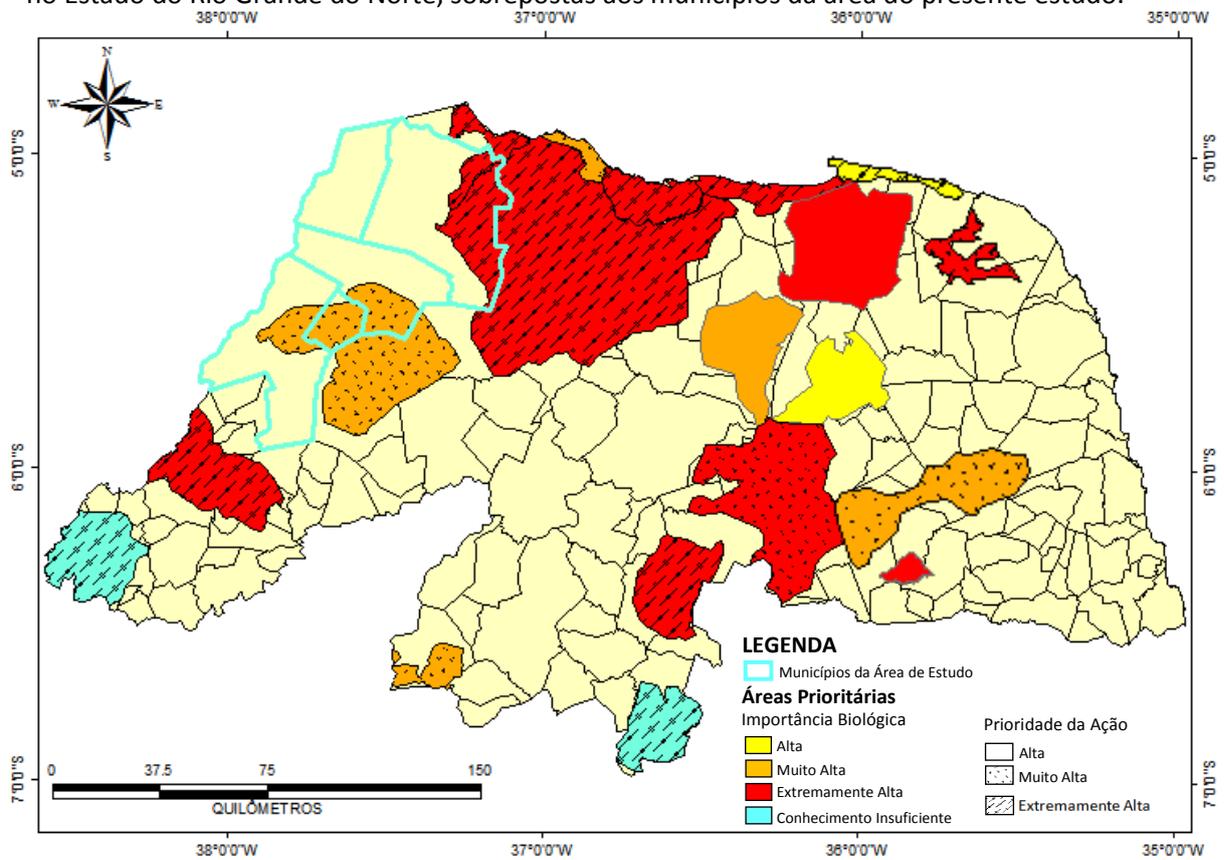
Figura 4 - Áreas prioritárias para conservação da Caatinga e mapa dos principais grupos carbonáticos (em especial calcários) do nordeste brasileiro. Em destaque parte da área do presente estudo, que representa uma das principais regiões de ocorrência de cavernas na Caatinga e se sobrepõem à uma das áreas consideradas de importância biológica extrema para o Bioma Caatinga.



Fonte: Modificada de UFPE et al., 2002 e Auler, 2002.

Recentemente tais áreas prioritárias foram atualizadas (MMA, 2007) e três delas estão sobrepostas à área do presente estudo, abrangendo partes dos municípios de Apodi, Felipe Guerra, Governador Dix-Sept Rosado e Mossoró (figura 5).

Figura 5 - Áreas Prioritárias para a Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira (MMA, 2007). Aqui são apresentadas as áreas terrestres do Bioma Caatinga no Estado do Rio Grande do Norte, sobrepostas aos municípios da área do presente estudo.



3. REFERÊNCIAS

- AULER, A., RUBBIOLI, E. & BRANDI, R. **As grandes cavernas do Brasil**. Belo Horizonte, Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, 228p, 2001.
- AULER, A. 2002. Karst areas in Brazil and the potential for major caves: an overview. **Bol. Soc. Venezolana Espel.**, Caracas, v. 36, p. 1-18, 2002.
- BARR, T. C. 1967. Observation on the ecology of caves. **The American Naturalist**, Chicago, v. 101, n. 922, p. 475-491, 1967.
- BARR, T.C. Cave ecology and evolution of troglobites. **Evol. Biol.** 2, 35-102, 1968.
- BRASIL. Decreto Lei n.º 99.556, de 01 de outubro de 1990. Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 02 out. 1990.
- BRASIL. Decreto n. 6.640, de 7 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. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 nov. 2008.
- CAMACHO, A. I. **The natural history of biospeleology**. 680p. Monografia (Museo Nacional de Ciencias Naturales) - Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 1992.
- CECAV/ICMBio - Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. 2011a. **Base de Dados Geoespacializados de Cavidades Naturais Subterrâneas do CECAV**, situação em 10/01/2011. Disponível em <http://www.icmbio.gov.br/cecav/index.php?id_menu=228>. Acesso em 09 Fev. 2011a.
- CECAV/ICMBio - Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. **Mapa das Regiões Cársticas do Brasil**. Disponível em <http://www4.icmbio.gov.br/cecav/index.php?id_menu=362>. Acesso em 09 Fev. 2011b.
- CHAPMAN, P. **Caves and cave life**. London: Harper Collins. 219 p., 1994.
- COELHO, D. C. Fauna de morcegos no Carste de Felipe Guerra, RN. In: CRUZ, Jocy Brandão (Org.). **Diagnóstico espeleológico do Rio Grande do Norte**. Natal, ICMBIO, 78 p., 2008.
- CORDEIRO, L. M. **Fauna cavernícola da Serra da Bodoquena: revisão bibliográfica e um estudo de ecologia de comunidades**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 118 p., 2008.
- CRUZ, J.B., BENTO, D. M., BEZERRA, F. H. R., FREITAS, J. I., CAMPOS, U. P., SANTOS, D. J. Diagnóstico Espeleológico do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Espeleologia** 01: 01-24, 2010.

CULVER, D.C. **Cave Life. Evolution and Ecology**. Harvard University Press. Cambridge, Massachussets and London, England. 189 p., 1982.

DEHARVENG, L. Diversity patterns in the tropics. In: Culver, D. C. and White, W. B. (eds), **Encyclopedia of caves**. Elsevier/Academic Press, p. 166-170, 2005.

DEHARVENG, L., BEDOS, A. The cave fauna of southeast Asia. Origin, evolution and ecology. In: Wilkens, H., Culver, D. C. and Humphreys, W. F. (eds), **Subterranean ecosystems**. Elsevier, p. 603-632, 2000.

DESSEN, E. M. B., ESTON, V. R., SILVA, M. S., TEMPERINI-BECK, M. T. & TRAJANO, E. Levantamento preliminar da fauna de cavernas de algumas regiões do Brasil. **Ciência e Cultura**, 32(6): 714-725, 1980.

EDINGTON, M. Biological observation on the ogbuike cave system, Anambra state, Nigeria. **Studies in Speleology**, Buxton, v. 5, n. 1, p. 31-38, 1984.

FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P. Diversity and distribution of spiders associated with bat guano piles in Morrinho cave (Bahia State, Brazil). **Diversity and Distributions**, Oxford, v. 4, n. 5-6, p. 235-241, 1998.

FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P. Trophic structure and natural history of bat guano invertebrate communities with special reference to brazilian caves. **Tropical Zoology**, Firenze, v. 12, n. 2, p. 231-259, 1999.

FERREIRA, R. L.; HORTA, L. C. S. Natural and human impacts on invertebrate communities in Brazilian caves. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 61, n. 1, p. 7-17, 2001.

FERREIRA, R. L. 2003. **Subsídios para o estabelecimento do manejo bioespeleológico e paleontológico em algumas cavernas do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu**. Belo Horizonte: Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, 140 p., 2003.

FERREIRA, R. L. **A medida da complexidade ecológica e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos**. Tese de Doutorado, UFMG, Belo Horizonte, 161 p., 2004.

FERREIRA, R. L. 2005a. **Caracterização de ecossistemas subterrâneos do complexo Mina do Pico (Itabirito, MG): estudo bioespeleológico das cavidades visando o licenciamento necessário ao aproveitamento do minério de ferro**. Belo Horizonte: Minerações Brasileiras Reunidas, 31 p., 2005a.

FERREIRA, R. L. A vida subterrânea nos campos ferruginosos. **O Carste**, Belo Horizonte, v. 17, n. 3, p. 106-115, 2005b.

FERREIRA, R.L., PROUS, X., SOUZA-SILVA, M. & BERNARDI, L.F.O. Caracterização biológica de cavernas do Rio Grande do Norte. In: CRUZ, Jocy Brandão (Org.). **Diagnóstico espeleológico do Rio Grande do Norte**. Natal, ICMBIO, 78 p., 2008.

FERREIRA, R.L.; PROUS, X.; BERNARDI, L.F.O.; SOUZA-SILVA, M. Fauna subterrânea do Estado do Rio Grande do Norte: Caracterização e impactos. **Revista Brasileira de Espeleologia** 01: 25-51, 2010.

FORD, D. C.; WILLIAMS, P. W. **Karst hydrogeology and geomorphology**. London: J. Wiley. 601 p., 2007.

GILBERT, J.; DANIELPOL, D. L.; STANFORD, J. A. **Groundwater ecology**. New York: Academic. 571 p., 1994.

GIBERT, J. The importance of ecotones in karstland. In: SASOWSKY, D.; FONG, D. W.; WHITE, E. L. (Ed.). **Conservation and protection of the biota of karst**. Akron: Karst Water Institute, p. 17-19, 1997.

GILLIESON, D. S. **Caves: processes, development, management**. Oxford: Blackwell. 324 p., 1996.

GIULIETTI, A.M., et al. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: J.M.C. Silva, M. Tabarelli, M.T. Fonseca & L.V. Lins (orgs.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2004.

GLAZEK, J. Karst Related Phenomena – The Problem of Proper Nomenclature. **9th International Symposium on Pseudokarst (Abstracts)**. Institute of Nature Conservation. p. 47-48, 2006.

GNASPINI, P. Análise comparativa da fauna associada a depósitos de guano de morcegos cavernícolas no Brasil: primeira aproximação. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 33, n. 2, p. 183-192, 1989.

GNASPINI, P.; TRAJANO, E. Brazilian cave invertebrates, with a checklist of troglomorphic taxa. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 38, n. 3/4, p. 549-584, 1994.

GNASPINI, P.; TRAJANO, E.; SANCHEZ, L. E. Provincia Espeológica da Serra da Bodoquena, MS: exploração, topografia e biologia. **Espeleo-Tema**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 19-44, 1994.

HOLSINGER, J. R.; CULVER, D. C. **The invertebrate cave fauna of Virginia and a part of eastern Tennessee: zoogeography and ecology**. North Carolina: State Museum of Natural Sciences, 164 p., 1988.

HOWARTH, F. G. Non-Relictual terrestrial troglobites in the tropical Hawaiian Caves. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SPELEOLOGY, 8., 1981, Bowling Green. Proceedings... **Bowling Green: National Speleological Society**. p. 539-541, 1981.

HOWARTH, F. G. Ecology of cave arthropods. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 28, p. 365-389, 1983.

IDEMA - Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do RN. **Atlas para o Desenvolvimento Sustentável do RN**. 2005. Disponível em: <<http://www.idema.rn.gov.br/governo/secretarias/idema/atlasdes/atlas.zip>>. Acesso em 01.Fev.2011.

IDEMA - Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do RN. **Anuário Estatístico do Rio Grande do Norte**. 2007. Disponível em: <<http://www.idema.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/idema/anuario/enviados/anuario07.asp>>. Acesso em 01.Fev.2011.

JASINSKA, E. J.; KNOTT, B.; MCCOMB, A. J. Root mats in groundwater: a fauna-rich cave habitat. **Journal of North American Benthological Society**, Lawrence, v. 4, n. 15, p. 508 – 519, 1996.

JENNINGS, J. N. **Karst geomorphology**. Oxford: Blackwell, 304 p., 1985.

JUBERTHIE, C.; DELAY, B.; BOUILLON, M. Extension du milieu souterrain en zone non-calcaire: description d'un nouveau milieu et de son peuplement par les coleopteres troglobies. **Mémoires de Biospéologie**, Moulis, v. 7, p. 19-52, 1980.

JUBERTHIE, C.; DECU, V. Structure et diversité du domaine souterrain: particularités des habitats et adaptations des espèces. In: JUBERTHIE, C.; DECU, V. (Ed.). **Encyclopaedia biospeleologica**. Moulis:Société de Biospéologie p. 5-22, 1994.

KOHLER, H. C. **Geomorfologia Carstica**. In: TEIXEIRA, A. J. G.; CUNHA, S. B. (Ed.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, p. 309-334, 2001.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Áreas Prioritárias para a Conservação, Uso sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização – Portaria MMA Nº 09, de 23 de janeiro de 2007**. Brasília: MMA. 328 p., 2007.

PALMER, A. N. 1991. Origin and morphology of limestone caves. **Geological Society of America Bulletin**, New York, v. 103, n. 1, p. 1-21, 1991.

PINTO-DA-ROCHA, R. Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907 - 1994). **Papéis Avulsos de Zoologia**, 39(6): 61-163, 1995.

PIPAN, T.; CULVER, D. C. Epikarst communities: biodiversity *hotspots* and potential water tracers. **Environmental Geology**, Berlin, v. 53, n. 2, p. 265-269, 2007.

POULSON, T. L.; WHITE, W. B. The cave environment. **Science**, Cambridge, v. 165, n. 3897, p. 971-981, 1969.

PRADO, D. As caatingas da América do Sul. In: I.R. Leal, M. Tabarelli & J.M.C. Silva (eds.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. pp. 3-73. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, 2003.

PROUS, X.; FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P. Ecotone delimitation: epigeal hypogean transition in cave ecosystems. **Austral Ecology**, Carlton, v. 29, n. 4, p. 374-382, 2004.

PROUS, X.; FERREIRA, R. L. Estrutura das comunidades cavernícolas na Caatinga: subsídios para a conservação. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ESTUDOS DO CARSTE, 3. 2009, São Carlos. **Resumos...** São Carlos: Redespeleo Brasil. p. 62-63, 2009.

RIZZINI, C.T., A.F. COIMBRA-FILHO & A. HOUAISS. 1988. **Ecosistemas brasileiros/ Brazilian ecosystems**. Enge-Rio Engenharia e Consultoria, S.A., Rio de Janeiro, Brasil, 1988.

SEMARH – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. 2011. Disponível em: <<http://www.semarh.rn.gov.br/detalhe.asp?IdPublicacao=137>>. Acesso em 07.Fev.2011

SILVA, J. M. C., M. TABARELLI, M. T. FONSECA, e L. LINS. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2004.

SILVA, F.J. Invertebrados de cavernas de Felipe Guerra. 2008. In: CRUZ, Jocy Brandão (Org.). **Diagnóstico espeleológico do Rio Grande do Norte**. Natal, ICMBIO, 78 p., 2008.

SOUZA-SILVA, M. **Dinâmica da disponibilidade de recursos alimentares em uma caverna calcária**. Dissertação de Mestrado em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre, ICB-UFMG. 77 p., 2003.

SOUZA-SILVA, M. **Ecologia e conservação das comunidades de invertebrados cavernícolas na mata atlântica brasileira**. 225 p. Tese (Doutorado em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

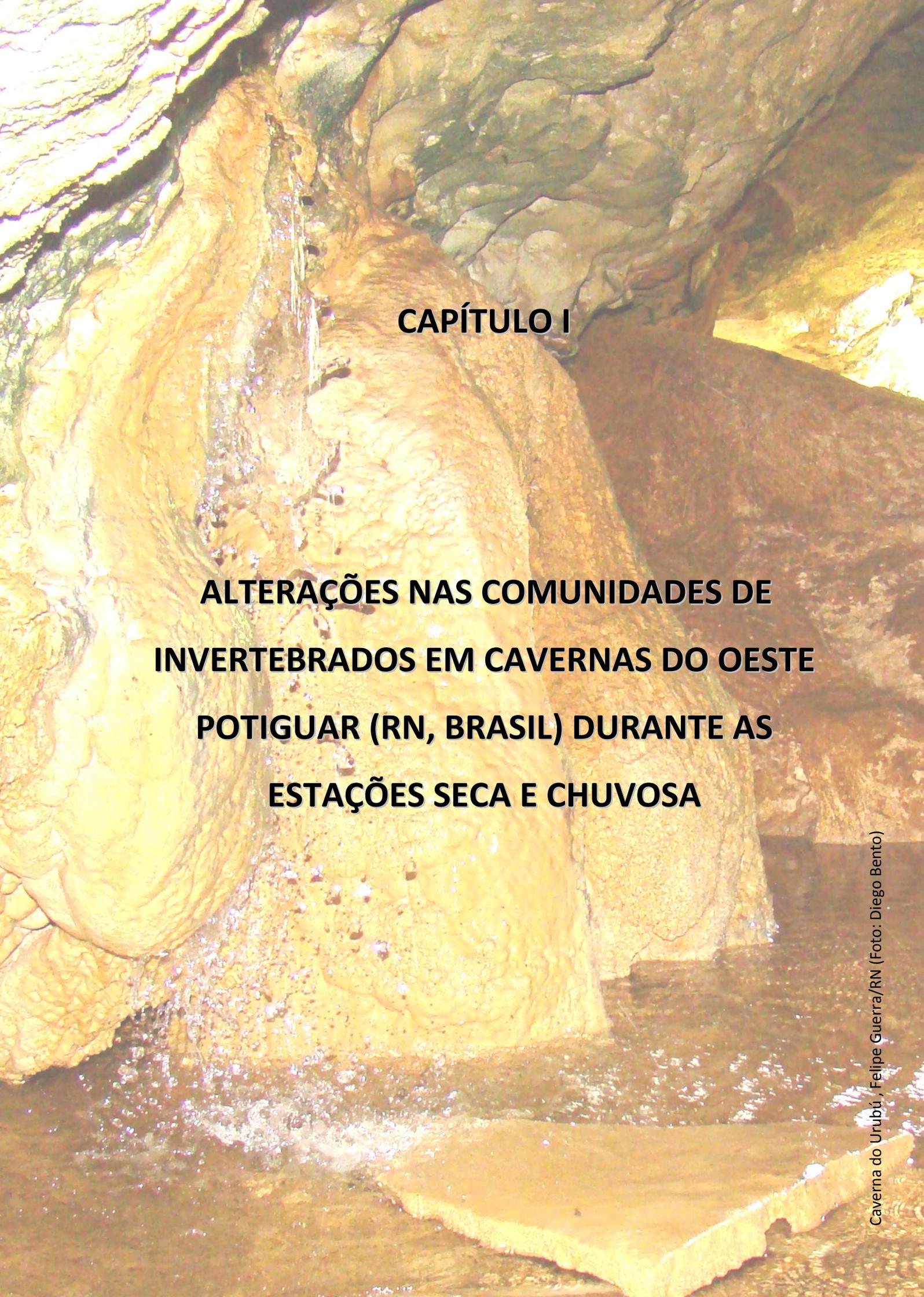
TRAJANO, E. Fauna cavernícola brasileira: composição e caracterização preliminar. **Revista Brasileira de Zoologia**, 3(8): 533-561, 1987.

TRAJANO, E. Cave faunas in the Atlantic tropical rain forest: composition, ecology and conservation. **Biotropica**, Washington, v. 32, n. 4, p. 882-893, Abr. 2000.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, CONSERVATION INTERNATIONAL DO BRASIL, FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS, EMBRAPA SEMI-ÁRIDO & FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Caatinga**. Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2002.

WHITE, W. B. **Geomorphology and hydrology of karst terrains**. New York: Oxford University. 480 p, 1988.

ZAMPAULO, R. A. **Diversidade de invertebrados cavernícolas na região cárstica de Arcos, Pains e Doresópolis (MG): subsídios para a determinação de áreas prioritárias para conservação**. 190 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2010.



CAPÍTULO I

**ALTERAÇÕES NAS COMUNIDADES DE
INVERTEBRADOS EM CAVERNAS DO OESTE
POTIGUAR (RN, BRASIL) DURANTE AS
ESTAÇÕES SECA E CHUVOSA**

RESUMO

Alterações nas comunidades de invertebrados em cavernas do Oeste Potiguar (RN, Brasil) durante as estações seca e chuvosa.

A Caatinga representa uma das maiores savanas do mundo e é caracterizada por um clima quente e semi-árido, com forte sazonalidade, havendo uma distinção clara entre as estações seca e chuvosa. Uma vez que as cavernas são ambientes conectados aos sistemas externos, são esperadas alterações na estrutura das comunidades cavernícolas em função de mudanças nas condições externas, de forma que o presente trabalho teve como objetivo avaliar as alterações na composição e estrutura de comunidades de invertebrados, entre as estações seca e chuvosa, em cavernas calcárias de cinco municípios do Oeste Potiguar. Foram realizadas coletas nas estações seca e chuvosa em 24 cavernas de cinco municípios do Oeste Potiguar e foram observados aumentos significativos nos valores de riqueza de espécies ($t = -3,83$; gl.46; $p < 0,01$), abundância ($t = -2,19$; gl.46; $p < 0,05$), diversidade ($t = -2,99$; gl.46; $p < 0,01$) e complexidade ($t = -3,47$; gl.46; $p < 0,01$) na estação chuvosa, o que não ocorreu com a equitabilidade ($t = -0,74$; gl.46; $p > 0,01$). Foi encontrada uma correlação positiva e significativa entre os valores de similaridade entre as comunidades de uma mesma caverna nas estações seca e chuvosa e os respectivos Índices de Estabilidade Ambiental (IEA) ($r_s = 0,45$; $p < 0,05$). Os resultados apontam uma provável influência das alterações ambientais externas nas comunidades de invertebrados em cavernas, seja pelo aumento na importação de recursos do ambiente externo, seja pelo aumento na abundância das populações de potenciais colonizadores, bem como indicam que cavernas com IEA maiores sofrem alterações menos intensas em função de variações no ambiente epígeo, tendendo a manter a estrutura de suas comunidades temporalmente.

Palavras-chave: Caatinga, sazonalidade, artrópodes

ABSTRACT

Changes in cave invertebrate communities in west of Rio Grande do Norte (RN, Brazil) during the dry and rainy seasons.

Caatinga is one of the largest savanna in the world and is characterized by a hot and semi-arid climate, with strong seasonality, and with clear distinction between dry and rainy seasons. Caves are connected to external systems environments, and for that it is expected changes in the cave community structure due to changes in external conditions. The aim of this study was to evaluate changes in the composition and structure of invertebrate communities between the dry and rainy seasons in limestone caves in five municipalities of West Potiguar. Invertebrates were collected, in the dry and rainy seasons, in 24 caves in five municipalities of West Potiguar and significant increases were observed in the values of species richness ($t = -3,83$; gl.46, $p < 0,01$), abundance ($t = -2,19$; gl.46, $p < 0,05$), diversity ($t = -2,99$; gl.46, $p < 0,01$) and complexity ($t = -3,47$; gl.46, $p < 0,01$) associated to the rainy season, which did not occur with evenness ($t = -0,74$; gl.46, $p > 0,01$). We found a significant positive correlation between the values of similarity between the communities of the same cave in different seasons and their Environmental Stability Index (IEA) ($r_s = 0,45$, $p < 0,05$). The results indicate a probable influence of external environmental changes in invertebrate communities in caves, either by increased imports of resources from the external environment or the increase in the abundance of potential settlers, and indicate that the caves with higher IEA suffer less intense changes due to the variations in the epigeal environment, tending to maintain the structure of their communities in time.

Key-words: caatinga, seasonality, arthropods

1. INTRODUÇÃO

A Caatinga representa uma das maiores savanas do mundo, abrangendo aproximadamente 735.000 km² na Região Nordeste do Brasil (Andrade Lima, 1981; Prado, 2003). Sua fisionomia apresenta-se como um mosaico de diferentes tipos de floresta, caracterizado por árvores e arbustos de espinhos e várias adaptações ao déficit hídrico (Prado, 2003). A média de chuvas varia de 240 a 1500 mm, e a precipitação é inferior a 750 mm em cerca de metade de sua região de ocorrência, com 50 - 70% da precipitação anual concentrada em apenas três meses consecutivos, caracterizando a região como um forte clima sazonal (Sampaio, 1995; Prado, 2003).

A região Oeste do Estado do Rio Grande do Norte é caracterizada por um clima muito quente e semi-árido, com a estação chuvosa se atrasando para o outono. As chuvas anuais médias de longo período situam-se em torno de 670 mm, evaporação de 1.760 mm e um déficit de água de 1.000 mm, durante 09 meses. As precipitações são irregulares e significativas, ocorrendo no período de fevereiro a julho concentrando-se a maior parte de março a junho (IDEMA, 2005).

Há, portanto, uma distinção clara entre as estações seca e chuvosa e, nestas condições, as variáveis climáticas são conhecidas por serem boas preditoras do comportamento das populações (Janzen, 1973; Wolda, 1988), sendo que os padrões de sazonalidade podem influenciar fortemente as comunidades de artrópodes, refletindo a disponibilidade periódica de recursos ou mudanças nas chuvas (Denlinger, 1980) ou temperatura (Mani, 1968). Nesse contexto, diversos estudos têm demonstrado os efeitos da sazonalidade sobre vários grupos de invertebrados (Birch & Clark, 1954; Choi, 2008; Janzen & Schoener, 1967; Kai & Corlett, 2002; Levings & Windsor, 1982; 1984; 1985; Macfadyen, 1952; Wallwork, 1970).

Em ambientes tropicais, no entanto, a distribuição das chuvas apresenta uma influência mais forte que a temperatura sobre a abundância de insetos (Wolda, 1988; Basset, 1991). Estudos sobre a influência de variáveis climáticas em comunidades de invertebrados na Caatinga são raros e abrangem poucos grupos, como Apoidea (Aguiar & Martins, 1997; Zanella & Martins, 2003), Sphingidae (Gusmão & Creão-Duarte, 2004), Buprestidae (Iannuzzi et al., 2006), Scarabeidae (Hernández, 2007) e Scorpiones Araújo et al., 2010a), além de poucos estudos sobre grupos mais abrangentes, como Insecta (Vasconcellos et al., 2010) e macroartrópodes de solo (Araújo et al., 2010b).

Uma vez que as cavernas são ambientes conectados (em maior ou menor grau) aos sistemas externos, além da escassez em geral, os animais cavernícolas são frequentemente confrontados com uma periodicidade temporal de recursos (Culver & White, 2005), de forma que as variações das condições ambientais são particularmente importantes em cavernas tropicais (Romero, 2009). Além disso, muitas comunidades (em especial as para-epígeas) estão relacionadas às variações no ambiente cavernícola impostas pelas oscilações ambientais externas (Ferreira, 2004).

Dessa forma, são esperadas alterações na estrutura das comunidades cavernícolas em função de mudanças nas condições do ambiente externo, tendo em vista que, durante o período chuvoso, a disponibilidade de recursos pode ser muito alta durante algumas semanas ou meses (Culver & White, 2005), ou até mesmo menor, pois o carreamento de recursos pode ser acompanhado por uma intensa lixiviação destes do meio hipógeo para o meio epígeo (Souza-Silva et al., 2007).

Estudos sobre sazonalidade em ambientes cavernícolas são escassos e, a exemplo dos ecossistemas superficiais, são restritos a poucos grupos, como ácaros (Ducarme et al., 2004) e grilos (Lavoie et al., 2007), ou mesmo a uma única espécie (Ferreira et al., 2005). Estudos relativos à fauna de invertebrados em cavernas na Caatinga são restritos aos estados da Bahia e Ceará (Trajano, 1987; Ferreira & Martins, 1998; Ferreira, 2004) e, mais recentemente, no Rio Grande do Norte (Silva, 2008; Coelho, 2008; Ferreira et al., 2010), no entanto a maioria consiste de simples levantamentos faunísticos, impossibilitando caracterizações biológica e trófica mais completas, considerando variações sazonais.

Embora sejam considerados ambientes predominantemente estáveis, os ecossistemas cavernícolas estão intimamente relacionados ao ambiente epígeo, de forma que as variações ambientais externas afetam, com maior ou menor intensidade, as comunidades de invertebrados cavernícolas (Culver, 1982; Culver & White, 2005; Ferreira, 2004). Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as alterações na composição e estrutura de comunidades de invertebrados, entre as estações seca e chuvosa, em cavernas calcárias de cinco municípios do Oeste Potiguar, sendo o primeiro estudo de abrangência regional desta natureza desenvolvido em cavernas na Caatinga.

2. MATERIAL E MÉTODOS

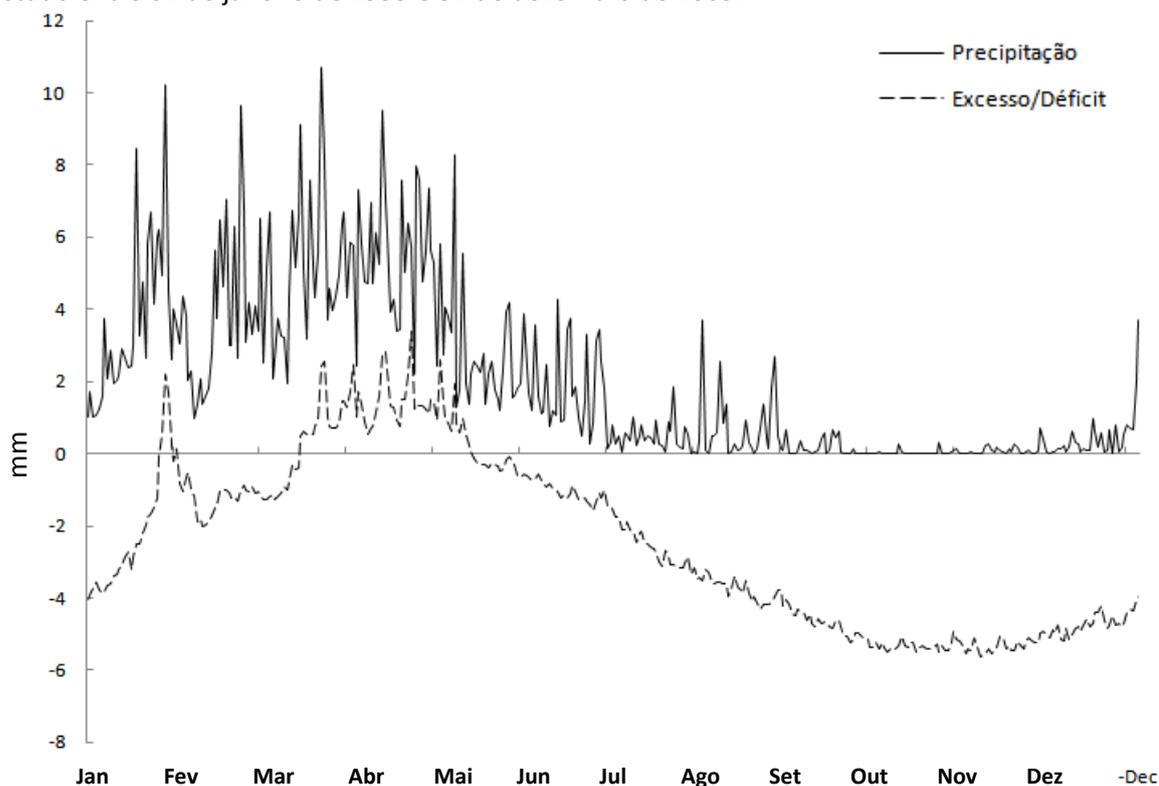
2.1. Área de Estudo

As informações sobre a área de estudo podem ser consultadas na caracterização geral da área de estudo (pág. 20).

2.1.1. Definição dos períodos de coleta

Embora a Caatinga apresente estações seca e chuvosa características, sua duração pode variar (Sampaio, 1995). Assim, a determinação dos períodos de coletas foi realizada com base na análise dos dados referentes aos balanços hídricos dos municípios da área de estudo dos anos de 1999 a 2009 (CPTEC/INPE, 2010). Para tanto, foi realizada uma média dos valores diários (excluindo-se os dias 29 de fevereiro nos anos bissextos) de precipitação e excesso/déficit hídrico para a região nos dez anos anteriores (01/01/1999 e 31/12/2009) ao início das coletas (figura 1). Com o objetivo de tentar avaliar os efeitos acumulados das estações seca e chuvosa, as coletas foram realizadas no final de cada estação, definidas como os períodos entre dezembro e fevereiro (final da estação seca) e junho a agosto (final da estação chuvosa).

Figura 1 - Variação média diária da precipitação e excesso/déficit hídrico (mm) para a região do estudo entre 01 de janeiro de 1999 e 31 de dezembro de 2009.



Fonte: CPTEC/INPE

2.1.2. Cavernas amostradas

Com base nos dados georreferenciados das cavernas do Estado do Rio Grande do Norte, disponíveis na Base de Dados Geoespacializados de Cavidades Naturais Subterrâneas do CECAV/ICMBio – Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV/ICMBio, 2008), foram selecionadas 24 cavidades com base na sua localização geográfica, de forma a contemplar todos os aglomerados de cavernas da área de estudo (tabela 1).

2.2. Coleta de Invertebrados e caracterização das cavidades

Foram realizadas duas coletas em cada caverna, entre os meses de dezembro de 2009 a agosto de 2010, sendo uma no final do período seco e uma no final do período chuvoso, com um intervalo de aproximadamente seis meses entre uma coleta e outra. A evolução temporal da precipitação média e da precipitação acumulada para a área de estudo durante o período de coletas pode ser observado na página 24 (figura 3 - Caracterização geral da área de estudo).

À exceção de quatro cavidades (com áreas de acesso tecnicamente arriscado, ou mesmo impossibilitado no período chuvoso) todas as demais foram amostradas em toda sua extensão. No caso de cavernas não amostradas na sua totalidade, a mesma área foi acessada em ambos os episódios de coleta.

Cada cavidade foi inventariada por no máximo 15 horas/pessoa (podendo ser dedicado tempo inferior, desde que toda sua extensão fosse amostrada). Durante este período, os invertebrados foram coletados em todos os biótopos potenciais existentes em cada cavidade, conforme metodologia descrita por Ferreira (2004), sendo realizada uma procura visual detalhada priorizando microhabitats como matéria orgânica, depósitos de guano, espaços sob rochas e locais úmidos para a coleta dos invertebrados com o auxílio de pinças e pincéis. A priorização de microhabitats deve-se ao fato de que a maioria das espécies cavernícolas depende da disponibilidade e qualidade dos recursos, de forma que muitas espécies frequentemente apresentam distribuição espacial de acordo com a distribuição destes (Ferreira et al., 2000).

Nas cavernas com corpos d'água foram utilizadas, ainda, armadilhas do tipo covo (conforme descrito por Ferreira et al., 2010), sendo utilizadas duas armadilhas em cada caverna por um período de dois dias. Cada armadilha foi confeccionada com dois canos de PVC de aproximadamente 20 cm de comprimento e 5,5 cm de largura, unidos lateralmente,

com pesos de chumbo para evitar a flutuação. As aberturas dos canos foram revestidas com malha de nylon com abertura de 1 mm, sendo feita uma abertura na malha de aproximadamente 2 cm de largura, deixando os fios voltados para dentro de forma a permitir a entrada dos organismos e dificultar sua saída da armadilha, que foram conduzidas até a água por meio de um fio de nylon. Os covos foram iscados com fígado caprino como atrativo para eventuais organismos que estivessem no lago.

Espécies com caracteres morfológicos de fácil reconhecimento em campo e com populações abundantes tiveram apenas alguns espécimes coletados, com as ocorrências posteriores na mesma caverna sendo apenas contabilizadas, de forma a evitar superamostragem. Todos os organismos coletados foram conservados em álcool 70%, posteriormente identificados até o menor nível taxonômico possível e separados em morfoespécies, sendo parte deste material encaminhado a especialistas.

Cada organismo observado teve sua posição registrada em um mapa da cavidade com grau de precisão 3-C BCRA (Day, 2002), no mínimo, de forma que, ao final de cada coleta, foram geradas informações concernentes à riqueza de espécies, às abundâncias e à distribuição espacial de cada população presente (figura 2), de forma a permitir os cálculos de riqueza, abundância, equitabilidade e diversidade (Magurran, 2004).

Figura 2 - Mapa da caverna do Arapuá, em Felipe Guerra, com as informações concernentes à riqueza de espécies, abundância e distribuição de cada população observada durante a coleta de invertebrados realizada em 07/01/2010, final da estação seca (01 - Amblypygi: Phrinidae - *Heterophrynus* sp.; 02 - Araneae: Theraphosidae sp1; 03 - Araneae: Scytodidae - *Scytodes* sp1; 04 - Araneae: Pholcidae - *Metagonia* sp1; 05 - Ensifera: Phalangopsidae - *Endecous* sp1; 06 - Diptera: Brachycera larva sp1; 07 - Araneae: Sicariidae - *Loxosceles* sp1; 08 - Araneae: Pholcidae - *Mesabolivar* sp1; 09 - Araneae sp4; 10 - Blattodea sp1; 11 - Isopoda: Plathyarthridae - *Trichorhina* sp1; 12 - Araneae: Pholcidae sp1; 13 - Araneae: Ochiroceratidae sp1; 14 - Diptera: Psychodidae - *Lutzomyia* sp1; 15 - Araneae: Theridiidae sp2; 16 - Opiliones: Gonyleptidae sp1; 17 - Coleoptera : Curculionidae sp1; 18 - Coleoptera: Carabidae sp7; 19 - Ensifera sp3; 20 - Schizomida: Hubardiidae - *Rowlandius* sp.; 21 - Collembola: Paronellidae - *Campylothorax* sp4; 22 - Araneae: Salticidae sp7; 23 - Hymenoptera: Formicidae - Myrmicinae - *Megalomyrmex* sp1; 24 - Ensifera sp5; 25 - Araneae: Ctenidae sp1; 26 - Diptera: Mycetoplilidae larva sp1; 27 - Diplopoda: Spirostreptida - Pseudonannolenidae sp3; 28 - Amblypygi: Charinidae - *Charinus* sp.; 29 - Coleoptera: Carabidae sp8; 30 - Coleoptera: Curculionidae larva sp1; 31 - Heteroptera: Reduviidae - *Zelurus* sp1).

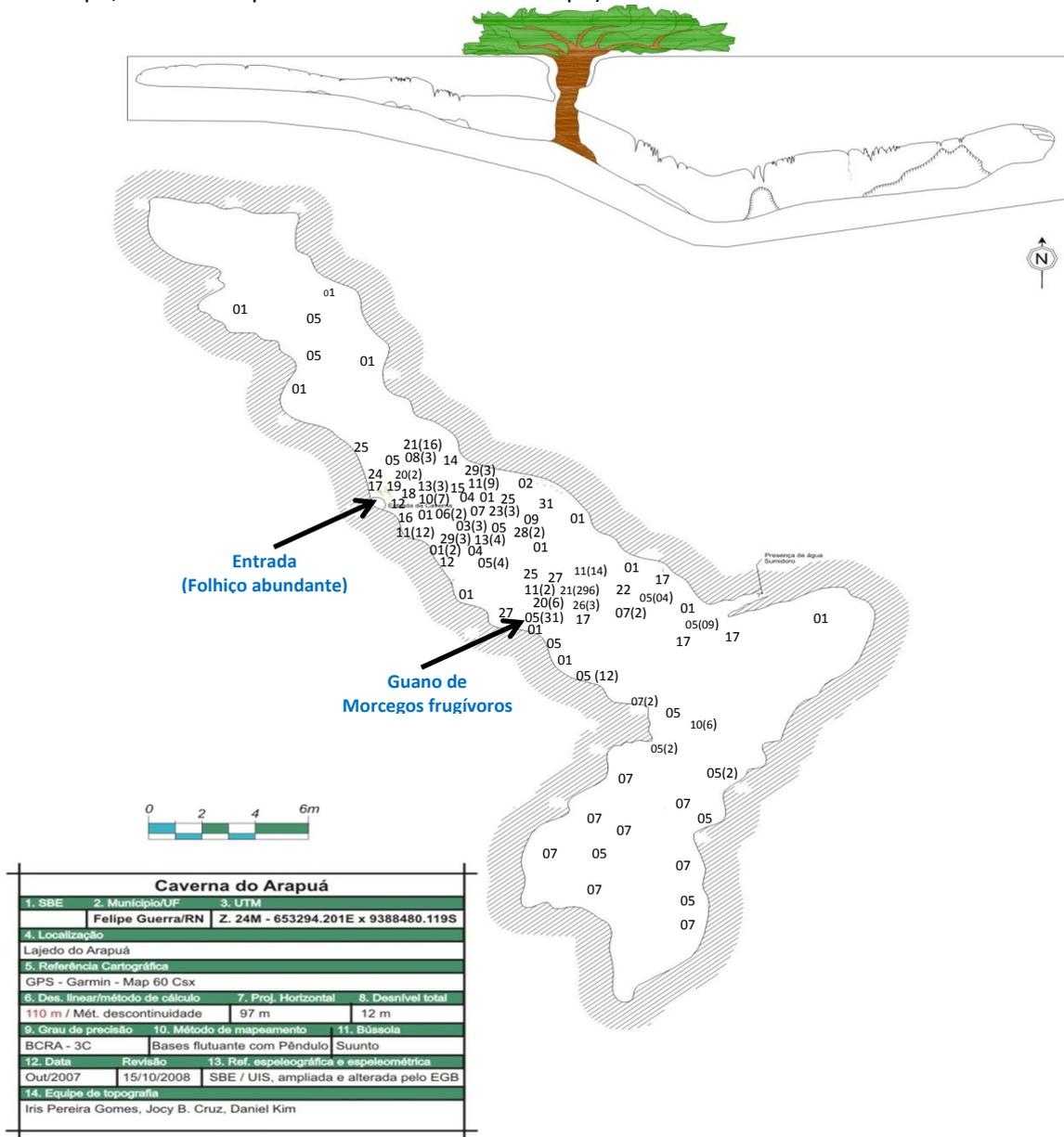


Tabela 1 - Dados das cavernas amostradas no RN, entre dezembro de 2009 e agosto de 2010, nos cinco municípios da área de estudo. * indica cavidade com áreas ainda não mapeadas.

Caverna	Município	Área da caverna (m²)	Área coletada (m²)	Número de Entradas	Área das entradas(m²)	Altitude (m)	Coordenadas Geográficas	
							Latitude (S)	Longitude (W)
Buraco da Nega	Apodi	108.51	108.51	1	4.6	126	05° 31' 57.16"	37° 50' 40.73"
Caverna do Trinta	Mossoró	644.65*	644.65	4	21.31	23.2	05° 12' 44.36"	37° 15' 50.95"
Caverna de Javan	Mossoró	92.17	92.17	1	9.38	70	05° 01' 17.61"	37° 25' 39.03"
Caverna do Britador	Baraúna	179.28	179.28	3	30.72	91.9	05° 01' 25.85"	37° 29' 49.51"
Gruta do Pinga	Baraúna	25.95	25.95	1	1.32	154.9	05° 03' 08.06"	37° 32' 22.97"
Caverna do Lago	Baraúna	157.1*	157.1	1	2.73	103	05° 02' 11.40"	37° 34' 15.24"
Caverna dos Macacos/Esquecida	Baraúna	217.25	217.25	3	4.14	113	05° 02' 19.80"	37° 33' 41.30"
Caverna dos Cipós	Baraúna	167.86	167.86	1	6.28	94.4	05° 01' 58.99"	37° 29' 57.51"
Furna Feia	Baraúna	5726.85*	4829.75	5	163.12	98.2	05° 02' 11.54"	37° 33' 36.69"
Gruta da Escada	Baraúna	124.81	124.81	7	21.1	137.6	05° 10' 07.83"	37° 43' 40.98"
Caverna da Capoeira de João Carlos	Gov. Dix-Sept Rosado	251.4	251.4	2	17.22	42.9	05° 30' 56.69"	37° 31' 41.75"
Gruta Boca de Peixe	Gov. Dix-Sept Rosado	175.6	88.4	2	2.38	63.6	05° 29' 04.45"	37° 33' 29.62"
Caverna do Lajedo Grande	Gov. Dix-Sept Rosado	245.4	185.1	2	21.7	61.1	05° 27' 44.20"	37° 33' 09.06"
Caverna da Boniteza	Gov. Dix-Sept Rosado	30.39	30.39	1	1.68	62.6	05° 30' 51.02"	37° 33' 21.54"
Caverna do Marimbondo Caboclo/Água	Gov. Dix-Sept Rosado	284.67	284.67	4	18.98	66.9	05° 29' 44.11"	37° 32' 42.24"
Caverna do Cote	Felipe Guerra	106.94	106.94	2	28.36	62.6	05° 31' 34.76"	37° 34' 27.27"
Caverna dos Crotos	Felipe Guerra	1402.83	1402.83	8	99.69	71	05° 33' 38.77"	37° 39' 31.54"
Caverna da Rumana	Felipe Guerra	917.25	917.25	15	139.95	69.3	05° 33' 54.25"	37° 39' 07.13"
Caverna do Trapiá	Felipe Guerra	13698.4*	2649.2	2	13.32	66.5	05° 33' 45.43"	37° 37' 15.92"
Caverna Beira-Rio	Felipe Guerra	51.78	51.78	1	3.65	47.8	05° 33' 07.39"	37° 37' 42.91"
Caverna da Seta	Felipe Guerra	124.5	124.5	2	13.25	76.6	05° 32' 40.23"	37° 38' 03.10"
Caverna do Arapuá	Felipe Guerra	570	570	1	3.24	74.1	05° 31' 48.25"	37° 36' 58.47"
Caverna Lapa I/ Engano	Felipe Guerra	192.73	192.73	5	12.1	99.6	05° 33' 41.89"	37° 41' 42.25"
Caverna do Buraco Redondo	Felipe Guerra	108.76	108.76	2	10.56	78.5	05° 34' 42.98"	37° 39' 04.99"

2.3. Análise dos dados

2.3.1. Índices biológicos, estabilidade ambiental e complexidade

A riqueza total de espécies foi obtida por meio do somatório do total de morfoespécies encontradas em cada cavidade e os cálculos de diversidade e equitabilidade foram feitos utilizando-se o índice de Shannon (Magurran, 2004).

A condição ambiental de cada cavidade foi determinada por meio do cálculo do índice de Estabilidade Ambiental (IEA) (Ferreira, 2004) modificado no sentido de utilizar a área da cavidade (em metros quadrados) ao invés da extensão linear. Tal índice considera o grau de isolamento da atmosfera cavernícola em relação à externa, através de uma razão matemática calculada entre a área total da cavidade e a área de suas entradas e a distância entre elas (medidas retiradas do mapa topográfico das cavernas), conforme detalhado abaixo:

- Para cavernas com uma única entrada:

$$\mathbf{IEA} = \ln \left(\frac{ET}{EE} \right)$$

Onde: IEA – Índice de Estabilidade Ambiental;

ET – Área total da cavidade (m²);

EE – Área da entrada da cavidade (m²).

- Para cavernas com mais de uma entrada:

$$\mathbf{IEA} = \ln \left(\frac{(ET/\Sigma EE)}{\frac{(NE)(\overline{DEE})}{ET}} \right)$$

Onde: IEA – Índice de Estabilidade Ambiental;

ET – Área total da cavidade (m²);

ΣEE – Somatório das áreas das entradas da cavidade (m²);

NE – Número de entradas;

DEE – Média da distância entre as entradas tomadas a partir de uma entrada referencial.

Por fim, cálculos da complexidade biológica foram feitos, para cada cavidade, utilizando o índice de Complexidade Ecológica (ICE), proposto por Ferreira (2004). O autor define complexidade como sendo a “condição apresentada por uma comunidade em que

suas espécies exibem um número potencialmente máximo de interações” e tal índice leva em consideração as numerosas variáveis que influenciam os tipos de coexistência entre espécies e conseqüentemente suas interações, como a riqueza de espécies, a equitabilidade e o quão homoganeamente distribuídas estão as diferentes populações em termos espaciais (quantificado a partir do Valor Médio de Distribuição Populacional – VM DP, Ferreira, 2004), conforme abaixo:

$$ICE = 10. \left(\sqrt{\frac{\log(R).E}{\exp(VMDP)}} \right) \left(\frac{R.\log(R).E}{VMDP} \right)$$

Onde: ICE – Índice de Complexidade Ecológica

R – Riqueza total de espécies

E – Equitabilidade

VMDP – Valor médio de distribuição populacional.

Todos os índices, à exceção do Índice de Estabilidade Ambiental (tendo em vista levar em consideração apenas dados morfológicos da cavidade), foram calculados para todas as cavidades, em ambas as coletas, com o objetivo de avaliar o efeito da sazonalidade nas comunidades cavernícolas.

2.3.2. Variações entre estações

Para testar possíveis diferenças entre as médias dos índices biológicos entre as estações foi realizado teste-T entre os índices de riqueza, abundância, equitabilidade, diversidade e complexidade ecológica das estações seca e chuvosa. Anteriormente, foi realizado o teste de Shapiro-Wilk para verificar a homocedasticidade das amostras e as variáveis que não apresentaram distribuição normal foram normalizadas com Log natural (riqueza e abundância) ou Log (x+1) (ICE). Os cálculos foram realizados no programa Statística 7.0.

Com o intuito de verificar a similaridade entre as comunidades de uma mesma caverna nas estações seca e chuvosa foi construída uma matriz de similaridade a partir do Índice de Bray-Curtis (quantitativo, transformação com raiz quadrada) (Magurran, 2004), utilizando o programa Primer-5. Posteriormente, por meio do programa Statística 7.0, foi feita uma correlação não paramétrica, a partir do coeficiente de correlação de postos de Spearman, entre os valores de IEA das cavernas amostradas e o valor de similaridade entre as comunidades em estações distintas, de forma a verificar se as comunidades em cavernas

com menor influência da superfície sofrem menos alterações em função das variações sazonais do ambiente epígeo.

3. RESULTADOS

3.1.1. Índices biológicos, estabilidade ambiental e complexidade

Um total de 24.177 indivíduos foi observado para as 24 cavernas amostradas em ambas as estações. Na estação seca foram observados 9.275 indivíduos de 225 morfoespécies pertencentes a pelo menos 32 ordens e 104 famílias. Collembola foi o grupo mais abundante, com 3.509 indivíduos (37,83%), seguido de Insecta (3.259 indivíduos; 35,14%) e Arachnida (1710 indivíduos; 18,44%). Na estação chuvosa foram observados 14.902 indivíduos de 302 morfoespécies pertencentes a pelo menos 38 ordens e 130 famílias. Insecta foi o grupo mais abundante, com 5.408 indivíduos (36,29%), seguido de Entognatha (principalmente Collembola), com 4.318 indivíduos (28,98%) e Arachnida (3.625 indivíduos; 24,33%) (tabela 2).

A riqueza média observada na estação seca foi de $27,62 \pm 12,1$ espécies por caverna e na estação chuvosa $40,8 \pm 14,3$ espécies enquanto que as abundâncias médias foram de $386,46 \pm 368,46$ indivíduos na estação seca e de $620,92 \pm 538,66$ indivíduos na estação chuvosa. Os valores médios para a equitabilidade foram de $0,66 \pm 0,15$ e $0,69 \pm 0,1$ para as estações seca e chuvosa, respectivamente. Quanto à diversidade, os valores médios foram $2,08 \pm 0,56$ na estação seca e $2,51 \pm 0,42$ na estação chuvosa e os valores médios para o ICE foram de $0,896 \pm 0,62$ na estação seca e de $1,606 \pm 0,94$ na estação chuvosa (tabela 3).

Tabela 2 - Abundância (N) e frequência relativa (%), total e entre as estações, dos diferentes grupos de invertebrados nas cavernas da área do estudo. * - indica que o grupo tem porcentagem inferior a 0.01%.

	SECA		CHUVA		TOTAL	
	N	%	N	%	N	%
ARTHROPODA	9094	98.05	14646	98.28	23740	98.19
CHELICERIFORMES	1710	18.44	3625	24.33	5335	22.07
Acari	132	1.42	521	3.5	653	2.70
Ixodida	86	0.93	55	0.37	141	0.58
Argasidae	86	0.93	47	0.32	133	0.55
<i>Ornithodoros</i> sp1	86	0.93	46	0.31	132	0.55
<i>Ornithodoros</i> sp2	0	*	1	0.01	1	*
Ixodidae	0	*	8	0.05	8	0.03
Ixodidae sp1	0	*	1	0.01	1	*
<i>Amblyomma</i> sp1	0	*	7	0.05	7	0.03
Mesostigmata	33	0.36	427	2.87	460	1.90
Mesostigmata sp1	7	0.08	3	0.02	10	0.04
Laelapidae	0	*	131	0.88	131	0.54
<i>Stratiolaelaps</i> sp1	0	*	131	0.88	131	0.54
Macrochelidae	12	0.13	146	0.98	158	0.65
Macrochelidae sp1	12	0.13	146	0.98	158	0.65
Veigaiidae	0	*	1	0.01	1	*
Veigaiidae sp1	0	*	1	0.01	1	*
Macronyssidae	14	0.15	146	0.98	160	0.66
Macronyssidae sp1	14	0.15	146	0.98	160	0.66
Opilioacarida	0	*	3	0.02	3	0.01
Opilioacaridae	0	*	3	0.02	3	0.01
Opilioacaridae sp1	0	*	3	0.02	3	0.01
Prostigmata	7	0.08	7	0.05	14	0.06
Prostigmata sp1	0	*	1	0.01	1	*
Prostigmata sp2	1	0.01	0	*	1	*
Prostigmata sp3	0	*	2	0.01	2	0.01
Anystidae	6	0.06	1	0.01	7	0.03
<i>Erythracarus nasutus</i>	6	0.06	1	0.01	7	0.03
Rhagidiidae	0	*	3	0.02	0	*
Rhagidiidae sp1	0	*	3	0.02	3	0.01
Sarcoptiformes	6	0.06	29	0.19	35	0.14
Sarcoptiforme sp1	2	0.02	0	*	2	0.01
Sarcoptiforme sp2	1	0.01	1	0.01	2	0.01
Sarcoptiforme sp3	0	*	1	0.01	1	*
Sarcoptiforme sp4	1	0.01	14	0.09	15	0.06
Sarcoptiforme sp5	2	0.02	2	0.01	4	0.02
Anoetidae	0	*	11	0.07	11	0.05
Anoetidae sp1	0	*	11	0.07	11	0.05
Amblypygi	135	1.46	268	1.80	403	1.67
Phrinidae	110	1.19	205	1.38	315	1.30
<i>Heterophrynus</i> sp1	110	1.19	205	1.38	315	1.30
Charinidae	25	0.27	63	0.42	88	0.36
<i>Charinus</i> sp1	25	0.27	63	0.42	88	0.36
Araneae	969	10.45	2255	15.13	3224	13.33
Araneae troglo sp1	0	*	1	0.01	1	*
Araneae troglo sp2	0	*	1	0.01	1	*
Araneae troglo sp3	0	*	1	0.01	1	*
Araneae sp1	6	0.06	10	0.07	16	0.07
Araneae sp2	0	*	1	0.01	1	*
Araneae sp3	0	*	1	0.01	1	*
Araneae sp4	1	0.01	3	0.02	4	0.02
Araneae sp5	0	*	3	0.02	3	0.01
Araneae sp6	0	*	1	0.01	1	*
Araneae sp7	0	*	1	0.01	1	*
Araneae sp8	0	*	2	0.01	2	0.01

Tabela 2 - Continuação.

	SECA		CHUVA		TOTAL	
	N	%	N	%	N	%
Araneae sp9	0	*	1	0.01	1	*
Araneae sp10	0	*	1	0.01	1	*
Araneomorphae	949	10.23	2201	14.77	3150	13.03
Caponiidae	1	0.01	0	*	1	*
Caponiidae sp1	1	0.01	0	*	1	*
Ctenidae	24	0.26	52	0.35	76	0.31
Ctenidae sp1	17	0.18	41	0.28	58	0.24
Ctenidae sp2	2	0.02	5	0.03	7	0.03
Ctenidae sp3	0	*	4	0.03	4	0.02
Ctenidae sp4	5	0.05	2	0.01	7	0.03
Filistatidae	1	0.01	1	0.01	2	0.01
Filistatidae sp1	1	0.01	1	0.01	2	0.01
Gnaphosidae	4	0.04	4	0.03	8	0.03
Gnaphosidae sp1	4	0.04	3	0.02	7	0.03
Gnaphosidae sp2	0	*	1	0.01	1	*
Ochyroceratidae	118	1.27	350	2.35	468	1.94
Ochyroceratidae sp1	118	1.27	350	2.35	468	1.94
Oonopidae	1	0.01	1	0.01	2	0.01
Oonopidae sp2	1	0.01	1	0.01	2	0.01
Palpimanidae	0	*	1	0.01	1	*
Palpimanidae sp1	0	*	1	0.01	1	*
Pholcidae	351	3.78	699	4.69	1050	4.34
<i>Mesabolivar</i> sp1	154	1.66	252	1.69	406	1.68
<i>Metagonia</i> sp1	43	0.46	88	0.59	131	0.54
Pholcidae sp1	145	1.56	347	2.33	492	2.03
Pholcidae sp2	2	0.02	2	0.01	4	0.02
Pholcidae sp3	0	*	1	0.01	1	*
Pholcidae sp4	7	0.08	9	0.06	16	0.07
Salticidae	17	0.18	82	0.55	99	0.41
Salticidae sp1	11	0.12	44	0.30	55	0.23
Salticidae sp2	1	0.01	1	0.01	2	0.01
Salticidae sp3	0	*	1	0.01	1	*
Salticidae sp4	0	*	1	0.01	1	*
Salticidae sp5	0	*	2	0.01	2	0.01
Salticidae sp6	3	0.03	26	0.17	29	0.12
Salticidae sp7	2	0.02	0	*	2	0.01
Salticidae sp8	0	*	4	0.03	4	0.02
Salticidae sp9	0	*	3	0.02	3	0.01
Scytodidae	117	1.26	301	2.02	418	1.73
<i>Scytodes</i> sp1	114	1.23	293	1.97	407	1.68
<i>Scytodes</i> sp2	3	0.03	8	0.05	11	0.05
Sicariidae	190	2.05	445	2.99	635	2.63
<i>Loxosceles</i> sp1	122	1.32	253	1.70	375	1.55
<i>Loxosceles</i> sp2	0	*	3	0.02	3	0.01
<i>Sicarius tropicus</i>	68	0.73	189	1.27	257	1.06
Symphytognathidae	0	*	1	0.01	1	*
<i>Anapistula</i> sp1	0	*	1	0.01	1	*
Theridiidae	95	1.02	251	1.68	346	1.43
Theridiidae sp1	0	*	3	0.02	3	0.01
Theridiidae sp2	3	0.03	24	0.16	27	0.11
Theridiidae sp3	0	*	1	0.01	1	*
Theridiidae sp4	5	0.05	9	0.06	14	0.06
<i>Theridion</i> sp1	87	0.94	214	1.44	301	1.24
Uloboridae	30	0.32	13	0.09	43	0.18
Uloboridae sp1	1	0.01	0	*	1	*
Uloboridae sp2	25	0.27	7	0.05	32	0.13
Uloboridae sp3	4	0.04	6	0.04	10	0.04
Mygalomorphae	13	0.14	27	0.18	40	0.17

Tabela 2 - Continuação.

	SECA		CHUVA		TOTAL	
	N	%	N	%	N	%
Nemesiidae	1	0.01	3	0.02	4	0.02
Nemesiidae sp1	1	0.01	3	0.02	4	0.02
Theraphosidae	12	0.13	24	0.16	36	0.15
Theraphosidae sp1	7	0.08	8	0.05	15	0.06
Theraphosidae sp2	1	0.01	3	0.02	4	0.02
Theraphosidae sp3	4	0.04	13	0.09	17	0.07
Opiliones	126	1.36	113	0.76	239	0.99
Opiliones sp1	2	0.02	0	*	2	0.01
Opiliones sp2	32	0.35	26	0.17	58	0.24
Opiliones sp3	6	0.06	2	0.01	8	0.03
Opiliones sp4	29	0.31	3	0.02	32	0.13
Laniatores	57	0.61	82	0.55	139	0.57
Cosmetidae	10	0.11	2	0.01	12	0.05
Cosmetidae sp1	10	0.11	2	0.01	12	0.05
Gonyleptidae	47	0.51	80	0.54	127	0.53
Gonyleptidae sp1	19	0.20	20	0.13	39	0.16
Gonyleptidae sp2	24	0.26	57	0.38	81	0.34
Gonyleptidae sp3	4	0.04	3	0.02	7	0.03
Palpigradi	1	0.01	10	0.07	11	0.05
Eukoeneniidae	1	0.01	10	0.07	11	0.05
<i>Eukoenenia</i> sp1	1	0.01	10	0.07	11	0.05
Pseudoscorpiones	48	0.52	72	0.48	120	0.50
Chernetidae	5	0.05	1	0.01	6	0.02
Chernetidae sp2	2	0.02	1	0.01	3	0.01
Chernetidae sp3	3	0.03	0	*	3	0.01
Chthoniidae	28	0.30	26	0.17	54	0.22
Chthoniidae sp1	28	0.30	26	0.17	54	0.22
Garypidae10	10	0.11	17	0.11	27	0.11
Garypidae sp1	6	0.06	14	0.09	20	0.08
Garypidae sp2	4	0.04	2	0.01	6	0.02
Garypidae sp3	0	*	1	0.01	1	*
Menthidae	3	0.03	15	0.10	18	0.07
Menthidae sp1	3	0.03	5	0.03	8	0.03
Menthidae sp2	0	*	8	0.05	8	0.03
Menthidae sp3	0	*	2	0.01	2	0.01
Olpiidae	2	0.02	13	0.09	15	0.06
Olpiidae sp1	2	0.02	12	0.08	14	0.06
Olpiidae sp2	0	*	1	0.01	1	*
Schizomida	291	3.14	381	2.56	672	2.78
Hubbardiidae	291	3.14	381	2.56	672	2.78
<i>Rowlandius</i> sp1	291	3.14	381	2.56	672	2.78
Scorpiones	8	0.09	5	0.03	13	0.05
Buthidae	8	0.09	5	0.03	13	0.05
<i>Tityus stigmurus</i>	5	0.05	0	*	5	0.02
<i>Tityus</i> sp1	2	0.02	0	*	2	0.01
<i>Tityus</i> sp2	1	0.01	5	0.03	6	0.02
MYRIAPODA	132	1.42	183	1.23	315	1.30
DIPLOPODA	127	1.37	158	1.06	285	1.18
Polydesmida	60	0.65	51	0.34	111	0.46
Polydesmida sp2	1	0.01	3	0.02	4	0.02
Polydesmida sp3	0	*	1	0.01	1	*
Chelodesmidae	51	0.55	39	0.26	90	0.37
Chelodesmidae sp1	15	0.16	27	0.18	42	0.17
Chelodesmidae sp2	12	0.13	8	0.05	20	0.08
Chelodesmidae sp3	7	0.08	1	0.01	8	0.03
Chelodesmidae sp4	17	0.18	2	0.01	19	0.08
Chelodesmidae sp5	0	*	1	0.01	1	*
Oniscodesmidae	6	0.06	7	0.05	13	0.05

Tabela 2 - Continuação.

	SECA		CHUVA		TOTAL	
	N	%	N	%	N	%
Oniscodesmidae sp1	6	0.06	7	0.05	13	0.05
Pyrgodesmidae	2	0.02	1	0.01	3	0.01
Pyrgodesmidae sp1	2	0.02	1	0.01	3	0.01
Polyxenida	3	0.03	19	0.13	22	0.09
Polyxenida sp1	3	0.03	0	*	3	0.01
Polyxenida sp2	0	*	19	0.13	19	0.08
Spirobolida	9	0.10	5	0.03	14	0.06
Rhinocricidae	9	0.10	5	0.03	14	0.06
Rhinocricidae sp1	1	0.01	2	0.01	3	0.01
Rhinocricidae sp2	1	0.01	1	0.01	2	0.01
Rhinocricidae sp3	7	0.08	2	0.01	9	0.04
Spirostreptida	55	0.59	83	0.56	138	0.57
Pseudonannolenidae	55	0.59	83	0.56	138	0.57
Pseudonannolenidae sp1	6	0.06	2	0.01	8	0.03
Pseudonannolenidae sp2	4	0.04	0	*	4	0.02
Pseudonannolenidae sp3	16	0.17	42	0.28	58	0.24
Pseudonannolenidae sp4	29	0.31	29	0.19	58	0.24
Pseudonannolenidae sp5	0	*	10	0.07	10	0.04
CHILOPODA	5	0.05	20	0.13	25	0.10
Geophilomorpha	2	0.02	6	0.04	8	0.03
Geophilomorpha sp1	0	*	5	0.03	5	0.02
Geophilomorpha sp2	2	0.02	0	*	2	0.01
Ballophilidae	0	*	1	0.01	1	*
Ballophilidae sp2	0	*	1	0.01	1	*
Scolopendromorpha	0	*	5	0.03	5	0.02
Scolopocryptopidae	0	*	5	0.03	5	0.02
Dinocryptops sp1	0	*	1	0.01	1	*
Dinocryptops sp2	0	*	1	0.01	1	*
Dinocryptops sp3	0	*	2	0.01	2	0.01
Dinocryptops sp4	0	*	1	0.01	1	*
Scutigermorpha	3	0.03	9	0.06	12	0.05
Scutigerae	3	0.03	9	0.06	12	0.05
Scutigerae sp1	3	0.03	9	0.06	12	0.05
SYMPHYLA	0	*	5	0.09	5	0.07
Symphyla sp1	0	*	1	0.01	1	*
Scolopendrellidae	0	*	4	0.03	4	0.02
Scolopendrellidae sp1	0	*	4	0.03	4	0.02
CRUSTACEA	484	5.22	1112	7.46	1596	6.60
Amphipoda	5	0.05	42	0.28	47	0.19
Amphipoda sp3	2	0.02	1	0.01	3	0.01
Amphipoda sp4	0	*	1	0.01	1	*
Amphipoda sp6	2	0.02	39	0.26	41	0.17
Sebidae	1	0.01	1	0.01	2	0.01
Sebidae sp1	1	0.01	1	0.01	2	0.01
Isopoda	479	5.16	1070	7.18	1549	5.41
Isopoda sp1	24	0.26	9	0.06	33	0.14
Isopoda sp2	5	0.05	17	0.11	22	0.09
Isopoda sp3	0	*	1	0.01	1	*
Armadillidae	88	0.95	332	2.23	420	1.74
Armadillidae sp1	88	0.95	332	2.23	420	1.74
Calabozoidea	0	*	1	0.01	1	*
Calabozoidea sp1	0	*	1	0.01	1	*
Cirolanidae	202	2.18	469	3.15	671	2.78
Cirolanidae sp4	30	0.32	30	0.20	60	0.25
Cirolanidae sp5	0	*	1	0.01	1	*
Cirolanidae sp6	172	1.85	438	2.94	610	2.52
Platyarthridae	160	1.73	241	1.62	401	1.66
Trichorhina sp1	160	1.73	241	1.62	401	1.66

Tabela 2 - Continuação.

	SECA		CHUVA		TOTAL	
	N	%	N	%	N	%
HEXAPODA	6768	72.97	9276	65.27	16494	68.22
Entognatha	3509	37.83	4318	28.98	7827	32.37
Collembola	3509	37.83	4314	28.95	7823	32.36
Entomobryomorpha	3504	37.78	4269	28.65	7773	32.15
Entomobryidae	15	0.16	461	3.09	476	1.97
<i>Pseudosinella</i> sp1	0	*	458	3.07	458	1.89
<i>Seira prodiga</i>	0	*	3	0.02	3	0.01
<i>Seira</i> sp1	3	0.03	0	*	3	0.01
<i>Seira</i> sp2	12	0.13	0	*	12	0.05
Cyphoderidae	0	*	3	0.02	3	0.01
<i>Cyphoderus</i> sp1	0	*	3	0.02	3	0.01
Paronellidae	3489	37.62	3805	25.53	7294	30.17
<i>Campylothorax</i> sp1	2481	26.75	2260	15.17	4741	19.61
<i>Campylothorax</i> sp2	247	2.66	937	6.29	1184	4.90
<i>Campylothorax</i> sp3	56	0.60	486	3.26	542	2.24
<i>Campylothorax</i> sp4	312	3.36	0	*	312	1.29
<i>Campylothorax</i> sp5	375	4.04	0	*	375	1.55
<i>Lepidonella</i> spn	12	0.13	0	*	12	0.05
<i>Troglobius</i> sp1	0	*	102	0.68	102	0.42
<i>Troglobius</i> sp2	0	*	3	0.02	3	0.01
<i>Troglobius</i> sp3	0	*	5	0.03	5	0.02
<i>Troglobius</i> sp4	6	0.06	12	0.08	18	0.07
Poduromorpha	1	0.01	30	0.20	31	0.13
Poduromorpha sp1	1	0.01	0	*	1	*
Neanuridae	0	*	30	0.20	30	0.12
Neanuridae sp1	0	*	1	0.01	1	*
<i>Arlesia albipes</i>	0	*	29	0.19	29	0.12
Symphypleona	6	0.04	15	0.10	19	0.08
Symphypleona sp1	1	0.01	0	*	1	*
Arrhopalitidae	0	*	1	0.01	1	*
<i>Arrhopalites</i> sp1	0	*	1	0.01	1	*
Dicyrtomidae	1	0.01	0	*	1	*
<i>Dicyrtoma</i> sp1	1	0.01	0	*	1	*
Sminthuridae	2	0.02	14	0.09	16	0.07
<i>Allacma</i> sp1	2	0.02	0	*	2	0.01
<i>Temeritas</i> sp1	0	*	9	0.06	9	0.04
<i>Temeritas</i> sp2	0	*	5	0.03	5	0.02
Diplura	0	*	4	0.03	4	0.02
Diplura sp1	0	*	1	0.01	1	*
Campodeidae	0	*	1	0.01	1	*
Campodeidae sp1	0	*	1	0.01	1	*
Japygidae	0	*	2	0.01	2	*
Japygidae sp1	0	*	1	0.01	1	*
Japygidae sp2	0	*	1	0.01	1	*
Insecta	3259	35.14	5408	36.29	8667	35.85
Archaeognata	2	0.02	9	0.06	11	0.05
Meinertellidae	2	0.02	9	0.06	11	0.05
Meinertellidae sp2	2	0.02	9	0.06	11	0.05
Blattodea	150	1.62	406	2.72	556	2.30
Blattodea sp1	150	1.62	404	2.71	554	2.29
Blattodea sp2	0	*	2	0.01	2	0.01
Coleoptera	145	1.56	204	1.37	349	1.44
Coleoptera larva sp1	1	0.01	7	0.05	8	0.03
Alleculidae	0	*	1	0.01	1	*
Alleculidae sp1	0	*	1	0.01	1	*
Carabidae	17	0.18	24	0.16	41	0.17
Carabidae sp1	0	*	2	0.01	2	0.01
Carabidae sp2	1	0.01	0	*	1	*

Tabela 2 - Continuação.

	SECA		CHUVA		TOTAL	
	N	%	N	%	N	%
Carabidae sp3	7	0.08	0	*	7	0.03
Carabidae sp4	0	*	2	0.01	2	0.01
Carabidae sp5	0	*	1	0.01	1	*
Carabidae sp6	1	0.01	0	*	1	*
Carabidae sp7	1	0.01	0	*	1	*
Carabidae sp8	7	0.08	1	0.01	8	0.03
Carabidae sp9	0	*	18	0.12	18	0.07
Coccinellidae	2	0.02	0	*	2	0.01
Coccinellidae sp1	2	0.02	0	*	2	0.01
Curculionidae	8	0.09	1	0.01	9	0.04
Curculionidae larva sp1	1	0.01	0	*	1	*
Curculionidae sp1	7	0.08	1	0.01	8	0.03
Dytiscidae	0	*	1	0.01	1	*
Dytiscidae sp1	0	*	1	0.01	1	*
Elateridae	1	0.01	0	*	1	*
Elateridae sp1	1	0.01	0	*	1	*
Elmidae	0	*	1	0.01	1	*
Elmidae larva sp1	0	*	1	0.01	1	*
Eucnemidae	57	0.61	28	0.19	85	0.35
Eucnemidae sp1	57	0.61	28	0.19	85	0.35
Histeridae	0	*	2	0.01	2	0.01
Histeridae sp1	0	*	1	0.01	1	*
Histeridae sp2	0	*	1	0.01	1	*
Nitidulidae	1	0.01	3	0.02	4	0.02
Nitidulidae sp1	1	0.01	2	0.01	3	0.01
Nitidulidae sp2	0	*	1	0.01	1	*
Pselaphidae	5	0.05	22	0.15	27	0.11
Pselaphidae sp2	2	0.02	4	0.03	6	0.02
Pselaphidae sp3	0	*	3	0.02	3	0.01
Pselaphidae sp4	0	*	1	0.01	1	*
Pselaphidae sp5	3	0.03	14	0.09	17	0.07
Ptilodactylidae	0	*	1	0.01	1	*
Ptilodactylidae sp1	0	*	1	0.01	1	*
Ptinidae	0	*	29	0.19	29	0.12
Ptinidae sp1	0	*	29	0.19	29	0.12
Scydmaenidae	1	0.01	4	0.03	5	0.02
Scydmaenidae sp1	0	*	2	0.01	2	0.01
Scydmaenidae sp2	1	0.01	1	0.01	2	0.01
Scydmaenidae sp3	0	*	1	0.01	1	*
Staphylinidae	38	0.41	45	0.30	83	0.34
Staphylinidae sp1	1	0.01	0	*	1	*
Staphylinidae sp2	2	0.02	0	*	2	0.01
Staphylinidae sp3	0	*	1	0.01	1	*
Staphylinidae sp4	0	*	1	0.01	1	*
Staphylinidae sp5	0	*	3	0.02	3	0.01
Staphylinidae sp6	35	0.38	38	0.25	73	0.30
Staphylinidae sp7	0	*	2	0.01	2	0.01
Tenebrionidae	12	0.13	35	0.23	47	0.19
Tenebrionidae larva sp1	2	0.02	3	0.02	5	0.02
Zoophobas sp1	2	0.02	0	*	2	0.01
Tenebrionidae sp2	0	*	1	0.01	1	*
Tenebrionidae sp3	8	0.09	31	0.21	39	0.16
Trogidae	2	0.02	0	*	2	0.01
Trox sp1	2	0.02	0	*	2	0.01
Diptera	931	10.04	661	4.44	1592	6.58
Diptera larva sp1	3	0.03	15	0.10	18	0.07
Brachicera larva sp1	2	0.02	4	0.03	6	0.02
Anthomyiidae	0	*	2	0.01	2	0.01

Tabela 2 - Continuação.

	SECA		CHUVA		TOTAL	
	N	%	N	%	N	%
Anthomyidae sp1	0	*	2	0.01	2	0.01
Calliphoridae	0	*	3	0.02	3	0.01
Calliphoridae sp1	0	*	3	0.02	3	0.01
Cecidomyiidae	12	0.13	8	0.05	20	0.08
Cecidomyiidae sp1	9	0.10	5	0.03	14	0.06
Cecidomyiidae sp2	0	*	1	0.01	1	*
Cecidomyiidae sp3	3	0.03	0	*	3	0.01
Cecidomyiidae sp4	0	*	1	0.01	1	*
Cecidomyiidae sp5	0	*	1	0.01	1	*
Cheroplastidae	4	0.04	29	0.19	33	0.14
Cheroplastidae larva sp1	4	0.04	29	0.19	33	0.14
Chironomidae	0	*	1	0.01	1	*
Chironomidae larva sp1	0	*	1	0.01	1	*
Chloropidae	3	0.03	4	0.10	7	0.03
Chloropidae sp1	3	0.03	4	0.03	7	0.03
Culicidae	72	0.78	2	0.01	74	0.31
Culicidae sp1	72	0.78	2	0.01	74	0.31
Dolichopodidae	32	0.35	0	*	32	0.13
Dolichopodidae sp1	32	0.35	0	*	32	0.13
Empididae	0	*	1	0.01	1	*
Empididae sp1	0	*	1	0.01	1	*
Lauxaniidae	0	*	10	0.07	10	0.04
Lauxaniidae sp1	0	*	10	0.07	10	0.04
Lonchaeidae	4	0.04	2	0.01	6	0.02
Lonchaeidae sp1	4	0.04	2	0.01	6	0.02
Milichidae	640	6.9	198	1.33	838	3.47
Milichidae sp1	640	6.90	197	1.32	837	3.46
Milichidae sp2	0	*	1	0.01	1	*
Muscidae	54	0.58	0	*	54	0.22
Muscidae sp1	54	0.58	0	*	54	0.22
Mycetophilidae	10	0.11	2	0.01	12	0.05
Mycetophilidae sp1	7	0.08	1	0.01	8	0.03
Mycetophilidae larva sp1	3	0.03	1	0.01	4	0.02
Phoridae	1	0.01	15	0.10	16	0.07
Phoridae sp1	1	0.01	12	0.08	13	0.05
Phoridae sp2	0	*	3	0.02	3	0.01
Psichodidae	87	0.94	306	2.05	393	1.63
Lutzomyia sp1	85	0.92	157	1.05	242	1.00
Lutzomyia sp2	1	0.01	33	0.22	34	0.14
Lutzomyia sp3	0	*	1	0.01	1	*
Lutzomyia sp4	0	*	82	0.55	82	0.34
Lutzomyia sp5	1	0.01	0	*	1	*
Lutzomyia sp6	0	*	33	0.22	33	0.14
Sciaridae	2	0.02	58	0.39	60	0.25
Sciaridae sp1	1	0.01	0	*	1	*
Sciaridae sp2	1	0.01	56	0.38	57	0.24
Sciaridae sp3	0	*	1	0.01	1	*
Sciaridae sp4	0	*	1	0.01	1	*
Syrphidae	4	0.04	0	*	4	0.02
Syrphidae sp1	4	0.04	0	*	4	0.02
Trichoceridae	1	0.01	1	0.01	2	0.01
Trichoceridae sp1	1	0.01	0	*	1	*
Trichoceridae sp2	0	*	1	0.01	1	*
Embioptera	5	0.05	0	*	5	0.02
Embioptera sp1	5	0.05	0	*	5	0.02
Ensisera	754	8.13	1300	8.72	2054	8.50
Ensisera sp1	1	0.01	3	0.02	4	0.02
Ensisera sp2	8	0.09	12	0.08	20	0.08

Tabela 2 - Continuação.

	SECA		CHUVA		TOTAL	
	N	%	N	%	N	%
Ensifera sp3	14	0.15	62	0.42	76	0.31
Ensifera sp5	7	0.08	34	0.23	41	0.17
Phalangopsidae	724	7.81	1189	7.98	1913	7.91
<i>Endecous</i> sp1	724	7.81	1189	7.98	1913	7.91
Hemiptera	223	2.40	367	2.46	590	2.44
Hemiptera sp1	0	*	1	0.01	1	*
Hemiptera sp2	1	0.01	5	0.03	6	0.02
Heteroptera sp1	1	0.01	0	*	1	*
Heteroptera sp2	1	0.01	4	0.03	5	0.02
Cydnidae	0	*	1	0.01	1	*
Cydnidae sp1	0	*	1	0.01	1	*
Ploiariidae	5	0.05	4	0.03	9	0.04
Ploiariidae sp1	2	0.02	4	0.03	6	0.02
Ploiariidae sp2	3	0.03	0	*	3	0.01
Reduviidae	20	0.22	55	0.37	75	0.31
<i>Panstrongylus</i> sp1	13	0.14	13	0.09	26	0.11
<i>Zelurus</i> sp1	6	0.06	39	0.26	45	0.19
Reduviidae sp1	0	*	1	0.01	1	*
Reduviidae sp2	1	0.01	2	0.01	3	0.01
Schizopteridae	81	0.87	209	1.40	290	1.20
Schizopteridae sp1	81	0.87	209	1.40	290	1.20
Veliidae	17	0.18	13	0.09	30	0.12
Veliidae sp1	17	0.18	13	0.09	30	0.12
Cixiidae	95	1.02	38	0.25	133	0.55
Cixiidae sp1	95	1.02	38	0.25	133	0.55
Coccidae	0	*	1	0.01	1	*
<i>Eulecanium</i> sp1	0	*	1	0.01	1	*
Kinnaridae	2	0.02	36	0.24	38	0.16
Kinnaridae sp1	2	0.02	36	0.24	38	0.16
Hymenoptera	515	5.55	887	5.95	1402	5.80
Hymenoptera sp1	0	*	1	0.01	1	*
Hymenoptera sp2	0	*	1	0.01	1	*
Hymenoptera sp3	1	0.01	0	*	1	*
Hymenoptera sp4	1	0.01	0	*	1	*
Hymenoptera sp5	0	*	3	0.02	3	0.01
Hymenoptera sp7	1	0.01	0	*	1	*
Hymenoptera sp8	1	0.01	3	0.02	4	0.02
Apidae	5	0.05	5	0.03	10	0.04
<i>Apis mellifera</i>	5	0.05	5	0.03	10	0.04
Formicidae	506	5.46	874	5.86	1380	5.71
Formicinae sp1	0	*	18	0.12	18	0.07
Formicidae sp1	0	*	1	0.01	1	*
Formicidae sp2	1	0.01	0	*	1	*
Formicidae sp3	2	0.02	0	*	2	0.01
Formicidae sp4	0	*	1	0.01	1	*
Formicidae sp5	0	*	1	0.01	1	*
Formicidae sp8	0	*	1	0.01	1	*
<i>Dorymyrmex</i> sp1	17	0.18	0	*	17	0.07
<i>Labidus</i> sp1	0	*	58	0.39	58	0.24
<i>Neivamyrmex</i> sp1	7	0.08	0	*	7	0.03
<i>Neivamyrmex</i> sp2	0	*	2	0.01	2	0.01
<i>Acanthognathus</i> sp1	3	0.03	6	0.04	9	0.04
<i>Acromyrmex</i> sp1	4	0.04	4	0.03	8	0.03
<i>Cephalotes</i> sp1	0	*	1	0.01	1	*
<i>Crematogaster</i> sp1	0	*	98	0.66	98	0.41
<i>Megalomyrmex</i> sp1	180	1.94	81	0.54	261	1.08
<i>Pheidole</i> sp1	226	2.44	412	2.76	638	2.64
<i>Solenopsis</i> sp1	1	0.01	1	0.01	2	0.01

Tabela 2 - Continuação.

	SECA		CHUVA		TOTAL	
	N	%	N	%	N	%
<i>Anochetus</i> sp1	2	0.02	0	*	2	0.01
<i>Heteroponera</i> sp1	14	0.15	42	0.28	56	0.23
<i>Odontomachus</i> sp1	47	0.51	147	0.99	194	0.80
<i>Odontomachus</i> sp2	2	0.02	0	*	2	0.01
Isoptera	26	0.28	18	0.12	44	0.18
Apicotermitinae	15	0.15	3	0.02	17	0.07
<i>Ruptitermes silvertrii</i>	14	0.15	3	0.02	17	0.07
Nasutitermitinae	12	0.13	15	0.10	27	0.12
<i>Diversitermes</i> sp1	0	*	1	0.01	1	*
<i>Nasutitermes corniger</i>	12	0.13	14	0.09	26	0.11
Lepidoptera	264	2.85	391	2.62	655	2.71
Lepidoptera larva sp1	0	*	1	0.01	1	*
Lepidoptera sp1	176	1.90	339	2.27	515	2.13
Lepidoptera sp2	11	0.12	13	0.09	24	0.10
Lepidoptera sp3	0	*	1	0.01	1	*
Lepidoptera sp4	1	0.01	0	*	1	*
Geometridae	0	*	1	0.01	1	*
Geometridae larva sp1	0	*	1	0.01	1	*
Tineidae	76	0.82	36	0.24	112	0.46
Tineidae larva sp1	68	0.73	28	0.19	96	0.40
Tineidae sp1	8	0.09	8	0.05	16	0.07
Neuroptera	51	0.55	31	0.21	82	0.34
Chrysopidae	35	0.38	30	0.20	65	0.27
Chrysopidae larva sp1	16	0.17	9	0.06	25	0.10
Chrysopidae sp1	19	0.20	21	0.14	40	0.17
Myrmeleontidae	16	0.17	1	0.01	17	0.07
Myrmeleontidae larva sp1	16	0.17	1	0.01	17	0.07
Odonata	0	*	1	0.01	1	*
Odonata larva sp1	0	*	1	0.01	1	*
Psocoptera	141	1.52	893	5.99	1034	4.28
Psocoptera sp1	0	*	457	3.07	457	1.89
Psocoptera sp2	0	*	1	0.01	1	*
Psocoptera sp3	0	*	38	0.25	38	0.16
Psocoptera sp4	3	0.03	31	0.21	34	0.14
Psyllipsocidae	138	1.49	366	2.46	504	2.08
<i>Psyllipsocus</i> sp1	8	0.09	139	0.93	147	0.61
<i>Psyllipsocus</i> sp2	130	1.40	1	0.01	131	0.54
<i>Psyllipsocus</i> sp3	0	*	183	1.23	183	0.76
<i>Psyllipsocus</i> sp4	0	*	43	0.29	43	0.18
Zygentoma	52	0.56	240	1.61	292	1.21
Lepismatidae	7	0.08	8	0.05	15	0.06
Lepismatidae sp1	3	0.03	4	0.03	7	0.03
Lepismatidae sp2	1	0.01	3	0.02	4	0.02
Lepismatidae sp3	3	0.03	1	0.01	4	0.02
Nicoletiidae	45	0.49	232	1.56	277	1.15
Nicoletiinae sp1	45	0.49	232	1.56	277	1.15
ANNELIDA	89	0.96	94	0.63	183	0.76
Oligochaeta	89	0.96	94	0.96	183	0.76
Oligochaeta sp1	8	0.09	0	*	8	0.03
Oligochaeta sp2	0	*	7	0.05	7	0.03
Oligochaeta sp3	6	0.06	0	*	6	0.02
Oligochaeta sp4	12	0.13	16	0.11	28	0.12
Oligochaeta sp5	18	0.19	0	*	18	0.07
Oligochaeta sp6	0	*	1	0.01	1	*
Oligochaeta sp7	8	0.09	6	0.04	14	0.06
Oligochaeta sp8	7	0.08	0	*	7	0.03
Oligochaeta sp9	3	0.03	0	*	3	0.01
Oligochaeta sp10	3	0.03	37	0.25	40	0.17

Tabela 2 - Continuação.

	SECA		CHUVA		TOTAL	
	N	%	N	%	N	%
Oligochaeta sp11	24	0.26	27	0.18	51	0.21
PLATYHELMINTHES	0	*	19	0.13	19	0.08
Turbellaria	0	*	19	0.13	19	0.08
Turbellaria sp2	0	*	1	0.01	1	*
Turbellaria sp3	0	*	18	0.12	18	0.07
MOLLUSCA	92	0.99	143	0.96	235	0.97
Gastropoda	92	0.99	143	0.96	235	0.97
Caenogastropoda	0	*	1	0.01	1	*
Ampullariidae	0	*	1	0.01	1	*
<i>Pomacea</i> sp1	0	*	1	0.01	1	*
Pulmonata	92	0.99	142	0.95	234	0.97
Pulmonata sp1	1	0.01	0	*	1	*
Pulmonata sp2	0	*	38	0.25	38	0.16
Bulimulidae	2	0.02	14	0.09	16	0.07
<i>Tomigerus matthewsi</i>	2	0.02	6	0.04	8	0.03
<i>Biotocus cumingii</i>	0	*	1	0.01	1	*
<i>Orthalicus</i> sp1	0	*	7	0.05	7	0.03
Solaropsidae	32	0.35	21	0.14	53	0.2
<i>Solaropsis</i> sp	32	0.35	21	0.14	53	0.22
Streptaxidae	57	0.61	63	0.42	120	0.5
<i>Streptartemon</i> sp1	0	*	4	0.03	4	0.02
<i>Streptaxis</i> sp1	57	0.61	59	0.40	116	0.48
Subulinidae	0	*	4	0.03	4	0.02
<i>Stenogyra</i> sp1	0	*	4	0.03	4	0.02
Systrophiidae	0	*	2	0.01	2	0.01
Systrophiidae sp1	0	*	2	0.01	2	0.01
TOTAL	9275	100	14902	100	24177	100

Tabela 3 - Índices biológicos nas estações seca e chuvosa das cavernas da área de estudo (S – Riqueza de Espécies, N – Abundância, J' – Equitabilidade, H' – Diversidade e ICE – Índice de Complexidade Ecológica em Cavernas).

Caverna	Estação Seca					Estação Chuvosa				
	S	N	J'	H'	ICE	S	N	J'	H'	ICE
Buraco da Nega	26	99	0.83	2.72	0.55	32	324	0.77	2.68	1.06
Caverna do Trinta	27	259	0.69	2.14	0.85	49	1235	0.60	2.33	2.21
Caverna de Javan	14	152	0.63	1.81	0.27	39	302	0.69	2.54	1.4
Caverna do Britador	21	211	0.65	2.36	1.07	50	393	0.64	2.49	1.9
Gruta do Pinga	13	443	0.77	0.76	0.17	31	382	0.63	2.15	0.53
Caverna do Lago	21	353	0.58	1.97	0.51	33	706	0.45	1.58	1.13
Cav. Macacos/Esquecida	36	230	0.65	2.75	1.21	42	269	0.81	3.02	1.63
Caverna dos Cipós	17	178	0.78	1.59	0.46	38	280	0.73	2.64	1.7
Furna Feia	61	1895	0.88	2.40	2.24	57	2497	0.61	2.47	2.12
Gruta da Escada	25	209	0.56	2.84	1.23	39	236	0.79	2.89	1.84
Cav. Capoeira de João Carlos	26	559	0.66	1.51	0.61	69	992	0.58	2.47	2.4
Gruta Boca de Peixe	13	59	0.87	2.22	0.41	42	445	0.78	2.91	1.45
Caverna do Lajedo Grande	17	79	0.46	2.52	0.59	37	557	0.64	2.31	1.39
Caverna da Boniteza	26	260	0.66	2.15	1.23	35	404	0.62	2.21	1.34
Cav. Marimbondo Caboclo/Água	36	613	0.89	2.27	1.69	66	580	0.82	3.43	3.84
Caverna do Cote	16	239	0.72	1.98	0.57	24	357	0.72	2.29	1.2
Caverna dos Crotes	50	632	0.64	2.49	2.18	77	742	0.70	3.06	4.48
Caverna da Rumana	49	331	0.78	3.03	2.14	39	473	0.78	2.86	1.4
Caverna do Trapiá	27	571	0.46	1.51	0.43	36	1579	0.71	2.56	1.2
Caverna Beira-Rio	33	591	0.3	1.04	0.25	33	151	0.80	2.80	0.35
Caverna da Seta	29	165	0.72	2.44	0.9	17	177	0.71	2.02	0.56
Caverna do Arapuá	31	520	0.48	1.64	0.47	34	972	0.52	1.85	0.82
Lapa I/ Caverna do Engano	23	211	0.66	2.07	0.82	37	755	0.56	2.03	1.24
Caverna do Buraco Redondo	26	416	0.55	1.79	0.66	24	94	0.84	2.66	1.35

3.2. Variações entre estações

A riqueza, abundância, diversidade e complexidade foram maiores na estação chuvosa ($\bar{X}_S = 40,8$; $\bar{X}_N = 620,92$; $\bar{X}_{H'} = 2,51$; $\bar{X}_{ICE} = 1,606$) do que na seca ($\bar{X}_S = 27,62$; $\bar{X}_N = 386,46$; $\bar{X}_{H'} = 2,08$; $\bar{X}_{ICE} = 0,896$). O teste-T apontou diferenças significativas para as variáveis Log Riqueza ($t = 3,83$; gl.46; $p < 0,01$), Log Abundância ($t = 2,19$; gl.46; $p < 0,05$), diversidade ($t = 2,99$; gl.46; $p < 0,01$) (figura 3) e Índice de Complexidade Ecológica em cavernas (\log_{ICE+1}) ($t = 3,47$; gl.46; $p < 0,01$) (figura 4). A equitabilidade não diferiu entre as estações ($\bar{X}_{seca} = 0,66$, $\bar{X}_{chuva} = 0,69$; $t = 0,74$, gl.46, $p > 0,01$) (figura 3).

Figura 3 - Variação significativa (teste-T) entre os índices biológicos das comunidades de invertebrados cavernícolas nas estações seca e chuvosa: a) Log Riqueza, b) Log Abundância e d) diversidade; e não significativa: c) equitabilidade. O círculo central nos box-plots representa a média, a caixa o erro padrão e as barras o desvio padrão da média.

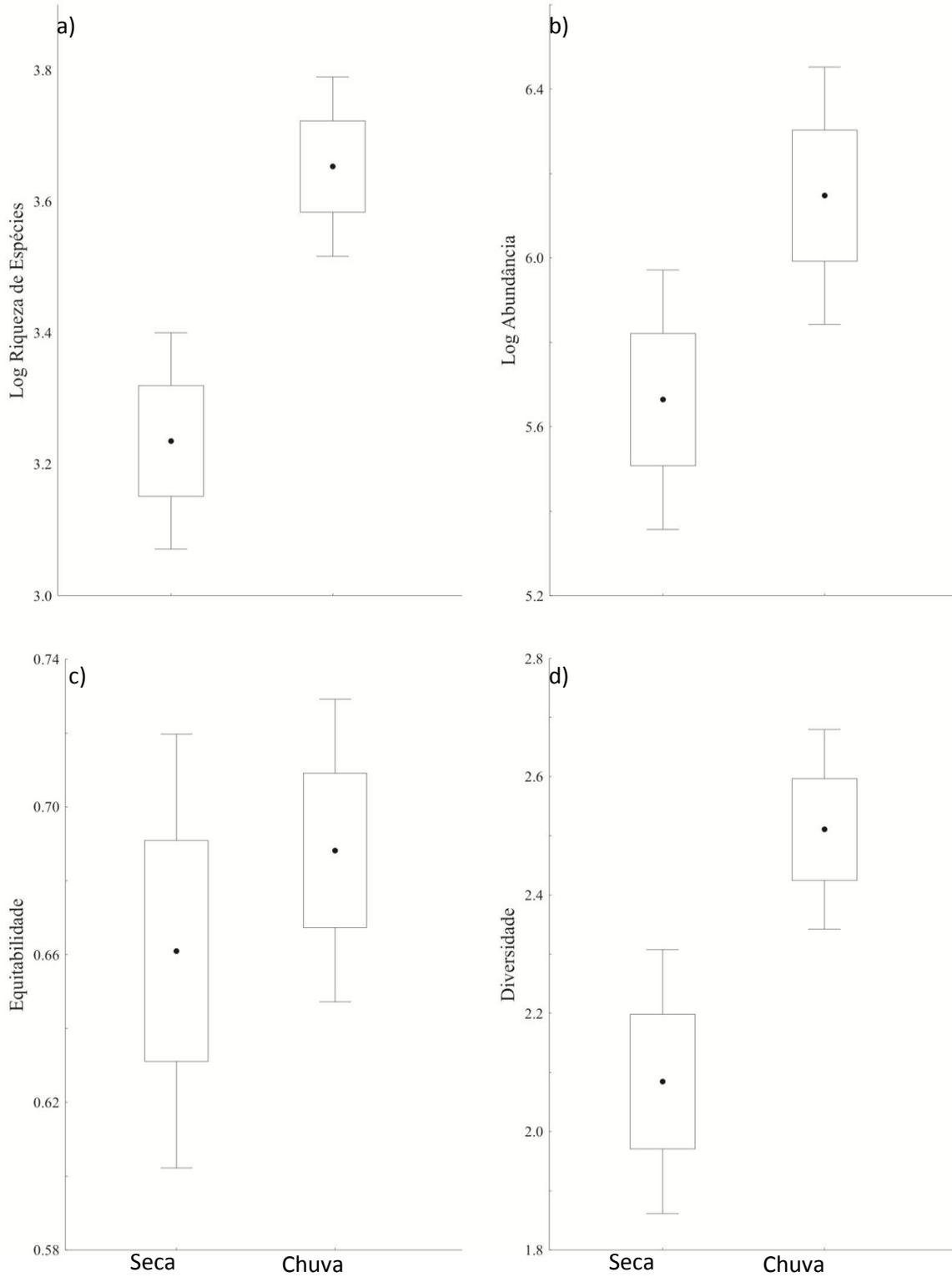
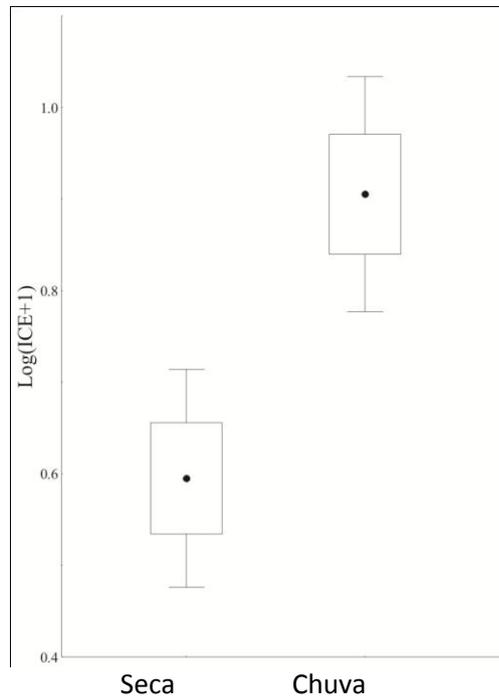
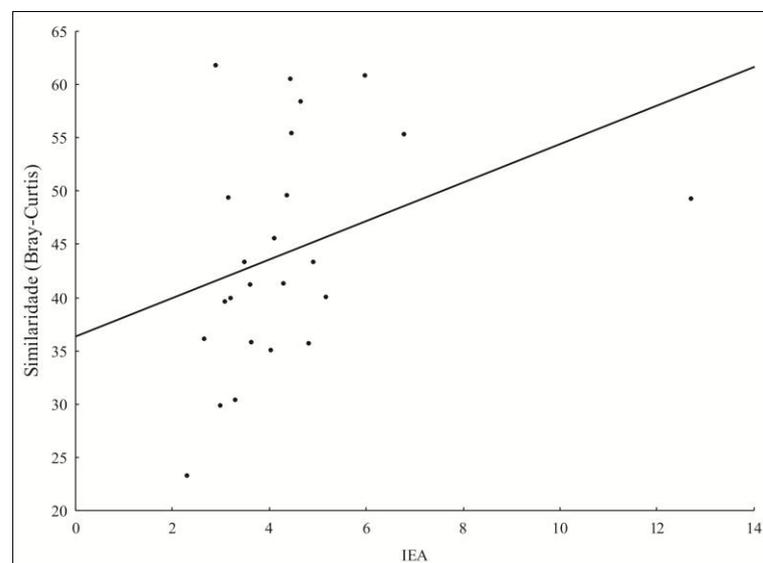


Figura 4 - Variação significativa (teste-T) entre os Índice de Complexidade Ecológica em Cavernas (ICE) nas estações seca e chuvosa. O círculo central nos box-plots representa a média, a caixa o erro padrão e as barras o desvio padrão da média.



Foi encontrada uma correlação positiva e significativa entre os valores de similaridade, calculados a partir do índice de Bray-Curtis, entre as comunidades de uma mesma caverna nas estações seca e chuvosa e os respectivos Índices de Estabilidade Ambiental ($r_s = 0,45$; $p < 0,05$, figura 5).

Figura 5 - Correlação positiva e significativa ($R=0.45$; $p<0.05$) entre a similaridade (Bray-Curtis) das comunidades de invertebrados nas estações seca e chuvosa em uma mesma caverna e o respectivo Índice de Estabilidade Ambiental (IEA).



4. DISCUSSÃO

Diversos trabalhos têm demonstrado o efeito da sazonalidade na composição e estrutura de comunidades de invertebrados na superfície. Lowman (1982), estudando a variação sazonal na abundância de insetos (particularmente fitófagos) em florestas tropicais na Austrália, observou que as abundâncias de insetos foram maiores durante os períodos de crescimento vigoroso da vegetação. Willis (1976) e Levings & Windsor (1982), em estudos sobre a variação sazonal de invertebrados de serrapilheira em florestas tropicais no Panamá, relatam o forte incremento na densidade de Formicidae, Coleoptera, Isopoda e Myriapoda na estação chuvosa.

Da mesma forma, Levings e Windsor (1984) relatam que o aumento da umidade na serrapilheira em florestas tropicais no Panamá está positivamente associado com a abundância de certos grupos (Formicidae, Coleoptera, Collembola, Hemiptera, Isopoda e Myriapoda) e negativamente a outros (Psocoptera, Ensifera, Heteroptera, Araneae e Opiliones) e, também no Panamá, Levings e Windsor (1985), em estudo que compilou dados resultantes de observações semanais, durante 40 meses, sobre a variabilidade nos padrões de flutuações populacionais de artrópodes de serrapilheira, relatam que a maioria dos grupos apresentaram incremento durante a estação chuvosa (Diplopoda, Chilopoda, Araneae, Opiliones, Pseudoscorpiones, Ensifera, Heteroptera, Coleoptera e Formicidae), enquanto outros mostraram incremento na estação seca (Psocoptera e Thysanoptera) e outras flutuações não relacionadas a mudanças sazonais (Isopoda e Amphipoda).

Por fim, Kai & Corlett (2002), em estudo sobre a sazonalidade de invertebrados em florestas de Hong Kong, China, relatam variação sazonal na abundância e biomassa de invertebrados.

De acordo com o exposto acima, a maioria dos grupos de invertebrados apresenta variações sazonais em ecossistemas epígeos, com incremento na abundância na estação chuvosa. No entanto, esse padrão não é geral (alguns grupos mostram incrementos na estação seca) e há, inclusive, dados conflitantes para alguns grupos (Araneae, Opiliones, Heteroptera e Ensifera).

Segundo Whitford (1996), as guildas e espécies de organismos do solo ativas em um determinado momento em ecossistemas áridos e semi-áridos são determinadas por fatores abióticos, principalmente a chuva.

Desta forma, respostas semelhantes às aqui obtidas foram observadas em estudos sobre o efeito da sazonalidade em comunidades de invertebrados na Caatinga: Araújo et al. (2010b), em estudo sobre abundância e estratificação de macroartrópodes, observaram que a riqueza de taxons e a abundância foram significativamente maiores na estação chuvosa; Vasconcellos et al. (2010) observaram que 10 das 12 ordens de insetos mais abundantes amostradas apresentaram maior abundância na estação chuvosa e que o aumento da biomassa das plantas durante o período chuvoso representa um aumento de recursos para muitos Diptera, Orthoptera, Hemiptera, Lepidoptera (larvas e adultos), Hymenoptera e Coleoptera. Em estudo sobre a variação sazonal na atividade de escorpiões na Caatinga, Araújo et al. (2010) relataram que cerca de 84% dos escorpiões foram coletados nos meses chuvosos, e que a precipitação e a evapotranspiração real foram as variáveis climáticas mais fortemente correlacionadas ao número de escorpiões coletados.

No entanto, em bioma semelhante, o Cerrado, Pinheiro et al. (2002) observaram que o padrão sazonal da abundância de insetos foi pouco afetado por variáveis climáticas, com exceção de Coleoptera que responderam ao máximo de temperatura e umidade.

O ambiente cavernícola é geralmente caracterizado como estável, apresentando oscilações ambientais menores que as observadas no ambiente epígeo circundante. No entanto, a dependência quase completa da importação, por diferentes vias, de recursos oriundos da superfície torna as alterações nas comunidades de invertebrados cavernícolas algo esperado (Culver & White, 2005).

O aumento na riqueza, abundância e diversidade de invertebrados na estação chuvosa nas cavernas amostradas provavelmente reflete o aumento significativo na biomassa de plantas no ambiente epígeo, pois a maioria das espécies, além da produção de folhas, produzem flores e frutos nesta temporada (Machado et al., 1995). Isso resulta no aumento na importação de material vegetal, bem como no suprimento de guano de morcegos frugívoros, por exemplo. O aumento sazonal nas populações de insetos, conforme já relatado anteriormente, torna também precisível a maior disponibilidade de guano de morcegos insetívoros.

A resposta sazonal dos ecossistemas subterrâneos parece ser influenciada duplamente pela variação no ambiente externo, ou seja, pelo aumento na importação de recursos e pelo aumento na abundância das populações de potenciais colonizadores, além de acidentais. Embora estudos sobre a sazonalidade de invertebrados cavernícolas sejam

escassos, há trabalhos com resultados semelhantes aos aqui relatados. Ducarme et al. (2004) relata aumento na densidade de ácaros cavernícolas de acordo com a disponibilidade de matéria orgânica nas cavernas amostradas; Lavoie et al. (2007) relata variações sazonais nas populações e na atividade reprodutiva de grilos cavernícolas na América do Norte, o que afeta as populações de predadores de seus ovos, como besouros cavernícolas, conforme resultados apresentados por Kane & Poulson (1976). A maior disponibilidade de presas na estação chuvosa também foi apontada por Ferreira et al. (2005) como a provável causa do aumento populacional de *Loxosceles similis* na gruta da Lavoura (MG, Brasil).

O aumento significativo, na estação chuvosa, da complexidade (ICE) dos ecossistemas subterrâneos avaliados no presente estudo concorda com os resultados obtidos por Ferreira (2004) para cavernas situadas na região central do Estado de Minas Gerais, no entanto o autor alerta que a variação não obedeceu a um padrão geográfico geral, mas nas cavidades onde houve acompanhamento, os valores de complexidade variaram, aparentemente de acordo com as variações sazonais do sistema epígeo circundante. Da mesma forma que anteriormente, a maior complexidade em períodos chuvosos pode estar ligada ao maior aporte de recursos e principalmente ao aumento do número de espécies, no sistema epígeo, potencialmente colonizadoras de sistemas subterrâneos durante esta estação.

A correlação significativa entre a similaridade das comunidades de invertebrados nas estações seca e chuvosa em uma mesma caverna e o respectivo Índice de Estabilidade Ambiental certamente reflete a maior interação entre os ambientes hipógeo e epígeo em cavernas menores e/ou com maior contato com a superfície (mais entradas e/ou entradas maiores), apresentando oscilações ambientais mais evidentes, que são reflexos diretos das variações no ambiente epígeo (Culver, 1982; Ferreira, 2004; Howarth, 1983; Poulson & White, 1969). Da mesma forma, cavernas com IEA maiores, ou seja, mais estáveis em relação ao ambiente externo, tendem a manter a estrutura de suas comunidades temporalmente.

Devido às mudanças climáticas, as projeções para a América Latina indicam um ligeiro aumento na temperatura e maior variabilidade no regime de chuvas para as próximas décadas (Silva, 2004; Sivakumar et al., 2005). Na Caatinga, tanto diminuições drásticas como aumentos significativos na precipitação são cenários plausíveis nos próximos 50 anos (Krol & Bronstert, 2007). De acordo com os resultados aqui descritos, essas alterações climáticas certamente terão efeitos sobre as comunidades cavernícolas e ecossistemas direta ou indiretamente associados.

Por fim, as variações na riqueza, abundância e diversidade observadas entre as estações seca e chuvosa reforçam a necessidade de amostragens biológicas contemplando pelo menos duas estações distintas exigidas na legislação ambiental atual que trata do licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades potencialmente lesivos ao patrimônio espeleológico (MMA, 2009).

5. REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. M. L. & C. F. MARTINS. Abundância relativa, diversidade e fenologia de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) na Caatinga, São João do Cariri, Paraíba, Brasil. **Iheringia série Zoologia** 83: 151–163, 1997.

ARAÚJO, C. S.; CANDIDO, D. M.; ARAÚJO, H. F. P.; DIAS, S. C.; VASCONCELLOS, A. Seasonal variations in scorpion activities (Arachnida: Scorpiones) in an area of Caatinga vegetation in northeastern Brazil. **Zoologia** 27 (3): 372–376, 2010a.

ARAÚJO, V. F. P.; BANDEIRA, A. G. & VASCONCELLOS, A. Abundance and stratification of soil macroarthropods in a Caatinga Forest in Northeast Brazil. **Braz. J. Biol** 70 (3): 737-746.

BASSET, Y. 1991. The seasonality of arboreal arthropods foraging within an Australian rainforest tree. **Ecological Entomology** 16: 265-278, 2010b.

BIRCH, L. C. & CLARK, D. P. Forest soil as an ecological community with special reference to the fauna. **Quart. Rev. Biol.** 1: 13-36, 1954.

CECAV/ICMBio - Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. **Base de Dados Geoespacializados de Cavidades Naturais Subterrâneas do CECAV, situação em 01/09/2008**. Disponível em <http://www.ibama.gov.br/cecav/index.php?id_menu=228>. Acesso em 05 set. 2008.

CHOI, S. W. Effects of Weather Factors on the Abundance and Diversity of Moths in a Temperate Deciduous Mixed Forest of Korea. **Zoological Science** 25: 53-58, 2008.

COELHO, D. C. Fauna de morcegos no Carste de Felipe Guerra, RN. In: CRUZ, Jocy Brandão (Org.). **Diagnóstico espeleológico do Rio Grande do Norte**. Natal, ICMBIO, 78 p., 2008.

CPTEC/INPE. **Balanço Hídrico Municipal**. Disponível em <www.cptec.inpe.br/proclima>. Acesso em 01 mar. 2010.

CULVER, D.C. **Cave Life. Evolution and Ecology**. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts and London, England. 189 p., 1982.

CULVER, D.C., WHITE, W.B. [eds.]. **Encyclopedia of Caves**. Academic/Elsevier, Amsterdam, 2005.

DAY, A. **Cave Surveying [Cave Studies Series 11]**. Buxton: British Cave Research Association. 40p., 2002.

DENLINGER, D. L. Seasonal and annual variation of insect abundance in the Nairobi National Park, Kenya. **Biotropica** 12, 100-106, 1980.

DUCARME, X.; ANDRÉ, H. M.; WAUTHY, G. & LEBRUN, P. Comparison of endogeic and cave communities: microarthropod density and mite species richness. **European Journal of Soil Biology** 40 (3-4): 129-138, 2004.

FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P. Diversity and distribution of spiders associated with bat guano piles in Morrinho cave (Bahia State, Brazil). **Diversity and Distributions**, Oxford, v. 4, n. 5-6, p. 235-241, 1998.

FERREIRA, R.L., MARTINS, R.P., YANEGA, D. Ecology of bat guano arthropod communities in a Brazilian dry cave. **Ecotropica**. 6 (2): 105-116, 2000.

FERREIRA, R. L. **A medida da complexidade ecológica e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos**. Tese de Doutorado, UFMG, Belo Horizonte, 161p., 2004.

FERREIRA, R.L.; PROUS, X.; MACHADO, S. F. & MARTINS, R. P. Population dynamics of *Loxosceles similis* (Moenkhaus, 1898) in a brazilian dry cave: a new method for evaluation of population size. **Rev. bras. Zoociências** 7: 129-141, 2005.

FERREIRA, R.L.; PROUS, X.; BERNARDI, L.F.O.; SOUZA-SILVA, M. Fauna subterrânea do Estado do Rio Grande do Norte: Caracterização e impactos. **Revista Brasileira de Espeleologia** 01: 25-51, 2010.

GUSMÃO, M. A. B. & A. J. CREÃO-DUARTE. Diversidade e análise faunística de Sphingidae (Lepidoptera) em área de brejo e caatinga no Estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** 21: 491–498, 2004.

HERNÁNDEZ, M. I. M. Besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae) da caatinga paraibana, Brasil. **Oecologia Brasiliensis** 11: 356–364, 2007.

HOWARTH, F. G. Ecology of cave arthropods. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 28, p. 365-389, 1983.

IANNUZZI, L.; A. C. D. MAIA & S. D. VASCONCELOS. Ocorrência e sazonalidade de coleópteros buprestídeos em uma região de caatinga nordestina. **Biociências** 14: 174–179, 2006.

IDEMA - Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do RN. **Atlas para o Desenvolvimento Sustentável do RN**. 2005. Disponível em: <<http://www.idema.rn.gov.br/governo/secretarias/idema/atlasdes/atlas.zip>>. Acesso em 01.Fev.2011.

JANZEN, D. H. Sweep samples of tropical foliage insects: effects of seasons, vegetation types, elevation, time of day, and insularity. **Ecology** 54: 667–701, 1973.

JANZEN, D. H. & SCHOENER, T. W. Differences in Insect Abundance and Diversity Between Wetter and Drier Sites During a Tropical Dry Season. **Ecology** 49: 96-110, 1967.

KAI, K. H. & CORLETT, R. T. Seasonality of forest invertebrates in Hong Kong, South China. **Journal of Tropical Ecology** 18: 637-644, 2002.

KANE, T. C. & POULSON, T. L. Foraging by cave beetles: Spatial and temporal heterogeneity of prey. **Ecology** 57: 793-800, 1976.

KROL, M. S. & A. BRONSTERT. Regional integrated modelling of climate change impacts on natural resources and resource usage in semiarid Northeast Brazil. **Environmental Modelling & Software** 22: 259–268, 2007.

LAVOIE, K. H.; HELF, K. L. & POULSON, T. L. The biology and ecology of north American cave crickets. **Journal of Cave and Karst Studies** 69: 114–134, 2007.

LEVINGS, S. C. & WINDSOR, D. M. Seasonal and annual variation in litter arthropod populations. In: LEIGH, E. G.; RAND, A. S. & WINDSOR, D. M. (Eds). **The Ecology of a Tropical Forest: Seasonal Changes and Long Term Rhythms**. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., pp. 335-387, 1982.

LEVINGS, S. C. & WINDSOR, D. M. Litter moisture content as a determinant of litter arthropod distribution and abundance during the dry season on Barro Colorado Island, Panamá. **Biotropica** 16 (2): 125-131, 1984.

LEVINGS, S. C. & WINDSOR, D. M. Litter arthropod populations in a tropical deciduous forest. Relationships between years and arthropod groups. **Journal of Animal Ecology** 54: 61-69, 1985.

LOWMAN, M. D. Seasonal variation in insect abundance among three Australian rain forests, with particular reference to phytophagou types. **Australian Journal of Ecology** 7: 353-361.
MACFADYEN, A. 1952. The small arthropods of a *Molina* fen at Cothill. **J. Anim. Ecol.** 21: 87-117, 1982.

MACHADO, I. C. S.; L. M. BARROS & E. V. S. B. SAMPAIO. Phenology of Caatinga Species at Serra Talhada, PE, Northeastern Brazil. **Biotropica** 29: 57–68, 1995.

MAGURRAN, A. E. **Ecological Diversity and Its Measurement**. Cromm Helm, London, 179 p., 2004.

MANI, M. S. **Ecology and Biology of High Altitude Insects**. Dr. W. Junk. The Hague, 1968.

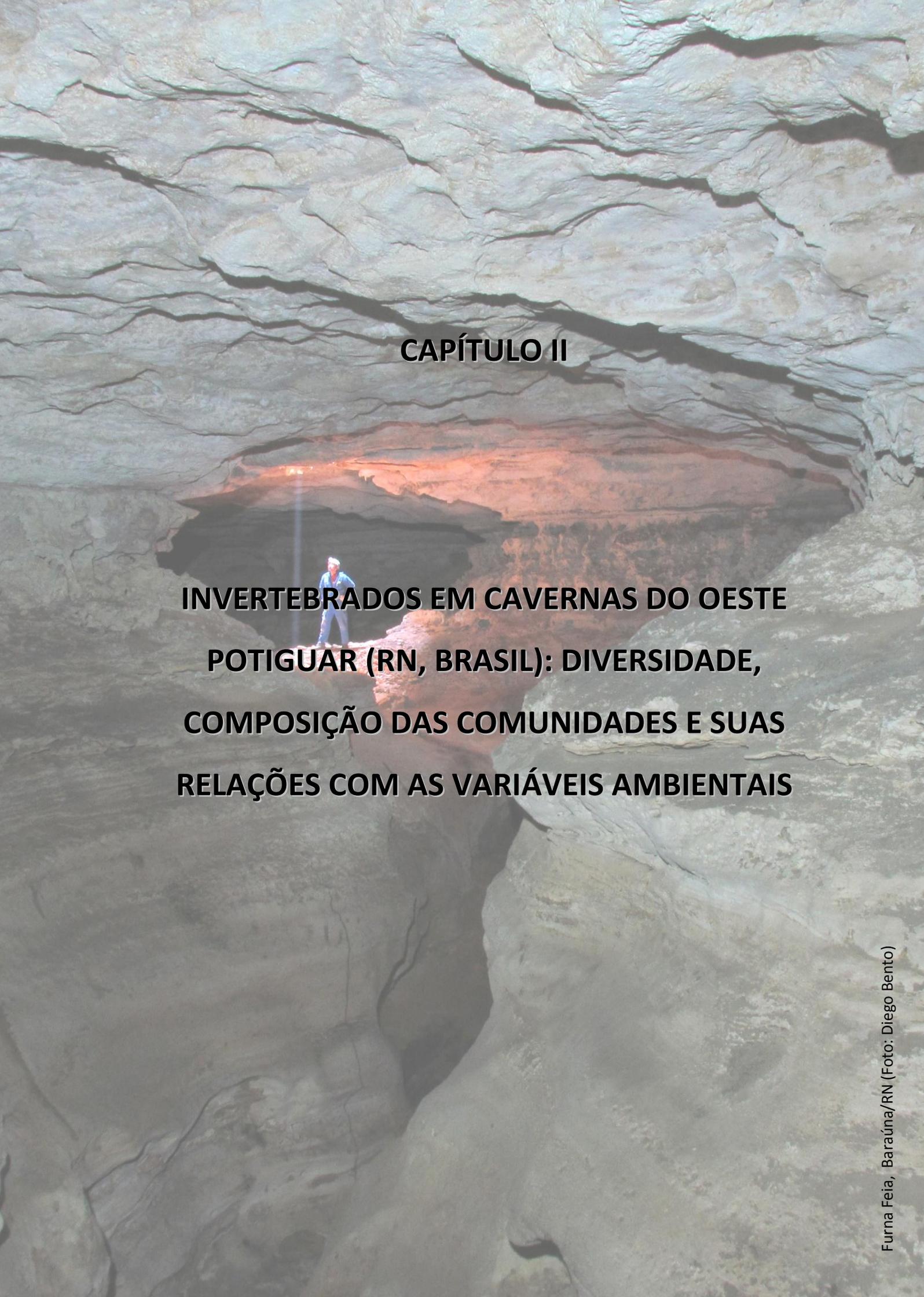
MMA – Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa Nº 02, de 20 de agosto de 2009. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 21 ago. 2009.

PINHEIRO, F.; I. R. DINIZ; D. COELHO & M. P. S. BANDEIRA. Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian cerrado. **Austral Ecology** 27: 132–136, 2002.

POULSON, T. L.; WHITE, W. B. The cave environment. **Science**, Cambridge, v. 165, n. 3897, p. 971-981, 1969.

PRADO, D. As caatingas da América do Sul. In: I.R. Leal, M. Tabarelli & J.M.C. Silva (eds.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. pp. 3-73. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, 2003.

- ROMERO, A. **Cave Biology: Life in Darkness**. New York: Cambridge University Press, 306p., 2009.
- SAMPAIO, E. V. S. B. Overview of the Brazilian Caatinga, p. 35–58. In: S. H. Bullock, H. A. Mooney & E. Medina (eds.). **Seasonally dry forests**. Cambridge, Cambridge University Press, Cambridge, 875 p, 1995.
- SILVA, V. P. R. On climate variability in Northeast of Brazil. **Journal Arid Environments** 58: 575–596, 2004.
- SILVA, F.J. Invertebrados de cavernas de Felipe Guerra. In: CRUZ, Jocy Brandão (Org.). **Diagnóstico espeleológico do Rio Grande do Norte**. Natal, ICMBIO, 78 p., 2008.
- SIVAKUMAR, M. V. K.; H. P. DAS & O. BRUNINI. Impacts of Present and Future Climate Variability and Change on Agriculture and Forestry in the Arid and Semi-Arid Tropics. **Climate Change** 70: 31–72, 2005.
- SOUZA-SILVA, M. **Dinâmica da disponibilidade de recursos alimentares em uma caverna calcária**. Dissertação de Mestrado em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre, ICB-UFMG. 77p., 2003.
- SOUZA-SILVA, M.; FERREIRA, R. L.; BERNARDI, L. F. O. & MARTINS, R. P. Importação e processamento de detritos orgânicos em uma caverna calcária. **Espeleo-Tema** 19: 31-46, 2007.
- TRAJANO, E. Fauna cavernícola brasileira: composição e caracterização preliminar. **Revista Brasileira de Zoologia**, 3(8): 533-561, 1987.
- VASCONCELLOS, A. , ANDREAZZE, R., ALMEIDA, A. M., ARAÚJO, H.F. P., OLIVEIRA, E.S. e OLIVEIRA, U. Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia** 54(3): 471–476, 2010.
- WALLWORK, J. A. **Ecology of soil animals**. McGraw-Hill, London, 1970.
- WHITFORD, W. G. The importance of the biodiversity of soil biota in arid ecosystems. **Biodiversity and Conservation** 5: 185–195, 1996.
- WILLIS, E. O. Seasonal changes in the invertebrate litter fauna on Barro Colorado Island, Panamá. **Revista Brasileiro du Biologie** 36: 643-657, 1976.
- WOLDA, H. Insect seasonality: Why? **Annual Review of Ecology and Systematics** 19: 1–18, 1988.
- ZANELLA, F. C. V. & C. F. MARTINS. Abelhas da Caatinga: Biogeografia, Ecologia e Conservação, p. 75–134. In: I. R. Leal; M. Tabarelli & J. M. C. Silva (eds). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 804 p., 2003.



CAPÍTULO II

INVERTEBRADOS EM CAVERNAS DO OESTE POTIGUAR (RN, BRASIL): DIVERSIDADE, COMPOSIÇÃO DAS COMUNIDADES E SUAS RELAÇÕES COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS

RESUMO

Invertebrados em cavernas do Oeste Potiguar (RN, Brasil): Diversidade, composição das comunidades e suas relações com as variáveis ambientais.

As cavernas são comumente caracterizadas como ambientes oligotróficos, extremos e incapazes de abrigar uma fauna diversificada. Entretanto, sabe-se atualmente que paisagens cársticas podem exibir uma considerável diversidade baseada somente na fauna subterrânea. A morfologia das cavernas associada a características do ambiente externo podem levar a padrões heterogêneos de diversidade de invertebrados subterrâneos. O presente estudo teve como objetivo avaliar a diversidade de invertebrados em cavernas do Oeste Potiguar, bem como analisar como algumas variáveis morfológicas das cavidades e do ambiente externo influenciam a comunidade de invertebrados cavernícolas na região. Foram analisados dados referentes a coletas em 40 cavernas, totalizando 447 morfoespécies pertencentes a pelo menos 41 ordens e 162 famílias. A riqueza média observada foi de 38.23 ± 13.83 espécies por caverna e foram identificadas 59 espécies troglomórficas distribuídas em 31 das 40 cavernas amostradas (1,475 spp/caverna), incluindo relictos oceânicos. As análises entre as variáveis bióticas e ambientais demonstraram que a variedade de recursos disponíveis nas cavidades, a cobertura florestal no entorno de 1000 metros da caverna, a área da caverna e a área das entradas foram as variáveis que, sozinhas ou combinadas, melhor explicaram a estrutura das comunidades de invertebrados em cavernas da região. Desta forma, a região do estudo mostra-se como uma das mais relevantes do ponto de vista bioespeleológico no cenário nacional, com riqueza, diversidade e complexidade comparáveis a outras regiões cársticas brasileiras e destacando-se pela quantidade e concentração de espécies troglóbias, inclusive com as únicas espécies de troglóbios consideradas como relictos oceânicos no país.

Palavras-chave: Caatinga, carste, fauna subterrânea, troglóbios

ABSTRACT

Cave invertebrates in west of Rio Grande do Norte (RN, Brazil): Diversity, composition of communities and their relationship with environmental variables

The caves are commonly characterized as oligotrophic extreme environments, incapable of harboring a diverse community. However, nowadays it is known that karst landscapes may exhibit a considerable diversity based solely on underground fauna. The morphology of caves associated with the characteristics of the external environment can lead to heterogeneous patterns of invertebrate diversity underground. This study aimed to evaluate the diversity of invertebrates in caves in west of Rio Grande do Norte, and how some morphological variables of the cavities and the external environment influence the community of cave invertebrates in the region. Data collected in 40 caves were analyzed totaling 447 morphospecies belonging to at least 41 orders and 162 families. The average richness observed was 38.23 ± 13.83 species per cave and were identified 59 troglomorphic species distributed in 31 of the 40 caves sampled (1.475 spp / cave), including oceanic relicts. The analysis of the biotic and environmental variables showed that the variety of resources available in the caves, forest cover in the vicinity of 1000 meters from the cave, the cave area and the area of the entrances were the variables which, alone or in combination, best explained the structure of invertebrate communities in caves in the region. Thus, the region of this study is shown as one of the most relevant from the standpoint biospeleology on the national scene. With richness, diversity and complexity comparable to other Brazilian karst regions and distinguished by the quantity and concentration of troglomorphic species, including the only species considered as relicts of oceanic troglobites in the country.

Keywords: Caatinga, karst, underground fauna, troglobites

1. INTRODUÇÃO

Os ambientes subterrâneos (hipógeos) funcionam como sistemas abertos, física e troficamente, a uma série de intercâmbios com os sistemas adjacentes (Culver, 1982). No entanto, tais ambientes possuem características singulares que os diferenciam dos ambientes na superfície (epígeos). De maneira geral, são caracterizadas por uma elevada estabilidade ambiental e pela ausência permanente de luz (Culver, 1982; Poulson & White, 1969). Esta última característica restringe a produção primária a organismos quimioautotróficos e a raízes de espécies vegetais epígeas que atingem os sistemas subterrâneos. Entretanto, são raros os casos onde estes recursos constituem a base trófica destes ambientes (Howarth, 1983). Desta forma, os recursos alimentares presentes nos ecossistemas cavernícolas são, em sua maioria, provenientes dos ambientes epígeos (Culver, 1982).

Assim, as cavernas, são comumente caracterizadas como ambientes que têm tendência ao oligotrofismo, já que, geralmente, as vias de importação não são eficientes e tendem a não transportar grandes quantidades de recursos (Culver, 1982) e a disponibilidade destes não é regular. Deste modo, os organismos que vivem no meio hipógeo devem apresentar adaptações morfológicas, fisiológicas e no comportamento, geralmente ligadas às limitações físicas e à disponibilidade de recursos alimentares que existem nas cavernas (Culver, 1982).

Devido a essas peculiaridades, os ecossistemas subterrâneos por muito tempo foram considerados ambientes extremos incapazes de abrigar uma fauna diversificada (Gilbert & Deharveng, 2002). Entretanto, sabe-se atualmente que paisagens cársticas podem exibir uma considerável diversidade baseada somente na fauna subterrânea. Alguns exemplos específicos incluem cavernas na América do Norte (EUA e ilhas Bermudas), Europa (Itália, França, Romênia, Eslovênia), Oceania (Austrália) e Ásia Tropical (Tailândia, Indonésia, Sumatra) (Culver et al., 2006; Culver & Sket, 2000).

Os ambientes cavernícolas abrigam comunidades diversas compostas por uma grande variedade de grupos de invertebrados e alguns vertebrados, com variados graus de dependência do habitat hipógeo (Holsinger & Culver, 1988). No entanto, historicamente os estudos com organismos subterrâneos concentraram-se nas espécies que apresentam altos níveis de especialização (troglóbias) em virtude de suas adaptações morfológicas, fisiológicas

e comportamentais que refletem processos intrigantes sobre a evolução da vida subterrânea (Culver, 1982; Danielopol et al., 1999; Ginet & Decou, 1977; Jeannel, 1926).

Nas últimas duas décadas, estudos sobre organismos aquáticos subterrâneos têm se destacado, formando um importante ramo dentro da bioespeleologia (Danielopol et al., 1999; Gibert et al., 1994; Stanford & Simon, 1992; Stanford & Valett, 1994). No entanto, ainda são poucos os trabalhos que buscam compreender padrões de biodiversidade, principalmente sobre organismos terrestres, nos ambientes subterrâneos. Culver & Holsinger (1992) estimam que o número total de espécies troglomórficas esteja entre 50.000 e 100.000. No entanto, estes valores provavelmente sejam uma subestimativa, pois são baseadas em dados disponíveis para cavernas americanas e principalmente porque até o momento muitas áreas cársticas localizadas em regiões tropicais foram pouco estudadas (Deharveng & Bedos, 2000).

Embora a fauna cavernícola tropical ainda seja pouco estudada, o número de troglóbios é geralmente considerado menor que em cavernas localizadas nas áreas temperadas ao Norte (Deharveng, 2005). No entanto, se todas as espécies, não apenas as troglóbias, são contadas, as comunidades tropicais terrestres são pelo menos tão ou até mesmo mais diversas que as das cavernas temperadas, especialmente se as comunidades de guano de morcegos são incluídas (Deharveng e Bedos, 2000). Entretanto, em muitos casos, cavernas em regiões tropicais têm apresentado maiores quantidades de recursos alimentares em virtude da alta produtividade dos ecossistemas epígeos. Desta forma, muitos modelos elaborados e propostos a partir de sistemas subterrâneos temperados devem ser readequados às condições dos sistemas tropicais (Zampaulo, 2010).

A maioria dos estudos bioespeleológicos brasileiros encontram-se fragmentados e concentram-se em áreas cársticas de algumas poucas regiões do país. Mesmo assim, vários estudos têm revelado uma elevada diversidade e endemismos da fauna subterrânea em algumas regiões do Brasil (Ferreira, 2004; Ferreira, 2005; Ferreira et al., 2010; Gnaspini & Trajano, 1994; Pinto-da-Rocha, 1995; Prous & Ferreira, 2009; Souza-Silva, 2008; Trajano, 2000; Zampaulo, 2010).

Com relação à Caatinga, estudos relativos à fauna cavernícola são restritos aos estados da Bahia e Ceará (Trajano, 1987; Ferreira & Martins, 1998; Ferreira, 2004), além do Rio Grande do Norte, onde Silva (2008) realizou um levantamento prévio em seis cavernas

do município de Felipe Guerra e Ferreira et al. (2010) inventariaram 17 cavernas em oito municípios, com resultados bastante promissores.

A morfologia das cavernas associada a características do ambiente externo podem levar a padrões heterogêneos de diversidade de invertebrados subterrâneos. Assim, características morfológicas tais como extensão das cavernas e de suas entradas têm sido relacionadas a variáveis bióticas como a riqueza de espécies (Zampaulo, 2010; Ferreira, 2004). Cavernas maiores tendem a ser geomorfologicamente mais heterogêneas, o que provavelmente resulta em aumento da quantidade de micro-habitats para a fauna, bem como podem apresentar uma maior quantidade de recursos alimentares (Christman & Culver, 2001; Ferreira, 2004). Da mesma forma, as entradas representam uma importante via para colonização e importação de recursos para o ambiente subterrâneo (Ferreira, 2004).

Desta forma, o presente estudo teve como objetivo contribuir para a ampliação do conhecimento ainda extremamente incipiente no Estado, e no Brasil, acerca da diversidade de invertebrados cavernícolas da região Oeste do RN. Assim, partindo da premissa que a morfologia das cavernas e características do ambiente externo podem levar a padrões heterogêneos de diversidade de invertebrados subterrâneos em uma mesma região, bem como condições mais ou menos favoráveis à evolução de espécies troglóbias procurou-se também avaliar possíveis padrões de distribuição e analisar como algumas variáveis morfológicas das cavidades e do ambiente externo influenciam a comunidade de invertebrados cavernícolas na região.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

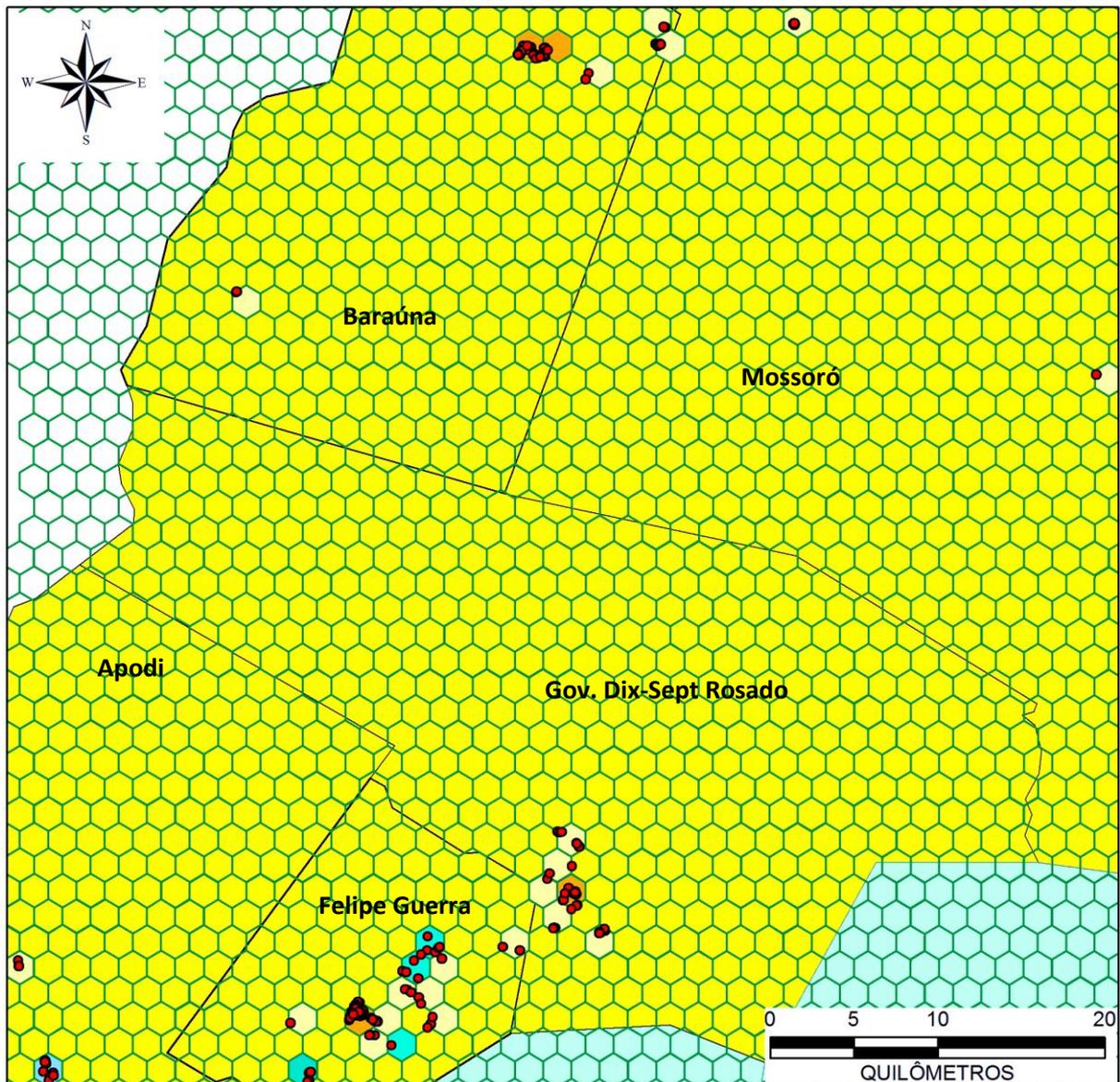
As informações sobre a área de estudo podem ser consultadas na caracterização geral da área de estudo (pág. 20).

2.1.1. Sistematização dos dados pré-existentes e definição das cavernas a serem amostradas.

A fim de possibilitar o uso de métodos de análises espaciais, uma rede de polígonos hexagonais (hexágonos regulares com um quilômetro de lado) foi traçada sobre o mapa da área correspondente à distribuição das cavernas conhecidas na região (CECAV/ICMBio, 2008). Os dados pré-existentes, referentes a inventários bioespeleológicos na área do estudo (Ferreira et al., 2008; Ferreira et al., dados não publicados) foram sistematizados e

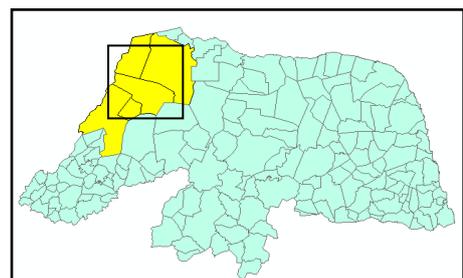
georreferenciados, de forma a identificar as áreas com ocorrência de cavidades ainda não amostradas biologicamente ou sub-amostradas (menos de 10% das cavernas inventariadas)(figura 1). Para as análises especiais foram utilizados os softwares GPS Trackmaker Pro 4.5.4 e ArcMap 9.2.

Figura 1 - Informações pré-existentes referentes a inventários bioespeleológicos (áreas com ocorrência de cavernas suficientemente amostradas, sub-inventariadas e sem inventários do ponto de vista biológico) na área de estudo.



LEGENDA

- Municípios da área de estudo
- Cavernas
- Áreas sem inventário bioespeleológico
- Áreas com inventário bioespeleológico insuficiente
- Áreas com inventário bioespeleológico suficiente



A partir da definição das “lacunas” amostrais foram realizadas coletas em cavernas presentes em áreas sem inventários ou subamostradas, de forma que cada hexágono nessas condições teve pelo menos uma caverna amostrada neste estudo – totalizando 24 cavernas - as mesmas cujos dados foram utilizados no capítulo anterior, sendo que para este capítulo foram utilizados os dados da coleta na qual obteve-se a maior riqueza de espécies (para as análises do capítulo anterior foram realizadas duas coletas em cada cavidade, sendo uma no final da estação seca e uma no final da estação chuvosa), para efeito de comparação com as cavidades amostradas em outros estudos.

Desta forma, somadas as 16 cavidades amostradas em outros estudos (com informações suficientes para a realização das análises detalhadas adiante), neste trabalho foi utilizado um universo amostral de 40 cavernas (tabela 1).

Optou-se por realizar coletas em áreas definidas como sub-amostradas, pois, de acordo com Culver et al. (2006), a distribuição restrita dos cavernícolas obrigatórios significa que qualquer caverna terá provavelmente apenas uma fração da fauna cavernícola da região.

2.2. Coleta de invertebrados e caracterização das cavidades e entorno.

A coleta de invertebrados e a caracterização das cavidades seguiram a metodologia proposta por Ferreira (2004), detalhada no capítulo anterior (item 2.2. Coleta de Invertebrados e caracterização das cavidades, página 39) e utilizada nos outros inventários realizados na área, de forma a permitir comparações com os levantamentos realizados neste estudo.

Paralelamente à coleta de invertebrados, foi realizada a caracterização ambiental das cavidades. Foram levantados dados referentes às condições tróficas, de forma que a variedade de recursos alimentares foi avaliada, qualitativamente, com relação à disponibilidade na caverna de cada um dos recursos identificados, a saber: folhiço, madeira, carcaças de animais acidentais, colônia de insetos sociais, pelotas de regurgitação de corujas, guano de morcegos (frugívoros, insetívoros ou hematófagos), água perene, fezes de outros vertebrados e raízes.

Tabela 1 - Caracterização das cavernas amostradas nos cinco municípios da área de estudo. † indica cavidades amostradas no presente estudo; * indica cavidades que possuem áreas ainda não mapeadas.

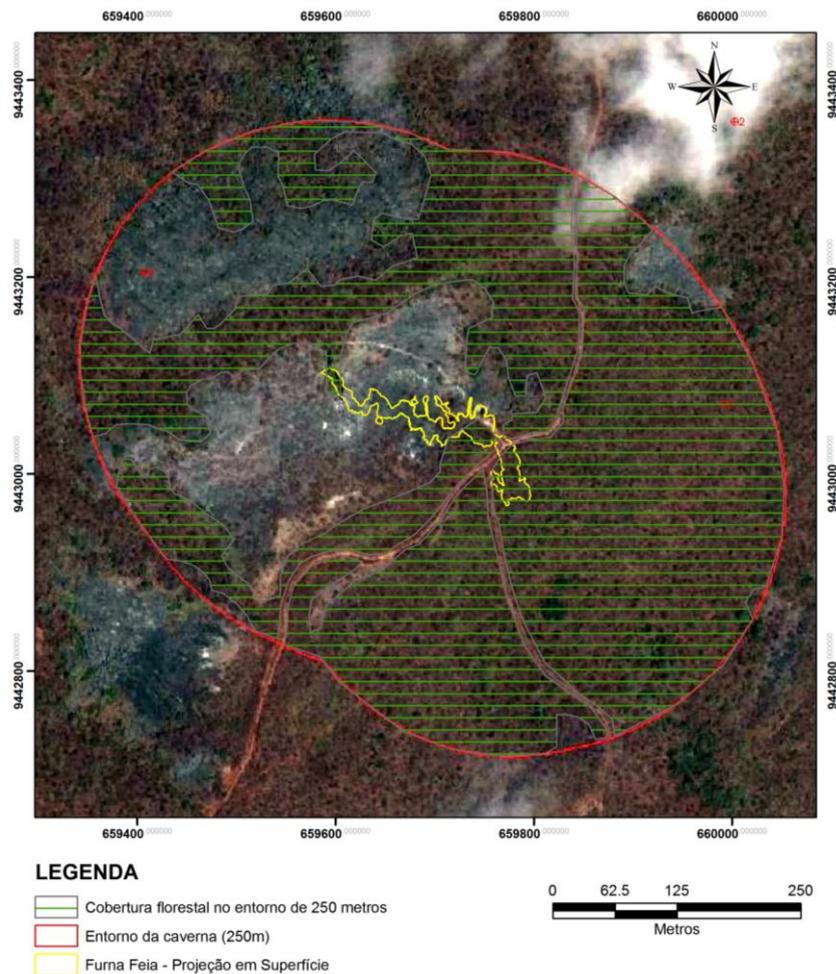
Caverna	Município	Área da caverna (m ²)	Área coletada (m ²)	Número de Entradas	Área das entradas(m ²)	Altitude (m)	Coordenadas Geográficas	
							Latitude (S)	Longitude (W)
Buraco da Nega †	Apodi	108.51	108.51	1	4.6	126	05° 31' 57.16"	37° 50' 40.73"
Caverna do Urubú	Apodi	24.7	24.7	2	6.14	127	05° 35' 12.90"	37° 49' 48.80"
Caverna do Trinta †	Mossoró	644.65*	644.65	4	21.31	23.2	05° 12' 44.36"	37° 15' 50.95"
Caverna de Javan †	Mossoró	92.17	92.17	1	9.38	70	05° 01' 17.61"	37° 25' 39.03"
Caverna do Britador †	Baraúna	179.28	179.28	3	30.72	91.9	05° 01' 25.85"	37° 29' 49.51"
Gruta do Pinga †	Baraúna	25.95	25.95	1	1.32	154.9	05° 03' 08.06"	37° 32' 22.97"
Caverna do Lago †	Baraúna	157.1*	157.1	1	2.73	103	05° 02' 11.40"	37° 34' 15.24"
Caverna dos Macacos/Esquecida †	Baraúna	217.25	217.25	3	4.14	113	05° 02' 19.80"	37° 33' 41.30"
Caverna dos Cipós †	Baraúna	167.86	167.86	1	6.28	94.4	05° 01' 58.99"	37° 29' 57.51"
Furna Feia †	Baraúna	5726.85*	4829.75	5	163.12	98.2	05° 02' 11.54"	37° 33' 36.69"
Gruta da Escada †	Baraúna	124.81	124.81	7	21.1	137.6	05° 10' 07.83"	37° 43' 40.98"
Caverna da Capoeira de João Carlos †	Gov. Dix-Sept Rosado	251.4	251.4	2	17.22	42.9	05° 30' 56.69"	37° 31' 41.75"
Gruta Boca de Peixe †	Gov. Dix-Sept Rosado	175.6	88.4	2	2.38	63.6	05° 29' 04.45"	37° 33' 29.62"
Caverna do Lajedo Grande †	Gov. Dix-Sept Rosado	245.4	185.1	2	21.7	61.1	05° 27' 44.20"	37° 33' 09.06"
Caverna da Boniteza †	Gov. Dix-Sept Rosado	30.39	30.39	1	1.68	62.6	05° 30' 51.02"	37° 33' 21.54"
Cav. do Marimbondo Caboclo/Água †	Gov. Dix-Sept Rosado	284.67	284.67	4	18.98	66.9	05° 29' 44.11"	37° 32' 42.24"
Caverna do Cote †	Felipe Guerra	106.94	106.94	2	28.36	62.6	05° 31' 34.76"	37° 34' 27.27"
Caverna dos Crotos †	Felipe Guerra	1402.83	1402.83	8	99.69	71	05° 33' 38.77"	37° 39' 31.54"
Caverna da Rumana †	Felipe Guerra	917.25	917.25	15	139.95	69.3	05° 33' 54.25"	37° 39' 07.13"
Caverna do Trapιά †	Felipe Guerra	13698.4*	2649.2	2	13.32	66.5	05° 33' 45.43"	37° 37' 15.92"

Tabela 1. Continuação.

Caverna	Município	Área da caverna (m ²)	Área coletada (m ²)	Número de Entradas	Área das entradas(m ²)	Altitude (m)	Coordenadas Geográficas	
							Latitude (S)	Longitude (W)
Caverna Beira-Rio ⁺	Felipe Guerra	51.78	51.78	1	3.65	47.8	05° 33' 07.39"	37° 37' 42.91"
Caverna da Seta ⁺	Felipe Guerra	124.5	124.5	2	13.25	76.6	05° 32' 40.23"	37° 38' 03.10"
Caverna do Arapuá ⁺	Felipe Guerra	570	570	1	3.24	74.1	05° 31' 48.25"	37° 36' 58.47"
Lapa I/ Caverna do Engano ⁺	Felipe Guerra	192.73	192.73	5	12.1	99.6	05° 33' 41.89"	37° 41' 42.25"
Caverna do Buraco Redondo ⁺	Felipe Guerra	108.76	108.76	2	10.56	78.5	05° 34' 42.98"	37° 39' 04.99"
Caverna do Pau	Felipe Guerra	298.3	298.3	1	2.32	58.76	05° 35' 34.20"	37° 41' 14.76"
Gruta dos Três Lagos	Felipe Guerra	147.1	147.1	3	4.25	53.2	05° 35' 35.84"	37° 41' 13.76"
Caverna do Geilson	Felipe Guerra	287.8	287.8	1	1	67.7	05° 35' 53.23"	37° 41' 17.56"
Caverna Abissal	Felipe Guerra	339.5	180	1	20.52	84.3	05° 33' 51.06"	37° 39' 57.29"
Gruta da Carrapateira	Felipe Guerra	611.5	611.5	5	45.44	79.6	05° 33' 38.22"	37° 39' 50.32"
Gruta dos Troglóbios	Felipe Guerra	76.5	76.5	1	12.63	77.3	05° 33' 24.27"	37° 39' 40.57"
Caverna da Rainha	Felipe Guerra	709.69*	709.69	2	2.3	78.5	05° 34' 41.64"	37° 38' 35.64"
Gruta da Bota	Felipe Guerra	129.11	129.11	3	17	69.3	05° 31' 30.85"	37° 37' 05.29"
Caverna da Catedral	Felipe Guerra	571.4	420	2	12.8	85.7	05° 33' 50.49"	37° 39' 57.37"
Caverna do Complexo Suiço	Felipe Guerra	561.32	410	6	73.72	71.3	05° 33' 42.50"	37° 39' 38.70"
Caverna do Chocalho	Felipe Guerra	237	237	4	14.92	76.1	05° 33' 36.77"	37° 39' 39.36"
Caverna da Descoberta	Felipe Guerra	1260.7*	1260.7	5	24	81.2	05° 33' 47.68"	37° 39' 55.50"
Caverna do Sabonete	Felipe Guerra	273.5	273.5	1	101.6	67.9	05° 31' 36.05"	37° 37' 26.31"
Caverna do Urubú	Felipe Guerra	1422.93*	1422.93	1	62.54	78.8	05° 34' 22.61"	37° 39' 09.15"
Caverna do Vale	Felipe Guerra	249.13	249.13	3	46.87	74.6	05° 31' 50.97"	37° 36' 58.02"

Utilizando-se os softwares ArcMap 9.2 e GPS Trackmaker PRO 4.5.4 e imagens de satélite georreferenciadas, foi calculada a porcentagem de cobertura florestal no entorno de cada cavidade. Para tanto, o mapa topográfico de cada cavidade foi georreferenciado e, a partir de sua projeção em superfície, calculadas poligonais de 250 (figura 2), 500 e 1000 metros de raio. A legislação atual (CONAMA, 2004) define a área de influência sobre o patrimônio espeleológico como “...área que compreende os elementos bióticos e abióticos, superficiais e subterrâneos, necessários à manutenção do equilíbrio ecológico e da integridade física do ambiente cavernícola”, sendo que esta, até a realização de estudos necessários à sua definição, “...será a projeção horizontal da caverna acrescida de um entorno de duzentos e cinquenta metros, em forma de poligonal convexa.”. Desta forma, procurou-se avaliar a eficiência do limite apontados na legislação atual por meio da comparação com áreas de entorno de 500 e 1000 metros de raio.

Figura 2 - Exemplificação da determinação do percentual de cobertura florestal a partir do entorno de 250 metros para a Furna Feia.



2.3. Análise dos dados

2.3.1. Composição, riqueza, complexidade e distribuição de invertebrados

A riqueza total e a riqueza de espécies troglomórficas foram obtidas através do somatório do total de morfoespécies encontradas em cada caverna e os cálculos de diversidade e equitabilidade foram feitos utilizando-se o índice de Shannon (Magurran, 2004).

A condição ambiental de cada cavidade foi determinada por meio do cálculo do Índice de Estabilidade Ambiental (IEA) e cálculos da complexidade biológica foram feitos, para cada cavidade, utilizando o índice de Complexidade Ecológica (ICE), ambos propostos por Ferreira (2004), conforme descrito no capítulo anterior (ítem 2.3.1. Composição, riqueza e complexidade, página 43).

A determinação de espécies troglóbias foi realizada por meio da identificação de características morfológicas denominadas “troglomorfismos”. Tais características, como redução da pigmentação, redução das estruturas oculares, alongamento de apêndices, dentre outras, são utilizadas freqüentemente para a maioria dos grupos, uma vez que resultam de processos evolutivos ocorrentes após o isolamento de populações em cavernas. As características utilizadas para estes diagnósticos, no entanto, diferem no caso de organismos pertencentes à taxa distintos. Certos grupos, por exemplo, possuem espécies sempre despigmentadas e anoftálmicas, mesmo no ambiente epígeo (como Palpigradi, por exemplo). Nestes casos, os troglomorfismos são mais específicos (alongamento dos flagelômeros, aumento no número de órgãos frontais e laterais, dentre outros).

No intuito de se obter uma visão geral da similaridade faunística entre as cavernas e avaliar se existem padrões de distribuição na região foi construída uma matriz de similaridade a partir do índice quantitativo de Bray-Curtys (grupos pareados). Além de apresentar um melhor ajuste em relação aos dados obtidos e uma boa fidelidade de resultados, Bray-Curtys dá um peso maior às espécies dominantes, o que anula a interferência de espécies acidentais, e é largamente utilizado permitindo comparações com outros trabalhos (Magurran, 2004). Os cálculos foram feitos por meio do software Primer 5-beta.

2.3.2. Relações entre as variáveis bióticas e ambientais

Com o objetivo de avaliar qual variável (ou combinação delas) melhor se ajusta à estrutura da comunidade de invertebrados cavernícolas da área de estudo, foi realizada a

análise Bio-Env no programa Primer 5-beta utilizando a distância euclidiana normalizada (Clarke & Warwick, 2001). Para tanto, uma matriz de similaridade da comunidade (quantitativa), construída a partir do índice de Bray-Curtis (transformação com raiz quarta), foi comparada aos dados das variáveis ambientais transformados ($\log(x+1)$, com exceção das porcentagens de cobertura florestal, transformadas por meio da fórmula $x^{0.5}$) (Clarke & Warwick, 2001).

A análise Bio-Env também foi realizada para os grupos taxonômicos mais abundantes (Chelicerata, Myriapoda, Crustacea, Entognatha e Insecta), para os troglóbios e para os dois grandes aglomerados de cavernas da área de estudo. O primeiro aglomerado foi composto pelas cavernas de Felipe Guerra e Governador Dix-Sept Rosado, enquanto o segundo foi composto pelas cavernas de Mossoró (menos a caverna do Trinta) e Baraúna (menos a caverna da Escada).

3. RESULTADOS

3.1. Composição, riqueza, complexidade e distribuição de invertebrados

Um total de 26.938 indivíduos foi observado para as 40 cavernas amostradas, distribuídos em 447 morfoespécies pertencentes a pelo menos 41 ordens e 162 famílias. O grupo mais abundante foi Insecta com 9.268 indivíduos (34.4%), seguido por Collembola (8.691; 32.26%), Arachnida (5.249; 19.49%) e Crustacea (2.688; 9.98%) (tabela 02). Quanto à riqueza, Insecta também foi o mais rico (194 spp.), com destaque para as ordens Coleoptera (57 spp.) e Diptera (49 spp.). Araneae (65 spp.), Acari (32 spp.) e Collembola (26 spp.) também tiveram altas riquezas (tabela 2).

Tabela 2 - Composição quantitativa das comunidades de invertebrados cavernícolas nas 40 cavernas amostradas na área de estudo. As linhas destacadas correspondem às espécies troglomórficas (BNA – caverna do Buraco da Nega; CAP – caverna do Arapuá; CBO – caverna Beira-Rio; CBR – caverna do Buraco Redondo; CCT – caverna do Cote; CCR – caverna dos Crotos; CLE – caverna Lapa I/Engano; CRM – caverna da Rumana; CST – caverna da Seta; CTR – caverna do Trapiá; CBP – caverna Boca de Peixe; CBN – caverna da Boniteza; CJC – caverna da Capoeira de João Carlos; CLG – caverna do Lajedo Grande; CMA – caverna do Marimbondo Caboclo/Água; CJV – caverna de Javan; CTA – caverna do Trinta; CBT – caverna do Britador; CCP – caverna dos Cipós; CES – caverna da Escada; FFA – Furna Feia; CLO – caverna do Lago; CEQ – caverna dos Macacos/Esquecida; CPG – gruta do Pinga; CUA – caverna do Urubú, Apodi; CAB – caverna Abissal; CBA – caverna da Bota; CCA – caverna da Carrapateira; CAT – caverna da Catedral; CCS – caverna do Complexo Suiço; CCH – caverna do Chocalho; CDB – caverna da Descoberta; CGE – caverna de Geilson; CPA – caverna do Pau; CRN – caverna da Rainha; CSB – caverna do Sabonte; CTL – caverna dos Três Lagos; TRO – caverna dos Troglóbios; CUF – caverna do Urubu, Felipe Guerra; CVL – caverna do Vale).

	BNA	CAP	CBO	CBR	CCT	CCR	CLE	CRM	CST	CTR	CBP	CBN	CJC	CLG	CMA	CJV	CTA	CBT	CCP	CES	FFA	CLO	CEQ	CPG	CUA	CAB	CBA	CCA	CAT	CCS	CCH	CDB	CGE	CPA	CRN	CSB	CTL	TRO	CUF	CVL					
ARTHROPODA																																													
CHELICERIFORMES																																													
Acari																																													
Ixodida																																													
Argasidae																																													
<i>Ornithodoros</i> sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	1	1	6	-	13	6	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Ornithodoros</i> sp2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Ixodidae																																													
<i>Ixodidae</i> sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Amblyomma</i> sp1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Mesostigmata																																													
<i>Mesostigmata</i> sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Laelapidae																																													
<i>Stratiolaelaps</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-			
Macrochelidae																																													
<i>Macrochelidae</i> sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>Macrochelidae</i> sp10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Melicharidae																																													
<i>Proctolaelaps</i> sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-			
Veigaiidae																																													
<i>Veigaiidae</i> sp1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Macronyssidae																																													
<i>Macronyssidae</i> sp1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	80	21	-	-	-	-	5	37	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>Macronyssidae</i> sp3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	1	-	-
<i>Radfordiella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-		
Opilioacarida																																													
Opilioacaridae																																													

Tabela 2 -Continuação

	BNA	CAP	CBO	CBR	CCT	CCR	CLE	CRM	CST	CTR	CBP	CBN	CJC	CLG	CMA	CJV	CTA	CBT	CCP	CES	FFA	CLO	CEQ	CPG	CUA	CAB	CBA	CCA	CAT	CCS	CCH	CDB	CGE	CPA	CRN	CSB	CTL	TRO	CUF	CVL		
Polydesmida sp4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	5	-	-	2	6	10	-	6	2	-	-	-	30		
Polydesmida sp5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cryptodesmidae																																										
Cryptodesmidae sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	
Chelodesmidae																																										
Chelodesmidae sp1	-	-	-	-	-	2	-	5	4	-	-	-	14	-	8	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chelodesmidae sp2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chelodesmidae sp3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chelodesmidae sp4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chelodesmidae sp5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oniscodesmidae																																										
Oniscodesmidae sp1	-	-	-	-	-	4	-	-	2	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Pyrgodesmidae																																										
Pyrgodesmidae sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polyxenida																																										
Polyxenida sp1	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polyxenida sp2	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	10	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Spirobolida																																										
Rhinocricidae																																										
Rhinocricidae sp1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rhinocricidae sp2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rhinocricidae sp3	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Spirostreptida																																										
Pseudonannolenidae																																										
Pseudonannolenidae sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Pseudonannolenidae sp2	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pseudonannolenidae sp3	-	1	-	-	-	21	1	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	1	-	9	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-
Pseudonannolenidae sp4	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pseudonannolenidae sp5	-	-	-	-	1	6	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pseudonannolenidae sp6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	55	-	2	3	8	-	-	5	1	-	-	-	3	-	-	
Pseudonannolenidae sp7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	
Chilopoda																																										
Geophilomorpha																																										
Geophilomorpha sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Geophilomorpha sp2	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Geophilomorpha sp3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Ballophilidae																																										
Ballophilidae sp2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lithobiomorpha																																										
Lithobiomorpha sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-

Tabela 2 -Continuação

	BNA	CAP	CBO	CBR	CCT	CCR	CLE	CRM	CST	CTR	CBP	CBN	CJC	CLG	CMA	CJV	CTA	CBT	CCP	CES	FFA	CLO	CEQ	CPG	CUA	CAB	CBA	CCA	CAT	CCS	CCH	CDB	CGE	CPA	CRN	CSB	CTL	TRO	CUF	CVL	
Scolopendromorpha																																									
Scolopendromorpha sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
Scolopocryptopidae																																									
Scolopocryptopidae sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dinocryptops</i> sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dinocryptops</i> sp2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dinocryptops</i> sp3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dinocryptops</i> sp4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Scutigermorpha																																									
Scutigeridae sp1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	-	-	-	-	6	-	
Symphyla																																									
Symphyla sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Scolopendrellidae																																									
Scolopendrellidae sp1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	1	1	1	-	-	-	-	
CRUSTACEA																																									
Amphipoda																																									
Amphipoda sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47	-	-		
Amphipoda sp2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
Amphipoda sp3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Amphipoda sp4	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Amphipoda sp6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sebidae																																									
Sebidae sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Isopoda																																									
Isopoda sp1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	21	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-		
Isopoda sp2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Isopoda sp3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	
Armadiliidae																																									
Armadiliidae sp1	1	1	-	15	77	3	15	8	11	96	-	-	8	-	25	-	53	2	-	3	16	3	4	32	-	7	6	19	11	47	-	21	-	-	3	18	22	4	3	30	
Cirolanidae																																									
Cirolanidae sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	
Cirolanidae sp2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	
Cirolanidae sp3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	240	-	
Cirolanidae sp4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cirolanidae sp5	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cirolanidae sp6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	438	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Plathyarthridae																																									
<i>Trichorhina</i> sp1	3	-	3	12	-	1	-	20	1	117	7	1	-	41	3	1	47	-	-	-	16	-	1	-	-	-	-	38	116	1	48	4	5	86	-	-	206	1	114		
<i>Trichorhina</i> sp2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	
Styloniscidae																																									

Tabela 2 -Continuação

	BNA	CAP	CBO	CBR	CCT	CCR	CLE	CRM	CST	CTR	CBP	CBN	CJC	CLG	CMA	CJV	CTA	CBT	CCP	CES	FFA	CLO	CEQ	CPG	CUA	CAB	CBA	CCA	CAT	CCS	CCH	CDB	CGE	CPA	CRN	CSB	CTL	TRO	CUF	CVL		
<i>Arrhopalites</i> sp1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Arrhopalites</i> sp3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dicyrtomidae																																										
<i>Dicyrtoma</i> sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sminthuridae																																										
<i>Allacma</i> sp1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Temeritas</i> sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Temeritas</i> sp2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Temeritas</i> sp4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	
Diplura																																										
Diplura sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
Diplura sp2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	
Campodeidae																																										
Campodeidae sp1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Japygidae																																										
Japygidae sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	
Japygidae sp2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Insecta																																										
Archaeognatha (Microcoryphia)																																										
Meinertellidae																																										
Meinertellidae sp1	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Blattodea																																										
Blattodea sp1	1	101	-	10	-	-	-	3	-	14	5	185	1	-	12	3	3	-	-	-	4	1	4	62	2	7	-	3	89	1	54	-	2	57	5	-	-	-	-	31		
Blattodea sp2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Coleoptera																																										
Coleoptera Larva - sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	2	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	2	-	1	-	-	-	-	-	7		
Carabidae																																										
Carabidae sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Carabidae sp4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Carabidae sp5	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Carabidae sp8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	3	-	-	-	-	-	1	-		
Carabidae sp9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Carabidae sp10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	9	-	-	-	-	-			
Carabidae sp11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-			
Carabidae sp12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Curculionidae																																										
Curculionidae sp1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Dytiscidae																																										
Dytiscidae sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Dytiscidae sp2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-		

Seguem informações sobre os grupos mais bem distribuídos (presentes em mais de metade das cavernas amostradas):

Insetos foram encontrados em todas as cavernas amostradas, com destaque para as ordens Ensifera (38 cavernas), Hymenoptera (36), Diptera (34), Hemiptera (34), Lepidoptera (30), Blattodea (25) e Psocoptera (24), encontradas em mais da metade das cavernas amostradas. Destaque para *Endecous* sp. (Ensifera: Phalangopsidae), encontrado em 38 cavernas (também com uma alta abundância, tendo sido observados 2.556 indivíduos) e *Lutzomyia* sp. (Diptera: Psychodidae), encontrado em 21 cavernas;

Araneae foram encontrados em todas as 40 cavernas, com destaque para as famílias Pholcidae (39 cavernas), Sicariidae (34), Scytodidae (32) e Ctenidae (22); Destaque para *Scytodes* sp. (Scytodidae, 32 cavernas, 326 indivíduos), *Mesabolivar* sp. (Pholcidae, 31 cavernas, 317 indivíduos), *Loxosceles* sp. (Sicariidae, 26 cavernas, 416 indivíduos) e *Sicarius tropicus* (Sicariidae, 24 cavernas, 271 indivíduos). Amblypygi foram encontrados em 38 cavernas, com destaque para *Heterophrynus* sp. (Phrinidae, 261 indivíduos) em 31 cavernas e *Charinus* sp. (Charinidae, 172 indivíduos) em 30 cavernas. Outras ordens com ampla distribuição foram Schizomida (Hubbardiidae: *Rowlandius* sp., presente em 29 cavernas, tendo sido observados 509 indivíduos), Pseudoscorpiones (31 cavernas), Opiliones (29 cavernas) e Acari (24 cavernas);

Quanto a Entognatha, Diplura foram raros. Collembola foram encontrados em 39 cavernas, com destaque para a família Paronellidae (Entomobryomorpha) com o gênero *Campylothorax* sp. (39 cavernas, 7.064 indivíduos contabilizados);

Myriapoda estiveram presentes em 36 cavernas, com destaque para Diplopoda, presente em 33 cavernas, sendo as ordens Polydesmida (24 cavernas) e Spirostreptida (família Pseudonannolenidae - 21 cavernas) as mais bem distribuídas;

Quanto a Crustacea, Isopoda foram encontrados em 38 cavernas, sendo as famílias Armadiliidae (30 cavernas) e Plathyarthridae (*Trichorhina* sp., 26 cavernas, 893 indivíduos) as mais bem distribuídas;

Quanto aos outros filós, Annelida (Oligochaeta) foram encontrados em 23 cavernas e Mollusca (Gastropoda) em 29 cavernas, sendo que indivíduos da ordem Pulmonata foram encontrados em 28 cavernas.

Salienta-se que as baixas riqueza e abundância, relativamente, de grupos normalmente muito abundantes entre a fauna de solo, como Acari, deve-se provavelmente

à metodologia de empregada (coleta ativa, visual). Tal observação deve ser igualmente válida para outros grupos também normalmente abundantes e de tamanho corporal muito reduzido.

Vale salientar a presença, em cavernas amostradas no presente estudo, de grupos taxonômicos relativamente raros na Caatinga e em cavernas brasileiras, como Opilioacaridade (Acari), Embioptera e Schizomida (Hubbardiidae: *Rowlandius* sp.), este último bem distribuído nas cavernas da região.

A riqueza média observada foi de $38,23 \pm 13,83$ espécies por caverna, a abundância média foi de $597,75 \pm 422,99$ indivíduos, o valor médio para a equitabilidade foi de $0,655 \pm 0,13$, já quanto à diversidade o valor médio foi $2,35 \pm 0,54$, enquanto o valor médio para o ICE foi de $1,336 \pm 0,886$ (tabela 3).

Tabela 3 - Índices biológicos das cavernas da área de estudo (S – Riqueza de Espécies, N – Abundância, J' – Equitabilidade, H' – Diversidade e ICE – Índice de Complexidade Ecológica em Cavernas). Também são apresentados os valores, para cada cavidade amostrada, da cobertura florestal no entorno de 250m (%CF250), 500m (%CF500) e 1000m (%CF1000), além do número de espécies troglomórficas (NT) e da variedade de recursos (VR).

Caverna	S	N	J'	H'	ICE	%CF250	%CF500	%CF1000	NT	VR
Buraco da Nega	32	324	0.772	2.676	1.06	75.56	56.46	61.58	0	2
Caverna do Arapuá	34	972	0.5235	1.846	0.82	12.88	33	44.73	1	5
Caverna Beira-Rio	33	151	0.8011	2.801	0.35	41.26	54.4	66.09	0	4
Caverna do Bruraco Redondo	26	416	0.5481	1.786	1.35	44.18	46.59	50.3	1	5
Caverna do Cote	24	357	0.7208	2.291	1.2	59.47	48.56	57.73	0	4
Caverna dos Crotes	77	742	0.7043	3.059	4.48	32.74	43.47	54.72	9	11
Lapa I/Engano	37	755	0.5633	2.034	1.24	58.71	53.6	57.62	2	5
Caverna da Rumana	49	331	0.7787	3.031	2.14	50.3	57.67	63.85	2	7
Caverna da Seta	29	165	0.7239	2.438	0.9	68.26	72.1	61.38	2	3
Caverna do Trapiá	36	1579	0.7142	2.559	1.2	46.44	59.65	75.59	1	7
Caverna da Boca de Peixe	42	445	0.7779	2.908	1.45	87.47	87.87	66.69	5	5
Caverna da Boniteza	35	404	0.6233	2.216	1.34	56.88	51.34	57.29	1	4
Cav. Capoeira de João Carlos	69	992	0.5827	2.467	2.4	83.77	93.48	90.93	1	8
Caverna do Lajedo Grande	37	557	0.6408	2.314	1.39	80.11	80.95	92.64	1	4
Cav. Marimbondo Caboclo/Água	66	580	0.8182	3.428	3.84	71.63	76.94	73.92	6	8
Caverna de Javan	39	302	0.6941	2.543	1.4	67.54	46.16	61.47	0	4
Caverna do Trinta	49	1235	0.5977	2.326	2.21	77.74	57.46	59.22	1	8
Caverna do Britador	50	393	0.6365	2.49	1.9	95.27	99.07	98.19	0	5
Caverna dos Cipós	38	280	0.7265	2.643	1.7	79.48	95.17	98.77	0	4
Caverna da Escada	39	236	0.7903	2.895	1.84	91.26	96.97	94.61	1	3
Furna Feia	61	1895	0.5843	2.402	2.3	71.12	88.13	94.21	3	10
Caverna do Lago	33	706	0.4514	1.578	1.13	42.87	78.81	87.4	5	6
Caverna dos Macacos/Esquecida	42	269	0.8071	3.017	1.63	69.1	85.31	90	1	4
Gruta do Pinga	31	382	0.6266	2.152	0.53	67.9	84.73	88.86	1	3
Caverna do Urubú (Apodi)	8	38	0.6816	1.417	0.05	42.19	44.19	43.23	0	1

Tabela 3 – Continuação.

Caverna	S	N	J'	H'	ICE	%CF250	%CF500	%CF1000	NT	VR
Caverna Abissal	24	168	0.766	2.435	0.6	44.43	46.86	54.37	4	4
Caverna da Bota	23	807	0.3491	1.095	0.18	65.92	64.41	38.09	1	4
Caverna da Carrapateira	47	1045	0.6079	2.34	1.51	25.11	39.29	50.18	3	8
Caverna da Catedral	27	759	0.6648	2.191	1.21	44.81	47.55	55.93	0	5
Caverna do Complexo Suíço	54	334	0.7822	3.12	1.83	33	41.43	53.2	2	7
Caverna do Chocalho	39	469	0.7253	2.657	1.11	16.49	43.42	50.74	2	4
Caverna da Descoberta	38	647	0.5948	2.164	1.23	49.82	46.1	54.97	1	7
Caverna de Geilson	34	286	0.7252	2.557	0.97	50	47.4	44.17	1	3
Caverna do Pau	32	772	0.6842	2.371	1.18	72	61.47	44.27	0	4
Caverna da Rainha	28	184	0.7364	2.454	0.72	58.94	67.73	79.26	5	8
Caverna do Sabonete	25	198	0.7979	2.568	1.01	65.41	38.94	36.7	0	5
Gruta dos Três Lagos	32	1010	0.625	2.166	1.2	70.69	59.59	43.37	7	7
Gruta dos Troglóbios	20	278	0.2559	0.7667	0.05	34.83	46.31	55.38	11	3
Caverna do Urubú (Felipe Guerra)	38	1209	0.5571	2.026	0.72	74.42	68.19	70.88	1	6
Caverna do Vale	52	1238	0.4504	1.78	0.76	13.19	39.79	45.78	1	6

Em relação à similaridade faunística, os valores variaram de 0 a 48,66, não sendo possível observar a ordenação clara de grupos ou discontinuidades. No entanto, deve-se ressaltar que a caverna do Urubu, em Apodi, e a gruta dos Troglóbios, em Felipe Guerra, se destacam do conjunto geral. Ambas apresentam comunidades totalmente distintas, a primeira destaca-se pela baixa riqueza (8 espécies) e a segunda pelo alto número de espécies troglóbias (11 espécies) em relação à riqueza total da caverna (20).

3.2. Relações entre as variáveis bióticas e ambientais

A variedade de recursos (VR) foi a variável que melhor explicou a estrutura da comunidade de invertebrados cavernícolas da área de estudo, seguida pela cobertura florestal do entorno (1000m) e pela área da caverna; essas variáveis também compuseram as melhores combinações. De maneira geral, a variedade de recursos, a cobertura florestal do entorno (1000m), a área da caverna e a área das entradas (e suas combinações) foram as variáveis que melhor explicaram tanto a comunidade total de invertebrados, como as comunidade dos grupos taxonômicos analisadas, as comunidades de troglóbios e as comunidades nos dois aglomerados de cavernas identificados (tabela 4).

Tabela 4 - Análise Bio-Env mostrando as associações entre as variáveis ambientais (VR – Variedade de recursos; CF1000 - Cobertura florestal no entorno de 1000m; CF500 – Cobertura florestal no entorno de 500m; AC – Área da caverna; AE – Área das entradas) e estrutura da comunidade de invertebrados nas 40 cavernas amostradas, os cinco grupos taxonômicos mais abundantes, os troglóbios e os dois maiores aglomerados de cavernas presentes na área de estudo.

Taxa	Melhor	R	2ª Melhor	R	Melhor combinação	R
Todos - 40 cavernas	VR	0.25	CF1000	0.16	CF1000,VR	0.34
Arachnida	VR	0.23	AC	0.08	CF1000,VR	0.23
Myriapoda	CF1000	0.14	CF500	0.11	CF1000	0.14
Crustacea	CF1000	0.09	AE	0.04	AE, CF1000	0.12
Entognatha	AC	0.12	VR	0.10	AC,AE,CF1000,VR	0.18
Insecta	VR	0.21	AC	0.15	CF1000,VR	0.28
Troglóbios	CF1000	0.25	CF500	0.06	CF1000	0.25
Todos - 1º aglomerado	VR	0.15	CF1000	0.06	AE,CF1000,VR	0.18
Todos - 2º aglomerado	CF1000	0.50	CF500	0.40	CF1000,VR,AC	0.80

3.3. Diversidade de espécies troglóbias

Foram encontradas 59 espécies troglomórficas, distribuídas em 31 das 40 cavernas amostradas (tabela 2). Vale salientar que, apesar de indivíduos de todas as espécies terem sido enviados a especialistas, nenhuma ainda está oficialmente descrita. A figura 2 mostra algumas das espécies encontradas.

As cavernas com o maior número de espécies troglomórficas foram a gruta dos Troglóbios (11 espécies), seguida pela caverna dos Crotos (oito espécies) e pela gruta dos Três Lagos (sete espécies), todas em Felipe Guerra; cinco espécies troglomórficas foram encontradas na caverna do Marimbondo Caboclo/Água (Gov. Dix-Sept Rosado), na caverna da Rainha (Felipe Guerra) e na caverna do Lago (Baraúna); a caverna da Boca de Peixe (Gov. Dix-Sept Rosado) e a caverna Abissal (Felipe Guerra) possuem quatro espécies, enquanto três espécies foram encontradas na Furna Feia (Baraúna) e gruta da Carrapateira (Felipe Guerra); as cavernas Lapa I/Engano, da Rumana, do Complexo Suiço, da Seta, e do Chocalho, todas em Felipe Guerra, possuem duas espécies troglomórficas; as cavernas onde apenas uma espécie troglomórfica foi encontrada são a caverna dos Macacos/Esquecida, gruta do Pinga e caverna da Escada, em Baraúna, caverna do Trinta, em Mossoró, caverna da Capoeira de João Carlos, da Boniteza e do Lajedo Grande, em Gov. Dix-Sept Rosado e as cavernas do Urubú, do Pau, do Geilson, do Arapuá, do Buraco Redondo, da Bota, da Descoberta, do Vale e do Trapiá, em Felipe Guerra.

Entre os grupos taxonômicos, Crustacea apresentou 18 espécies troglomórficas, sendo nove de Isopoda (destaque para a família Cirolanidae, com seis espécies de pelo

menos dois gêneros), seis de Amphipoda, duas de Copepoda e uma de Ostracoda; Entognatha apresentou 16 espécies, sendo 13 de Collembola (destaque para a família Paronellidae, com seis espécies do gênero *Troglobius*) e três de Diplura; Arachnida apresentou 10 espécies (sete de Araneae e 1 de Acari, Opiliones e Pseudoscorpiones); Myriapoda apresentou sete espécies, sendo duas de Diplopoda (Polydesmida), três de Scolopendromorpha e uma de Lithobiomorpha; Insecta apresentou quatro espécies (duas de Coleoptera e duas de Hemiptera); Turbellaria apresentou três espécies e duas espécies foram encontradas para Oligochaeta.

Neste estudo apenas uma das espécies troglomórficas foi considerada como tendo ampla distribuição. Os Hemípteros da família Kinnaridae foram encontrados em 13 cavernas nos municípios vizinhos de Felipe Guerra e Governador Dix-Sept Rosado, e não foi possível diferenciar as populações morfologicamente, de forma que foram consideradas uma única morfoespécie.

Figura 02. Espécies troglomórficas encontradas nas cavernas da área de estudo: a, b e c – Cirolanidade (Isopoda), d, e, f – Amphipoda, g – Amphipoda: Sebidae, h – Calabozoidea, i – Kinnaridae (Hemiptera), j – Carabidae (Coleoptera), l – *Dinocryptops* (Scolopendromorpha), m – araneae, n – *Limnohalacarus* (Acari – Halacaridae), o – Pholcidae (Araneae), p – Styloniscidae (Isopoda), q - *Arrhopalites* (Collembola – Arrhopalitidae), r – *Troglobius* (Collembola – Paronellidae)



(Fotos: a, b, c, e, f, g, h, i, p – Rodrigo Lopes Ferreira; d, i, m, n, o, q, r – Diego Bento).

4. DISCUSSÃO

4.1. Composição, riqueza, complexidade e distribuição de invertebrados

A maior parte dos estudos bioespeleológicos já desenvolvidos no mundo se concentram na Europa e América do Norte, em virtude da existência de grandes áreas cársticas e do próprio contexto histórico. No entanto, estudos em regiões tropicais têm revelado uma alta diversidade de espécies associadas aos ambientes subterrâneos (Chapman, 1980; Culver & Sket, 2000; Deharveng & Bedos, 2000; Gnaspini & Trajano, 1994; Howarth, 1973; Humphreys, 1993). Embora o número de espécies troglóbias conhecidas até o momento seja significativamente maior nas altas latitudes do hemisfério norte, isso provavelmente resulta de uma quantidade maior de estudos bioespeleológicos nessas regiões, de forma que essa diferença tende a diminuir à medida que os investimentos em pesquisas no campo da biologia subterrânea aumentem (Romero, 2009; Trajano, 2004).

Em relação ao número total de espécies observadas, a área do presente estudo apresentou alta riqueza tendo em vista a pequena área das cavernas da região quando comparadas a outras áreas cársticas do país. No entanto, tais comparações são limitadas pelo emprego de métodos distintos no acesso à biodiversidade subterrânea (Gnaspini et al., 1994; Jordão-Silva, 2006; Pinto-da-Rocha, 1994; Trajano, 2000).

Considerando levantamentos utilizando a mesma metodologia empregada no presente estudo, Souza-Silva (2008) encontrou 1.938 espécies em 103 cavernas distribuídas ao longo de todo o bioma Mata Atlântica, incluindo cavernas de amplas dimensões. Zampaulo (2010), em um inventário em 167 cavernas na região de Arcos, Pains e Doresópolis (MG), localizada no bioma Cerrado, encontrou 1.574 espécies. Atualmente as Grutas do Janelão (275 spp. – Minas Gerais), de Maquiné (177 spp. – Minas Gerais), do Brejal (171 spp. – Minas Gerais), o Sistema Areias (118 spp. - São Paulo) e a Gruta Lapão de Santa Luzia (107 spp. - Bahia) representam as maiores riquezas registradas para as cavernas brasileiras (Ferreira, 2003; Souza-Silva, 2008; Trajano, 2007). Tais cavernas, no entanto, possuem grande extensão (à exceção da gruta de Maquiné), além de terem sido inventariadas em mais de um episódio de coleta (à exceção da gruta Lapão de Santa Luzia). Considerada a riqueza média, no entanto, as cavernas amostradas no presente estudo têm valor similar ao encontrado por Zampaulo (2010) ($35 \pm 19,1$ espécies por caverna).

A riqueza observada para algumas cavernas como a caverna dos Crotos, caverna da Capoeira de João Carlos, caverna do Marimbondo Caboclo/Água e Furna Feia, entre outras,

pode ser resultado da influência de comunidades para-epígeas, que são aquelas compostas por um conjunto de espécies que se distribuem preferencialmente em regiões próximas às entradas das cavernas (Ferreira & Martins, 2001), em virtude da alta conectividade (número e área das entradas) com o ambiente epígeo (característica comum na região). Historicamente, tais comunidades são excluídas dos estudos bioespeleológicos por abrigarem uma ampla diversidade de animais que teoricamente não apresentam forte associação com o meio hipógeo (Chapman, 1994). Nestas regiões, é comum a ocorrência de espécies epígeas e hipógeas, mas também espécies exclusivas deste ambiente de transição podendo apresentar importantes funções ecológicas (Prous et al., 2004). Desta forma, tais espécies não somente contribuem para um aumento na riqueza observada nas cavernas estudadas, mas podem possuir um papel importante no funcionamento dos sistemas.

Apesar dos índices de diversidade serem ainda pouco utilizados nos estudos bioespeleológicos brasileiros, os valores aqui observados nos permitem verificar que algumas cavernas amostradas na região apresentaram elevados valores quando comparados a cavernas de outras regiões do país (Jordão-Silva, 2006; Souza-Silva, 2008; Zampaulo & Ferreira, 2009). Souza-Silva (2008), por exemplo, em inventários em 103 cavernas no Bioma Mata Atlântica, encontrou valores de diversidade que variaram de 0,62 a 3,15, enquanto Zampaulo (2010), para 167 cavernas em MG (cerrado), encontrou valor médio de $2,46 \pm 0,51$, valores compatíveis com os observados no presente estudo.

Vale destacar ainda, que estes resultados de diversidade, assim como a riqueza média observada no presente estudo, podem ser utilizados como um referencial importante pelos órgãos ambientais para análise de processos de licenciamento ambiental na região.

Com relação à complexidade ecológica (ICE), Ferreira (2004) sugere a adoção de categorias de complexidade. Valores de complexidade inferiores a 0,50 referem-se a cavidades que têm um número reduzido de espécies com populações de distribuição disjunta, o que resulta em um número reduzido de interações potenciais. Estes valores seriam considerados como baixos valores de complexidade; cavidades com valores de 0,50 a 1,50 seriam caracterizadas de moderada complexidade e nestas observa-se uma tendência à riqueza moderada, mas também à distribuição disjunta das populações que nelas ocorrem, ainda gerando um quadro de baixo número potencial de interações; cavidades com valores de 1,51 a 3,00 seriam consideradas de elevada complexidade, onde a riqueza tende a ser elevada, mas os valores de equitabilidade ou da distribuição espacial das populações variam

(embora tendam também a ser elevados), situação que favorece encontros entre indivíduos e conseqüentemente amplia as chances de interação entre as diferentes espécies, o que resulta no aumento da complexidade; finalmente, cavidades com valores superiores a 3,01 seriam consideradas de extrema complexidade, pois conciliam elevada riqueza de espécies, valores medianos de equitabilidade e baixos valores de VMDP (muitas espécies bem distribuídas pela cavidade), onde encontros interespecíficos e interações são freqüentes, o que eleva consideravelmente número potencial de interações que ocorrem no sistema.

Seguindo esta metodologia, Ferreira (2004) inventariou 113 cavidades, sendo 107 no Estado de Minas Gerais e seis na Espanha. Os valores de complexidade variaram de 0,007 (tubo de lava Cueva de Los Roques – Tenerife, Ilhas Canárias) até 5,199 (gruta calcária do Janelão – Januária/Itacarambi, MG, Brasil), sendo 38 cavidades consideradas de baixa complexidade, 52 de moderada complexidade, 15 de elevada complexidade e somente 8 de complexidade extrema. No presente estudo os valores do ICE variaram de 0,05 (caverna do Urubu, Apodi, e gruta dos Troglóbios, em Felipe Guerra) a 4,48 (caverna dos Crotos, em Felipe Guerra), sendo cinco cavernas classificadas como de baixa complexidade, 23 de moderada complexidade, 10 de elevada complexidade e duas de extrema complexidade, valores, portanto, compatíveis com aqueles encontrados por Ferreira (2004).

As análises de similaridade não permitiram a ordenação clara de grupos ou descontinuidades, o que indica que, de modo geral, os grupos taxonômicos não estão distribuídos preferencialmente por determinadas regiões e deve-se considerar toda a área de estudo como “homogênea” em termos de composição faunística. Tal condição já era esperada, uma vez que cavernas geograficamente próximas podem apresentar uma baixa similaridade biológica tendo em vista que as condições físicas e tróficas, além de particularidades de cada caverna, são determinantes na composição e estrutura das comunidades cavernícolas (Culver, 1982), como foi verificado nas outras análises realizadas neste estudo. Este padrão também foi observado em outros estudos (Souza-Silva, 2008; Zampaulo, 2010).

Mais uma vez salienta-se que a caverna do Urubu, em Apodi, e a gruta dos Troglóbios, em Felipe Guerra, se destacam do conjunto geral. Ambas apresentam comunidades totalmente distintas, a destaca-se primeira pela baixa riqueza (8 espécies) e a segunda pelo alto número de espécies troglóbias (11 espécies) em relação à riqueza total da caverna (20).

4.2. Relações entre as variáveis bióticas e ambientais

A análise Bio-Env demonstrou que a variedade de recursos, cobertura florestal do entorno (1000m e 500m), área da caverna e área das entradas foram as variáveis que, sozinhas ou combinadas, melhor explicaram a estrutura das comunidades de invertebrados cavernícolas da região, seja a comunidade de maneira geral, dos principais grupos taxonômicos ou dos aglomerados analisados. Esses resultados indicam que a área de influência sobre o patrimônio espeleológico, indicada pela legislação atual (CONAMA, 2004), não é coerente com a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas subterrâneos.

A importância da área das cavernas e das entradas era esperada, uma vez que cavernas maiores tendem a ser geomorfologicamente mais heterogêneas, o que provavelmente resulta em aumento da quantidade de micro-habitats para a fauna, bem como podem apresentar uma maior quantidade de recursos alimentares (Christman & Culver, 2001; Ferreira, 2004); as entradas, por sua vez, representam uma importante via para colonização e importação de recursos para o ambiente subterrâneo (Ferreira, 2004). Da mesma forma, a importância da cobertura florestal do entorno e da variedade de recursos seguem a mesma linha de raciocínio, tendo em vista a dependência da importação de recursos do ambiente epígeo.

4.3. Diversidade de espécies troglóbias

Existem inúmeros registros de espécies de invertebrados troglomórficos pelo país e, apesar de sobreposições entre estes registros, podemos citar como exemplo a ocorrência de 165 espécies para o estado de Minas Gerais, 180 espécies para cavernas inseridas no bioma de Mata Atlântica e 102 espécies para cavernas localizadas no bioma Caatinga (Ferreira et al., 2009; Prous & Ferreira, 2009; Souza-Silva, 2008). Em revisão sobre a fauna cavernícola brasileira, Pinto-da-Rocha (1995) reuniu informações sobre a ocorrência de 97 espécies de invertebrados troglomórficos, dos quais apenas 20 espécies apresentavam-se oficialmente descritas. Desta forma, a riqueza de troglóbias observada no presente estudo representa uma parcela significativa da quantidade de espécies troglóbias atualmente conhecidas para o país, principalmente se levada em consideração a reduzida área geográfica e pequena quantidade de cavernas amostradas (levando-se em consideração o universo de cavernas brasileiras), sendo que nenhuma espécie encontra-se oficialmente descrita.

Tal situação deve ser considerada como um indicativo importante de que a fauna troglóbia brasileira encontra-se ainda extremamente subestimada e que esforços para a descrição de novas espécies devem ser considerados emergenciais (Ferreira et al., 2009).

Atualmente o Sistema Areias (composto pelas Cavernas Areias de Cima e Areias de Baixo e pela Ressurgência das Areias das Águas Quentes) com 20 espécies, localizado na área cárstica do Vale do Ribeira (SP), e a Gruta Mina do Pico- 08 com 15 espécies, localizada no quadrilátero ferrífero em Minas Gerais, representam as maiores concentrações de espécies troglomórficas conhecidas para o Brasil (Ferreira, 2005; Trajano, 2007). Para a região Nordeste, Souza-Silva (2008) encontrou 18 espécies troglomórficas distribuídas em 10 cavernas na Província Cárstica do Rio Pardo, 13 espécies em 12 cavernas na Chapada Diamantina e nove espécies em oito cavernas na Serra do Ramalho, todas regiões na Bahia. Em cavernas da Caatinga, a Toca do Gonçalo (município de Campo Formoso/BA) é a caverna com a maior quantidade de espécies troglóbias (Ferreira, comunicação pessoal), com 12 espécies. Desta forma, os resultados aqui apresentados, com destaque para a gruta dos Troglóbios (11 espécies), caverna dos Crotes (oito espécies) e a gruta dos Três Lagos (7 espécies), apresentam-se como de extrema relevância nesse contexto.

Com relação ao número total de troglóbios por região, a região do quadrilátero ferrífero (MG) tem atualmente conhecidas 50 espécies troglomórficas e para a Província Cárstica do Açungui são conhecidas 62 espécies sendo, esta última, protegida por um mosaico de unidades de conservação e acumula aproximadamente 30 anos de pesquisas sistemáticas na região (Pinto-da-Rocha, 1995). Zampaulo (2010) analisou informações sobre inventários em 296 cavernas na região de Arcos, Pains e Doresópolis (MG), bioma Cerrado, e encontrou 79 espécies troglomórficas (0,27 sp/caverna); Souza-Silva (2008) inventariou 103 cavernas na mata atlântica e identificou 93 espécies troglomórficas (0,90 sp/caverna); Ferreira (2004) identificou 43 espécies troglomórficas em 107 cavernas em Minas Gerais (0,40 sp/caverna). No presente estudo foram identificadas 59 espécies troglomórficas em 40 cavernas inventariadas (1,475 spp/caverna), dados mais parecidos com os de áreas inventariadas por Clarke (1988), que relatou a presença de 643 espécies de invertebrados troglóbios em 492 cavernas calcárias da Tasmânia (1,3 spp/caverna), e por Sharratt et al. (2000), que relataram a ocorrência de 85 espécies troglóbias em 80 cavernas quartzíticas localizadas no sul da África (1,06 spp/caverna). No entanto, Peck (1992) relatou a presença

de 250 espécies em 54 cavernas do Alabama, EUA (4,6 spp/caverna), números bem superiores aos relatados neste estudo.

Entretanto, é preciso ressaltar que a quase totalidade das espécies reconhecidas como troglomórficas no Brasil compreendem provavelmente os chamados “troglóbios avançados”, que já colecionam modificações morfológicas obtidas ao longo da evolução em isolamento em habitats subterrâneos (Ferreira et al., 2009). No entanto, o conceito de troglóbio refere-se à ocorrência restrita em habitats subterrâneos, e não a quaisquer modificações morfológicas que eventualmente podem possuir. Sendo assim, podem existir espécies troglóbias na área estudada que não apresentam troglomorfismos evidentes e que, por desconhecimento da efetiva constituição da fauna epígea, não foram consideradas troglóbias, já que não é possível definir se ocorrem ou não exclusivamente no meio subterrâneo.

Em muitas partes do mundo conhecem-se grupos com inúmeras espécies troglóbias que não apresentam troglomorfismo evidente, sendo chamados de “troglóbios recentes”, como o caso de muitas espécies de coleópteros Cholevidae e Carabidae presentes em cavernas do carste Dinárico (Zagmajster et al., 2008). Desta forma, comparações ainda são muito limitadas sendo fundamental a realização de inventários faunísticos, especialmente de invertebrados, em porções epígeas da região, para que se conheça a constituição dos táxons externos e seja possível, com isso, ter um diagnóstico mais confiável das espécies efetivamente troglóbias. Mesmo assim, o registro de 59 espécies troglomórficas para a região estudada se traduz em uma das principais concentrações de espécies troglóbias do país, principalmente levando-se em consideração o número de espécies por caverna.

Algumas espécies troglóbias, no entanto, merecem destaque: Os isópodes da famílias Cirolanidae estão amplamente distribuídos na área de estudo, tendo sido identificados nos municípios de Felipe Guerra, Governador Dix-Sept Rosado e Baraúna e compreendem pelo menos dois novos gêneros e provavelmente seis espécies distintas. Tais organismos podem ser consideradas relictos oceânicos, tendo em vista que aparentemente evoluíram a partir de ancestrais marinhos confinados no ambiente subterrâneo após eventos de introgressão e posterior regressão oceânica. Até então, não eram conhecidas no país, quaisquer espécies que correspondessem a relictos oceânicos (Ferreira et al., 2010). Estas espécies advêm de grupos cuja distribuição é predominantemente marinha e inúmeras espécies troglóbias são conhecidas no mundo, sendo a maioria delas relictos oceânicos (Holsinger et al., 1994).

Globalmente, tais organismos apresentam diversidade elevada se comparada a outros grupos de invertebrados aquáticos troglóbios (estigobiontes). Existem atualmente descritas 86 espécies distribuídas em 21 gêneros somente nesta família (Kensley et al., 2007). As regiões no mundo onde existem as maiores concentrações de cirolanídeos troglóbios compreendem o noroeste do Atlântico, que corresponde ao Caribe e a região continental adjacente (México e sudoeste dos Estados Unidos) e as regiões continentais e insulares do Mediterrâneo (Europa e norte da África) (Bruce & Humphreys, 1993; Bruce, 2008). Os cirolanídeos encontrados em cavernas do Rio Grande do Norte compreendem os primeiros registros de organismos troglóbios desta família no Brasil, e o segundo registro na América do Sul, o que denota sua extrema importância (Ferreira et al., 2010).

Além dos isópodes, anfípodes e turbelários também podem compreender relictos oceânicos (Ferreira et al., 2010). Em virtude de sua ampla distribuição pelo carste local, este contexto tem um desdobramento importante em relação à conservação e à aplicação da atual legislação que trata do patrimônio espeleológico (Brasil, 2008; MMA, 2009). Tal legislação prevê que cavernas com ocorrência de troglóbios relictos, filogenéticos ou geográficos devem ser incluídas como de máxima relevância, o que impossibilita impactos negativos irreversíveis (como sua supressão para fins econômicos).

Outra população que merece destaque é a de Hemípteros Kinnaridae, que compreendem o primeiro registro de organismos troglóbios desta família na América do Sul. Há somente quatro espécies troglóbias desta família no mundo, três delas na Jamaica e uma no México (Ferreira et al., 2010). As populações encontradas estão amplamente distribuídas em cavernas dos municípios de Felipe Guerra e Gov. Dix-Sept Rosado e são morfologicamente indistinguíveis, sendo aqui consideradas como uma única espécie amplamente distribuída, condição talvez explicada pela existência de uma alta conectividade entre as cavernas da região que permita a circulação destes organismos pelo ambiente subterrâneo, sendo provável que tal dispersão ocorra pelo Meio Subterrâneo Superficial (MSS), como observado para várias espécies troglóbias em diferentes regiões do mundo (Juberthie et al., 1980; Juberthie, 2000).

As cavernas da área do estudo apresentam-se de maneira superficial estando muitas vezes em contato com solos rasos, sendo possível encontrar em muitas cavidades, a presença de sistemas radiculares bem desenvolvidos. Tal condição talvez favoreça o trânsito

e dispersão das espécies troglóbias entre os diferentes horizontes do ambiente subterrâneo através do Meio Subterrâneo Superficial.

Tanto em rochas carbonáticas como em outras litologias, a descoberta de espécies (principalmente coleópteros) distribuídas pelo MSS são cada vez mais freqüentes (Juberthie et al., 1980; Juberthie, 2000). Nestes casos, flutuações climáticas ao longo do ano podem influenciar a distribuição populacional destes organismos entre estes ambientes (Howarth, 2001; Racovitza, 1983). Em cavernas da Romênia (Montes Apuseni) vários estudos com coleópteros (Cholevidae: Bathyscinae) têm demonstrado a existência de uma continuidade entre as cavernas e o MSS (Racovitza, 1983). No Brasil, os sistemas subterrâneos associados aos campos ferruginosos possuem como uma de suas principais características a existência de uma grande quantidade de canalículos que formam uma extensa rede de espaços intersticiais (meso e microcavernas) conectados às macrocavernas que também funcionam como vias de colonização e dispersão de inúmeros organismos no ambiente subterrâneo (Ferreira, 2005). Tal característica não é exclusiva dos sistemas ferruginosos podendo ocorrer também em diferentes litologias como os tubos de lava (Howarth, 2001; Racovitza, 1983) e é provável que este sistema de meso e microcavernas também ocorra na região e seja utilizado para a dispersão de organismos entre as cavernas.

A maioria dos troglóbios encontrados apresentou um padrão comum de distribuição, sendo endêmicas a uma caverna ou um sistema (Decu & Juberthie, 1998; Holsinger, 2000). Até mesmo populações de espécies pertencentes a um mesmo gênero, como o *Collembola Troglobius* sp. (Paronellidae), amplamente distribuído, foram identificadas como espécies distintas, no caso seis espécies (provavelmente todas novas para a ciência), cada uma endêmica de uma única caverna ou duas cavernas próximas (ex.: as populações da caverna do Pau e da gruta dos Três Lagos, em Felipe Guerra, pertencem a uma espécie diferente daquela presente nas cavernas Boniteza e da Boca de Peixe, em Gov. Dix-Sept Rosado).

Desta forma, a região do presente estudo mostra-se como uma das mais relevantes do ponto de vista bioespeleológico no cenário nacional. Com riqueza, diversidade e complexidade comparáveis a outras regiões cársticas e pseudocársticas brasileiras e destacando-se pela quantidade e concentração de espécies troglóbias, inclusive com as únicas espécies de troglóbios consideradas como relictos oceânicos no país.

5. REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto n. 6.640, de 7 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. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 nov. 2008.

BRUCE, N. New species and a new genus of Cirolanidae (Isopoda: Cymothoidea: Crustacea) from groundwater in calcretes in the Pilbarra, northern Western Australia. **Zootaxa** 1823: 51–64, 2008.

BRUCE, N. L., HUMPHREYS W. F. *Haptolana pholeta*, sp. nov., The First Subterranean Flabelliferan Isopod Crustacean (Cirolanidae) from Australia. **Invertebrate Taxonomy**, 7, 875-84, 1993.

CECAV/ICMBio - Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. **Base de Dados Geoespacializados de Cavidades Naturais Subterrâneas do CECAV, situação em 01/09/2008**. Disponível em <http://www.ibama.gov.br/cecav/index.php?id_menu=228>. Acesso em 05 set. 2008.

CHAPMAN, P. The biology of caves in the Gunung Mulu National Park, Sarawak. **British Cave Research Association Trans**, Buxton, v. 7, n. 3, p. 141- 149, 1980.

CHAPMAN, P. **Caves and cave life**. London: Harper Collins. 219 p., 1994.

CHRISTMAN, M. C.; CULVER, D. C. The relationship between cave biodiversity and available habitat. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 3, n. 28, p. 367-380, 2001.

CLARKE, A. The biology of caves in southern Tasmania. **Journal of the Tasmanian Cave and Karst Research Group**, Austrália, v. 3, p. 18-29, 1988.

CLARKE, K.R. & WARWICK, R.M. **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation**. Primer-E Ltd, Plymouth, 2001.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. RESOLUÇÃO Nº 347, DE 10 DE SETEMBRO DE 2004. Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 Set. 2004.

CULVER, D.C. **Cave Life. Evolution and Ecology**. Harvard University Press. Cambridge, Massachussets and London, England. 189 p., 1982.

CULVER, D. C.; HOLSINGER, J. R. How many species of troglobites are there? **National Speleological Society Bulletin**, Huntsville, v. 54, n. 2, p. 79-80, 1992.

CULVER, D. C.; SKET, B. *Hotspots* of subterranean biodiversity in caves and wells. **Journal of Cave and Karst Studies**, Huntsville, v. 62, n. 1, p. 11-17, 2000.

CULVER, D. C.; DEHARVENG, L.; BEDOS, A.; LEWIS, J. J.; MADDEN, M.; REDDELL, J. R.; SKET, B.; TRONTELJ, P.; WHITE, D. The mid-latitude biodiversity ridge in terrestrial cave fauna. **Ecography**, Copenhagen, v. 29, n. 1, p. 120-128, 2006.

DANIELOPOL, D. L.; GRIEBLER, C.; GIBERT, J.; NACHTNEBEL, H. P.; NOTENBOOM, J. Groundwater ecology: a tool for management of water resources: EC Advanced study course lecture notes. Vienna-Mondsee: European Commission Environment and Climate Programme/Austrian Academy of Sciences, 298 p., 1999.

DECU, V.; JUBERTHIE, C. Coléoptères (Generalités et synthèse). In: JUBERTHIE, C.; DECU, V. (Ed.). **Encyclopaedia biospeologica**. Moulis: Societé Internationale de Biospéologie. p. 835-1373, 1998.

DEHARVENG, L. Diversity patterns in the tropics. In: Culver, D. C. and White, W. B. (eds), **Encyclopedia of caves**. Elsevier/Academic Press, pp. 166-170., 2005.

DEHARVENG, L., BEDOS, A. The cave fauna of southeast Asia. Origin, evolution and ecology. In: Wilkens, H., Culver, D. C. and Humphreys, W. F. (eds), **Subterranean ecosystems**. Elsevier, pp. 603-632, 2000.

FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P. Diversity and distribution of spiders associated with bat guano piles in Morrinho cave (Bahia State, Brazil). **Diversity and Distributions**, Oxford, v. 4, n. 5-6, p. 235-241, 1998.

FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P. Cavernas em risco de extinção. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 173, n. 29, p. 20-28, 2001.

FERREIRA, R. L. **Subsídios para o estabelecimento do manejo bioespeleológico e paleontológico em algumas cavernas do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu**. Belo Horizonte: Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, 140 p., 2003.

FERREIRA, R. L. **A medida da complexidade ecológica e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos**. Tese de Doutorado, UFMG, Belo Horizonte, 161p., 2004.

FERREIRA, R. L. A vida subterrânea nos campos ferruginosos. **O Carste**, Belo Horizonte, v. 17, n. 3, p. 106-115, 2005.

FERREIRA, R.L., PROUS, X., SOUZA-SILVA, M. & BERNARDI, L.F.O. Caracterização biológica de cavernas do Rio Grande do Norte. In: CRUZ, Jocy Brandão (Org.). **Diagnóstico espeleológico do Rio Grande do Norte**. Natal, ICMBIO, 78 p., 2008.

FERREIRA, R. L.; SILVA, M. S.; BERNARDI, L. F. O. Contexto Bioespeleológico. In: DRUMMUND, G. M.; MARTINS, C. S.; GRECO, M. B.; VIEIRA, F. (Ed.). **Biota Minas: diagnóstico do conhecimento sobre a biodiversidade no Estado de Minas Gerais, subsídios ao Programa Biota Minas**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. p. 622-638, 2009.

FERREIRA, R.L.; PROUS, X.; BERNARDI, L.F.O.; SOUZA-SILVA, M. Fauna subterrânea do Estado do Rio Grande do Norte: Caracterização e impactos. **Revista Brasileira de Espeleologia** 01: 25-51, 2010.

GIBERT, J.; DANIELPOL, D. L.; STANFORD, J. A. **Groundwater ecology**. New York: Academic. 571 p., 1994.

GILBERT, J. & DEHARVENG, L. Subterranean ecosystems: a truncated functional biodiversity. **BioScience** 52: 473–481, 2002.

GINET, R.; DECOU, V. **Initiation à la biologie et à l'écologie souterraines**. Paris: Delarge, 345 p., 1977.

GNASPINI, P.; TRAJANO, E. Brazilian cave invertebrates, with a checklist of troglomorphic taxa. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 38, n. 3/4, p. 549-584, 1994.

GNASPINI, P.; TRAJANO, E.; SANCHEZ, L. E. Provincia Espeológica da Serra da Bodoquena, MS: exploração, topografia e biologia. **Espeleo-Tema**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 19-44, 1994.

HOLSINGER, J. R.; CULVER, D. C. 1988. The invertebrate cave fauna of Virginia and a part of eastern Tennessee: **zoogeography and ecology**. North Carolina: State Museum of Natural Sciences, 164 p.

HOLSINGER, J. R. Ecological derivation, colonization, and speciation. In: WILKENS, H. D. C. W. F. H. (Ed.). **Ecosystems of the World: 30 subterranean ecosystems**. Amsterdam: Elsevier Science. p. 399-415, 2000.

HOWARTH, F. G. The cavernicolous fauna of Hawaiian lava tubes. **Pacific Insects**, Honolulu, v. 15, n. 1, p. 139-151, 1973.

HOWARTH, F. G. Ecology of cave arthropods. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 28, p. 365-389, 1983.

HOWARTH, F. B. Hawaii. In: JUBERTHIE, C.; DECU, V. (Ed.). **Enciclopedia biospeologica**. Moulis: Société Internationale de Biospéologie. v. 3, p. 2175-2181, 2001.

HUMPHREYS, W. F. Cave fauna in semi-arid tropical western Australia: a diverse relict wet forest-litter fauna. **Mémoires de Biospéologie**, Moulis, v. 20, p. 105-110, 1993.

JEANNEL, R. **Faune cavernicole de la France, avec une étude des conditions d'existence dans le domaine souterraine**. Paris: Lechevalier, 334 p., 1926.

JORDÃO-SILVA, F. **Invertebrados de cavernas do Distrito Federal: diversidade, distribuição temporal e espacial**. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade Federal de Brasília, Brasília, 131 p., 2006.

JUBERTHIE, C.; DELAY, B.; BOUILLON, M. Extension du milieu souterrain en zone non-calcaire: description d'un nouveau milieu et de son peuplement par les coleopteres troglobies. **Mémoires de Biospéologie**, Moulis, v. 7, p. 19-52, 1980.

JUBERTHIE, C. B. The diversity of the karstic and pseudokarstic hypogean habitats in the World. In: WILKENS, H.; CULVER, D. C.; HUMPHREYS, W. F. (Ed.). **Ecosystems of the world: 30, subterranean ecosystems**. Amsterdam: Elsevier Science. p. 17-39, 2000.

KENSLEY, B., SCHOTTE, M. & SCHILLING, S. **World list of marine, freshwater and terrestrial isopod crustaceans**. Smithsonian Institution, Washington, DC, USA. Disponível em <http://www.nmnh.si.edu/iz/isopod>. Acesso em 10.out.2007.

MAGURRAN, A. E. **Ecological Diversity and Its Measurement**. Cromm Helm, London, 179 p., 2004.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa Nº 02, de 20 de agosto de 2009. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 21 ago. 2009.

PINTO-DA-ROCHA, R. Invertebrados cavernícolas da porção meridional da Província Espeleológica do Vale do Ribeira, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 2, n. 12, p. 229-255, 1994.

PINTO-DA-ROCHA, R. Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907 - 1994). **Papéis Avulsos de Zoologia**, 39(6): 61-163, 1995.

POULSON, T. L.; WHITE, W. B. The cave environment. **Science**, Cambridge, v. 165, n. 3897, p. 971-981, 1969.

PROUS, X.; FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P. Ecotone delimitation: epigean hypogean transition in cave ecosystems. **Austral Ecology**, Carlton, v. 29, n. 4, p. 374-382, 2004.

PROUS, X.; FERREIRA, R. L. Estrutura das comunidades cavernícolas na Caatinga: subsídios para a conservação. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ESTUDOS DO CARSTE, 3. 2009, São Carlos. **Resumos...** São Carlos: Redespeleo Brasil. p. 62-63, 2009.

RACOVITZA, E. G. Sur les relations dynamiques entre le milieu souterrain superficiel et le milieu cavernicole. **Mémoires de Biospéologie**, Moulis, v. 10, p. 85-89, 1983.

ROMERO, A. **Cave Biology: Life in Darkness**. New York: Cambridge University Press, 306p., 2009.

SHARRATT, N. J.; PICKER, M.; SAMWAYS, M. The invertebrate fauna of the sandstone of the caves of the Cape Peninsula (South Africa): patterns of endemism and conservation priorities. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 9, n. 1, p. 107-143, 2000.

SILVA, F.J. Invertebrados de cavernas de Felipe Guerra. *In*: CRUZ, Jocy Brandão (Org.). **Diagnóstico espeleológico do Rio Grande do Norte**. Natal, ICMBIO, 78 p., 2008.

SOUZA-SILVA, M. **Ecologia e conservação das comunidades de invertebrados cavernícolas na mata atlântica brasileira**. Tese (Doutorado em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 225 p., 2008.

STANFORD, J. A.; SIMON, J. J. FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON GROUNDWATER ECOLOGY, 1992, Bethesda. **Proceedings...** Bethesda: American Water Resources Association, 1992.

STANFORD, J. A.; VALETT, H. M. FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON GROUNDWATER ECOLOGY, 2., 1994, Herndon. **Proceedings...** Herndon: American Water Resources Association, 1994.

TRAJANO, E. Fauna cavernícola brasileira: composição e caracterização preliminar. **Revista Brasileira de Zoologia**, 3(8): 533-561, 1987.

TRAJANO, E. Cave faunas in the Atlantic tropical rain forest: composition, ecology and conservation. **Biotropica**, Washington, v. 32, n. 4, p. 882-893, 2000.

TRAJANO, E. America, South: bioespeleology. *In*: GUNN, J. (Ed.). **Encyclopedia of caves and karst science**. New York: Fitzroy Dearborn. p. 118-122, 2004.

TRAJANO, E. **Sistema areias: 100 anos de estudos**. São Paulo: Redespeleo Brasil. 128p., 2007.

ZAGMAJSTER, M.; CULVER, D. C.; SKET, B. Species richness patterns of obligate subterranean beetles (Insecta: Coleoptera) in a global biodiversity hotspot: effect of scale and sampling intensity. **Diversity and Distributions**, Oxford, v. 14, n. 1, p. 95-105, 2008.

ZAMPAULO, R. D. A.; FERREIRA, R. L. Diversidade de invertebrados terrestres cavernícolas em nove cavidades naturais no município de Aurora do Tocantins (TO). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 30., 2009, Montes Claros. **Anais...** Montes Claros: Sociedade Brasileira de Espeleologia. p. 267-274, 2009.

ZAMPAULO, R. A. **Diversidade de invertebrados cavernícolas na região cárstica de Arcos, Pains e Doresópolis (MG): subsídios para a determinação de áreas prioritárias para conservação**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 190p., 2010.

CAPÍTULO III

CONSERVAÇÃO DE AMBIENTES CÁRSTICOS EM UMA ÁREA DO SEMI-ÁRIDO NEOTROPICAL: DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS A PARTIR DE PARÂMETROS BIÓTICOS



RESUMO

Conservação de ambientes cársticos em uma área do semi-árido neotropical: definição de áreas prioritárias a partir de parâmetros bióticos

A criação de unidades de conservação tem sido o principal instrumento para a manutenção da biodiversidade. Cerca de 10 a 15% da superfície do planeta compreendem áreas cársticas, sendo que no Brasil, com pouco mais de 9.000 cavernas cadastradas junto aos órgãos apenas 27% localizam-se em algum tipo de UC. O patrimônio espeleológico no Rio Grande do Norte encontra-se ameaçado por diversos conflitos e até o momento nenhuma dessas cavernas encontra-se protegida em Unidades de Conservação. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo principal determinar áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade de invertebrados cavernícolas na região. Para tanto, a área do estudo foi dividida em uma rede de hexágonos de 1 km de lado e foram analisados dados de inventários em 47 cavernas, de forma a permitir a valoração das áreas com base em quatro atributos: riqueza total, complexidade ecológica, riqueza de espécies troglóbias e vulnerabilidade frente a impactos antrópicos, permitindo a definição de áreas prioritárias a partir da sobreposição dos quatro itens considerados de alta relevância para a conservação. Foram identificados elevados valores de riqueza de invertebrados ($36,62 \pm 14,04$ spp/caverna), de espécies troglóbias (61 espécies, média de $1,77 \pm 2,34$ spp/caverna) e de complexidade, bem como diversos impactos antrópicos em áreas cársticas da região. Diante da relevância biológica da área no contexto nacional e das iminentes pressões antrópicas existentes, com base nos parâmetros avaliados foram definidas quatro principais áreas prioritárias para ações de conservação da biodiversidade cavernícola regional: O lajedo do Rosário e áreas vizinhas englobando as cavernas da Rainha, do Urubú e da Rumana, em Felipe Guerra; a área da gruta dos Três Lagos e entorno, também em Felipe Guerra; a área das cavernas do Marimbondo Caboclo/Água e arredores, incluindo as cavernas Boca de Peixe e Poço Feio, em Governador Dix-Sept Rosado; a área que engloba as cavernas da Furna Feia e a caverna do Lago, em Baraúna.

Palavras-chave: análises espaciais, cavernas, invertebrados, troglóbios

ABSTRACT

Conservation of karst environments in a semiarid area of Neotropics: definition of priority areas related to biotic parameters

The creation of conservation units has been the main tool for maintaining biodiversity. About 10 to 15% of the planet's surface include karst areas, and in Brazil, with little more than 9,000 caves registered, only 27% are located in some type of UC. The caves and karst in Rio Grande do Norte is threatened by various conflicts and until this moment none of them are protected in conservation units. This study aimed in determining priority areas for biodiversity conservation of cave invertebrates in the region. The study area was divided into a network of hexagons 1 km away and inventory data were analyzed in 47 caves, to allow the valuation of areas based on four attributes: total richness, ecological complexity, richness troglomorphic and species vulnerability to human impacts, allowing the definition of priority areas for conservation. We identified high richness of invertebrates ($36,62 \pm 14,04$ spp / cave), troglomorphic species (61 species, mean $1,77 \pm 2,34$ spp / cave) and complexity, as well as various human impacts in areas karst region. Given the biological importance of the area in the national and the impending anthropogenic pressures exist, we defined four main priority areas for biodiversity conservation actions of regional cave biodiversity: Lajedo do Rosário, and the areas of caves Rainha, Urubu and Rumana in Felipe Guerra; area of Três Lagos cave and surroundings, also in Felipe Guerra; area of Marimbondo Caboclo/Água cave, including the caves Boca de Peixe and Poço Feio, in Governador Dix-Sept Rosado, and the area comprising the caves Furna Feia and the Lago cave, in Baraúna.

Keywords: spatial analysis, caves, invertebrates, troglobites

1. INTRODUÇÃO

A criação de unidades de conservação (UC's) tem sido o principal instrumento para a manutenção da biodiversidade, tendo se mostrado eficiente e necessária até que a sociedade seja capaz de gerenciar os recursos naturais de maneira sustentável. Tais áreas existem em cerca de 80% dos países do mundo e cobrem cerca de 11,5 % da superfície terrestre (Mulongoy & Chapes, 2004).

As primeiras UC's foram criadas durante o século XIX objetivando preservar paisagens de relevante beleza cênica para as futuras gerações, mas foi durante o século XX que este instrumento se popularizou devido ao conhecimento sobre altas taxas de extinção de espécies, resultando na criação da maioria das áreas protegidas atualmente existentes (Lawton & May, 1994; Wilson, 1992). No entanto tais áreas eram estabelecidas com base em critérios subjetivos como beleza cênica, preservação, potencial turístico ou áreas de menor interesse econômico (Pressey et al., 1996; Pressey & Tully, 1994; Scott et al., 2001), deixando a desejar quanto à capacidade de representarem e protegerem amostras significativas da diversidade de espécies e ecossistemas (Margules & Pressey, 2000; Rodrigues et al., 1999; Scott et al., 2001).

Desta forma, critérios anteriormente utilizados para o estabelecimento de UC's têm sido revistos e substituídos por outros que contêm informações mais significativas do ponto de vista biológico. Dentre eles, os padrões de distribuição da biodiversidade (representatividade taxonômica e ambiental, diversidade de espécies, presença de organismos raros ou endêmicos), lacunas de conhecimento e vulnerabilidade têm norteado as estratégias de conservação de espécies e ecossistemas em todo o mundo (Ando et al., 1998; Bibby et al., 1992; Langhammer et al., 2007; Prendergast & Eversham, 1997; Rodriguez & Young, 2000).

Diversos trabalhos realizados em escalas local e global tiveram como foco a identificação de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade (Andriamampianina et al., 2000; Bibby et al., 1992; Rodrigues et al., 2004; Seymour et al., 2001). Os vertebrados e as plantas, em geral grupos taxonomicamente bem resolvidos e com nível aceitável de informações sobre os padrões de distribuição das espécies, representam os grupos mais utilizados como indicadores de *hotspots* de biodiversidade, considerados ambientes que se encontram extremamente ameaçados pelas pressões antrópicas, mas que ainda retêm uma alta taxa de diversidade e endemismos e onde as ações de conservação devem ser

consideradas urgentes (Myers et al., 2000). Exceções são alguns poucos trabalhos que utilizam grupos de invertebrados (Andriamampianina et al., 2000).

Cerca de 10 a 15% da superfície do planeta compreendem áreas cársticas. Destas, 45 regiões são consideradas como patrimônios da humanidade (World Heritage) pela International Union for Conservation of Nature (IUCN) e destacadas como extremamente relevantes para conservação da biodiversidade e da geodiversidade mundial (IUCN, 2008). Embora a IUCN considere que as paisagens cársticas estejam bem representadas neste grupo de patrimônios mundiais, apenas duas áreas na América Latina foram contempladas até o momento (Parque Nacional Canaima, na Venezuela e Parque Nacional Desembarco del Granma, em Cuba) e inúmeras outras importantes regiões cársticas do planeta ainda não foram consideradas (IUCN, 2008). No Brasil, até o momento, apenas pouco mais de 9.000 cavernas encontram-se cadastradas junto aos órgãos ambientais (CECAV, 2011) sendo que, destas, apenas 27% localizam-se em algum tipo de UC (Marra, 2008).

Os ambientes cársticos sofrem grandes ameaças decorrentes de atividades antrópicas. Alguns dos principais, e provavelmente mais significativos, impactos são causados pelo desflorestamento e posterior uso agrícola, exploração de água subterrânea, poluição de aquíferos, mineração, urbanização e turismo (Williams, 1993; Ferreira, 2004; Ferreira & Horta, 2001; Souza-Silva, 2008). Estas áreas apresentam severas dificuldades quanto à definição de estratégias de conservação em virtude da fragilidade intrínseca dos sistemas, que dependem da permeabilidade hídrica, e das distintas características da biodiversidade associada. A presença de espécies com alto grau de endemismo, com especializações evolutivas ao sistema subterrâneo, em geral dependentes da importação de recursos do ambiente epígeo e que apresentam uma elevada sensibilidade a flutuações climáticas ambientais, são alguns dos fatores que indicam a fragilidade destas comunidades (Culver, 1986).

No Rio Grande do Norte, os conflitos com o patrimônio espeleológico envolvem a mineração de calcário, os polígonos de áreas autorizadas para pesquisa de viabilidade econômica (principalmente) e para lavra pelo DNPM, os blocos de exploração e produção de petróleo, assentamentos rurais de reforma agrária e a visitação desordenada, sendo que há o registro de diversos impactos diretos e indiretos em cavidades no Estado (Cruz et al, 2010).

A situação é ainda mais preocupante: não há nenhuma cavidade em UC's no Estado e só recentemente foi apresentada uma proposta de criação de UC com foco na proteção ao

patrimônio espeleológico (Cruz et al., 2009), contemplando os municípios de Baraúna e Mossoró. Esses dados são ainda mais intrigantes se levado em consideração o fato de que as cinco UC's em Caatinga (bioma que ocupa mais de 80% da área do RN) no estado somam apenas 4.834,67 hectares e representam apenas 6,28% da área oficialmente protegida em ecossistemas terrestres (Cruz et al., 2009).

Aliado a isso é somada à recente publicação do Decreto Presidencial Nº 6.640/2008 (Brasil, 2008), que altera o Decreto Nº 99.556/1990 (dispõe sobre a proteção das cavernas brasileiras). Anteriormente à sua publicação, todas as cavernas brasileiras eram protegidas, de forma que sua utilização e de sua área de influência deveriam ocorrer dentro de condições que assegurem sua integridade física e a manutenção do respectivo equilíbrio ecológico. Com a alteração, as cavernas deverão ser classificadas de acordo com seu grau de relevância em máximo, alto, médio ou baixo, determinado pela análise de atributos ecológicos, biológicos, geológicos, hidrológicos, paleontológicos, cênicos, histórico-culturais e socioeconômicos. Somente as cavernas com grau de relevância máximo permanecem permanentemente protegidas, as demais poderão sofrer impactos irreversíveis mediante licenciamento ambiental. Entre os atributos capazes de elevar, por si só, uma caverna ao grau de relevância máximo, está a presença de troglóbios ou de espécies animais em risco de extinção. Desta forma, o aumento do conhecimento acerca da fauna cavernícola cada vez mais ganha importância no contexto da conservação destes ecossistemas.

De acordo com o exposto, espécies associadas a cavernas como as localizadas na área de estudo, que se encontram fora de unidades de conservação, correm sérios riscos. Diversas áreas calcárias dessa região têm sido foco da exploração de grandes empresas nacionais e multinacionais e da ação de pequenas e médias empresas, muitas delas ilegais. Este tipo de atividade tem alterado as áreas com ocorrência de rochas carbonáticas e as cavidades nelas inseridas, transformando a paisagem local e provocando inúmeros impactos ambientais. Tais alterações vêm colocando em risco a preservação destes frágeis ecossistemas e de toda a biodiversidade associada, sendo emergencial a definição de áreas prioritárias para a criação de Unidades de Conservação na área.

Nesta perspectiva, o presente trabalho teve como objetivo a definição de áreas prioritárias, a partir de parâmetros bióticos, para a conservação de parcela significativa da diversidade de invertebrados em cavernas calcárias na região Oeste do Rio Grande do Norte.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

As informações sobre a área de estudo podem ser consultadas na Caracterização geral da área de estudo (pág. 20).

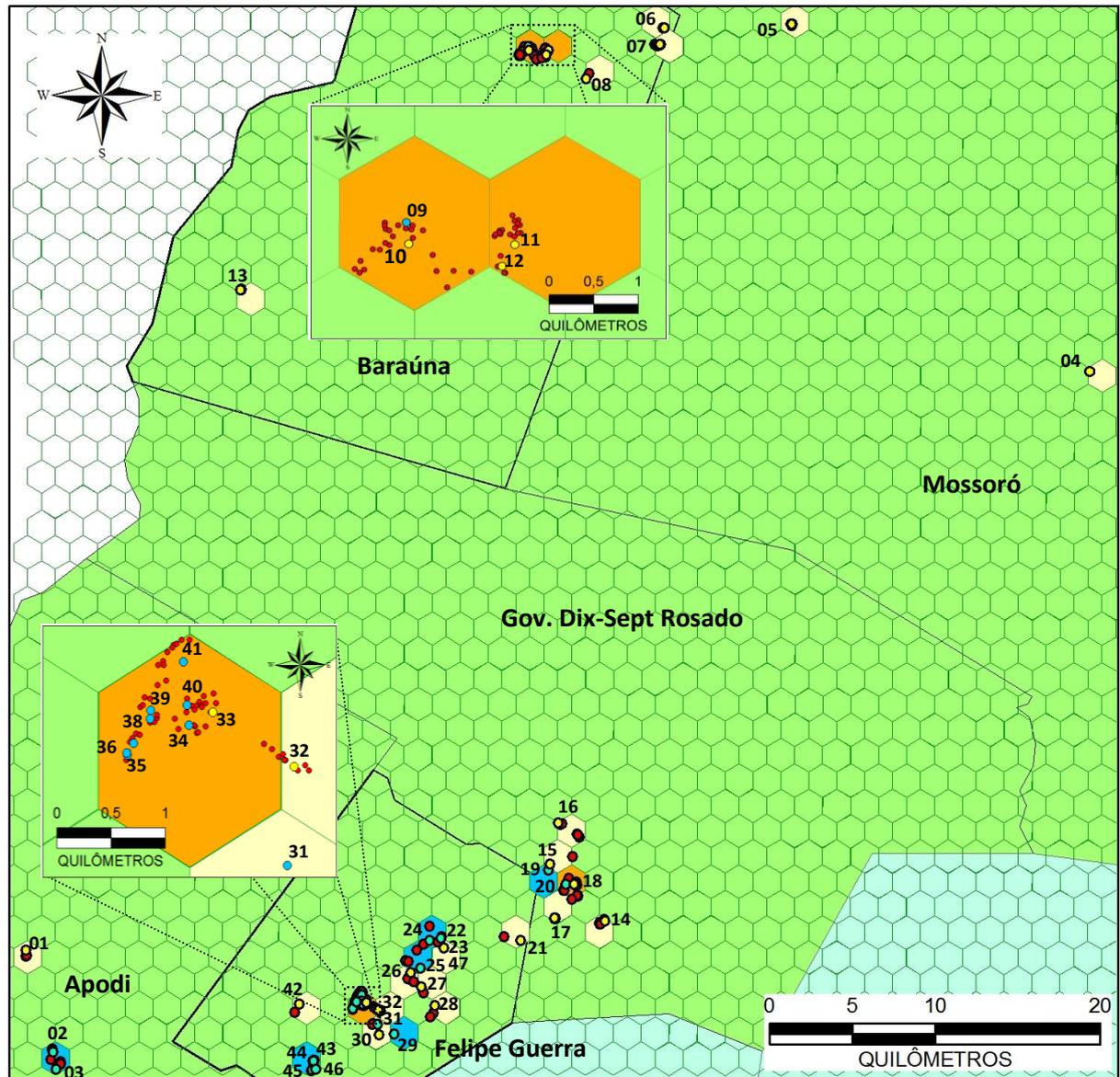
2.1.1. Sistematização dos dados pré-existent e definição das cavernas a serem amostradas.

A fim de possibilitar o uso de métodos de análises espaciais, uma rede de polígonos hexagonais (hexágonos regulares com um quilômetro de lado) foi traçada sobre a área correspondente à distribuição das cavernas conhecidas na região (CECAV/ICMBio, 2008) anteriormente ao início das coletas. Os dados pré-existent, referentes a inventários bioespeleológicos na área do estudo (Ferreira et al., 2008; Ferreira et al., dados não publicados) foram sistematizados e georreferenciados, de forma a identificar áreas com cavidades ainda não amostradas biologicamente ou sub-amostradas (menos de 10% das cavernas inventariadas)(figura 1).

Optou-se por realizar coletas em áreas definidas como sub-amostradas pois, de acordo com Culver et al. (2006), a distribuição restrita dos cavernícolas obrigatórios significa que qualquer caverna terá provavelmente apenas uma fração da fauna cavernícola da região. Para as análises especiais utilizou-se os softwares GPS Trackmaker Pro 4.5.4 e ArcMap 9.2.

A partir da definição das “lacunas” amostrais foram realizadas coletas em cavernas em áreas sem inventários ou subamostradas, de forma que cada hexágono nessas condições teve pelo menos uma caverna amostrada neste estudo – totalizando 24 cavernas. Desta forma, somadas as cavidades inventariadas em outros estudos, o presente trabalho teve um universo amostral de 47 cavernas para o universo total de 476 cavernas nos cinco municípios da área de estudo (tabela 1).

Figura 1 - Rede de hexágonos sobre a área de ocorrência de cavernas nos cinco municípios da área de estudo, possibilitando a identificação das áreas com ocorrências de cavernas inventariadas, sub-inventariadas e sem inventários biológicos. Os números ao lado dos pontos amarelos e azuis (cavernas amostradas no presente e em outros estudos, respectivamente) identificam cada cavidade de acordo com a numeração da primeira coluna da tabela 1 (página seguinte).



LEGENDA

- Municípios da área de estudo
- Cavernas da área de estudo
- Cavernas amostradas no presente estudo
- Cavernas amostradas em outros estudos
- Áreas sem inventário bioespeleológico
- Áreas com inventário bioespeleológico insuficiente
- Áreas com inventário bioespeleológico suficiente

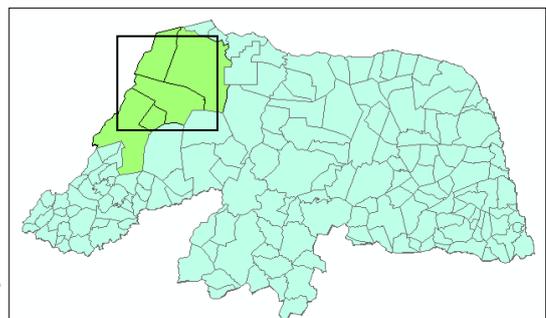


Tabela 1 - Dados das cavernas amostradas nos cinco municípios da área de estudo. Os números na primeira coluna correspondem à numeração ao lado da localização de cada cavidade representada na figura 1 (página anterior). ⁺ indica as cavidades amostradas no presente estudo; * indica que a cavidade possui áreas ainda não mapeadas; ND – dados não disponíveis;

Nº	Caverna	Município	Área da	Área	Altitude	Coordenadas Geográficas	
			Caverna (m ²)	coletada (m ²)		Latitude (S)	Longitude (W)
01	Buraco da Nega ⁺	Apodi	108.51	108.51	126	05° 31' 57.16"	37° 50' 40.73"
02	Caverna do Urubu	Apodi	24.7	24.7	127	05° 35' 18.09"	37° 49' 46.61"
03	Caverna do Roncador	Apodi	ND	ND	118	05° 35' 51.87"	37° 49' 40.59"
04	Caverna do Trinta ⁺	Mossoró	644.65*	644.55	23.2	05° 12' 44.36"	37° 15' 50.95"
05	Caverna de Javan ⁺	Mossoró	92.17	92.17	70	05° 01' 17.61"	37° 25' 39.03"
06	Caverna do Britador ⁺	Baraúna	179.28	179.28	91.9	05° 01' 25.85"	37° 29' 49.51"
07	Caverna dos Cipós ⁺	Baraúna	167.86	167.86	94.4	05° 01' 58.99"	37° 29' 57.51"
08	Gruta do Pinga ⁺	Baraúna	25.95	25.95	154.9	05° 03' 08.06"	37° 32' 22.97"
09	Furna Nova	Baraúna	ND	ND	94.3	05° 02' 03.22"	37° 34' 16.20"
10	Caverna do Lago ⁺	Baraúna	157.1*	157.1	103	05° 02' 11.40"	37° 34' 15.24"
11	Furna Feia ⁺	Baraúna	5726.85*	4829.75	163.12	05° 02' 11.54"	37° 33' 36.69"
12	Caverna dos Macacos/Esquecida ⁺	Baraúna	217.25	217.25	113	05° 02' 19.80"	37° 33' 41.30"
13	Gruta da Escada ⁺	Baraúna	124.81	124.81	137.6	05° 10' 07.83"	37° 43' 40.98"
14	Caverna da Capoeira de João Carlos ⁺	Gov. Dix-Sept Rosado	251.4	251.4	42.9	05° 30' 56.69"	37° 31' 41.75"
15	Gruta Boca de Peixe ⁺	Gov. Dix-Sept Rosado	175.6	88.4	63.6	05° 29' 04.45"	37° 33' 29.62"
16	Caverna do Lajedo Grande ⁺	Gov. Dix-Sept Rosado	245.4	185.1	61.1	05° 27' 44.20"	37° 33' 09.06"
17	Caverna da Boniteza ⁺	Gov. Dix-Sept Rosado	30.39	30.39	62.6	05° 30' 51.02"	37° 33' 21.54"
18	Caverna do Marimbondó Caboclo/Água ⁺	Gov. Dix-Sept Rosado	284.7	284.7	66.9	05° 29' 44.11"	37° 32' 42.24"
19	Poço Feio	Gov. Dix-Sept Rosado	ND	ND	51	05° 29' 15.51"	37° 33' 33.40"
20	Caverna do Labirinto dos Angicos	Gov. Dix-Sept Rosado	ND	ND	65.1	05° 29' 43.66"	37° 32' 58.97"
21	Caverna do Cote ⁺	Felipe Guerra	106.94	106.94	62.6	05° 31' 34.76"	37° 34' 27.27"
22	Gruta da Bota	Felipe Guerra	129.11	129.11	69.3	05° 31' 30.85"	37° 37' 05.29"
23	Caverna do Arapuá ⁺	Felipe Guerra	570	570	74.1	05° 31' 48.25"	37° 36' 58.47"
24	Caverna do Sabonete	Felipe Guerra	273.5	273.5	67.9	05° 31' 36.05"	37° 37' 26.31"
25	Gruta de Zé de Juvino	Felipe Guerra	138.6	138.6	68.6	05° 32' 30.64"	37° 37' 44.71"
26	Caverna da Seta ⁺	Felipe Guerra	124.5	124.5	76.6	05° 32' 40.23"	37° 38' 03.10"
27	Caverna Beira-Rio ⁺	Felipe Guerra	51.78	51.78	47.8	05° 33' 07.39"	37° 37' 42.91"

Tabela 1 - Continuação.

Nº	Caverna	Município	Área da Caverna (m ²)	Área coletada (m ²)	Altitude (m)	Coordenadas Geográficas	
						Latitude (S)	Longitude (W)
28	Caverna do Trapiá ⁺	Felipe Guerra	13698.4*	2649.2	66.5	05° 33' 45.43"	37° 37' 15.92"
29	Caverna da Rainha	Felipe Guerra	709.69*	709.69	78.5	05° 34' 41.64"	37° 38' 35.64"
30	Caverna do Buraco Redondo ⁺	Felipe Guerra	108.76	108.76	78.5	05° 34' 42.98"	37° 39' 04.99"
31	Caverna do Urubu	Felipe Guerra	1422.9*	1422.9	78.8	05° 34' 22.61"	37° 39' 09.15"
32	Caverna da Rumana ⁺	Felipe Guerra	917.25	917.25	69.3	05° 33' 54.25"	37° 39' 07.13"
33	Caverna dos Crotos ⁺	Felipe Guerra	1402.83	1402.83	71	05° 33' 38.77"	37° 39' 31.54"
34	Caverna do Complexo Suíço	Felipe Guerra	561.32	410	71.3	05° 33' 42.50"	37° 39' 38.70"
35	Caverna Abissal	Felipe Guerra	339.5	180	84.3	05° 33' 51.06"	37° 39' 57.29"
36	Caverna da Catedral	Felipe Guerra	571.4	420	85.7	05° 33' 50.49"	37° 39' 57.37"
37	Caverna da Descoberta	Felipe Guerra	1260.7*	1260.7	81.2	05° 33' 47.68"	37° 39' 55.50"
38	Gruta da Carrapateira	Felipe Guerra	611.5	611.5	79.6	05° 33' 38.22"	37° 39' 50.32"
39	Gruta do Peninha (Geraldo Gusso)	Felipe Guerra	ND	ND	82	05° 33' 40.64"	37° 39' 50.45"
40	Caverna do Chocalho	Felipe Guerra	237	237	76.1	05° 33' 36.77"	37° 39' 39.36"
41	Gruta dos Troglóbios	Felipe Guerra	76.5	76.5	77.3	05° 33' 24.27"	37° 39' 40.57"
42	Lapa I/ Caverna do Engano ⁺	Felipe Guerra	192.73	192.73	99.6	05° 33' 41.89"	37° 41' 42.25"
43	Caverna do Pau	Felipe Guerra	298.3	298.3	58.8	05° 35' 34.20"	37° 41' 14.76"
44	Gruta dos Três Lagos	Felipe Guerra	147.1	147.1	53.2	05° 35' 35.84"	37° 41' 13.76"
45	Caverna do Geilson	Felipe Guerra	287.8	287.8	67.7	05° 35' 53.23"	37° 41' 17.56"
46	Caverna das Abelhas Italianas	Felipe Guerra	ND	ND	52	05° 35' 51.83"	37° 41' 09.64"
47	Caverna do Vale	Felipe Guerra	249.1	249.1	74.6	05° 31' 50.97"	37° 36' 58.02"

2.2. Coleta de invertebrados e caracterização das cavidades e entorno.

2.2.1. Coleta de invertebrados

A coleta de invertebrados e a caracterização das cavidades seguiram a metodologia proposta por Ferreira (2004), detalhada no capítulo I (item 2.2. Coleta de Invertebrados e caracterização das cavidades, página 39) e utilizada nos outros inventários realizados na área, de forma a permitir comparações com os levantamentos realizados neste estudo.

As informações utilizadas neste capítulo são as mesmas utilizadas no capítulo anterior (referentes a 40 cavernas), somando-se dados de outras sete cavernas com inventários faunísticos com informações suficientes para as análises aqui propostas e detalhadas mais à frente, mas que no entanto não possuíam informações suficientes para as análises do capítulo anterior (como mapas topográficos, por exemplo).

2.2.2. Caracterização dos impactos antrópicos

Paralelamente à coleta de invertebrados, foi realizada caracterização ambiental relativa aos impactos antrópicos verificados no interior e no entorno da cavidade (entorno de 250 metros de raio a partir da projeção do mapa topográfico da caverna em superfície, conforme legislação atual (CONAMA, 2004)). No caso de cavidades para as quais não há mapa topográfico disponível, o entorno de 250 metros foi calculado a partir das coordenadas geográficas da entrada.

Segundo Souza-Silva (2008) o impacto refere-se ao nível em que determinada pressão antrópica poder afetar, direta ou indiretamente, a estrutura das comunidades de invertebrados presentes em cada caverna. Desta forma, as alterações observadas em cada área estudada foram categorizadas em relação a usos e impactos, sendo, por exemplo, considerados usos as atividades turísticas e religiosas e impactos, o pisoteio, a mineração e as alterações conseqüentes destas atividades.

A partir da identificação dos usos e impactos nas cavernas procedeu-se a uma subcategorização concernente à magnitude visual ou biológica destes impactos. Na categoria de impactos visuais foram consideradas as alterações pontuais que afetam mais a parte física da caverna do que as comunidades biológicas (e.g. depredação de espeleotemas ou pichações). Estes impactos visuais podem trazer alterações mínimas para a fauna de invertebrados cavernícolas quando comparados a impactos biológicos como as alterações tróficas e devem receber uma classificação distinta. Na definição dos impactos biológicos foram consideradas modificações que podem levar à depleção, enriquecimento ou alteração

dos recursos orgânicos e/ou da fauna cavernícola. Entende-se por impacto de depleção a redução de recursos tróficos ou da fauna em função das atividades antrópicas, enquanto que os impactos de enriquecimento são atividades antrópicas que promovem o aumento na disponibilidade de recursos orgânicos para a fauna. Este tipo de alteração pode ser positivo se realizado de forma tênue (e.g. os recursos tróficos adicionais podem manter as comunidades de invertebrados cavernícolas mais ricas e abundantes). Impactos de alteração são aqueles que modificam, no espaço e no tempo, a estrutura física de habitats ou microhabitats nas cavernas. Cada um destes três tipos de impactos biológicos foi classificado em intenso (potencialmente causador de alterações intensas sobre a fauna recebendo peso 2) ou tênue (potencialmente causador de alterações reduzidas sobre a fauna, recebendo peso 1). Uma segunda classificação adicionada à análise dos impactos biológicos diz respeito à permanência dos mesmos. A permanência refere-se ao período de tempo de persistência do impacto na caverna, desta forma, os impactos foram considerados de curta duração (peso 1) ou contínuos (peso 3) (visitação esporádica originaria impactos como pisoteamento, alteração do microclima da caverna, etc. de curta duração, já em uma caverna com turismo regular esses impactos seriam considerados contínuos). Alterações antrópicas tênues de curta duração e baixa frequência podem permitir a recuperação rápida da fauna depois de cessada a intervenção. A terceira e última classificação de impactos refere-se à sua abrangência na caverna. Impactos pontuais ou restritos à entrada receberam peso 1, enquanto aqueles que ocorrem em uma grande extensão da caverna receberam peso 2. Um resumo exemplificando o sistema de pontuação dos impactos observados nas cavernas pode ser observado na Tabela 2:

Tabela 02 - Exemplo do método de avaliação dos impactos observados no interior e no entorno das cavernas pesquisadas.

Impacto	Tipo	Grau (Peso)	Permanência	Abrangência
Pisoteamento	Alteração	Intenso (2)	Contínua (3)	Ampla (2)
Equipamento	Alteração	Tênue (1)	Contínua (3)	Pontual (1)
Desmatamento	Alteração + Depleção	Intenso (2+2)	Contínua (3)	Ampla (2)
Lixo	Enriquecimento + Alteração	Tênue (1+1)	Curta (1)	Pontual (1)

Fonte: Souza-Silva, 2008.

2.3. Análise dos dados

2.3.1. Ferramentas de valoração das cavernas

No intuito de tornar a abordagem conservacionista mais operacional durante a definição de áreas prioritárias para conservação, deve-se tomar como base duas características: a insubstituibilidade (e.g. espécies raras, endêmicas e/ou ameaçadas de extinção, ecossistemas diversos, unidades de paisagens singulares, entre outros) e a alta vulnerabilidade ambiental. Estas áreas devem ser consideradas como as maiores prioridades de conservação em uma região (Pressey, 1999; Wilson et al., 2005). Sendo assim, a valoração das cavernas foi realizada através da avaliação dos impactos e da estrutura das comunidades cavernícolas utilizando quatro ferramentas distintas, conforme Zampaulo (2010): i) Riqueza total de espécies de invertebrados; ii) Complexidade ecológica de cada caverna; iii) Presença de populações troglóbias de ampla distribuição ou endêmicas; iv) Status de conservação de cada caverna e entorno (vulnerabilidade). Assim, a definição de áreas prioritárias para a conservação foi baseada na sobreposição destes quatro itens considerados de alta relevância.

2.3.2. Riqueza total de espécies de invertebrados, complexidade e riqueza de espécies troglóbias

A riqueza total de invertebrados foi obtida através do somatório de morfoespécies encontradas em cada caverna. A riqueza total é um fator relevante, já que em cavernas mais ricas podem ocorrer interações ecológicas mais complexas (Ferreira, 2004).

A complexidade de cada caverna foi calculada utilizando o Índice de Complexidade Ecológica em Cavernas (ICE) (Ferreira, 2004), como descrito anteriormente (página 43).

A determinação de espécies potencialmente troglóbias foi realizada conforme detalhado no capítulo anterior (item 2.3.1, página 78), sendo que a riqueza de troglóbios de cada caverna foi obtida por meio do somatório do total de morfoespécies troglomórficas encontradas. Durante o trabalho foram encontradas espécies troglomórficas com populações em mais de uma caverna e espécies endêmicas a uma única cavidade. Desta forma, optou-se por atribuir uma valoração diferenciada para a ocorrência de espécies troglóbias endêmicas, sendo que para cada espécie encontrada, foi computado um ponto a mais na classificação final da caverna neste atributo. Tal método foi adotado em virtude das características ecológicas destes organismos que podem apresentar uma maior

susceptibilidade a processos de extinção e suas localidades-tipo serem consideradas primariamente como cavernas insubstituíveis.

2.3.3. Grau de vulnerabilidade das cavernas

A vulnerabilidade das cavernas foi obtida através da avaliação do grau de impactos no interior e no entorno de cada caverna inventariada, seguindo proposta elaborada por Souza-Silva (2008). Apesar desta análise originalmente considerar a junção de dois atributos (relevância biológica e grau de impactos), no presente estudo realizou-se a análise de vulnerabilidade apenas através da avaliação dos impactos ambientais existentes em cada área estudada, uma vez que a riqueza total e de troglóbios foram avaliados separadamente.

A categorização das cavernas quanto ao grau de impactos foi realizada a partir do somatório dos pontos obtidos em cada item, sendo que o maior valor obtido no somatório dos impactos serviu de base para a determinação das quatro classes de vulnerabilidade: extrema, alta, média e baixa.

2.3.4. Análises espaciais, valoração final e determinação de áreas prioritárias para a conservação

A valoração final de cada caverna para cada atributo (riqueza, riqueza de espécies troglóbias, complexidade ecológica e vulnerabilidade) foi obtida da seguinte forma (Zampaulo, 2010): do maior valor obtido (e.g. Riqueza = máx. 65) foi subtraído o menor valor encontrado (e.g. Riqueza = mín. 15), e o valor resultante foi dividido por quatro (nº de categorias) para se conhecer o intervalo de cada categoria (e.g. intervalo da classe de riqueza: $65-15 = 50$; $50/4 = 12,5$). Este intervalo serviu como base para o cálculo de cada categoria (extrema, alta, média e baixa) e posterior classificação das cavernas. Por exemplo: Se a menor riqueza (S) foi 15. A este valor foi adicionado o intervalo (12,5) resultando na primeira categoria (Baixa). Portanto, cavernas que apresentaram riqueza média entre 15 e 27,5 seriam classificadas como de riqueza baixa. Ao novo valor base (27,5) foi adicionado um novo intervalo (12,5) cujo resultado obtido (40) representa o valor máximo da nova categoria (Média), e assim sucessivamente.

A exceção ocorreu no caso do atributo presença de espécies troglomórficas, já que se faz necessária a criação de outra categoria – a de cavernas sem populações de troglóbios. Desta forma, para este atributo, houve cinco categorias – ausência, baixa, média, alta e extrema – com a primeira não recebendo pontuação e as demais seguindo a mesma metodologia dos outros atributos.

Estes valores foram utilizados para a construção dos quatro mapas com os padrões dos atributos estudados, com o auxílio do programa ArcMap 9.2.

De acordo com os resultados obtidos no capítulo anterior verificou-se que a cobertura florestal do entorno de 1000m da cavidade, em detrimento do entorno de 250 metros (conforme legislação atual), também analisado, foi uma das variáveis que melhor explicou a estrutura das comunidades de invertebrados cavernícolas da região, seja considerando a comunidade de maneira geral, os principais grupos taxonômicos ou os grandes aglomerados de cavernas analisados. Esses resultados indicam que a área de influência sobre o patrimônio espeleológico, indicada pela legislação atual, não é coerente com a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas subterrâneos.

Dessa forma, para efeito de definição das áreas prioritárias, considerou-se a área necessária para a conservação (entorno) de cada caverna como a poligonal convexa, com 1000 metros de raio, traçada a partir da projeção de seu mapa topográfico em superfície. No caso de cavidades para as quais não há mapa topográfico disponível, o entorno de 1000 metros foi calculado a partir das coordenadas geográficas da entrada.

Como há cavernas amostradas com distâncias entre si inferiores a 1000 metros é comum a sobreposição de áreas de entorno (como poderá ser verificado nas figuras 2, 3, 4 e 5). Quando isso ocorreu, no entanto, na confecção dos mapas para cada atributo os entornos de cavernas com maior classificação prevaleceram sobre aqueles cujas cavidades receberam valoração menor (classificação extrema prevalece sobre a alta, que por sua vez prevalece sobre a média, que por sua vez prevalece sobre a baixa).

Os mapas de riqueza, complexidade, riqueza de espécies troglóbias e vulnerabilidade das cavernas em toda a área amostrada foram sobrepostos, por meio do somatório da classificação dos quatro quesitos avaliados, sendo realizado da seguinte maneira (Zampaulo, 2010): a classificação de cada atributo para cada caverna recebeu um peso diferenciado em função de seu resultado: extrema (4), alta (3), média (2) e baixa (1). Em seguida, os valores obtidos foram somados resultando em uma pontuação final para cada caverna. Por fim, novamente o maior valor encontrado serviu como base para calcular o intervalo entre as categorias, e a classificação seguiu o mesmo princípio da categorização realizada em cada atributo. Assim, as cavernas e entorno foram classificadas quanto à prioridade de conservação como extrema, alta, média e baixa.

3. RESULTADOS

3.1. Riqueza de Espécies

Para o total de 47 cavernas amostradas, a riqueza média observada para a região foi de $36,62 \pm 14,04$ espécies por cavidade, sendo a caverna dos Crotos, em Felipe Guerra, com 77 morfoespécies, a que apresentou a maior riqueza. Merecem destaque também a caverna da Capoeira de João Carlos (69 spp.) e a caverna do Maribondo Caboclo/Água (66 spp.), ambas em Gov. Dix-Sept Rosado, e a Furna Feia (61 spp.), em Baraúna. A caverna do Urubú, em Apodi, apresentou a menor riqueza (8 morfoespécies).

Os intervalos das categorias foram definidos da seguinte forma: baixa (08 a 25 morfoespécies), média (26 a 42 morfoespécies), alta (43 a 59 morfoespécies) e extrema (60 a 77 morfoespécies) e, dessa forma, 10 cavernas foram classificadas como de baixa riqueza total, 26 como de média riqueza, 07 de alta e 4 de extrema riqueza (figura 2, tabela 3).

3.2. Índice de Complexidade Ecológica das Cavernas (ICE)

Para o universo de cavernas amostradas, a complexidade média observada foi de $1,26 \pm 0,85$, com a caverna dos Crotos (4,48) e a caverna do Maribondo Caboclo/Água (3,84) apresentando as maiores complexidades. Os menores valores de ICE foram registrados na caverna do Urubú (Apodi) e na gruta dos Troglóbios (0,05 para ambas).

Os intervalos das categorias foram definidos da seguinte forma: baixa (0,05 a 1,15), média (1,16 a 2,26), alta (2,27 a 3,37) e extrema (3,38 a 4,48), sendo identificadas 22 cavernas de baixa complexidade, 21 de média, duas de alta e duas de complexidade extrema (figura 3, tabela 3).

3.3. Vulnerabilidade

Foram identificados 17 diferentes impactos nas cavernas amostradas (pisoteio, pichação, quebra de espeleotemas, lixo inorgânico, lixo orgânico, banho, mineração, desmatamento - corte raso, desmatamento - corte seletivo, trilhas, estradas, construções, exploração de petróleo, agricultura, extrativismo, irrigação e pecuária).

De acordo com a metodologia adotada, a vulnerabilidade média para as cavernas amostradas foi de $28,91 \pm 15,6$, com o valor máximo obtido para o Poço Feio (72), em Governador Dix-Sept Rosado, e o mínimo (zero) para a caverna do Lago, em Baraúna. Os intervalos ficaram assim definidos: baixa vulnerabilidade (0 a 18), média (19 a 36), alta (37 a 54) e extrema (55 a 72), sendo identificadas 11 cavernas com baixa vulnerabilidade, 22 de média, 12 de alta e duas de extrema vulnerabilidade (Figura 4, tabela 3).

Figura 2 - Mapa com a representação das categorias de riqueza total de invertebrados nas cavernas da área de estudo. Os números ao lado dos pontos vermelhos identificam cada cavidade de acordo com a numeração da primeira coluna das tabelas 1 e 3.

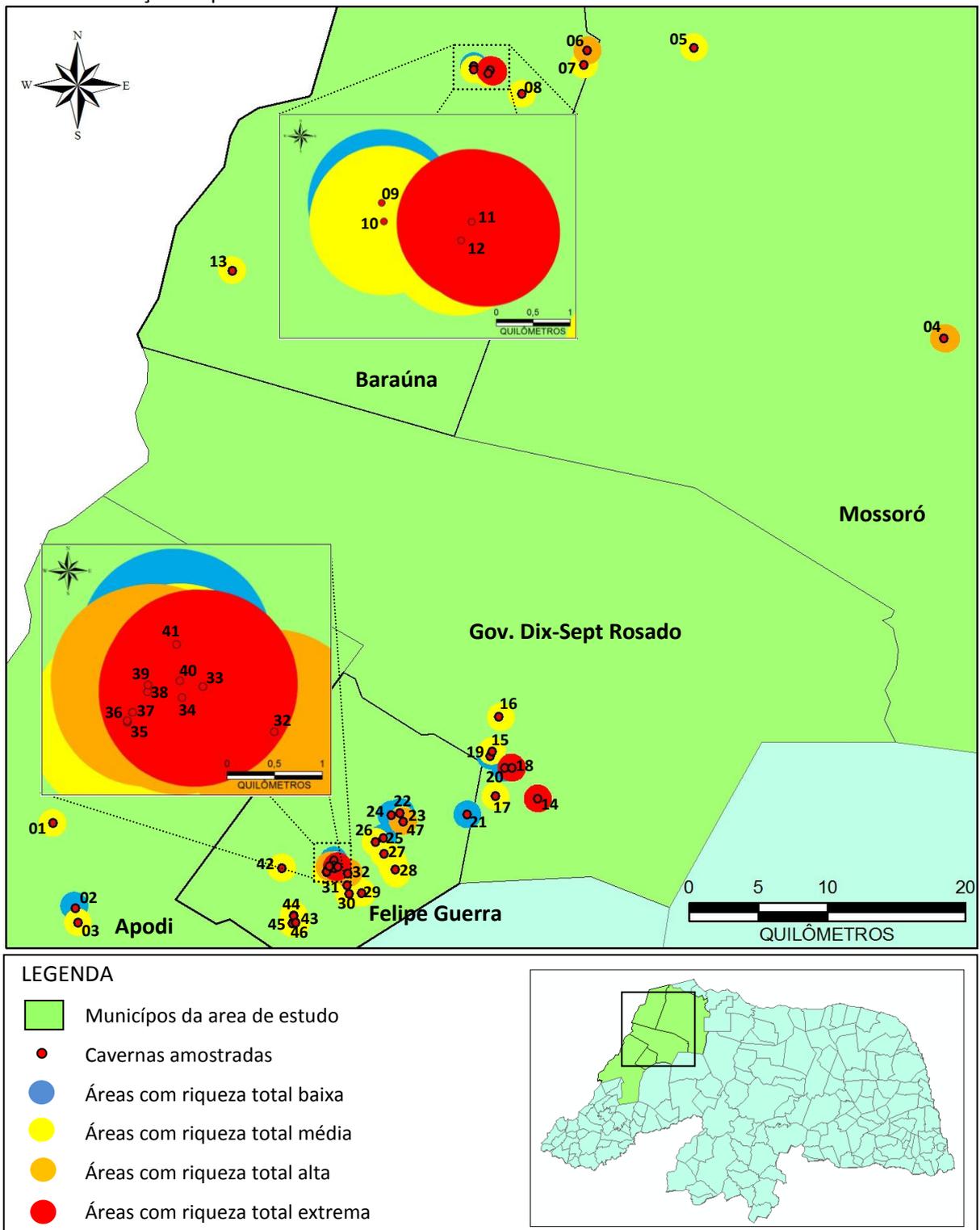


Figura 3 - Mapa com a representação das categorias de complexidade das cavernas nas cavernas da área de estudo. Os números ao lado dos pontos vermelhos identificam cada cavidade de acordo com a numeração da primeira coluna das tabelas 1 e 3.

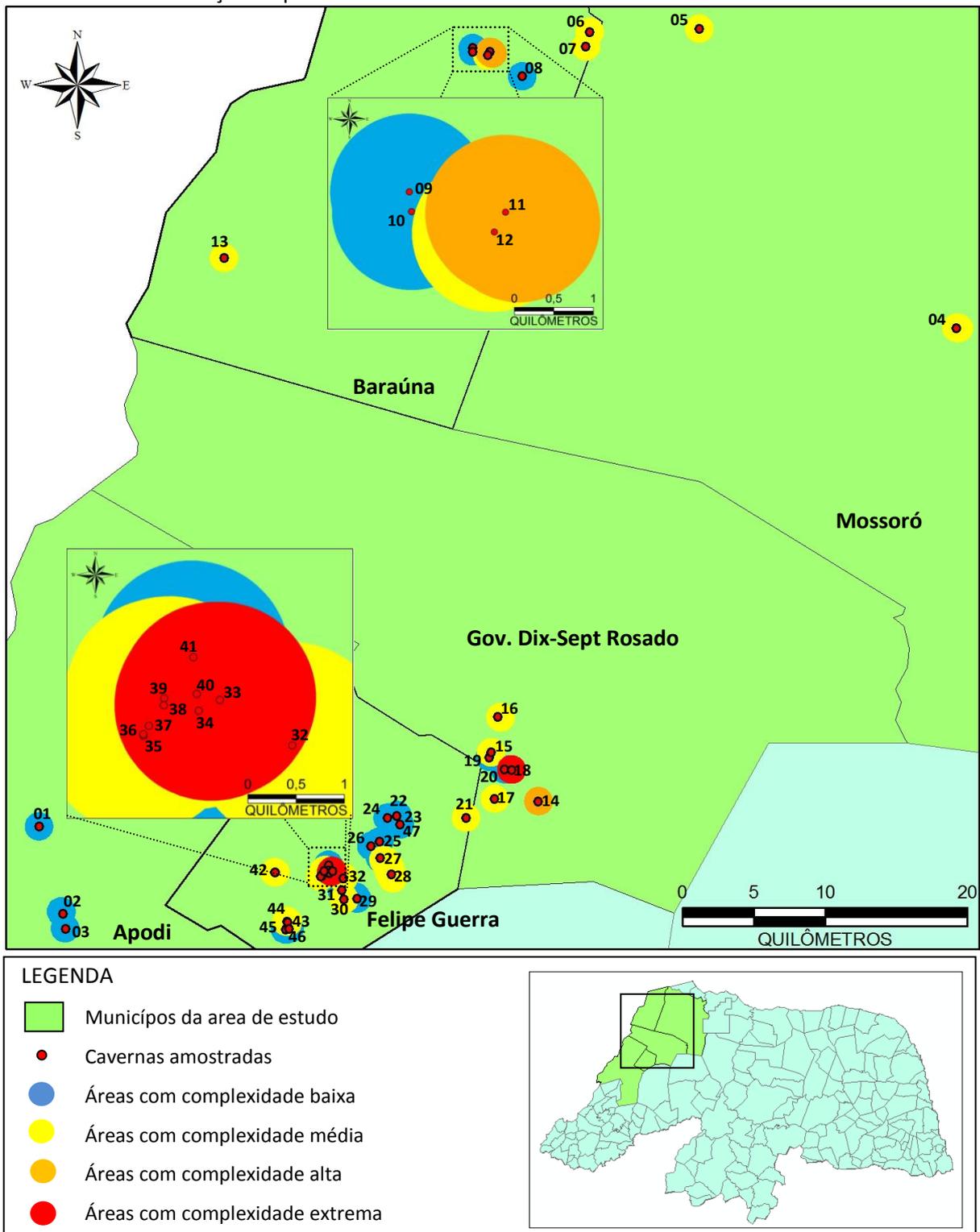
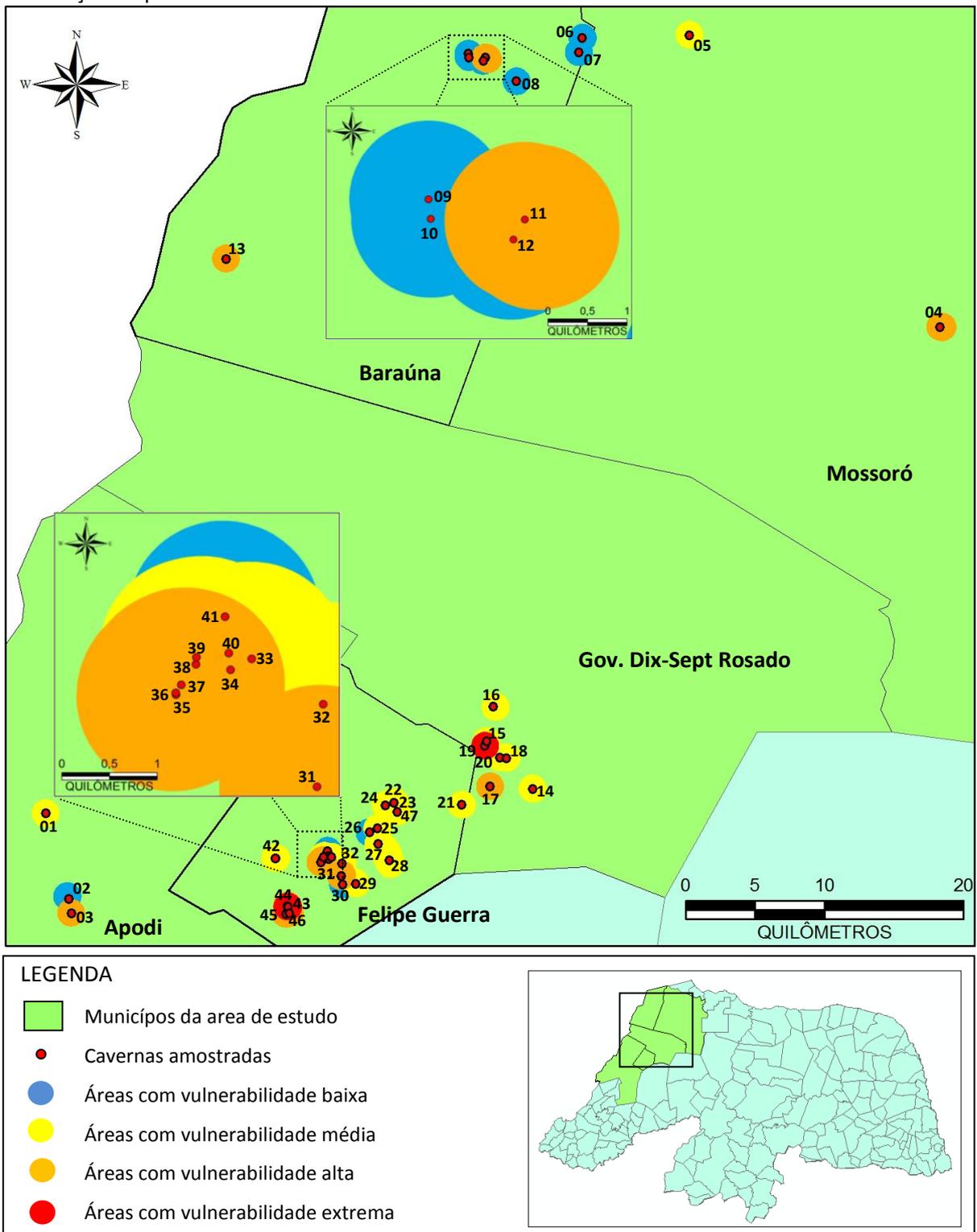


Figura 4 - Mapa com a representação das categorias de vulnerabilidade das cavernas amostradas e entorno. Os números ao lado dos pontos vermelhos identificam cada cavidade de acordo com a numeração da primeira coluna das tabelas 1 e 3.



3.4. Riqueza de Espécies Troglóbias

Foram identificadas 61 espécies troglomórficas nas 47 cavernas amostradas. A gruta dos Troglóbios (11 espécies), a caverna dos Crotos (8) e a gruta dos Três Lagos (7), todas em Felipe Guerra, apresentam as maiores concentrações de troglóbios na área do estudo. As duas primeiras estão no afloramento calcário conhecido como lajedo do Rosário, onde foram identificadas várias outras espécies troglóbias em outras cavidades. A média de espécies troglomórficas por caverna foi de $1,77 \pm 2,34$ espécies/caverna.

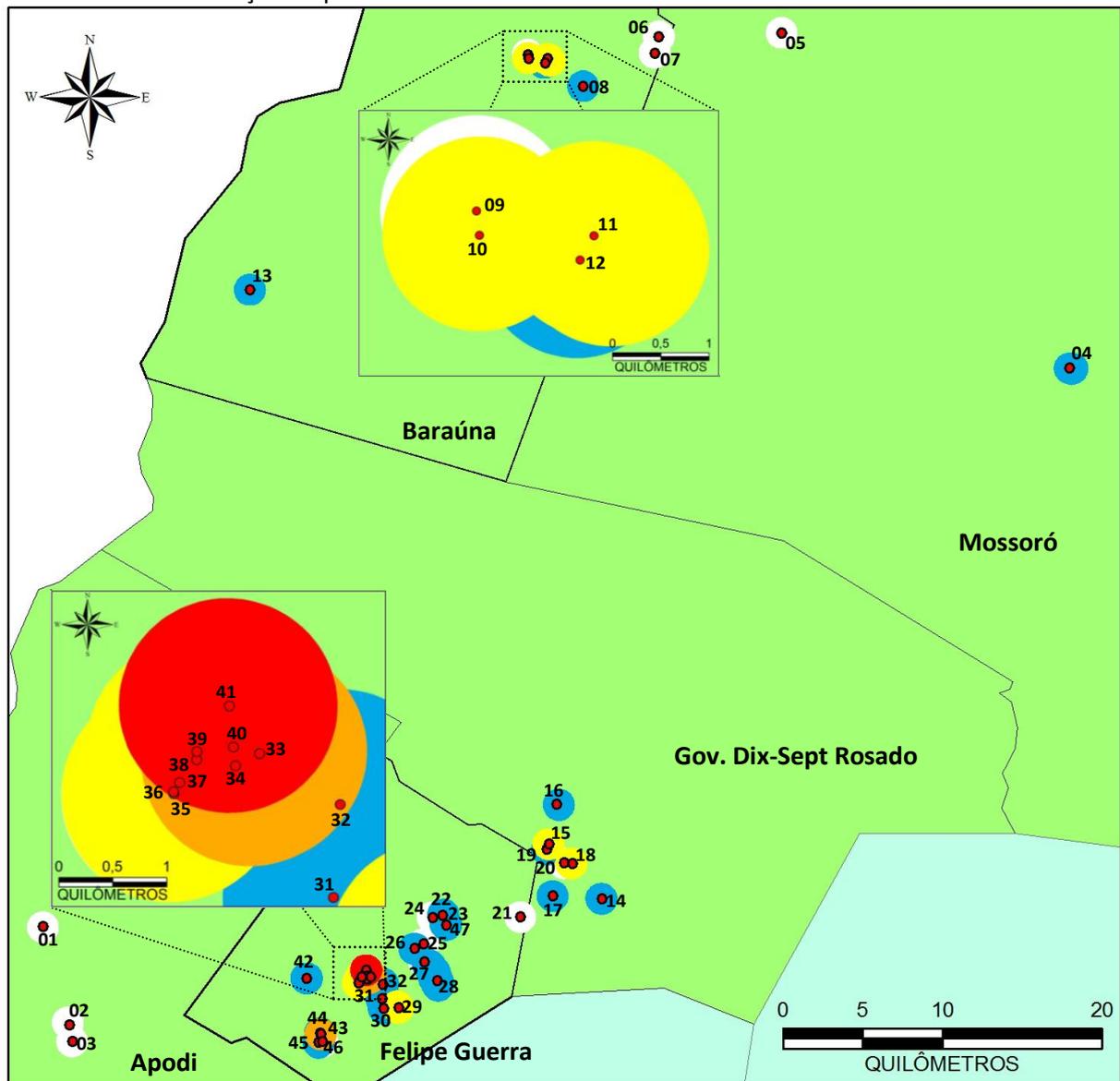
Foram encontradas espécies troglomórficas endêmicas (restritas a uma única caverna) e espécies com distribuição mais ampla, de forma que a pontuação recebida por cada caverna é de dois pontos por espécie troglóbia restrita e um ponto por espécie encontrada em mais de um polígono. Dessa forma, a média da pontuação para as espécies troglóbias variou de zero a 20 (gruta dos Troglóbios), com média de $3,06 \pm 4,35$. As categorias ficaram assim distribuídas: ausência de espécies troglóbias, baixa riqueza de espécies troglóbias (1 – 5 espécies), média (6 -10), alta (10 a 15) e extrema (16 a 20). Não foram encontradas espécies troglomórficas em 15 cavernas, enquanto 22 foram classificadas como possuindo baixa riqueza de troglóbios, sete de média, duas de alta e apenas uma caverna (gruta dos Troglóbios) apresentou riqueza de troglóbios extrema (figura 5, tabela 3).

3.5. Áreas Prioritárias para Conservação

Finalmente, a sobreposição dos quatro atributos (riqueza, complexidade, vulnerabilidade e presença de espécies troglóbias) resultou na determinação das áreas prioritárias para conservação da biodiversidade de invertebrados cavernícolas nas áreas cársticas do Oeste Potiguar. A caverna com a maior pontuação final, definida como a soma das pontuações obtidas em cada um dos atributos, foi a caverna dos Crotos (13), com destaque também para a caverna do Marimbondo Caboclo/Água e Furna Feia (12), e para a gruta dos Três Lagos (11). Duas cavernas obtiveram a pontuação mínima (03): a Furna Nova e a caverna do Urubú (Apodi).

As categorias de prioridade final foram assim definidas: baixa (3 – 5,5), média (5,6 – 8), alta (8,1 – 10,5) e extrema (10,6 -13), com a definidas de quatro áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade subterrânea na região: as áreas da caverna dos Crotos e da gruta dos três Lagos, em Felipe Guerra; a da caverna do Marimbondo Caboclo/Água, em Governador Dix-Sept Rosado; e a da Furna Feia, em Baraúna. Das cavernas restantes, três foram classificadas como de alta prioridade, 27 de média e 13 de baixa (Figura 6, tabela 3).

Figura 5 - Mapa com a representação das categorias de riqueza de espécies troglomórficas nas cavernas amostradas. Os números ao lado dos pontos vermelhos identificam cada cavidade de acordo com a numeração da primeira coluna das tabelas 1 e 3.



LEGENDA

- Municípios da área de estudo
- Cavernas amostradas
- Áreas sem espécies de troglóbios
- Áreas com riqueza de espécies de troglóbios baixa
- Áreas com riqueza de espécies de troglóbios média
- Áreas com riqueza de espécies de troglóbios alta
- Áreas com riqueza de espécies de troglóbios extrema

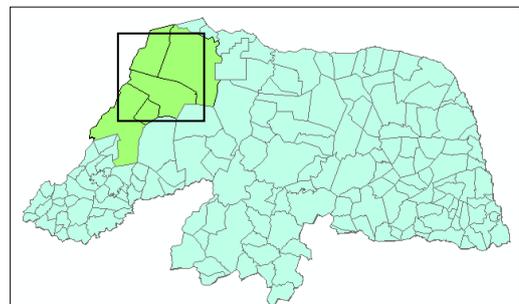
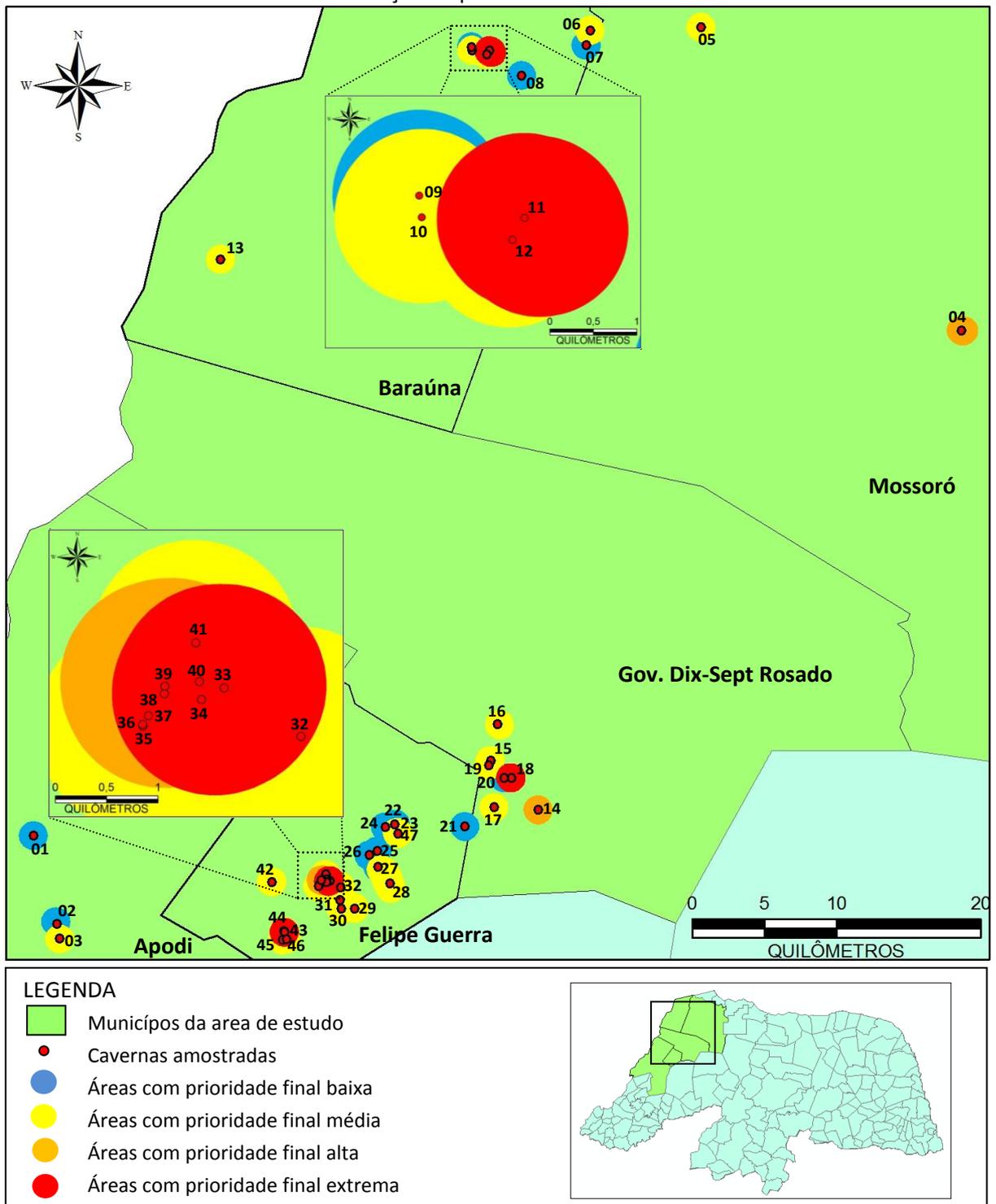


Figura 6 - Mapa com a representação das áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade de invertebrados cavernícolas na área de estudo. Os números ao lado dos pontos vermelhos identificam cada cavidade de acordo com a numeração da primeira coluna das tabelas 1 e 3.



As áreas da caverna dos Crotes, da gruta dos três Lagos, e a da caverna do Marimbondo Caboclo/Água, estão contidas na área Ca134 (figura 7), definida como de importância biológica muito alta de acordo com critérios adotados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2007) para ações de conservação da biodiversidade da Caatinga.

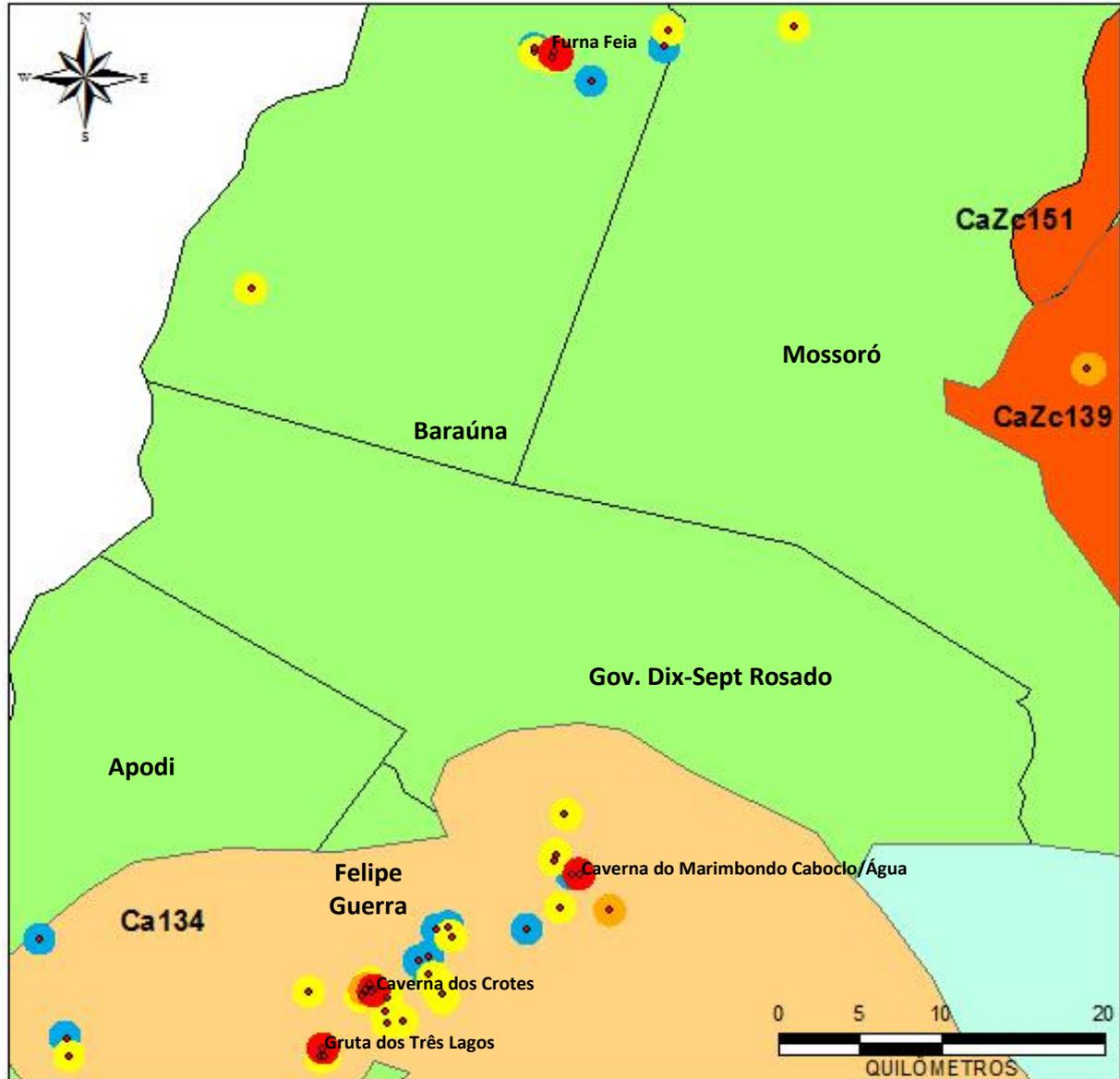
Tabela 3 – Síntese da classificação das cavernas amostradas em cada um dos quatro atributos (S – riqueza total, ICE – Complexidade, V – Vulnerabilidade, RT – Riqueza de espécies troglóbias, RTF – Pontuação final da riqueza de espécies troglóbias) e da classificação final de cada caverna quanto à prioridade de conservação. As cores utilizadas estão de acordo com a classificação adotada nos mapas das figuras 2, 3, 4, 5 e 6 mostradas anteriormente.

Nº	Caverna	S	Classificação	ICE	Classificação	V	Classificação	RT	RTF	Classificação	Somatório	Prioridade Final
01	Buraco da Nega	32	MÉDIA	1,06	BAIXA	23	MÉDIA	0	0	AUSÊNCIA	05	BAIXA
02	Caverna do Urubu	08	BAIXA	0,05	BAIXA	15	BAIXA	0	0	AUSÊNCIA	03	BAIXA
03	Caverna do Roncador	40	MÉDIA	0,9	BAIXA	49	ALTA	0	0	AUSÊNCIA	06	MÉDIA
04	Caverna do Trinta	49	ALTA	2,21	MÉDIA	40	ALTA	1	2	BAIXA	09	ALTA
05	Caverna de Javan	39	MÉDIA	1,4	MÉDIA	30	MÉDIA	0	0	AUSÊNCIA	06	MÉDIA
06	Caverna do Britador	50	ALTA	1,9	MÉDIA	3	BAIXA	0	0	AUSÊNCIA	06	MÉDIA
07	Caverna dos Cipós	38	MÉDIA	1,7	MÉDIA	5	BAIXA	0	0	AUSÊNCIA	05	BAIXA
08	Gruta do Pinga	31	MÉDIA	0,53	BAIXA	9	BAIXA	1	2	BAIXA	05	BAIXA
09	Furna Nova	21	BAIXA	0,44	BAIXA	18	BAIXA	0	0	AUSÊNCIA	03	BAIXA
10	Caverna do Lago	33	MÉDIA	1,13	BAIXA	0	BAIXA	5	10	MÉDIA	06	MÉDIA
11	Furna Feia	61	EXTREMA	2,3	ALTA	44	ALTA	3	6	MÉDIA	12	EXTREMA
12	Caverna dos Macacos/Esquecida	42	MÉDIA	1,63	MÉDIA	8	BAIXA	1	2	BAIXA	06	MÉDIA
13	Gruta da Escada	39	MÉDIA	1,84	MÉDIA	52	ALTA	1	2	BAIXA	08	MÉDIA
14	Caverna da Capoeira de João Carlos	69	EXTREMA	2,4	ALTA	28	MÉDIA	1	2	BAIXA	10	ALTA
15	Gruta Boca de Peixe	42	MÉDIA	1,45	MÉDIA	21	MÉDIA	4	6	MÉDIA	08	MÉDIA
16	Caverna do Lajedo Grande	37	MÉDIA	1,39	MÉDIA	28	MÉDIA	1	2	BAIXA	07	MÉDIA
17	Caverna da Boniteza	35	MÉDIA	1,34	MÉDIA	41	ALTA	1	1	BAIXA	08	MÉDIA
18	Caverna do Marimbondo Caboclo/Água	66	EXTREMA	3,84	EXTREMA	26	MÉDIA	5	9	MÉDIA	12	EXTREMA
19	Poço Feio	15	BAIXA	0,33	BAIXA	72	EXTREMA	2	4	BAIXA	07	MÉDIA
20	Caverna do Labirinto dos Angicos	24	BAIXA	0,62	BAIXA	30	MÉDIA	0	0	AUSÊNCIA	04	BAIXA
21	Caverna do Cote	24	BAIXA	1,2	MÉDIA	23	MÉDIA	0	0	AUSÊNCIA	05	BAIXA
22	Gruta da Bota	23	BAIXA	0,18	BAIXA	34	MÉDIA	1	1	BAIXA	05	BAIXA
23	Caverna do Arapuá	34	MÉDIA	0,82	BAIXA	26	MÉDIA	1	1	BAIXA	06	MÉDIA
24	Caverna do Sabonete	25	BAIXA	1,01	BAIXA	34	MÉDIA	0	0	AUSÊNCIA	04	BAIXA
25	Gruta de Zé de Juvino	16	BAIXA	0,42	BAIXA	26	MÉDIA	0	0	AUSÊNCIA	04	BAIXA
26	Caverna da Seta	29	MÉDIA	0,9	BAIXA	15	BAIXA	2	3	BAIXA	05	BAIXA
27	Caverna Beira-Rio	33	MÉDIA	0,35	BAIXA	32	MÉDIA	0	0	AUSÊNCIA	05	BAIXA
28	Caverna do Trapiá	36	MÉDIA	1,2	MÉDIA	28	MÉDIA	1	2	BAIXA	07	MÉDIA

Tabela 3 – Continuação.

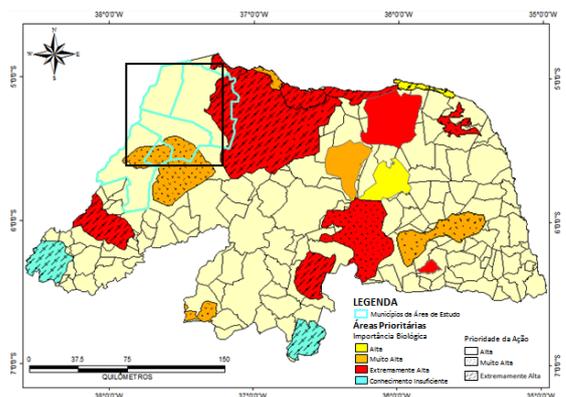
Nº	Caverna	S	Classificação	ICE	Classificação	V	Classificação	RT	RTF	Classificação	Somatório	Prioridade Final
29	Caverna da Rainha	28	MÉDIA	0,72	BAIXA	31	MÉDIA	5	10	MÉDIA	07	MÉDIA
30	Caverna do Buraco Redondo	26	MÉDIA	1,35	MÉDIA	17	BAIXA	1	1	BAIXA	06	MÉDIA
31	Caverna do Urubu	38	MÉDIA	0,72	BAIXA	48	ALTA	1	2	BAIXA	07	MÉDIA
32	Caverna da Rumana	49	ALTA	2,14	MÉDIA	22	MÉDIA	2	2	BAIXA	08	MÉDIA
33	Caverna dos Crotos	77	EXTREMA	4,48	EXTREMA	34	MÉDIA	8	14	ALTA	13	EXTREMA
34	Caverna do Complexo Suíço	54	ALTA	1,83	MÉDIA	19	MÉDIA	2	2	BAIXA	08	MÉDIA
35	Caverna Abissal	24	BAIXA	0,6	BAIXA	37	ALTA	4	8	MÉDIA	07	MÉDIA
36	Caverna da Catedral	27	MÉDIA	1,21	MÉDIA	39	ALTA	0	0	AUSÊNCIA	07	MÉDIA
37	Caverna da Descoberta	38	MÉDIA	1,23	MÉDIA	38	ALTA	1	1	BAIXA	08	MÉDIA
38	Gruta da Carrapateira	47	ALTA	1,51	MÉDIA	31	MÉDIA	3	6	MÉDIA	09	ALTA
39	Gruta do Peninha (Geraldo Gusso)	48	ALTA	1,7	MÉDIA	25	MÉDIA	0	0	AUSÊNCIA	07	MÉDIA
40	Caverna do Chocalho	39	MÉDIA	1,11	BAIXA	5	BAIXA	2	3	BAIXA	05	BAIXA
41	Gruta dos Troglóbios	20	BAIXA	0,05	BAIXA	5	BAIXA	11	20	EXTREMA	07	MÉDIA
42	Lapa I/ Caverna do Engano	37	MÉDIA	1,24	MÉDIA	23	MÉDIA	2	3	BAIXA	07	MÉDIA
43	Caverna do Pau	32	MÉDIA	1,18	MÉDIA	40	ALTA	1	1	BAIXA	08	MÉDIA
44	Gruta dos Três Lagos	32	MÉDIA	1,2	MÉDIA	65	EXTREMA	7	13	ALTA	11	EXTREMA
45	Caverna do Geilson	34	MÉDIA	0,97	BAIXA	54	ALTA	1	2	BAIXA	07	MÉDIA
46	Caverna das Abelhas Italianas	28	MÉDIA	0,91	BAIXA	38	ALTA	0	0	AUSÊNCIA	06	MÉDIA
47	Caverna do Vale	52	ALTA	0,76	BAIXA	28	MÉDIA	1	1	BAIXA	07	MÉDIA

Figura 7. Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade da Caatinga (MMA, 2007) sobrepostas às áreas prioritárias definidas no presente estudo. As áreas da caverna dos Crotes, da gruta dos Três Lagos e da caverna do Marimbondo Caboclo/Água estão contidas na área Ca134 (importância biológica muito alta), definida pelo MMA.



LEGENDA

- Municípios da área de estudo
- Cavernas amostradas
- Áreas com prioridade final baixa
- Áreas com prioridade final média
- Áreas com prioridade final alta
- Áreas com prioridade final extrema
- MMA – importância biológica muito alta
- MMA – importância biológica extremamente alta



4. DISCUSSÃO

O conhecimento sobre a fauna cavernícola brasileira ainda é extremamente incipiente, mesmo tendo havido avanços consideráveis nas três últimas décadas. Estudos intensos tem sido restritos a poucas cavernas, de forma que das mais de 9.000 cavernas cadastradas atualmente (CECAV/ICMBio, 2011), cerca de apenas 800 foram no mínimo inventariadas (Ferreira et al., 2009). Nos últimos anos, importantes e abrangentes trabalhos foram realizados em diferentes regiões do Brasil, alguns incluindo centenas de cavernas (Ferreira, 2004; Souza-Silva, 2008; Trajano, 2000). Mesmo com todo o esforço bioespeleológico realizado até o momento e o grande número de informações obtidas, ainda existem numerosas áreas pouco estudadas e outras ainda sequer exploradas.

A carência de taxonomistas no Brasil para vários grupos de invertebrados, tem se tornado uma grande barreira para a evolução do conhecimento sobre a biodiversidade cavernícola no país. Muitos táxons já coletados permanecem não-descritos (incluindo grande parte dos troglóbios brasileiros) ou não identificados, sem mencionar os poucos estudos sobre a biodiversidade de invertebrados epígeos, condição que muitas vezes pode inviabilizar o reconhecimento de espécies como troglóbias.

Outro aspecto importante é que muitos dos estudos bioespeleológicos foram realizados dentro de unidades de conservação, que são áreas de paisagens naturais protegidas por mecanismos legais, como é caso do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira e Parque Estadual de Intervalos, ambos no sul do estado de São Paulo (Trajano, 2000), Parque Nacional Cavernas do Peruaçu localizado no norte do estado de Minas Gerais (Ferreira, 2003) e Parque Estadual de Terra Ronca localizado no nordeste de Goiás (Trajano & Bichuette, 2003). Tais unidades de conservação atualmente representam importantes *hotspots* de biodiversidade subterrânea. No entanto, a criação destas áreas de proteção antecede a realização da maioria dos estudos bioespeleológicos. Sendo assim, tais UCs foram criadas principalmente através de atributos geológicos ou em virtude de serem áreas de indiscutível beleza cênica.

Apesar dos inúmeros impactos existentes, uma elevada concentração de espécies troglomórficas foi observada em algumas regiões estudadas. Foram encontradas 61 espécies troglomórficas e, apesar de praticamente todo o material já ter sido enviado a especialistas, nenhuma espécie foi formalmente descrita.

Atualmente existem inúmeros registros de espécies troglóbias encontradas pelo país, sendo 165 espécies para o Estado de Minas Gerais, 180 espécies para cavernas inseridas no bioma de Mata Atlântica e 102 espécies para cavernas no bioma da Caatinga, apesar de existirem sobreposições nestes números (Ferreira et al., 2009; Prous & Ferreira, 2009; Souza-Silva, 2008). Na clássica revisão sobre a fauna cavernícola brasileira, Pinto-da-Rocha (1995) reuniu informações sobre a ocorrência de 97 espécies de invertebrados troglomórficos, entretanto, apenas aproximadamente 20 espécies apresentavam-se oficialmente descritas. No Brasil, o sistema cavernícola com o maior registro de espécies troglomórficas é o Sistema Areias com 20 espécies, localizada na área cárstica do Vale do Ribeira, e a Gruta Mina do Pico-08 com 15 espécies, localizada no quadrilátero ferrífero em Minas Gerais, representam as maiores concentrações de espécies troglomórficas conhecidas para o Brasil (Ferreira, 2005; Trajano, 2007). A toca do Gonçalo (Campo Formoso, Bahia) é a caverna na Caatinga com o maior número de espécies troglóbias conhecidas (12). Desta forma, os números encontrados para a região do presente estudo mostram-se extremamente relevantes, tanto se levado em consideração o número total de espécies quanto se considerada a riqueza relativa (1,3 espécies por caverna) de troglóbios. A descrição das espécies encontradas no presente estudo representa um incremento significativo no número de espécies troglóbias conhecidas para o país e ainda corrobora com a ideia de que a fauna troglóbia brasileira encontra-se ainda extremamente subestimada (Ferreira et al., 2009).

A identificação de *hotspots* de endemismos em escalas regionais são de extrema relevância pelo fato de facilitarem ações de conservação (Myers et al., 2000; Picker & Samways, 1996). Culver & Sket (2000) definem arbitrariamente como *hotspots* de biodiversidade cavernas ou sistemas com 20 ou mais espécies de troglóbios. Neste trabalho os autores levantaram informações sobre vinte sítios espeleológicos que atendiam este quesito, dos quais quatorze são na Europa (cinco na Eslovênia e cinco na França), três na América do Norte, um na Austrália, um no Sudeste da Ásia e um nas ilhas Bermudas localizadas no oceano Atlântico (Culver & Sket, 2000). Somente o Sistema Postojna-Planina na Eslovênia possui 84 espécies troglóbias conhecidas. No entanto, cerca de 80% do território deste país, que é considerado o “berço” do estudo em áreas cársticas, é composto por rochas calcárias e dois dos principais centros de estudos sobre fauna subterrânea do mundo situam-se na Eslovênia. Neste contexto, o registro de 61 espécies troglomórficas

para uma região com 47 cavernas inventariadas aparenta não ter relevância no contexto mundial. No entanto, salienta-se aqui que foram consideradas troglomórficas somente aquelas espécies com troglomorfismos evidentes uma vez que a fauna epígea local é praticamente desconhecida. Desta forma, a realização de comparações ainda é muito limitada e devem ser consideradas precoces, sendo fundamental a realização de inventários faunísticos, especialmente de invertebrados, em porções epígeas da região. Sendo assim, o número efetivo de espécies troglóbias presentes na região, o que incluiria os chamados “troglóbios recentes”, pode ser muito superior ao relatado neste trabalho.

Em relação à riqueza de espécies, os valores observados para a caverna dos Crotos, Capoeira de João Carlos, caverna do Marimbondo Caboclo/Água e Furna Feia devem ser considerados expressivos quando comparados a outras cavernas brasileiras. Atualmente as grutas do Janelão (275 spp. – Minas Gerais), de Maquiné (177 spp. – Minas Gerais), do Brejal (171 spp. – Minas Gerais), o Sistema Areias (118 spp. - São Paulo) e a Gruta Lapão de Santa Luzia (107 spp. - Bahia) (Ferreira, 2003; Souza-Silva, 2008; Trajano, 2007) representam as maiores riquezas registradas para as cavernas brasileiras, sendo que tais cavernas possuem grande extensão (exceto a gruta de Maquiné) comparadas às do presente estudo e os números refletem mais de um episódio de coleta (exceto a gruta Lapão de Santa Luzia).

A indicação de áreas prioritárias para conservação (e não apenas cavidades biologicamente importantes de maneira isolada) possui uma maior relevância quanto a iniciativas de conservação. Cavernas são elementos de relevos complexos composto por um conjunto de formas, condicionadas pela estrutura e por dissolução das rochas e processos geomorfológicos associados (Gibert et al., 1994). Portanto, é preciso destacar que o estudo e as estratégias de proteção das cavidades naturais não podem ser desassociados do sistema, composto pelos terrenos cársticos adjacentes. A delimitação de uma área de influência mínima para um determinado sistema espeleológico ou conjunto de cavernas situadas em áreas destinadas à conservação, deve ser o ponto de partida para a tomada de decisões (Ferreira & Martins, 2001).

Das áreas consideradas como prioritárias, considera-se efetivamente prioritária e de caráter emergencial a área da caverna dos Crotos. De acordo com a metodologia adotada, o entorno de 1000 metros da referida caverna engloba a totalidade da área de afloramentos calcários conhecida como Lajedo do Rosário, em Felipe Guerra. Tal região é a maior concentração de cavernas em um único afloramento do Estado, com mais de 70 cavernas

cadastradas (ICMBio/CECAV, 2011). A região engloba também as duas cavernas com o maior número de troglóbios, a gruta dos Troglóbios e a caverna dos Crotos, sendo que esta última também possui a maior riqueza de espécies de invertebrados do Estado. Além disso, diversas outras cavernas abrigam espécies troglóbias, sendo que o lajedo como um todo abriga 25 das 61 espécies de troglóbios encontradas na região do presente estudo.

A segunda área prioritária, que engloba a gruta dos Três Lagos e entorno, abrange também as cavernas do Pau, de Geilson e das Abelhas Italianas, além de outras duas cavernas não inventariadas, representa uma importante concentração de espécies troglóbias (principalmente a gruta dos Três Lagos, com sete espécies) e que vem sofrendo com impactos antrópicos devido à sua proximidade com o centro da cidade de Felipe Guerra. As cavernas da área têm dimensões reduzidas e não apresentam elevada riqueza total, de forma que tiveram os valores de riqueza e complexidade reduzidas, no entanto ações de conservação para as cavernas da área também devem ser consideradas emergenciais.

A terceira área prioritária, que engloba a caverna do Marimbondo Caboclo/Água e entorno, abrange também a caverna do Labirinto dos Angicos e pelo menos outras 16 cavernas não inventariadas. Tal área se destaca pela elevada riqueza total e complexidade, e ainda apresenta seis espécies troglóbias. Destaca-se ainda que a área já foi alvo de extração ilegal de calcário, além de desmatamento, de forma que também apresenta elevada vulnerabilidade.

A quarta área prioritária engloba a Furna Feia e entorno, além de outra caverna inventariada, a caverna dos Macacos/Esquecida. Tal área se destaca pela elevada riqueza total, além de altos valores de complexidade e presença de espécies troglóbias, além de impactos antrópicos principalmente relacionados à visitação desordenada à Furna Feia, realizada principalmente por moradores de comunidades do entorno. Tal área coincide com a única proposta de criação de unidade de conservação de proteção ao patrimônio espeleológico atualmente existente no Estado, de forma que o presente estudo apresentase como mais um argumento favorável. Cabe destacar, ainda, que tal área fez parte de um grande estudo de prospecção e caracterização espeleológica em 2010, posteriormente à realização das coletas deste estudo, tendo sido descobertas 145 novas cavernas e colocando a área e entorno como a maior concentração de cavernas atualmente no RN, com 213 cavidades (Cruz et al., 2010).

É importante frisar que algumas áreas não consideradas prioritárias, de acordo com a metodologia adotada neste estudo, merecem atenção especial:

- As áreas anexas ao Lajedo do Rosário contemplam importantes cavernas no contexto estadual: as cavernas da Rainha, do Urubú e da Rumana. Apesar de não terem sido consideradas prioritárias, tais áreas abrigam pelo menos outras seis espécies troglóbias e, devido à sua localização, devem ser consideradas em eventuais ações de conservação planejadas para o Lajedo do Rosário;

- Outras áreas no município de Governador Dix-Sept Rosado, cujas principais cavidades são a caverna da Boca de Peixe e o Poço Feio, estão anexas à área da caverna do Marimbondo Caboclo/Água, considerada prioritária. Da mesma forma que anteriormente, tais áreas devem ser levadas em consideração em eventuais ações de conservação propostas, pois, além de estarem sujeitas a diversos impactos antrópicos (extração ilegal de calcário, desmatamentos e, no caso do Poço Feio, visitação intensa e desordenada), tais cavidades adicionariam pelo menos seis espécies troglóbias diferentes às presentes na área da caverna do Marimbondo Caboclo/Água;

- Por fim, áreas adjacentes à Furna Feia, considerada prioritária, foram consideradas de média e baixa prioridade principalmente pelo fato de não terem sido observados impactos antrópicos na área, além de não possuírem cavernas com elevada riqueza. Tais áreas, no entanto, englobam a caverna do Lago, com pelo menos cinco espécies troglóbias. Tal área, no entanto, está representada na proposta de conservação anteriormente citada (Cruz et al., 2009).

Desta forma, como sugestão final para as áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade de invertebrados cavernícolas da área de estudo e conforme comentado anteriormente, é recomendável anexar às áreas de extrema prioridade outras áreas que contenham atributos relevantes. Assim, as áreas indicadas no presente estudo são:

- Área da caverna dos Crotas (Lajedo do Rosário e imediações), englobando as áreas das cavernas da Rainha, do Urubú e da Rumana, em Felipe Guerra;
- Área da gruta dos Três Lagos e entorno, em Felipe Guerra;
- Áreas cársticas envolvendo as cavernas do Marimbondo Caboclo/Água, Boca de Peixe e Poço Feio, em Governador Dix-Sept Rosado;
- Áreas das cavernas Furna Feia, caverna dos Macacos/Esquecida e caverna do Lago, em Baraúna, já contempladas em proposta de criação de UC (Cruz et al., 2009).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região estudada, apesar do significativo incremento nos estudos espeleológicos nos últimos anos, ainda continua relativamente desconhecida. Assim como ocorreu na área da Fruna feia, novos estudos certamente resultarão em um aumento expressivo no número de cavidades naturais conhecidas para a região e isso deverá estar associado à realização de novos estudos bioespeleológicos, permitindo, assim, a constante atualização das informações sobre a biodiversidade subterrânea da região. Esta atualização facilitará a tomada de decisões pelos órgãos públicos, tanto no que se refere a estratégias de conservação como durante processos de licenciamento ambiental, garantindo a sustentabilidade da região.

O presente trabalho, em momento algum, teve como meta indicar áreas de baixa relevância biológica, e sim indicar áreas prioritárias para conservação em função das informações existentes no momento. Há uma demanda de conservação emergencial, inclusive com propostas em andamento, e todas as áreas aqui apontadas como prioritárias apresentam atividades econômicas conflitantes com o patrimônio espeleológico.

Outro aspecto a ser considerado é que as áreas prioritárias apontadas neste estudo foram delineadas de maneira a atender a uma questão metodológica, apenas com o objetivo de possibilitar as análises espaciais e reconhecer áreas de maior relevância biológica. Fica claro, então, que eventuais limites de áreas a serem oficialmente protegidas devem ser baseadas em estudos que busquem uma compreensão ampla acerca das áreas de influência sobre os sistemas subterrâneos, bem como através da sobreposição com informações do ambiente epígeo (remanescentes florestais, áreas de mananciais, questões fundiárias, entre outras, baseando-se sempre nos conceitos de representatividade e persistência dos ecossistemas (Gaston & Rodrigues, 2003; Groves et al., 2002; Margules & Pressey, 2000).

Para a existência de um sistema de unidades de conservação eficiente na região, não basta apenas a criação de áreas protegidas. As mesmas devem ser devidamente implantadas, através da resolução de questões fundiárias, atingindo uma maior efetividade através do estabelecimento de uma linha de atuação baseada em conhecimentos científicos utilizados na definição de um plano de manejo. Posteriormente, o monitoramento das ações de conservação, que pode ser feito de forma experimental, é também um passo fundamental para avaliar a efetividade de conservação (Margules & Pressey, 2000). Desta

forma, a seleção de indicadores da biodiversidade (e.g., monitoramento de espécies troglóbias) pode contribuir de maneira direta para a eficiência de proteção destas áreas.

Por fim, ressalta-se que este estudo aborda os aspectos bioespeleológicos existentes na região. Para uma melhor compreensão e definição das áreas mais relevantes, faz-se necessária a sobreposição de atributos relacionados a diferentes ciências, integrando o conhecimento proveniente de outras áreas, como a geologia, hidrologia, arqueologia, paleontologia, dentre outras. Este conhecimento interdisciplinar deve ser empregado diretamente no manejo dos recursos naturais, bem como utilizado em estratégias educativas com o objetivo de sensibilizar as populações locais sobre a importância da conservação dos ecossistemas cársticos.

6. REFERÊNCIAS

ANDO, A.; CAMM, J.; POLASKY, S.; SOLOW, A. Species distributions, land values, and efficient conservation. **Science**, Washington, v. 279, n. 5359, p. 2126-2128, 1998

ANDRIAMAMPINANINA, L.; KREMEN, C.; VANE-WRIGHT, D.; LEES, D.; RAZAFIMAHATRATRA, V. Taxic richness patterns and conservation evaluation of Madagascan tiger beetles (Coleoptera: Cicindelidae). **Journal of Insect Conservation**, Dordrecht, v. 4, n. 2, p. 109-128, 2000.

BIBBY, C. J.; COLLAR, N. J.; CROSBY, M. J.; HEATH, M. F.; IMBODEN, C.; JOHNSON, T. H.; LONG, A. J.; STATTERSFIELD, A. J.; THIRGOOD, S. J. A.; STONES, A. J.; WEGE, D. C. **Putting biodiversity on the map: priority areas for global conservation**. Cambridge: International Council for Bird Preservation. 235 p., 1992.

BRASIL. Decreto n. 6.640, de 7 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. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 nov. 2008.

CECAV/ICMBio - Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. **Base de Dados Geoespacializados de Cavernas Naturais Subterrâneas do CECAV, situação em 01/09/2008**. Disponível em <http://www.ibama.gov.br/cecav/index.php?id_menu=228>. Acesso em 05 set. 2008.

CECAV/ICMBio. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - **Base de Dados Geoespacializados de Cavernas Naturais Subterrâneas do CECAV, situação em 10/01/2011**. Disponível em <http://www.icmbio.gov.br/cecav/index.php?id_menu=228>. Acesso em 09 Fev. 2011.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. RESOLUÇÃO Nº 347, DE 10 DE SETEMBRO DE 2004. Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 Set. 2004.

CRUZ, J.B.; BENTO, D.M.; SANTOS, D.J.; FREITAS, J.I.M; CAMPOS, U.P. Complexo Espeleológico da Furna Feia: Uma Proposta de Unidade de Conservação. **Anais do 30.º Congresso Brasileiro de Espeleologia**, SBE. Montes Claros – MG, 2009.

CRUZ, J.B., BENTO, D. M., BEZERRA, F. H. R., FREITAS, J. I., CAMPOS, U. P., SANTOS, D. J. Diagnóstico Espeleológico do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Espeleologia** 01: 01-24, 2010

CULVER, D.C. **Cave Life. Evolution and Ecology**. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts and London, England. 189 p., 1982.

CULVER, D. C. Cave fauna. In: SOULT, M. E. (Ed.). **Conservation biology: the science of scarcity and diversity**. Massachusetts: Sinauer Associates. p. 427-443, 1986.

CULVER, D. C.; SKET, B. *Hotspots* of subterranean biodiversity in caves and wells. **Journal of Cave and Karst Studies**, Huntsville, v. 62, n. 1, p. 11-17, 2000.

CULVER, D. C.; DEHARVENG, L.; BEDOS, A.; LEWIS, J. J.; MADDEN, M.; REDDELL, J. R.; SKET, B.; TRONTELJ, P.; WHITE, D. The mid-latitude biodiversity ridge in terrestrial cave fauna. **Ecography**, Copenhagen, v. 29, n. 1, p. 120-128, 2006.

FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P. Cavernas em risco de extinção. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 173, n. 29, p. 20-28, 2001.

FERREIRA, R. L.; HORTA, L. C. S. Natural and human impacts on invertebrate communities in Brazilian caves. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 61, n. 1, p. 7-17, 2001.

FERREIRA, R. L. **Subsídios para o estabelecimento do manejo bioespeleológico e paleontológico em algumas cavernas do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu**. Belo Horizonte: Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, 140 p., 2003.

FERREIRA, R. L. **A medida da complexidade ecológica e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos**. Tese de Doutorado, UFMG, Belo Horizonte, 161p., 2004.

FERREIRA, R. L. A vida subterrânea nos campos ferruginosos. **O Carste**, Belo Horizonte, v. 17, n. 3, p. 106-115, 2005.

FERREIRA, R.L., PROUS, X., SOUZA-SILVA, M. & BERNARDI, L.F.O. Caracterização biológica de cavernas do Rio Grande do Norte. In: CRUZ, Jocy Brandão (Org.). **Diagnóstico espeleológico do Rio Grande do Norte**. Natal, ICMBIO, 78 p., 2008.

FERREIRA, R. L.; SILVA, M. S.; BERNARDI, L. F. O. Contexto Bioespeleológico. In: DRUMMUND, G. M.; MARTINS, C. S.; GRECO, M. B.; VIEIRA, F. (Ed.). **Biota Minas: diagnóstico do conhecimento sobre a biodiversidade no Estado de Minas Gerais, subsídios ao Programa Biota Minas**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. p. 622-638, 2009.

FERREIRA, R.L.; PROUS, X.; BERNARDI, L.F.O.; SOUZA-SILVA, M. Fauna subterrânea do Estado do Rio Grande do Norte: Caracterização e impactos. **Revista Brasileira de Espeleologia** 01: 25-51, 2010.

GASTON, K. J.; RODRIGUES, A. S. L. Reserve selection in regions with poor biological data. **Conservation Biology**, Boston, v. 17, n. 1, p. 188-195, 2003.

GIBERT, J.; DANIELPOL, D. L.; STANFORD, J. A. **Groundwater ecology**. New York: Academic. 571 p., 1994.

GROVES, C. R.; JENSEN, D. B.; VALUTIS, L. L.; REDFORD, K. H.; SHAFFER, M. L.; SCOTT, J. M.; BAUMGARTNER, J. V.; HIGGINS, J. V.; BECK, M. W.; ANDERSON, M. G. Planning for biodiversity conservation: Putting conservation science into practice. **BioScience**, Washington, v. 52, n. 2, p. 499-512, 2002.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. **World heritage caves and karst: a thematic study**. Switzerland, 57 p, 2008.

LANGHAMMER, P. F.; BAKARR, M. I.; BENNUN, L. A.; BROOKS, T. M.; CLAY, R. P.; DARWALL, W.; SILVA, N. de; EDGAR, G. J.; EKEN, G.; FISHPOOL, L. D. C.; FONSECA, G. A. B. da; FOSTER, M. N.; KNOX, D. H.; MATIKU, P.; RADFORD, E. A.; RODRIGUES, A. S. L.; SALAMAN, P.; SECHREST, W.; TORDOFF, A. W. **Identification and gap analysis of key biodiversity areas: targets for comprehensive protected area systems**. Switzerland: International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources. 116 p., 2007.

LAWTON, J. H. L.; MAY, R. M. Estimating extinction rates. London: **Philosophical Transactions of The Royal Society of London**. 104 p., 1994.

MARGULES, C. R.; PRESSEY, R. L. Systematic conservation planning. **Nature**, London, v. 405, p. 243-253, 2000.

MARRA, R. J. C. **Critérios de relevância para classificação de cavernas no Brasil**. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 393 p., 2008.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Áreas Prioritárias para a Conservação, Uso sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização – Portaria MMA Nº 09, de 23 de janeiro de 2007**. Brasília: MMA. 328 p., 2007.

MULONGOY, K. J.; CHAPES, S. Protected areas and biodiversity: an overview of key issues In: CENTRE, U. W. C. M. (Ed.). **Biodiversity series**. Cambridge: Secretariat of the convention on biological diversity. p. 73-132, 2004.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, G. M. C.; FONSECA G. A. B.; KENT, J. Biodiversity *hotspots* for conservation priorities. **Nature**, London, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

PICKER, M. D.; SAMWAYS, M. J. Faunal diversity and endemism of the Cape Peninsula, South Africa, a first assessment. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 5, n. 5, p. 591-606, 1996.

PINTO-DA-ROCHA, R. Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907 - 1994). **Papéis Avulsos de Zoologia**, 39(6): 61-163, 1995.

PRENDERGAST, J. R.; EVERSHAM, B. C. Species richness covariance in higher taxa: empirical tests of the biodiversity indicator concept. **Ecography**, Copenhagen, v. 20, n. 1, p. 210-216, 1997.

PRESSEY, R. L.; TULLY, S. L. The cost of ad hoc reservation: a case-study in western New South Wales. **Australian Journal of Ecology**, Carlton, v. 19, n. 2, p. 375-384, 1994.

PRESSEY, R. L.; POSSINGHAM, H. P.; MARGULES, C. R. Optimality in reserve selection algorithms: when does it matter and how much? **Biological Conservation**, Essex, v. 76, n. 3, p. 259-267, 1996.

PRESSEY, R. L. Applications of irreplaceability analysis to planning and management problems. **Parks**, Washington, v. 9, n. 1, p. 42-51, 1999.

PROUS, X.; FERREIRA, R. L. Estrutura das comunidades cavernícolas na Caatinga: subsídios para a conservação. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ESTUDOS DO CARSTE, 3. 2009, São Carlos. **Resumos...** São Carlos: Redespeleo Brasil. p. 62-63, 2009.

RODRIGUES, A. S. L.; TRATT, R.; WHEELER, B. D.; GASTON, K. J. The performance of existing networks of conservation areas in representing biodiversity. **Proceedings of the Royal Society of London B**, London, v. 266, n. 1427, p. 1453-1460, 1999.

RODRIGUEZ, L. O.; YOUNG, K. R. Biological diversity of Peru: determining priority areas for conservation. **Ambio**, Stockholm, v. 29, n. 6, p. 329-337, 2000.

RODRIGUES, A. S. L.; AKÇAKAYA, H. R.; ANDELMAN, S. J.; BAKARR, M. I.; BOITANI, L.; BROOKS, T. M.; CHANSON, J. S.; FISHPOOL, L. D. C.; FONSECA, G. A. B. D.; GASTON, K. J.; HOFFMANN, M.; MARQUET, P. A.; PILGRIM, J. D.; PRESSEY, R. L.; SCHIPPER, J.; SECHREST, W.; STUART, S. N.; UNDERHILL, L. G.; WALLER, R. W.; WATTS, M. E. J.; YAN, A. X. Global Gap Analysis: priority regions for expanding the global protected-area network. **BioScience**, Washington, v. 54, n. 12, p. 1092-1100, 2004.

SCOTT, J. M.; MURRAY, M.; WRIGHT, R. G.; CSUTI, B.; MORGAN, P.; PRESSEY, R. L. Representation of natural vegetation in protected areas: capturing the geographic range. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 10, n. 8, p. 1297-1301, 2001.

SEYMOUR, C. L.; DE KLERK, H. M.; CHANNING, A.; CROWE, T. M. The biogeography of the Anura of subequatorial Africa and the prioritisation of areas for their conservation. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 10, n. 12, p. 2045-2076, 2001.

SOUZA-SILVA, M. **Ecologia e conservação das comunidades de invertebrados cavernícolas na mata atlântica brasileira**. Tese (Doutorado em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 225 p., 2008.

TRAJANO, E. Cave faunas in the Atlantic tropical rain forest: composition, ecology and conservation. **Biotropica**, Washington, v. 32, n. 4, p. 882-893, Apr. 2000.

TRAJANO, E. **Sistema areias: 100 anos de estudos**. São Paulo: Redespeleo Brasil. 128p., 2007.

TRAJANO, E.; BICHUETTE, M. E. Área cárstica de São Domingos, Alto Tocantins, Nordeste de Goiás: a maior diversidade de peixes subterrâneos no Brasil. **O Carste**, Belo Horizonte, v. 5, n. 4, p. 114-125, 2003.

WILLIAMS, P. W. **Karst terrains: environmental changes and human impact**. In: WILLIAMS, P. W. (Ed.). *Karst terrains: environmental changes and human impact*. Cremlingen-Denstedt: Catena-Verlag. p. 251-268, 1993.

WILSON, E. O. **The diversity of life**. London: Allen Lane. 424 p., 1992.

WILSON, K.; PRESSEY, R. L.; NEWTON, A.; BURGMAN, M.; POSSINGHAM, H. C. W. Measuring and incorporating vulnerability into conservation planning. **Environmental Management**, New York, v. 35, n. 5, p. 527-543, 2005.

APÊNDICE A – Alguns invertebrados encontrados nas cavernas do Oeste Potiguar



Heterophrynus sp. (Amblypygi: Phrinidae). Foto: Diego Bento



Charinus sp. (Amblypygi: Charinidae). Foto: Diego Bento



Mygalomorpha (Araneae). Foto: Diego Bento



Mesabolivar sp. (Araneae: Pholcidae). Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



Scytodes sp. (Araneae: Scytodidae). Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



Loxosceles sp. (Araneae: Sicariidae). Foto: Diego Bento



Sicarius tropicus (Aranae: Sicariidae). Foto: Diego Bento



Theridiidae (Aranae). Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



Opiliones. Foto: Diego Bento



Eukoenia sp. (Palpigradi). Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



Chernetidae (Pseudoscorpiones). Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



Rowlandius sp. (Schizomida). Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



Tytilus sp. (Scorpiones). Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



Chelodesmidae (Polydesmida). Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



Polyxenida. Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



Scutigermorpha. Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



Scolopendromorpha. Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



Symphyla. Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



Armadillidae (Isopoda). Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



Tricharina sp. (Isopoda: Platyarthridae). Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



Curculionidae (Coleoptera). Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



Tenebrionidae (Coleoptera). Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



Zoophobas (Coleoptera: Tenebrionidae). Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



Diplura. Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



Lutzomyia (Diptera: Psychodidae). Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



Endecous sp. (Ensiíera: Phalangopsidae). Foto: Diego Bento



Zelurus sp. (Heteroptera: Reduviidae). Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



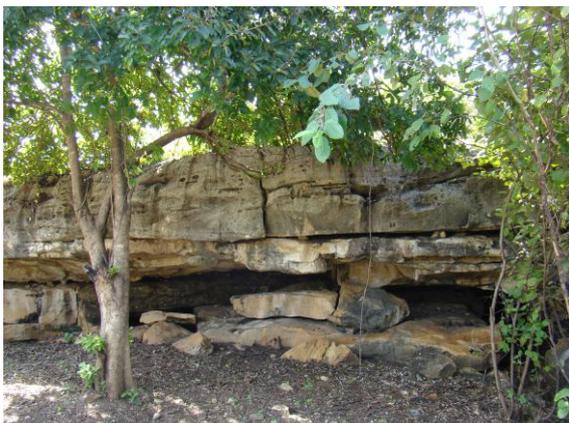
Panstronivus sp. (Heteroptera: Reduviidae). Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



Emesinae (Heteroptera: Reduviidae). Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



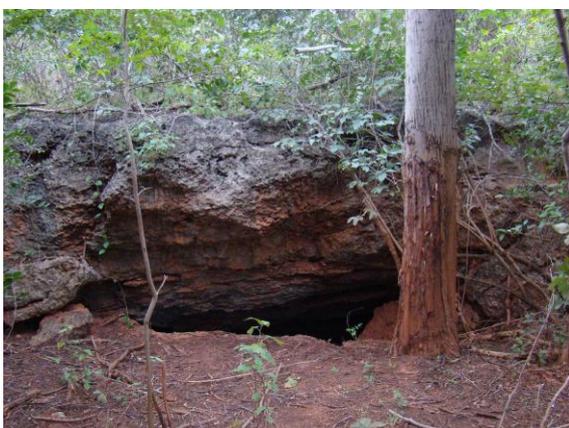
Chrysopidae (Neuroptera). Foto: Rodrigo Lopes Ferreira

APÊNDICE B – Algumas das cavernas amostradas

Entrada da caverna do Roncador (Apoódi). Foto: Diego Bento



Caverna do Trinta (Mossoró). Foto: Diego Bento



Entrada da caverna de Javan (Mossoró). Foto: Diego Bento



Fuma Nova (Baraúna). Foto: Diego Bento



Zona fótica da caverna do Britador (Baraúna). Foto: Diego Bento



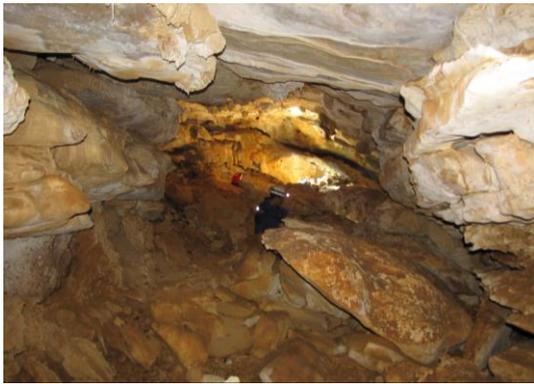
Gruta do Pinga (Baraúna). Foto: Diego Bento



Entrada da Fuma Feia (Baraúna). Foto: Diego Bento



Fuma Feia (Baraúna). Foto: Diego Bento



Caverna dos Macacos/Esquecida (Baraúna). Foto: Diego Bento



Caverna da Capoeira de João Carlos (Gov. Dix-Sept Rosado). Foto: Diego Bento



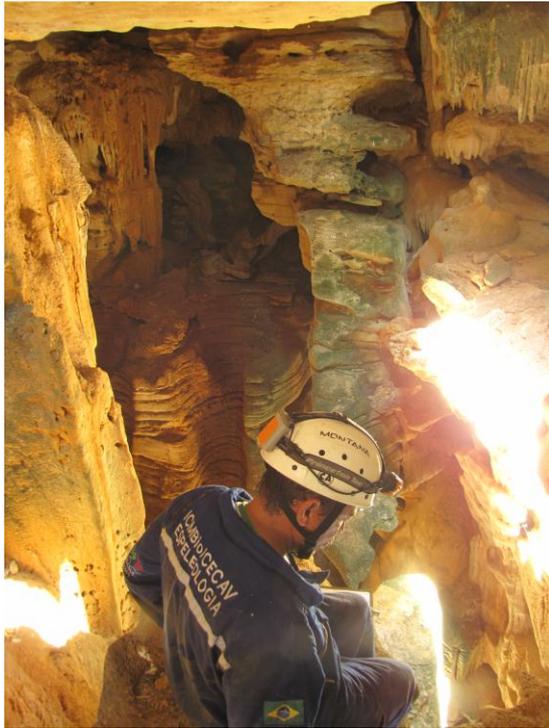
Caverna do Lajedo Grande (Gov. Dix-Sept Rosado). Foto: Diego Bento



Caverna da Boniteza (Gov. Dix-Sept Rosado). Foto: Diego Bento



Caverna da Bota (Felipe Guerra). Foto: Diego Bento



Caverna do Marimbondo Caboco/Água (Gov. D.S. Rosado). Foto: Diego Bento



Caverna da Carrapateira (Felipe Guerra). Foto: Jocy Cruz



Caverna do Cote (Felipe Guerra). Foto: Diego Bento



Caverna do Arapuá (Felipe Guerra). Foto: Diego Bento



Caverna do Sabonete (Felipe Guerra). Foto: Diego Bento



Caverna Beira-Rio (Felipe Guerra). Foto: Diego Bento



Caverna do Trapiá (Felipe Guerra). Foto: Daniel Menin



Caverna da Rainha (Felipe Guerra). Foto: Jocy Cruz



Entrada da caverna do Buraco Redondo (Felipe Guerra). Foto: Diego Bento



Caverna do Urubu (Felipe Guerra). Foto: Diego Bento



Caverna da Rumana (Felipe Guerra). Foto: Diego Bento



Caverna dos Crotes (Felipe Guerra), Foto: Diego Bento



Lajedo do Rosário (Felipe Guerra), Foto: Diego Bento



Caverna da Catedral (Felipe Guerra), Foto: Diego Bento



Caverna do Pau (Felipe Guerra), Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



Entrada da caverna das Abelhas Italianas (Felipe Guerra), Foto: Rodrigo Lopes Ferreira



Caverna da Lapa/Engano (Felipe Guerra), Foto: Diego Bento