



**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**

Catalogação 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 substituíra, em seguida, estes acidentes, no criar idênticos empecilhos. Assim transposta a paisagem, o solo descaí 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; erizada 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 km<sup>2</sup>. 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 km<sup>2</sup>. 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

<b>INTRODUÇÃO GERAL E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>11</b>
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b>	<b>12</b>
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
<b>2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>20</b>
<b>3. REFERÊNCIAS</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO I – ALTERAÇÕES NAS COMUNIDADES DE INVERTEBRADOS EM CAVERNAS DO OESTE POTIGUAR (RN, BRASIL) DURANTE AS ESTAÇÕES SECA E CHUVOSA</b>	<b>33</b>
<b>RESUMO</b>	<b>34</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>35</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>36</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>38</b>
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
<b>3. RESULTADOS</b>	<b>45</b>
3.1. Índices biológicos, estabilidade ambiental e complexidade	45
3.2. Variação entre estações	56
<b>4. DISCUSSÃO</b>	<b>59</b>
<b>5. REFERÊNCIAS</b>	<b>63</b>
<b>CAPÍTULO II – INVERTEBRADOS EM CAVERNAS DO OESTE POTIGUAR (RN, BRASIL): DIVERSIDADE, COMPOSIÇÃO DAS COMUNIDADES E SUAS RELAÇÕES COM AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS</b>	<b>67</b>
<b>RESUMO</b>	<b>68</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>69</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>70</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>72</b>

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

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



# **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 km<sup>2</sup>. 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 km<sup>2</sup>) 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, lapíás 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. *Trogló xenos*: 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 trogló xenos quanto os troglófilos geralmente ocorrem em ambientes úmidos e sombreados, no entanto os troglófilos são encontrados preferencialmente no meio hipógeo.

3. *Trogló bios*: 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

biólogo 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 Intervales, 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/km<sup>2</sup>. 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 km<sup>2</sup>, 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).

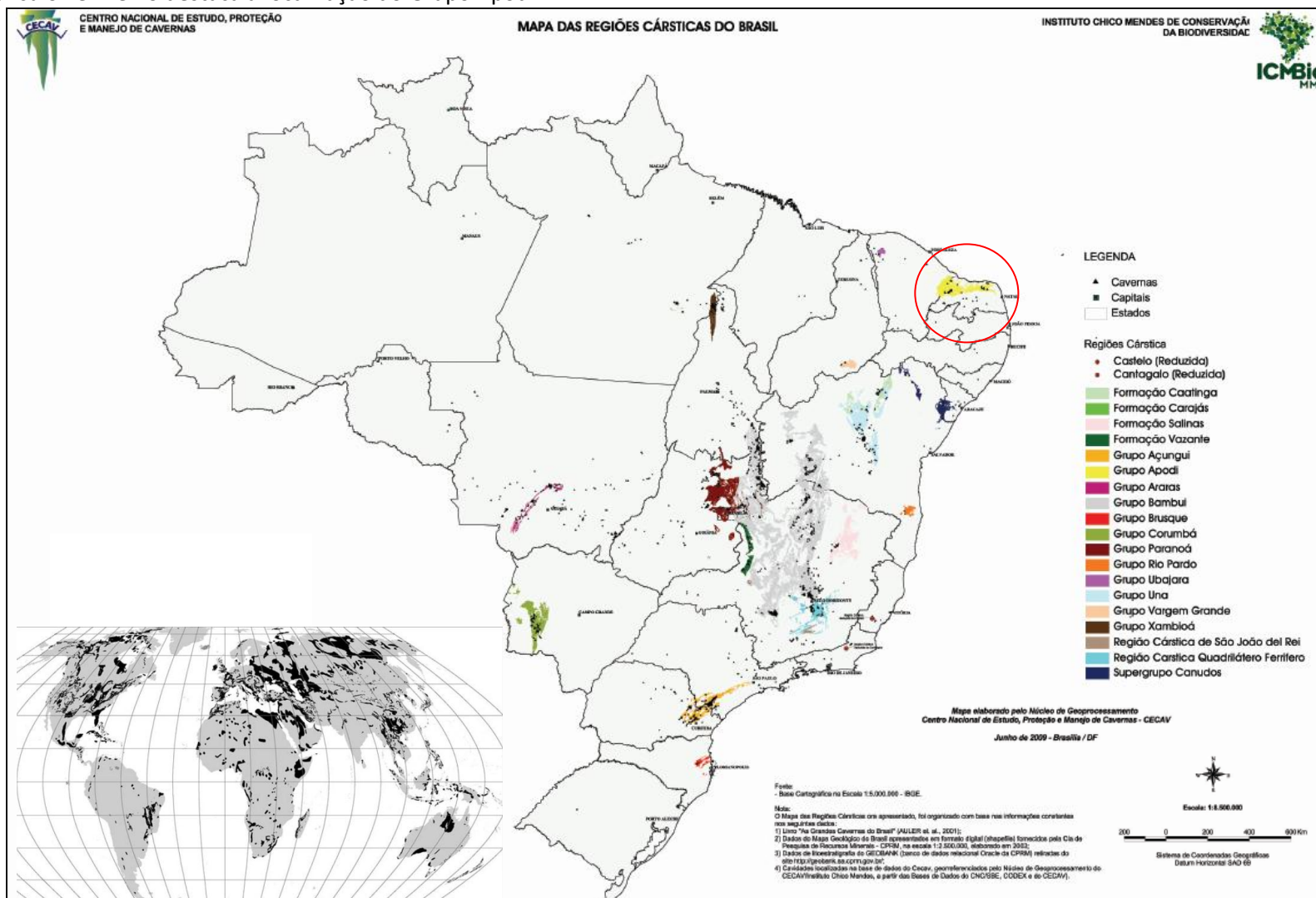
A heterogeneidade da estrutura geológica do Estado do Rio Grande do Norte propicia a formação de diferentes feições cársticas: ao norte, a Bacia Potiguar com os calcários do Grupo Apodi – Formação Jandaíra, e na porção sul, o Embasamento Cristalino. Há ainda os

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.

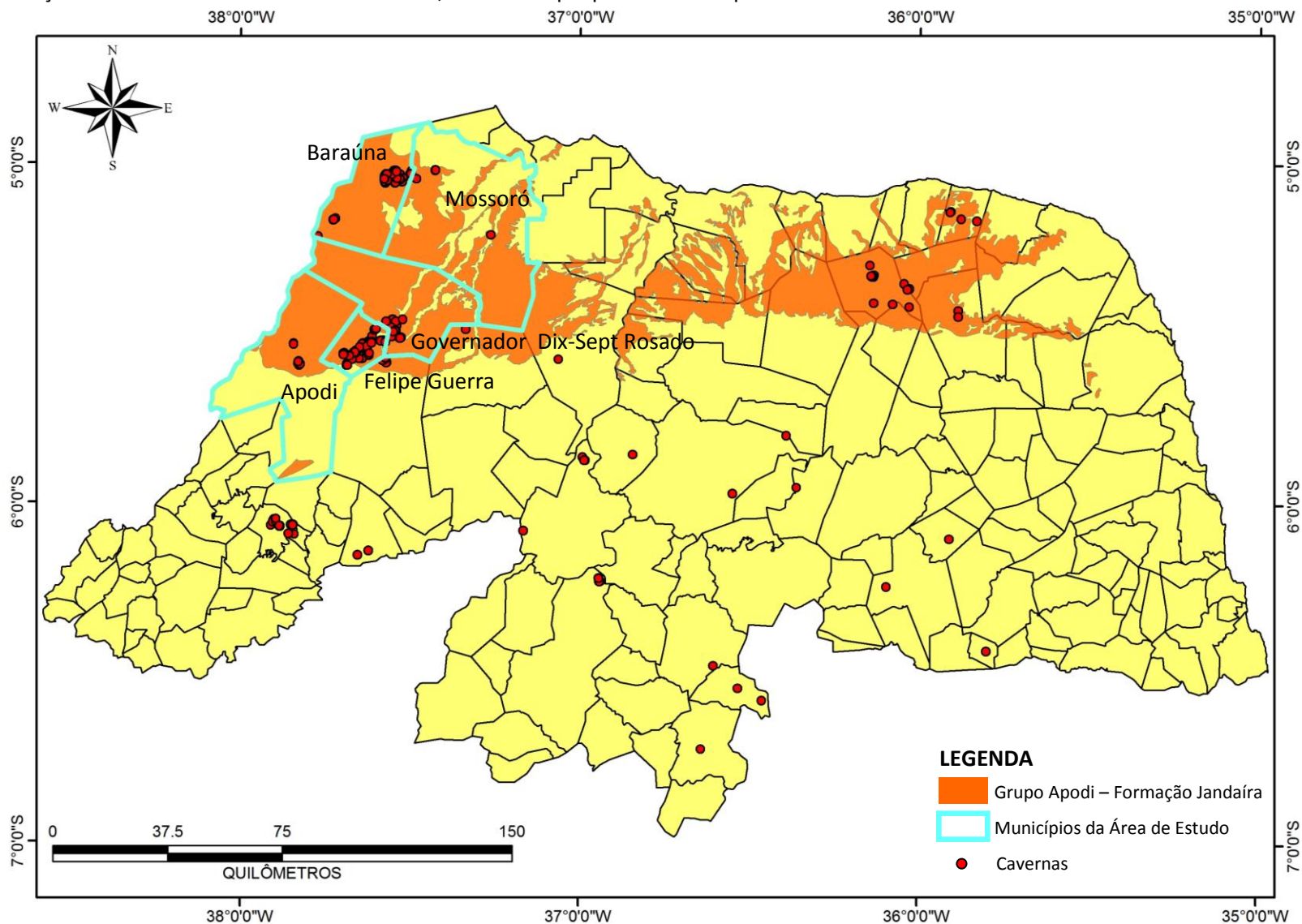
As cavernas calcárias do Estado estão concentradas na Mesorregião Agreste (no município de Jandaíra e arredores) e, principalmente, na Mesorregião Oeste Potiguar, com destaque para os municípios de Baraúna (218 cavernas), Felipe Guerra (191), Governador Dix-Sept Rosado (46), Apodi (14) e Mossoró (7), 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 CECV/ICMBio(2011b).

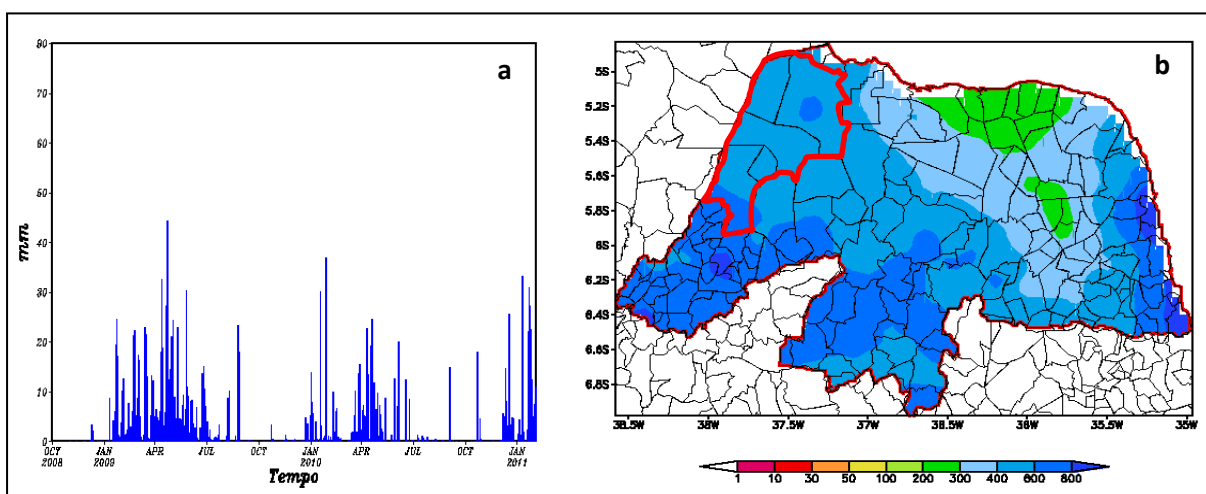
Figura 2 - Mapa do Rio Grande do Norte mostrando as ocorrências dos calcários do Grupo Apodi – Formação Jandaíra, bem como a localização das cavernas atualmente conhecidas, com destaque para os municípios da área de estudo.



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

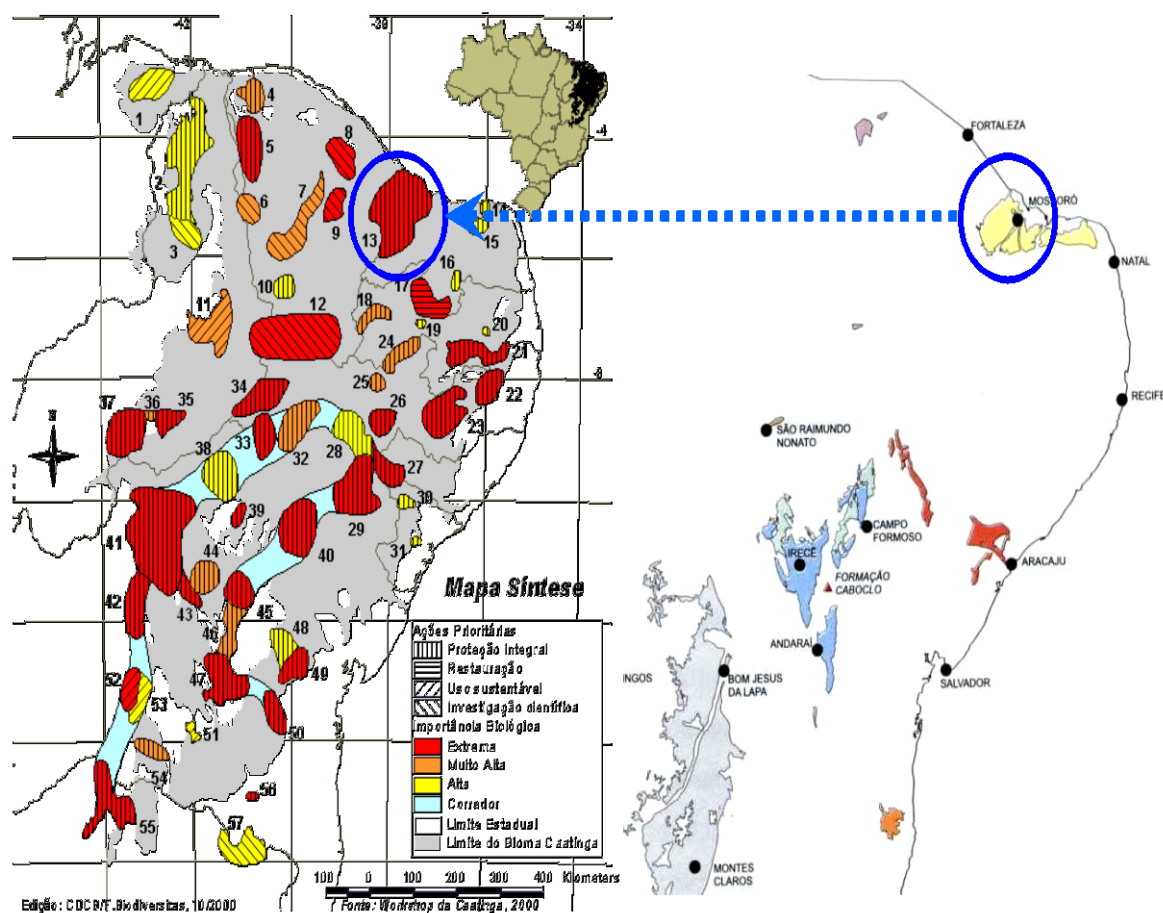
Apesar de estar, realmente, bastante alterada, especialmente nas terras mais baixas, a Caatinga contém uma grande variedade de tipos vegetacionais, com elevado número de espécies e também remanescentes de vegetação ainda bem preservada, que incluem um número expressivo de táxons raros e endêmicos (Giulietti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

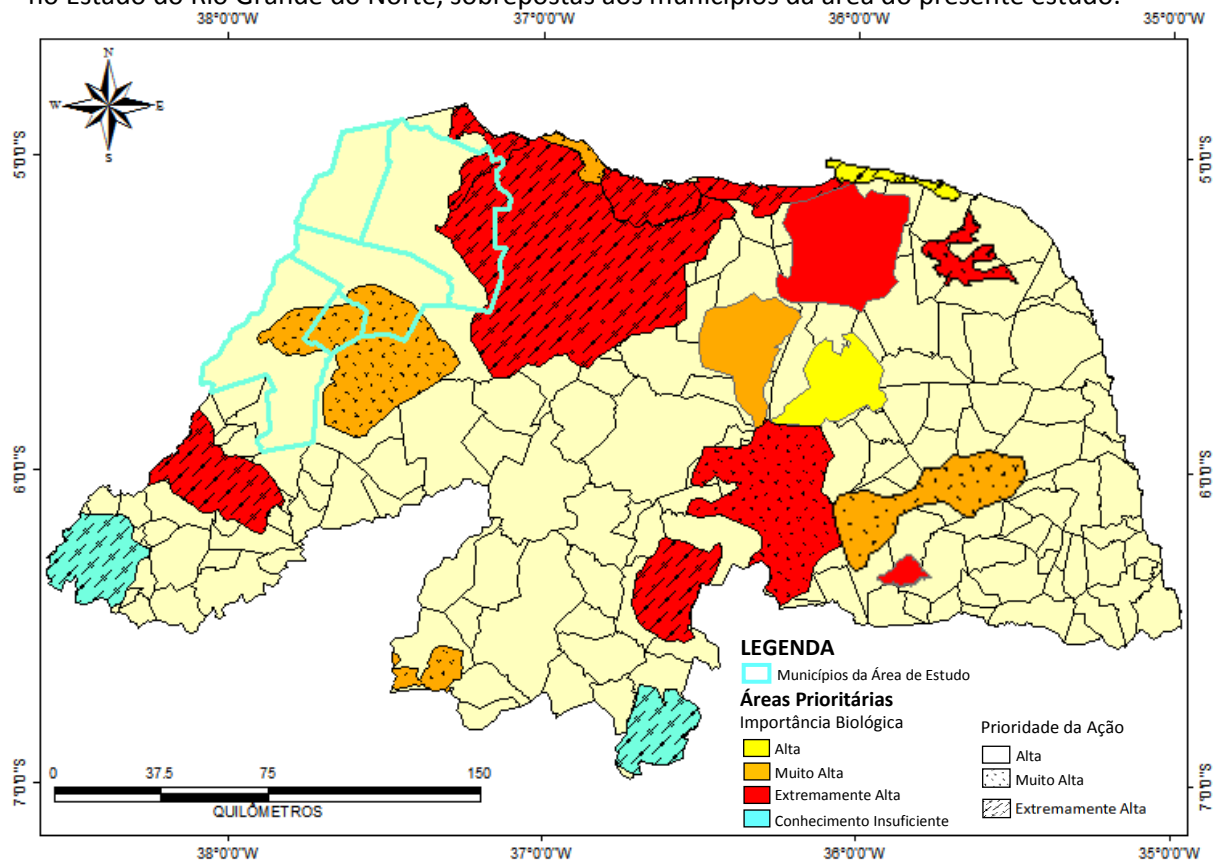
Figura 4 - Áreas prioritárias para conservação da Caatinga e mapa dos principais grupos carbonáticos (em especial calcários) do nordeste brasileiro. Em destaque parte da área do presente estudo, que representa uma das principais regiões de ocorrência de cavernas na Caatinga e se sobrepõem à uma das áreas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

RIZZINI, C.T., A.F. COIMBRA-FILHO & A. HOUAISS. 1988. **Ecosystemas 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 Dorsoópolis (MG): subsídios para a determinação de áreas prioritárias para conservação**. 190 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2010.

The background of the entire page is a photograph of a cave interior. A waterfall is visible on the left side, cascading over layered rock formations. The cave walls and ceiling are covered in various types of rock, including stalactites and other mineral deposits, illuminated by warm, yellowish light.

## **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 km<sup>2</sup> 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 (Aguilar & 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

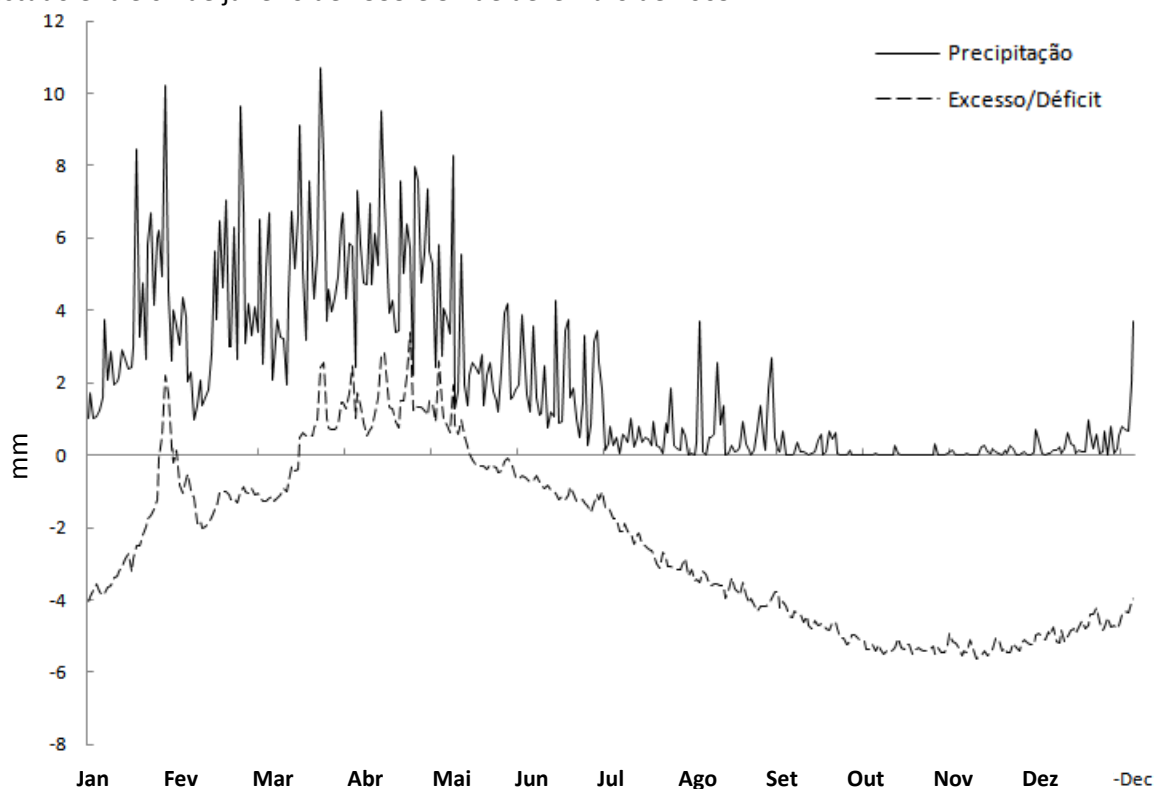
### 2.1. Área de Estudo

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 Cavernas 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: Ochioceratidae 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: Mycetophilidae 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).

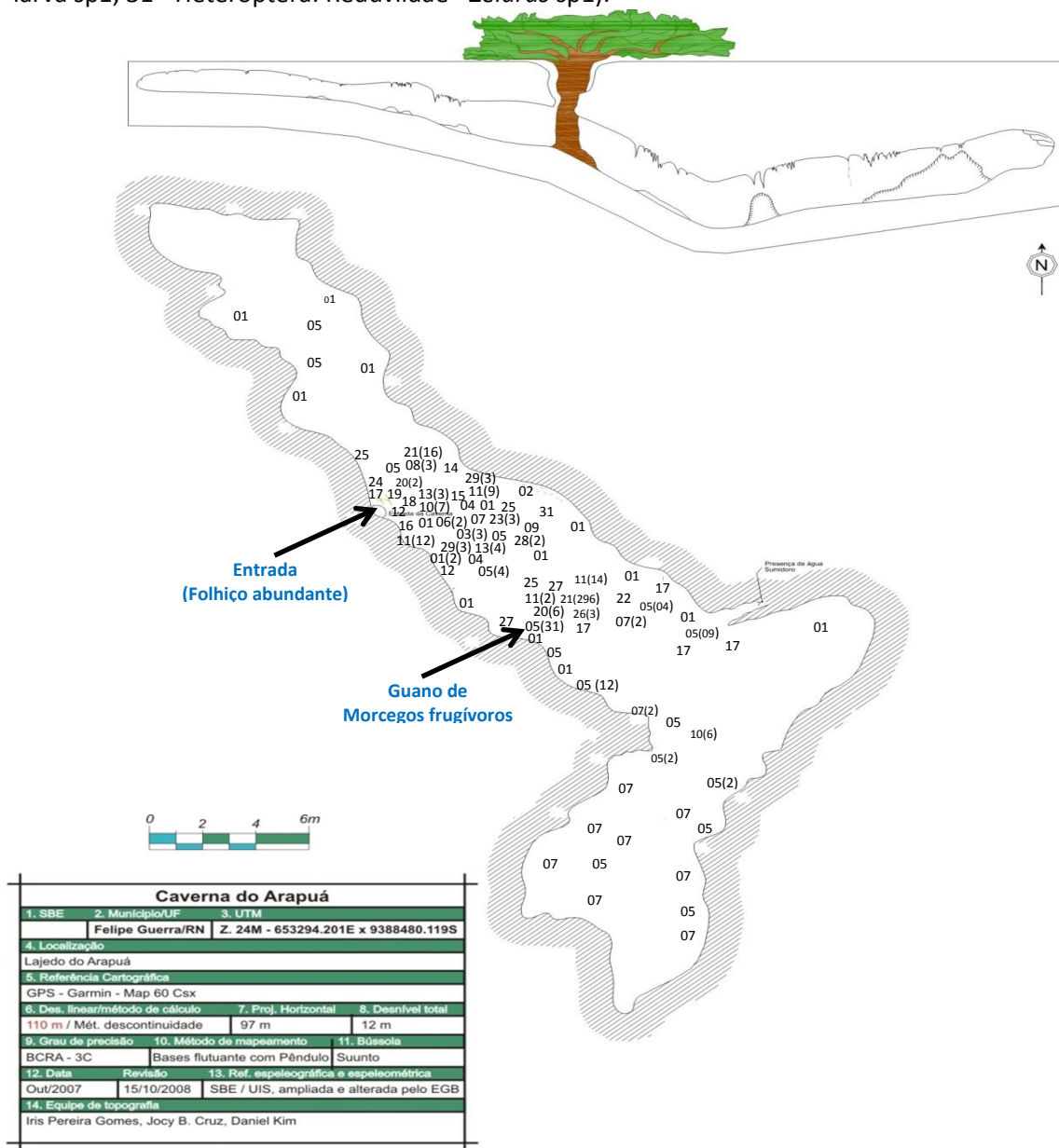


Tabela 1 - Dados das cavernas amostradas no RN, entre dezembro de 2009 e agosto de 2010, nos cinco municípios da área de estudo. \* indica cavidade com áreas ainda não mapeadas.

Caverna	Município	Área da caverna (m <sup>2</sup> )	Área coletada (m <sup>2</sup> )	Número de Entradas	Área das entradas(m <sup>2</sup> )	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 (m<sup>2</sup>);

EE – Área da entrada da cavidade (m<sup>2</sup>).

- 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 (m<sup>2</sup>);

ΣEE – Somatório das áreas das entradas da cavidade (m<sup>2</sup>);

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 – VMDP, Ferreira, 2004), conforme abaixo:

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

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 Statistica 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 Statistica 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	%
<b>ARTHROPODA</b>	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
Olpidae	2	0.02	13	0.09	15	0.06
Olpidae sp1	2	0.02	12	0.08	14	0.06
Olpidae 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	*
Scutigeromorpha	3	0.03	9	0.06	12	0.05
Scutigeridae	3	0.03	9	0.06	12	0.05
Scutigeridae 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
Symphyleona	6	0.04	15	0.10	19	0.08
Symphyleona 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
Cecidomyidae	12	0.13	8	0.05	20	0.08
Cecidomyidae sp1	9	0.10	5	0.03	14	0.06
Cecidomyidae sp2	0	*	1	0.01	1	*
Cecidomyidae sp3	3	0.03	0	*	3	0.01
Cecidomyidae sp4	0	*	1	0.01	1	*
Cecidomyidae sp5	0	*	1	0.01	1	*
Cheroplataidae	4	0.04	29	0.19	33	0.14
Cheroplataidae 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
Ensifera	754	8.13	1300	8.72	2054	8.50
Ensifera sp1	1	0.01	3	0.02	4	0.02
Ensifera 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
<b>ANNELIDA</b>	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
<b>PLATYHELMINTHES</b>	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
<b>MOLLUSCA</b>	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
<b>TOTAL</b>	<b>9275</b>	<b>100</b>	<b>14902</b>	<b>100</b>	<b>24177</b>	<b>100</b>

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.

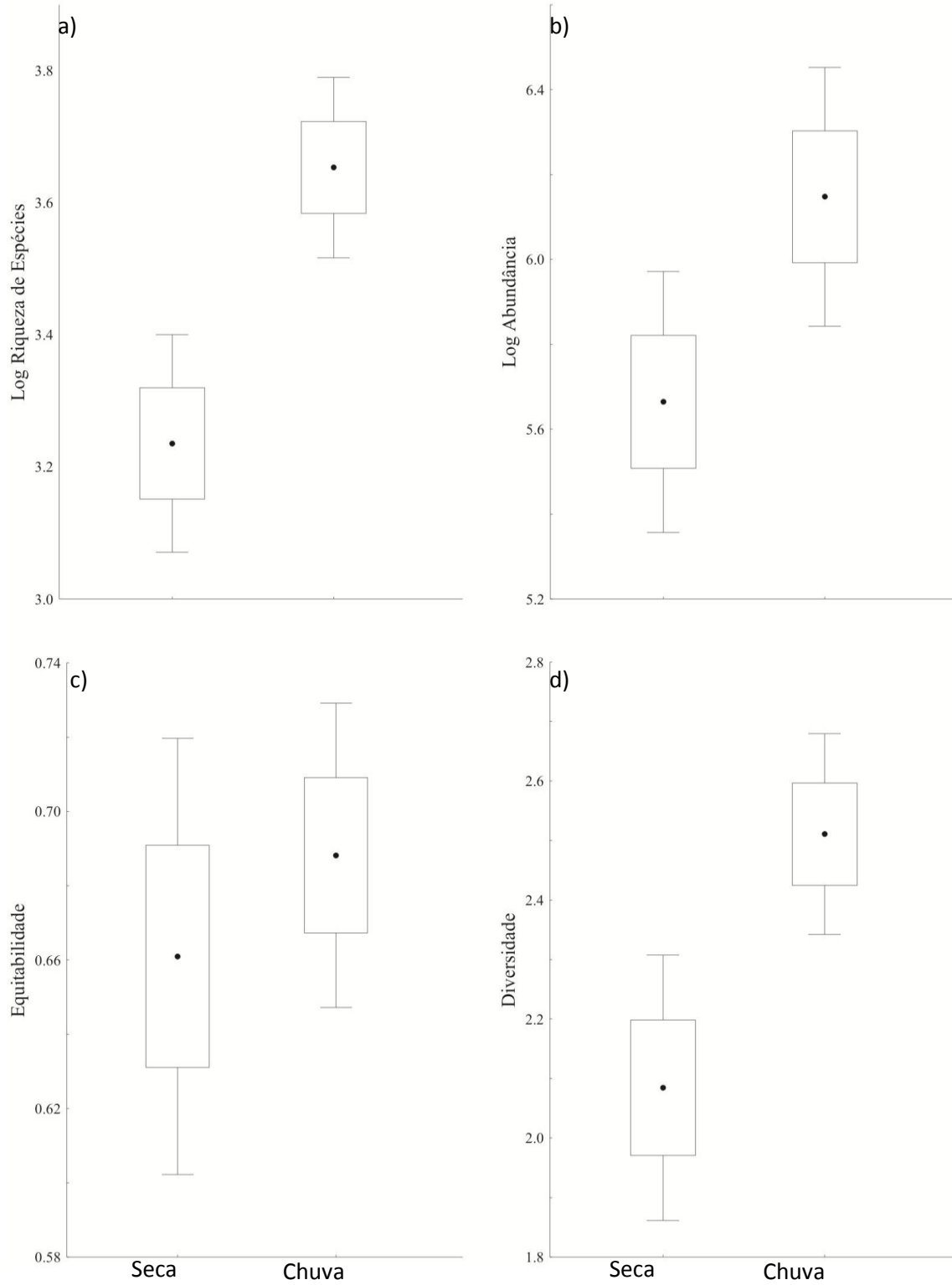
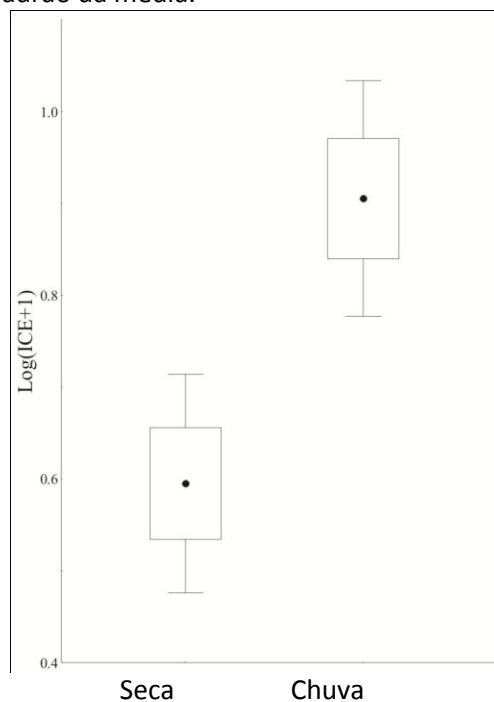
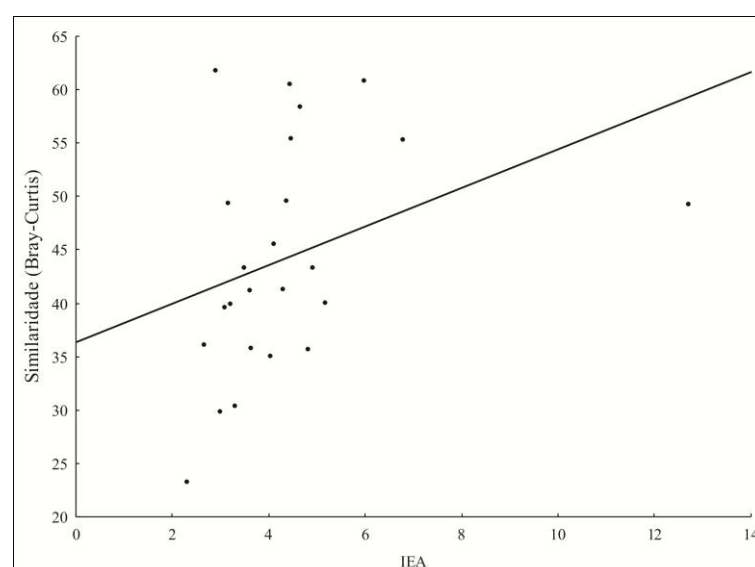


Figura 4 - Variação significativa (teste-T) entre os Índice de Complexidade Ecológica em Cavernas (ICE) nas estações seca e chuvosa. O círculo central nos box-plots representa a média, a caixa o erro padrão e as barras o desvio padrão da média.



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 outros 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](http://www.ibama.gov.br/cecav/index.php?id_menu=228)>. Acesso em 05 set. 2008.
- CHOI, S. W. Effects of Wheather 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](http://www.cptec.inpe.br/proclima)>. Acesso em 01 mar. 2010.
- CULVER, D.C. **Cave Life. Evolution and Ecology**. Harvard University Press. Cambridge, Massachussets 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.

A photograph of a cave interior. A person is standing on a rock ledge, illuminated by a flashlight. The cave walls are made of layered rock, and the floor is dark and reflective. The text is overlaid on the image.

## **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  $38.23 \pm 13.83$  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