



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PEDRO II
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

IANDRA VITÓRIA BEZERRA RODRIGUES

**DIVERSIDADE DE COLLEMBOLA EPIEDÁFICOS EM UM ECÓTONO
CAATINGA-CERRADO DO PARQUE NACIONAL DE SETE CIDADES, PIAUÍ,
BRASIL**

PEDRO II

2023

Iandra Vitória Bezerra Rodrigues

DIVERSIDADE DE COLLEMBOLA EPIEDÁFICOS EM UM ECÓTONO CAATINGA-
CERRADO DO PARQUE NACIONAL DE SETE CIDADES, PIAUÍ, BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para
obtenção do diploma do Curso de Licenciatura
em Ciências Biológicas do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí,
Campus Pedro II.

Orientador: Prof.º Dr.º Rudy Camilo Nunes.

PEDRO II

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Rodrigues, Iandra Vitória Bezerra
R696d Diversidade de Collembola epiedáfcos em um ecótono caatinga-cerrado do
Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Brasil / Iandra Vitória Bezerra
Rodrigues. - 2023.
55 p.: il. color.
Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) -
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Pedro
II, 2023.
Orientador : Prof Dr. Rudy Camilo Nunes.
1. Collembola. 2. Fauna do solo. 3. Parque Nacional de Sete Cidades (PI).
I. Título.

CDD - 570

Elaborado por Wirllanna Naira da Silva Torres CRB 3/1088

Iandra Vitória Bezerra Rodrigues

**DIVERSIDADE DE COLLEMBOLA EPIEDÁFICOS EM UM ECÓTONO
CAATINGA-CERRADO DO PARQUE NACIONAL DE SETE CIDADES, PIAUÍ,
BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para
obtenção do diploma do Curso de Licenciatura
em Ciências Biológicas do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí,
Campus Pedro II.

Aprovada em: 17/02/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rudy Camilo Nunes (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Etielle Barroso de Andrade (Membro Interno)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Me. Bruna Maria da Silva (Membro Externo)
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Dedico este trabalho à minha saúde mental, que se foi junto com ele.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus. Senhor, nada disso seria possível sem a Sua Benção.

Este trabalho eu dedico e agradeço imensamente aos meus pais, Maria Eliana Chaves Bezerra e Enoca Gomes dos Santos. Não mediram esforços para fazer com que eu estudasse e pudesse está onde estou, por mais que não entendessem o que eu trabalho, sempre confiaram no meu potencial.

Também dedico este trabalho ao meu Professor e Orientador Dr. Rudy Camilo Nunes, obrigada por ter me apresentado esse mundo pequeno, porém lindo, que são os colêmbolos. Obrigada por cada ensinamento, história contada enquanto estávamos no laboratório, muito obrigada por sempre acreditar em mim, mesmo quando nem eu acreditava. Obrigada pela paciência em contar 19.396 *Seira*, sim, contamos 19.396 espécimes de *Seira*! Parecia que nunca iria acabar, mas deu certo no final (rsrs).

Aos meus amigos do grupo de Collembola e de sala de aula, principalmente Ayrla, Bruna, Geovana, Francisco, Gabriel Passos e João Paulo Neves, a amizade e ajuda de vocês foi essencial para este trabalho acontecer.

Agradeço também a banca examinadora, Etielle Andrade e Bruna Silva, por terem aceitado e contribuírem com a minha formação profissional.

Laura e Francisco das Chagas (maninho), meus melhores amigos da vida.

Tamires, Luciano e Francisco Diassis, que não estão mais nesse plano, dedico este trabalho para vocês. Estarão sempre em minha memória.

Aos amigos que a faculdade me presenteou e que deixou o processo mais alegre. Lucas Henrique, Mateus Macedo, Emylle Sabrina, Victor Vasconcelos e Guilherme Macedo. Obrigada por cada aventura e por irem comigo ao bar após as avaliações das disciplinas (rsrs).

Ao meu ex patrão, advogado João Paulo de Araújo, por sempre entender e ceder alguns dias de trabalho para que eu pudesse me dedicar ao meu projeto.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí (FAPEPI), por ter me concedido a bolsa de Iniciação Científica.

E, por fim, ao meu marido Raphael Macedo. Obrigada pelo companheirismo, amor, paciência e por sempre fazer de tudo para que eu me dedicasse somente aos meus estudos.

“Quem costuma vir de onde eu sou
Às vezes não tem motivos pra seguir
Então levanta e anda, vai, levanta e anda”

Emicida.

RESUMO

Collembola são pequenos artrópodes que medem entre 0,12 e 17 mm de comprimento. Seu tamanho permite que sejam os principais constituintes da mesofauna do solo, sua alimentação varia entre fungos, bactérias e detritos vegetais. Uma característica marcante do grupo é um mecanismo de escape chamado fúrcula. Trabalhos que tratam dos padrões de diversidade do grupo no Brasil e dos fatores ambientais que influenciam essa diversidade são escassos e pontuais, sobretudo nos biomas Caatinga e Cerrado. O objetivo geral do trabalho é descrever a diversidade de Collembola epiedáficos em uma área de mata de interflúvio do Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC), Piauí, na estação seca e na estação chuvosa, e como ela é influenciada pelas variáveis bióticas e abióticas analisadas. Estimar a diversidade e a equitabilidade para as espécies encontradas na área amostrada. Analisar a riqueza e abundância das espécies. Para a captura foram utilizadas armadilhas de queda (*pitfall traps*), constituídas por copos descartáveis de 400 mL contendo etanol 70% enterrados no solo, protegidos com pratos descartáveis suspensos acima. O material de campo foi triado no laboratório de Biologia do *Campus* Pedro II, os espécimes foram montados em lâminas para microscopia e identificados até o nível de espécie. Como resultados, a abundância total de indivíduos foi de 720 no período chuvoso e 19.436 no período seco. Portanto, o índice de Shannon-Wiener foi de 1,81 e 0,01, respectivamente. Demonstrando uma discrepância na diversidade e equitabilidade desses animais no ambiente.

Palavras-chave: Ecologia; Ecótono; Artrópode.

ABSTRACT

Collembola are small arthropods that measure between 0.12 and 17 mm in length. Their size allows them to be the main constituents of soil mesofauna, their diet varies between fungi, bacteria and plant debris. A striking feature of the group is an escapement mechanism called a wishbone. Works that deal with the diversity patterns of the group in Brazil and the environmental factors that influence this diversity are scarce and isolated, especially in the Caatinga and Cerrado biomes. The general objective of this work is to describe the diversity of epiedaphic Collembola in an interfluvial forest area of the Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC), Piauí, in the dry season and in the rainy season, and how it is influenced by the biotic and abiotic variables analyzed. Estimate the diversity and equitability for the species found in the sampled area. Analyze species richness and abundance. Pitfall traps were used for capture, consisting of 400 mL disposable cups containing 70% ethanol buried in the ground, protected with disposable plates suspended above. The field material was screened in the Biology laboratory at Campus Pedro II, the specimens were mounted on slides for microscopy and identified down to the species level. As a result, the total abundance of individuals was 720 in the rainy season and 19,436 in the dry season. Therefore, the Shannon-Wiener index was 1.81 and 0.01, respectively. Demonstrating a discrepancy in the diversity and equitability of these animals in the environment.

Keywords: Ecology; Ecotone; Arthropod.

Data de aprovação: 17/02/2023

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura corporal de um colêmbolo. a – colóforo, b – fúrcula.....	10
Figura 2 - Estrutura corporal de um Collembola: cabeça, tórax e abdômen.....	11
Figura 3 - Representantes das quatro ordens de Collembola. A – Entomobryomorpha. B– Symphypleona. C – Poduromorpha. D – Neelipleona.....	12
Figura 4 - Um exemplar de um Entomobryoidea.....	13
Figura 5 - Localização geográfica do Parque Nacional de Sete Cidades, Estado do Piauí, Brasil.....	15
Figura 6 - Aspecto geral de mata de transição encontrada no Parque Nacional de Sete Cidades no Estado do Piauí, Brasil.....	16
Figura 7 - A - Armadilhas de queda (<i>pitfall traps</i>). B – Medição do transecto de 10 em 10 metros.....	18
Figura 8 - Medição dos parâmetros ambientais. A - Altura do folhicho. B - Pesagem das amostras de solo. C - Temperatura do solo. D - Temperatura do ar.....	19
Figura 9 - Medição da cobertura vegetal. São duas fotos no mesmo local (ponto I-8), porém em períodos diferentes. A - Período seco. B - Período chuvoso.....	20
Figura 10 - A - Coleta do material. B - Triagem do material. C - Colembolos em tubos de <i>eppendorf</i>	20
Figura 11 - Processo de montagem das lâminas. A - Placa aquecedora. B - Placa de Kline. C – Estufa.....	21
Figura 12 - Abundância de colêmbolos da ordem Entomobryomorpha.....	22
Figura 13 - Identificação taxonômica das espécies de Collembola.....	22
Figura 14 - Curva de acumulação de espécies baseada em 11 amostras, com intervalos de confiança superior e inferior. Legenda: S(obs) - riqueza de espécies observada, S(est) 95% <i>CI Lower Bound</i> - Intervalo de confiança inferior, S(est) 95% <i>CI Upper Bound</i> – Intervalo de confiança superior.....	26
Figura 15 - Comparativo entre a riqueza de espécies observada (Sobs) e a riqueza de espécies estimada por diferentes estimadores não-paramétricos. A - Estimador de riqueza Chao 1; B - Estimador de riqueza Chao 2; C - Estimador de riqueza <i>Jackknife</i> 1; D – Estimador de riqueza <i>Jackknife</i> 2; E – Estimador de riqueza <i>Bootstrap</i>	27
Figura 16 - Curva de acumulação de espécies baseada em 11 amostras, com intervalos de confiança superior e inferior. Legenda: S(obs) - riqueza de espécies observada, S(est) 95% <i>CI Lower Bound</i> - Intervalo de confiança inferior, S(est) 95% <i>CI Upper Bound</i> – Intervalo de confiança superior.....	29
Figura 17 - Comparativo entre a riqueza de espécies observada (Sobs) e a riqueza de espécies estimada por diferentes estimadores não-paramétricos. A - Estimador de riqueza Chao 1; B - Estimador de riqueza Chao 2; C - Estimador de riqueza <i>Jackknife</i> 1; D – Estimador de riqueza <i>Jackknife</i> 2; E – Estimador de riqueza <i>Bootstrap</i>	30

Figura 18 - Representação gráfica dos resultados da Análise de Componentes Principais. Esquema de dispersão com a contribuição de cada variável nos componentes 1 e 2, construído a partir das variáveis ambientais de temperatura do solo, altura do folhicho, cobertura vegetal, umidade do solo e temperatura do ar.....37

Figura 19 - Representação gráfica dos resultados da Análise de Correspondência Canônica. Esquema de dispersão com a contribuição de cada variável nos eixos 1 e 2, construído a partir das variáveis ambientais de umidade do solo, temperatura do solo, altura do folhicho, temperatura do ar e cobertura vegetal.....39

Figura 20 - Representação gráfica dos resultados da Análise de Componentes Principais. Esquema de dispersão com a contribuição de cada variável nos componentes 1 e 2, construído a partir das variáveis ambientais de temperatura do solo, altura do folhicho, cobertura vegetal, umidade do solo e temperatura.....41

Figura 21 - Representação gráfica dos resultados da Análise de Correspondência Canônica. Esquema de dispersão com a contribuição de cada variável nos eixos 1 e 2, construído a partir das variáveis ambientais de umidade do solo, temperatura do solo, altura do folhicho, temperatura do ar e cobertura vegetal.....42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Abundância total, abundância relativa e riqueza de espécies de Collembola em 11 amostras de uma área de mata de transição do Parque Nacional de Sete Cidades – PI no período chuvoso.....	24
Tabela 2 - Abundância total, abundância relativa e riqueza de espécies de Collembola em 11 amostras de uma área de mata de transição do Parque Nacional de Sete Cidades – PI no período seco.....	25
Tabela 3 - Riqueza de espécies observada e estimada pelos estimadores não paramétricos <i>Chao 1</i> , <i>Chao 2</i> , <i>Jackknife 1</i> , <i>Jackknife 2</i> e <i>Bootstrap</i> . A suficiência amostral (%) foi calculada pela razão entre a riqueza observada e o valor médio calculado por cada estimador.....	27
Tabela 4 - Riqueza de espécies observada e estimada pelos estimadores não paramétricos <i>Chao 1</i> , <i>Chao 2</i> , <i>Jackknife 1</i> , <i>Jackknife 2</i> e <i>Bootstrap</i> . A suficiência amostral (%) foi calculada pela razão entre a riqueza observada e o valor médio calculado por cada estimador.....	30
Tabela 5 - Cálculo do índice de diversidade de <i>Shannon-Wiener</i> (H') para Collembola em uma área de mata de transição do Parque Nacional de Sete Cidades do Estado do Piauí, Brasil, no período chuvoso.....	33
Tabela 6 - Cálculo do índice de diversidade de <i>Shannon-Wiener</i> (H') para Collembola em uma área de mata de transição do Parque Nacional de Sete Cidades do Estado do Piauí, Brasil, no período seco.....	34
Tabela 7 - Valores dos parâmetros ambientais medidos nos 11 pontos amostrais de um transecto de 100 metros demarcado em uma área de mata de transição do Parque Nacional de Sete Cidades no Estado do Piauí, Brasil. Foram medidos os valores de temperatura do solo (°C), altura do folheto (cm), umidade do solo (%), Temperatura do Ar (°C) e cobertura vegetal (%) do período chuvoso.....	35
Tabela 8 - Análise de Componentes Principais com a contribuição de cada eixo para explicar a variação observada nos dados de temperatura do solo, altura do folheto, umidade do solo, temperatura do ar e cobertura vegetal dentro do ambiente analisado.....	36
Tabela 9 - Valores da influência das variáveis ambientais de temperatura do solo, altura do folheto, cobertura vegetal, temperatura do ar e umidade do solo dentro dos eixos PC 1 a PC 5 na Análise de Componentes Principais.....	36
Tabela 10 - Análise de Correspondência Canônica com valores da influência das variáveis ambientais de umidade do solo, altura do folheto, temperatura do ar, temperatura do solo e cobertura vegetal dentro do ambiente analisado.....	38
Tabela 11 - Valores dos parâmetros ambientais medidos nos 11 pontos amostrais de um transecto de 100 metros demarcado em uma área de mata de transição do Parque Nacional de Sete Cidades no Estado do Piauí, Brasil. Foram medidos os valores de temperatura do solo (°C), altura do folheto (cm), umidade do solo (%), Temperatura do Ar (°C) e cobertura vegetal (%) do período seco.....	39
Tabela 12 - Análise de Componentes Principais com a contribuição de cada eixo para explicar a variação observada nos dados de temperatura do solo, altura do folheto, umidade do solo, temperatura do ar e cobertura vegetal dentro do ambiente analisado.....	40

Tabela 13 - Valores da influência das variáveis ambientais de temperatura do solo, altura do folhio, cobertura vegetal, temperatura do ar e umidade do solo dentro dos eixos PC 1 a PC 5 na Análise de Componentes Principias.....40

Tabela 14 - Análise de Correspondência Canônica com valores da influência das variáveis ambientais de umidade do solo, altura do folhio, temperatura do ar, temperatura do solo e cobertura vegetal dentro do ambiente analisado.....42

Sumário

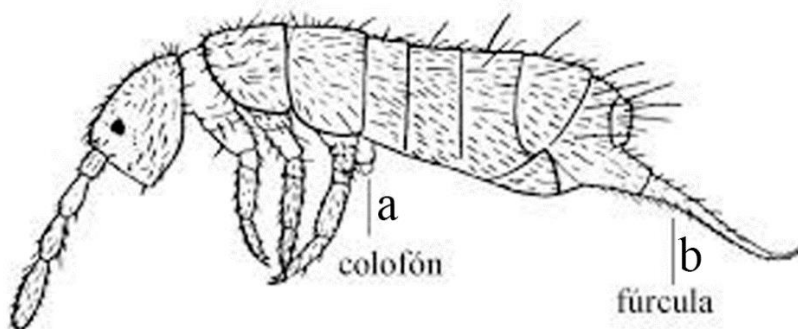
1 INTRODUÇÃO	15
2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	19
3 METODOLOGIA	22
3.1 ÁREA DE ESTUDO	22
3.2 MÉTODOS DE COLETA, MICROSCOPIA E IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA	23
3.3 Análise dos dados.....	28
4 RESULTADOS.....	28
4.1 Abundância e riqueza das espécies.....	28
4.1.1 Período chuvoso	28
4.1.2 Período seco	30
4.2 ESFORÇO AMOSTRAL	31
4.2.1 Período chuvoso	31
4.3 NOVOS REGISTROS DE OCORRÊNCIA.....	37
4.5.1 Período chuvoso	37
4.5.2 Período seco	39
4.6 Influência dos parâmetros ambientais sobre os padrões de riqueza e abundância de espécies	39
4.6.1 Período chuvoso	39
Análise de Componentes Principais (PCA)	41
Análise de Correspondência Canônica (CCA)	43
4.6.2 Período seco	44
Análise de Componentes Principais (PCA)	45
Análise de Correspondência Canônica (CCA)	46
5 DISCUSSÃO	48
5.1 Abundância e riqueza de Collembola de uma área de mata de transição do Parque Nacional de Sete Cidades.....	48
5.2 Novos registros de ocorrência	50
5.3 Esforço amostral.....	51
5.4 Diversidade de Collembola	52
5.5 Influência dos parâmetros ambientais sobre os padrões de riqueza e abundância de espécies	53
5.5.1 Período chuvoso	53
5.5.2 Período seco	54
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
REFERÊNCIAS.....	56

1 INTRODUÇÃO

O filo Arthropoda (Gr. *arthron*, articulação + *pous, podos*, pé) é atualmente o filo com maior diversidade de espécies do Reino Animal, sendo composto por mais de 75% de todas as espécies conhecidas (HICKMAN et al., 2016). Os Collembola fazem parte do filo Arthropoda, sendo tradicionalmente classificados entre os Hexapoda basais com padrão de tagmose corporal similar à de insetos, com subdivisão em cabeça, tórax e abdômen (ZEPPELINI; BELLINI, 2004). São animais edáficos distribuídos de forma abundante por todos os ecossistemas terrestres, e seu tamanho corporal varia entre 0,12 e 17 mm (BELLINGER et al., 2023).

Esses animais possuem duas estruturas marcantes no tagma abdominal que dão origem ao nome Collembola, que é proveniente de *colle* e *embolon* (do grego). O colóforo (Figura 01), onde fica a ‘cola’, possibilitando que o animal firme-se ao substrato, e a fúrcula, que serve como um ‘êmbolo ou alavanca’ e possibilita ao animal saltar (HOPKIN, 1997; JORDANA, 2012).

Figura 1 Estrutura corporal de um colêmbolo. a – Colóforo, b – fúrcula.



Fonte: Bellinger, Christiansen e Janssens (2023).

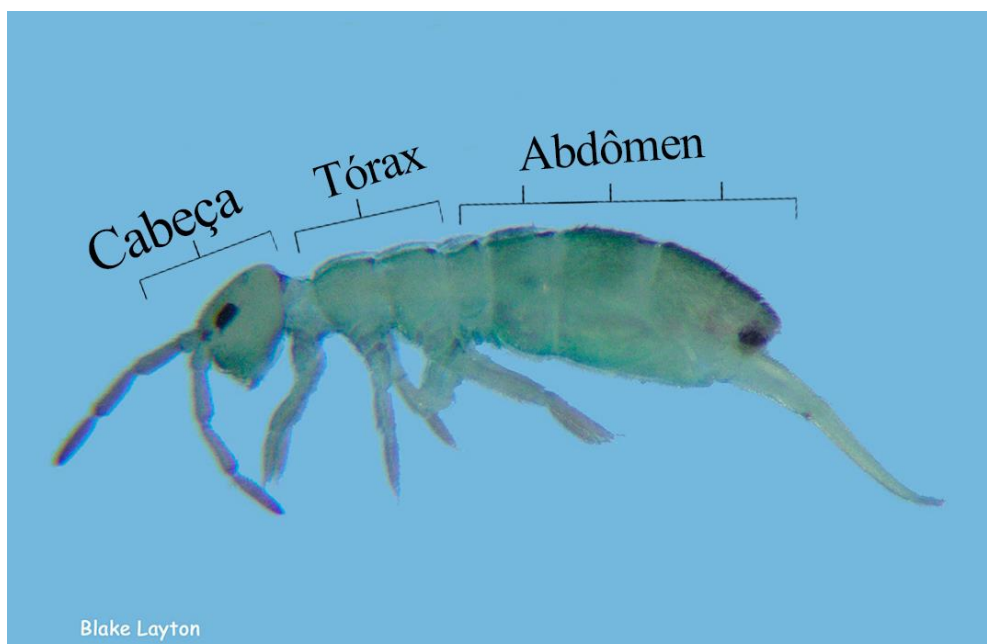
A fúrcula é a característica evolutiva de Collembola mais interessante, sendo o mecanismo de escape para evitar predadores. A evolução desta estrutura se deu através da fusão basal de um par de apêndices presentes no quarto segmento abdominal, que sob a ação do retináculo, posicionado no terceiro segmento, é mantida retraída sob o abdômen, quando

em repouso, e ao sair do repouso esta estrutura propulsora se choca com o substrato, o que permite que esses animais sejam lançados para o alto, proporcionando uma fuga eficiente contra predadores (HOPKIN, 1997; ZEPPELINI; BELLINI, 2004).

A cabeça apresenta um par de antenas primariamente com quatro artículos, uma mancha ocular formada por até oito omatídeos, mandíbulas e maxilas presentes, mas completamente encerradas na cavidade bucal, que é uma condição dos Entognatha (HOPKIN, 1997). De acordo com Nunes (2019), as estruturas utilizadas mais frequentemente para identificação são as peças bucais, antenas, olhos, complexo empodial, colóforo, tenáculo, dente da fúrcula, mucro, abertura genital e a quetotaxia dorsal (distribuição das cerdas pela superfície dorsal do corpo do animal).

O tórax compreende três segmentos, cada um com um par de pernas, e o abdome é formado por seis segmentos, alguns dos quais possuem apêndices pareados (Figura 2). O primeiro segmento abdominal exibe em sua superfície ventral, o colóforo, que funciona como tubo ventral. A fúrcula, tenáculo e colóforo podem ser citadas como sinapomorfias do grupo, entre outras menos evidentes (HOPKIN, 1997).

Figura 2 Estrutura corporal de um Collembola: cabeça, tórax e abdômen.

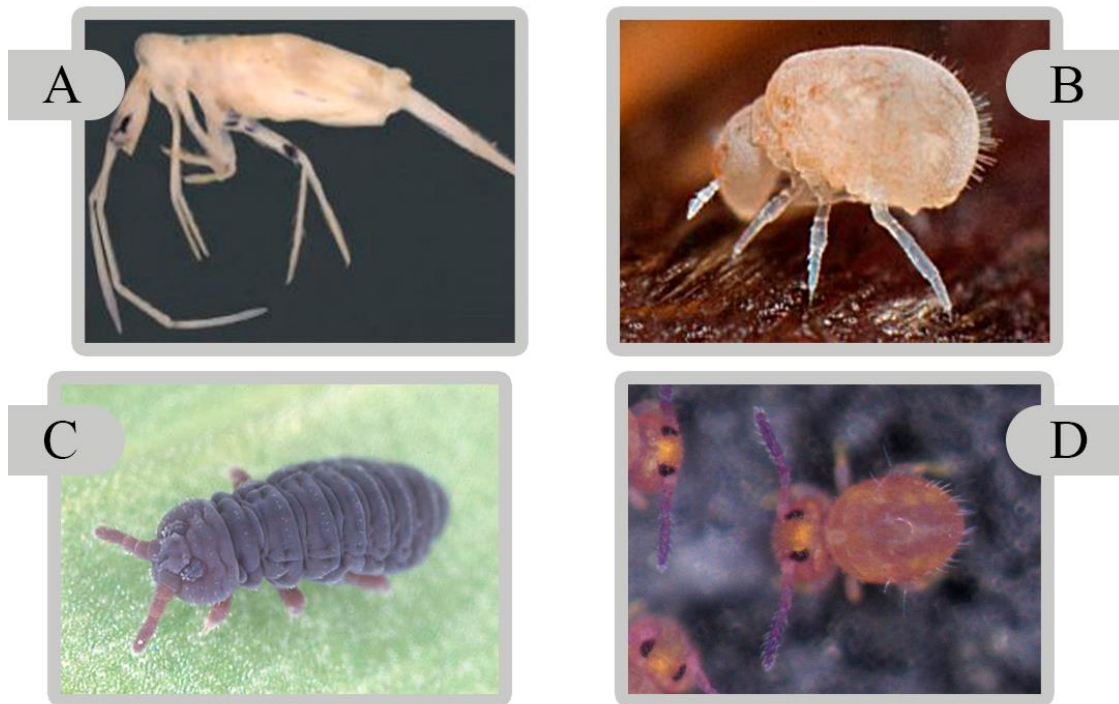


Fonte: Modificado Blake Layton.

Apesar de possuírem um padrão definido em relação às características morfológicas, esses organismos apresentam diferenças específicas, dessa maneira, são divididos em quatro ordens: Poduromorpha, Entomobryomorpha, Neelipleona e Symphypleona (Figura 3) (SOTO-

ADAMES et al., 2008). Entre os Entomobryomorpha está a maior superfamília de Collembola, Entomobryoidea (Figura 4), com cerca de 2.700 espécies descritas em todo o globo, o que corresponde a quase 30% de toda a fauna nominal de Collembola já registrada (BELLINGER et al., 2023). Os Entomobryoidea são animais majoritariamente epiedáficos, podendo estar associados à vegetação, incluindo a copa das árvores. Diversas espécies estão associadas a ambientes cavernícolas, havendo mais de 15 gêneros troglófilos (HOPKIN 1997, BELLINGER et al., 2023).

Figura 3 Representantes das quatro ordens de Collembola. A – Entomobryomorpha. B – Neelipleona. C – Poduromorpha. D – Symphypleona.



Fonte: Modificado de Bellinger et al. (2023).

Figura 4 Um exemplar de um Entomobryoidea.



Fonte: Cipola; Morais e Bellini (2020). Fonte: www.collembola.org

Existem cerca de 9.400 espécies descritas em todo o mundo. Os fósseis de colêmbolos do Devoniano (cerca de 400 milhões de anos atrás) estão entre os mais antigos registros conhecidos de animais terrestres. Esses organismos são virtualmente onipresentes nos sistemas terrestres, antigos e, portanto, uma das linhagens de artrópodes mais bem-sucedidas. A expectativa é que o número total de espécies existentes em todo o mundo seja de mais de 500.000 (BELLINGER; CHRISTIANSEN; JANSSENS, 2023; LAWRENCE, 2023).

Os colêmbolos apresentam distribuição ao longo das camadas do solo e podem ser divididos em três grupos com base em seu grau de adaptação: epiedáficos, hemiedáficos e euedáficos. Os epiedáficos, que são o objeto desta pesquisa, habitam a superfície do solo e o folhiço associado a ele, os hemiedáficos habitam as camadas superiores do solo, geralmente até cerca de 5 cm de profundidade, e os euedáficos vivem nas camadas mais profundas do solo. As espécies de cada um desses grupos apresentam adaptações morfológicas, fisiológicas e ecológicas próprias associadas à exploração de cada tipo de ambiente, o que sugere uma diferenciação de nicho trófico (HOPKIN, 1997; PETERSEN, 2002; NGOSONG et al., 2011).

Segundo Ferreira (2018), colêmbolos possuem ampla distribuição no mundo e podem ser encontrados em praticamente todos os habitats terrestres, como cavernas, desertos, glaciares, dossel de árvores, ninhos de vertebrados e insetos e rochas das zonas entremarés. Devido ao seu pequeno tamanho e facilidade de se adaptar em vários ambientes, os colêmbolos integram a base da cadeia trófica no ecossistema edáfico, servindo de alimento

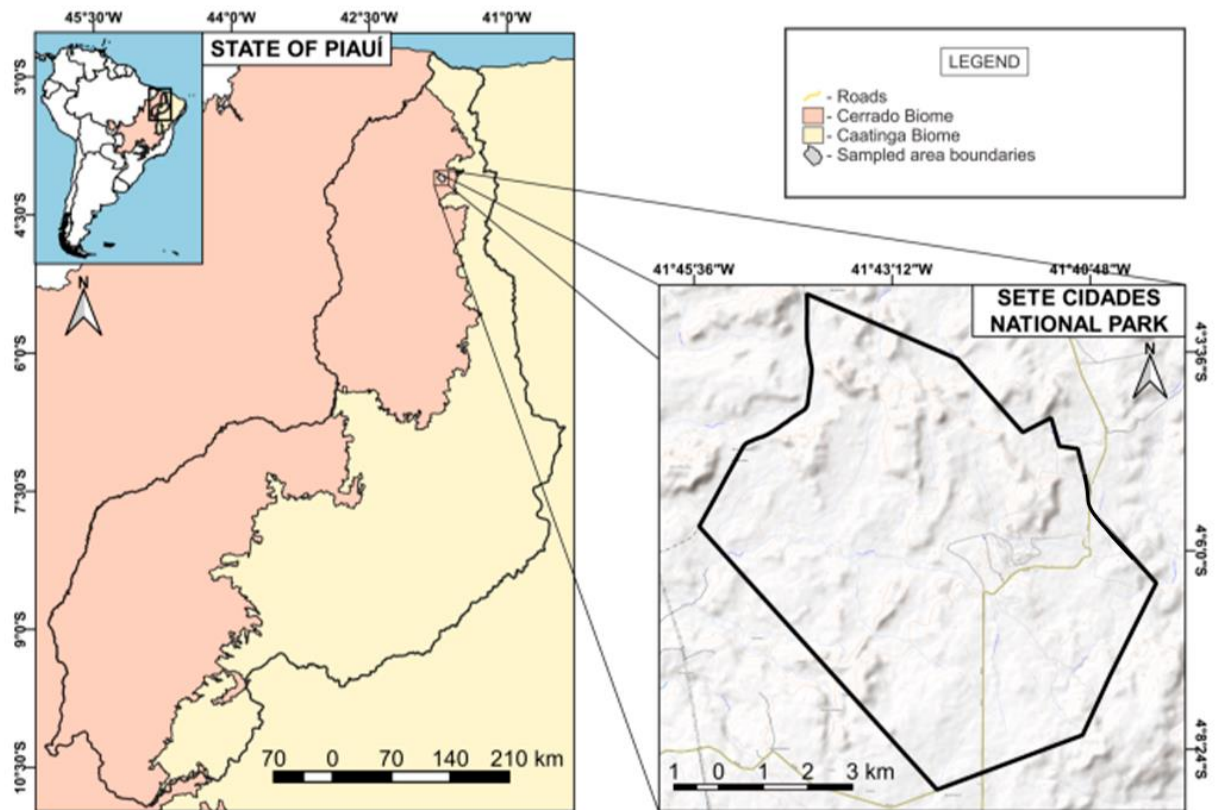
para vários animais, especialmente insetos e aracnídeos. Eles se alimentam de fungos, bactérias, detritos vegetais e animais, e atuam no processo de decomposição da matéria orgânica, sendo importantes na ciclagem de nutrientes no solo e no controle da biomassa de fungos (CASSAGNE; GERS; GAUQUELIN, 2003).

2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Apesar de constituir uma mesofauna dominante e altamente diversificada no ambiente edáfico, pouco é o conhecimento sobre os padrões de diversidade do grupo no Brasil e os fatores ambientais que influenciam essa diversidade. Há cerca de 475 espécies registradas no país, das quais 328 são endêmicas (ZEPPELINI; QUEIROZ; BELLINI, 2023). Esse número baixo apenas reflete o baixo esforço amostral e o pequeno número de taxonomistas especializados no grupo atuando no país.

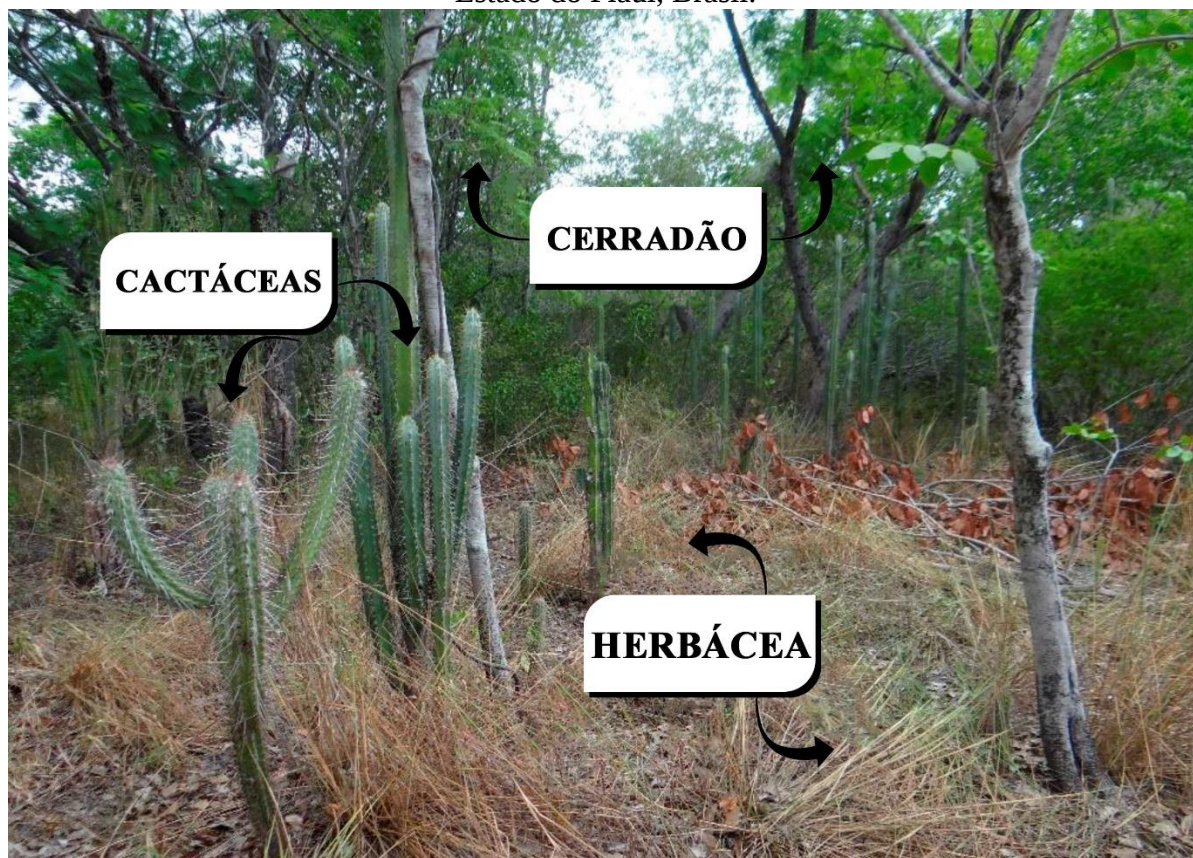
No entanto, o Brasil está inserido na Região Neotropical, sendo uma área de biomas e regiões específicas, que se destacam por possuir alta riqueza de espécies de plantas e animais, muitos endêmicos. O bioma Caatinga compreende uma enorme diversidade de ambientes e micro-habitats, constituindo um mosaico de diferentes tipos de vegetação caducifolia e com altos índices de endemismo (TABARELLI; SILVA; FONSECA, 2002). Apesar do crescente aumento de estudos a respeito da fauna de Collembola na Caatinga e Cerrado, ainda existe uma grande lacuna no conhecimento taxonômico e ecológico do grupo nesses biomas, que possuem uma enorme diversidade de ambientes, altos índices de biodiversidade e endemismo (ABRANTES et al., 2010, 2012). O Parque Nacional de Sete Cidades (Figura 5), está inserido na área de transição entre Caatinga e Cerrado, o que o caracteriza como sendo uma região ecotonal, com predominância de uma vegetação de transição com características de ambos os biomas (Figura 6) (NUNES, 2019).

Figura 5 Localização geográfica do Parque Nacional de Sete Cidades, Estado do Piauí, Brasil.



Fonte: Modificado de Medeiros et al. (2022).

Figura 6 Aspecto geral da mata de transição encontrada no Parque Nacional de Sete Cidades, Estado do Piauí, Brasil.



Fonte: Foto modificada de Alencar et al. (2018).

O primeiro estudo abrangente no Estado do Piauí e no PNSC, de cunho taxonômico, foi realizado por Nunes (2019), que proveu um inventário inicial das espécies que ocorrem nos Parques Nacionais Serra da Capivara, Serra das Confusões e Sete Cidades (PNSC), além da zona rural do município de Picos. Contudo, são necessários estudos mais aprofundados sobre a diversidade do grupo, com a finalidade de conhecer melhor a estrutura das comunidades e as variáveis ecológicas que influenciam essa diversidade, visto que não há dados de qualquer natureza sobre a ecologia do grupo na região estudada, o que nos proporcionará uma compreensão inicial da ecologia dos Collembola na transição Caatinga-Cerrado no Estado do Piauí.

Esses organismos possuem um papel primordial nos processos de ciclagem de nutrientes, condicionamento do solo e transferência de energia nas cadeias tróficas. Devido a sua sensibilidade a mudanças ambientais e perturbações do solo, algumas espécies de colêmbolos podem ser bioindicadoras (ZHAOA et al., 2013). A abundância e riqueza de espécies de Collembola são influenciadas por muitos aspectos bióticos e abióticos, tais como aeração do solo, pH, composição da matéria orgânica, disponibilidade de nutrientes, tipo de

húmus, vegetação e estrutura física e química do solo (LORANGER et al., 2001; CULIK; ZEPPELINI, 2003; ZEPPELINI et al., 2009; PETERSEN, 2011).

Portanto, esse estudo é relevante por fornecer dados inéditos sobre a diversidade de Collembola epiedáficos em uma área ecotonal no Parque Nacional de Sete Cidades, além de ajudar a delinear melhor o perfil da composição taxonômica das espécies que ocorrem no parque, ajudando a inventariar espécies raras que não foram coletadas nos estudos passados, como o de Nunes (2019). Dessa forma, nossos dados ajudarão a conduzir estratégias de conservação dessa fauna, de ampliação do parque e criação de novas unidades de conservação no futuro.

Ademais, é válido relatar que esta pesquisa está interligada com outros estudos em andamento, a metodologia é a mesma, mas em outras áreas dentro do PNSC e em outros lugares no Estado do Piauí. Juntos, esses dados revelarão os aspectos básicos da ecologia do grupo em uma escala regional. Esses resultados são expressivos sobretudo na Região Neotropical, onde se conhece muito pouco sobre o tema. Salvo os trabalhos de Zeppelini et al. (2013), Ferreira et al. (2018), Silva et al. (2022), que são bastante relevantes para essa área de estudo. As informações existentes sobre o assunto são predominantemente oriundas de regiões temperadas da Europa e América do Norte (Região Paleártica e Neártica, respectivamente), que não refletem a realidade de regiões tropicais, como América do Sul e África, regiões amplamente desconhecidas. Tendo isso, o objetivo deste trabalho é descrever a diversidade de Collembola epiedáficos em um ecótono Caatinga Cerrado do Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC), Piauí, na estação seca e na estação chuvosa, e como ela é influenciada pelas variáveis bióticas e abióticas analisadas.

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de coleta deste estudo foi uma área de vegetação ecotonal entre Caatinga e Cerrado. O PNSC localiza-se na transição entre o planalto e a planície costeira, abrangendo os municípios de Piracuruca e Brasileira no Estado do Piauí. A área do parque é de 6.303,64 ha e a temperatura média anual é de 26,5°C, sendo junho o mês mais frio (mínima de 14,6°C) e outubro o mês mais quente (máximas de 40,2°C). A precipitação média anual é de aproximadamente 1.558 mm, sendo fevereiro, março e abril os meses mais chuvosos. O parque está inserido na zona de transição entre os biomas Caatinga e Cerrado, e sua vegetação

é constituída por um mosaico de fitofisionomias com manchas bem definidas de cada bioma, inseridas em uma vegetação transicional com aspectos de ambos, apresentando também campos, matas de galeria, cerradões e florestas estacionais semidecíduas (OLIVEIRA, 2004).

3.2 MÉTODOS DE COLETA, MICROSCOPIA E IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA

As coletas dos espécimes foram feitas em datas distintas, a primeira no período chuvoso (12 e 14 de maio de 2021) e a segunda no período seco (05 e 07 de outubro de 2021). Para captura dos espécimes foram utilizadas armadilhas de queda do tipo *pitfall traps*, consistindo em copos descartáveis de 400 mL contendo etanol 70%, enterrados com a abertura rente ao solo, com pratos descartáveis de 20 cm de diâmetro suspensos acima dos copos com a finalidade de proteger o material de possíveis animais que podem pisar ou destruir a armadilha. Em cada rodada de coleta foi traçado um transecto de 100 m no ambiente amostrado, contendo 11 pontos amostrais, distantes 10 metros um do outro (Figura 7). Em cada ponto foram montadas três armadilhas, dispostas em formato de triângulo, distantes 1 m uma da outra, que ficaram expostas durante 48 horas em cada rodada de coleta.

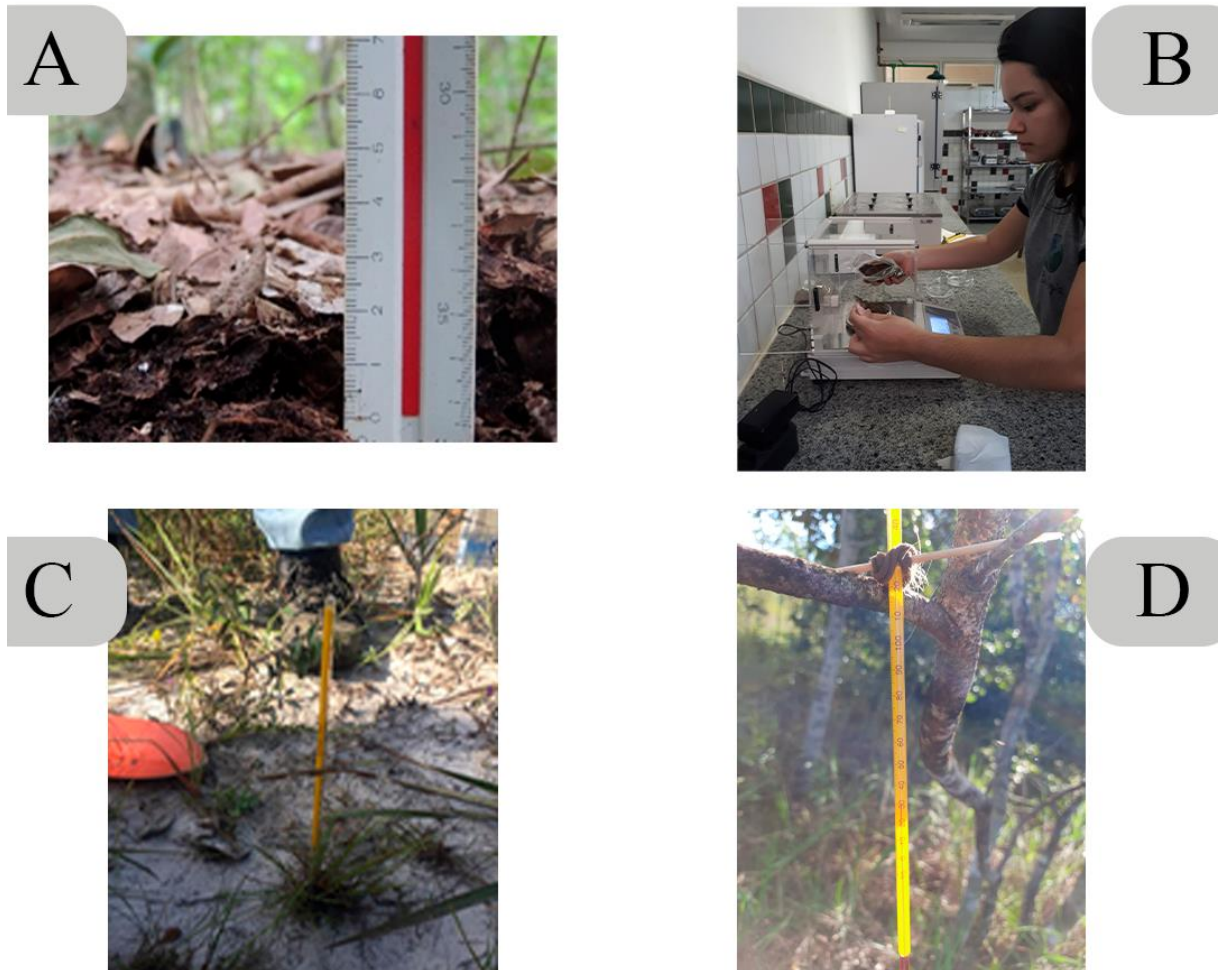
Figura 7 A - Armadilhas de queda (*pitfall traps*). B – Medição do transecto de 10 em 10 metros.



Fonte: própria autora.

Em cada ponto de cada transecto foram coletados os parâmetros ambientais possíveis, tendo em vista os equipamentos disponíveis (Figura 8): temperatura do ar, temperatura do solo, umidade do solo, altura do folhiço e cobertura vegetal.

Figura 8 Medição dos parâmetros ambientais. A - Altura do folhiço. B - Pesagem das amostras de solo. C - Temperatura do solo. D - Temperatura do ar.



Fonte: A - Dreamstime, B, C e D - própria autora.

Para determinar a porcentagem de água no solo foram usados os valores de peso úmido e peso seco de amostras coletadas a 5 cm de profundidade, armazenadas em sacos plásticos hermeticamente fechados, pesadas, desidratadas a 105°C por 48 horas em estufa de secagem e pesadas novamente. A altura do folhiço foi medida com uma régua inserida no folhiço até atingir o solo propriamente dito. A cobertura vegetal (Figura 9) foi estimada visualmente utilizando fotografias de uma grade metálica quadriculada contendo 100 retículos idênticos, posicionada a uma altura de aproximadamente 2 m do solo, quantificando-se de forma visual os retículos preenchidos. A temperatura do solo e do ar foram obtidas no local

com a ajuda de dois termômetros de mercúrio, um foi deixado suspenso até chegar à temperatura do ar daquele local e a temperatura do solo foi obtida inserindo o termômetro a aproximadamente 10 cm de profundidade no solo.

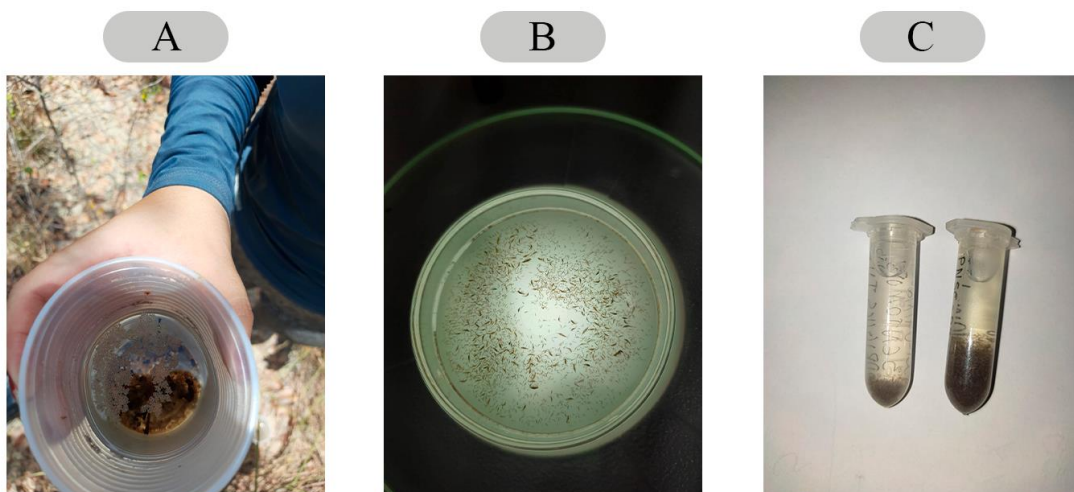
Figura 9 Medição da cobertura vegetal. São duas fotos no mesmo local (ponto I-8), porém em períodos diferentes. A - Período seco. B - Período chuvoso.



Fonte: própria autora.

O material coletado foi armazenado em etanol 70%. Os indivíduos foram triados com auxílio de um microscópio estereoscópico Lumen, fixados em microtubos contendo etanol 70%. A triagem serve para separar o material de estudo de outros animais e sedimentos do solo (Figura 10).

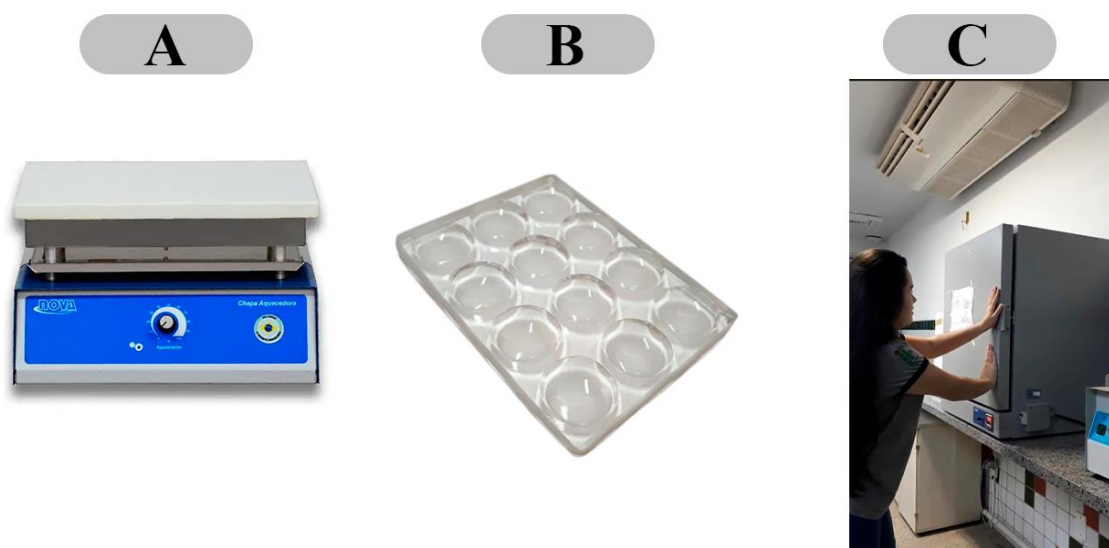
Figura 10 A - Coleta do material. B - Triagem do material. C - Colêmbolos em tubos de eppendorf.



Fonte: própria autora.

Para a montagem das lâminas foram utilizados os procedimentos descritos por Arlé e Mendonça (1982) e Jordana et al. (1997). A primeira etapa foi o processo de clareamento dos espécimes, onde foi usado a solução de Nesbitt em uma placa de Kline aquecida na chapa aquecedora, essa etapa é crucial para tornar as estruturas do bicho visíveis para o momento de identificação; após a perda de pigmentação os espécimes foram transferidos para outro compartimento da placa contendo líquido de Arlé. O espécime é lavado nessa substancia acidobásica para evitar que o Nesbitt continue clareando. Logo em seguida, as lâminas para microscopia foram montadas com meio de Hoyer e colocadas na estufa para secar a aproximadamente 50° C durante 5 dias (Figura 11), e por fim seladas com esmalte incolor.

Figura 11 Processo de montagem das lâminas. A - Placa aquecedora. B - Placa de Kline. C - Estufa.



Fonte: A – bunker, B – lab house, C - própria autora.

É importante ressaltar que a montagem das lâminas foi feita apenas no material do período chuvoso. Não foi feita a montagem dos espécimes do período seco devido a enorme abundância obtida na coleta deste período. Nesse caso, os indivíduos foram identificados ao microscópio estereoscópico, em etanol 70%. A figura 12 evidencia a grande abundância de colêmbolos observada apenas em um único ponto.

A identificação taxonômica dos espécimes (Figura 13) foi realizada através do estudo da morfologia e quetotaxia dos exemplares, sob microscópio óptico comum, com o auxílio de

chaves, descrições e revisões taxonômicas, tais como as fornecidas por Nunes e Bellini (2018) e Nunes et al. (2019, 2020). O material coletado será depositado na Coleção Biológica do IFPI – Campus Pedro II (CBPII) e na Coleção de Collembola da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (CC/UFRN). Todos os procedimentos laboratoriais foram realizados no Laboratório de Biologia do IFPI – Campus Pedro II.

Figura 12 Abundância de colêmbolos da ordem Entomobryomorpha coletados no período seco, à esquerda ponto I-3, à direita ponto 07.



Fonte: própria autora.

Figura 13 Identificação taxonômica das espécies de Collembola.

A



B



Fonte: própria autora.

3.3 Análise dos dados

Os animais foram identificados até o nível de espécie e contabilizados manualmente. Para avaliar a eficiência do esforço amostral, foram construídas curvas de acumulação de espécies, baseadas em amostras. Além disso, a riqueza de espécies esperada foi calculada utilizando os estimadores não-paramétricos Chao 1 e 2, *Jackknife* 1 e 2, e *Bootstrap*. Todas as análises foram realizadas no software EstimateS 9.1 (COLWELL, 2013).

A diversidade de espécies foi mensurada usando o índice de Shannon-Wiener (H'), que apresenta maior sensibilidade quanto às espécies raras da comunidade, sendo apropriado para programas de manejo e conservação e foi calculado pela fórmula: $H' = -\sum (p_i \times \log p_i)$, onde p_i é a proporção de indivíduos de determinada espécie. A equitabilidade foi calculada usando o índice de Pielou (J'), que indica se as diferentes espécies possuem abundâncias relativas semelhantes ou não. Seus valores variam de 0 a 1, onde 0 é a uniformidade mínima e 1 a máxima, e é representado pela expressão: $J' = H'/H_{\max}$.

Com a finalidade de fazer uma análise exploratória, para entendermos melhor nossos dados e, então, aplicar uma metodologia de análise mais robusta, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA). Após esse procedimento, foi realizada uma Análise de Correspondência Canônica (CCA), a fim de avaliar a influência desses parâmetros sobre os padrões de riqueza e abundância de espécies. Esses parâmetros variam espacialmente e podem criar heterogeneidade em escala local (TSCHARNTKE et al., 2002; VINATIER et al., 2011), podendo afetar os padrões de diversidade observados em cada transecto. Ambas as análises foram realizadas com auxílio do programa PAST, versão 4.03 (HAMMER; RYAN, 2001).

4 RESULTADOS

4.1 Abundância e riqueza das espécies

4.1.1 Período chuvoso

A abundância total observada foi de 720 indivíduos, sendo 343 Entomobryomorpha e 377 Symphypleona, distribuídos em 18 espécies, 16 gêneros e 2 ordens (Tabela 1). Considerando os 7 gêneros de Entomobryomorpha, as abundâncias relativas foram 29,03% de *Trogolaphysa* (209 indivíduos), 10,69% de *Pseudosinella* (77 indivíduos), 4,03% de *Seira* (29 indivíduos), 1,81% de *Lepidocyrtinus* (13 indivíduos), 1,39% de *Lepidocyrtus* (10 indivíduos), 0,42% de Isotomidae (3 indivíduos), 0,14% de *Capbrya* (1 indivíduo) e 0,14% de

Cyphoderus (1 indivíduo). Entre os 8 gêneros de Symphypleona, as abundâncias relativas foram 45,83% de *Sphaeridia* (330 indivíduos), 3,06% de *Temeritas* (22 indivíduos), 0,69% de *Stenognathriopes* (5 indivíduos), 0,69% de *Collophora* (5 indivíduos), 0,69% de *Arborianna* (5 indivíduos), 0,56% de *Prorastriopes* (4 indivíduos), 0,42% de *Adisianus* (3 indivíduos) e 0,42% de *Denisiella* (3 indivíduos).

Considerando em nível de espécie, foi calculada a abundância relativa de cada uma das 18 espécies encontradas, sendo *Sphaeridia* sp.1 a espécie com maior abundância relativa, representando 45,83% da abundância total observada (330 indivíduos), seguida de *Trogolaphysa* sp.1 com 15% (108 indivíduos), *Trogolaphysa piracurucaensis* com 14,03% (101 indivíduos), *Pseudosinella triocelata* com 10,69% (77 indivíduos), *Temeritas paradoxalis* com 3,06% (22 indivíduos), *Lepidocyrtinus* sp.1 com 1,81% (13 indivíduos), *Lepidocyrtus* sp.1 com 1,39% (10 indivíduos), *Seira ritae* com 1,25% (9 indivíduos), *Seira* sp.5 com 0,83% (6 indivíduos), *Seira jiboensis*, *Stenognathriopes* sp.1, *Collophora brasili* e *Arborianna aff. cupiubae* com 0,69% cada (5 indivíduos), *Seira* sp.1 e *Prorastriopes* sp.1 com 0,56% cada (4 indivíduos), *Seira* sp.3, *Isotomidae* sp.1, *Adisianus aff. maculatus* e *Denisiella* sp.1 com 0,42% cada (3 indivíduos) e *Cyphoderus equidenticulati*, *Capbrya brasiliensis*, *Seira* sp.2 e *Seira* sp.4 com 0,14% cada (apenas 1 indivíduo).

Os gêneros mais ricos foram *Seira* e *Trogolaphysa*, com 7 e 2 espécies respectivamente, seguidos dos demais gêneros, com uma espécie cada.

TABELA 1: Abundância total, abundância relativa e riqueza de espécies de Collembola em 11 amostras de uma área de mata de transição do Parque Nacional de Sete Cidades – PI no período chuvoso.

Espécies / Ponto amostral	I- 1	I- 2	I- 3	I- 4	I- 5	I- 6	I- 7	I- 8	I- 9	I- 10	I- 11	Total	Abundância relativa (pi)
<i>Sphaeridia</i> sp.1	6	63		82	33	94	1	22		29		330	45,83%
<i>Trogolaphysa</i> sp.1	3			7	3	22	17	39	17			108	15,00%
<i>Trogolaphysa piracurucaensis</i>		8	35	9	29					20		101	14,03%
<i>Pseudosinella triocellata</i>	14	10	5	10	4	15	3	4	5	4	3	77	10,69%
<i>Temeritas paradoxalis</i>	4	8		4		3		2		1		22	3,06%
<i>Lepidocyrtinus</i> sp.1		1	1	2	1	2	3				3	13	1,81%
<i>Lepidocyrtus</i>			1			3	3		1	1	1	10	1,39%
<i>Seira ritae</i>		3	2	2	1			1				9	1,25%
<i>Seira</i> sp.5				1			2	3				6	0,83%
<i>Seira jiboensis</i>	2							1	2			5	0,69%
<i>Stenognathriopes (Tenentiella)</i>		1		3						1		5	0,69%

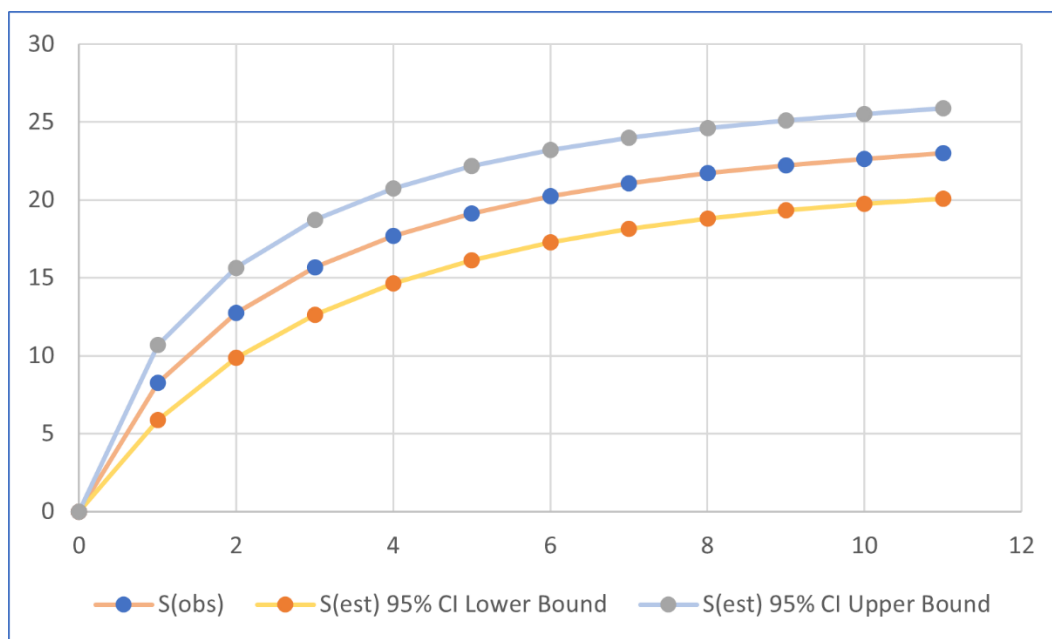
<i>Trogolaphysa</i> sp.1						1						1	0,01%
<i>Cyphoderus equidenticulati</i>		1										1	0,01%
Abundância total:												19.436	

4.2 ESFORÇO AMOSTRAL

4.2.1 Período chuvoso

A curva de acumulação de espécies foi idealizada com a finalidade de avaliar a eficiência do esforço amostral, baseando-se em 11 amostras sendo do período chuvoso, com limites de intervalo de confiança superior e inferior (Figura 14). A curva apresenta uma tendência de estabilização, mas sem atingir um platô, sugerindo que embora a eficiência da coleta não tenha sido máxima, ela foi satisfatória. A partir dela, é possível inferir a existência de mais espécies no local que não foram amostradas nessa coleta.

Figura 14 Curva de acumulação de espécies baseada em 11 amostras, com intervalos de confiança superior e inferior. Legenda: S(obs) - riqueza de espécies observada, S(est) 95% CI Lower Bound - Intervalo de confiança inferior, S(est) 95% CI Upper Bound – Intervalo de confiança superior.



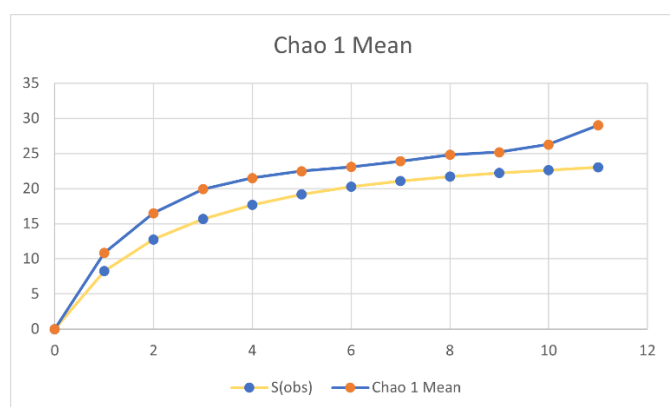
Os estimadores são usados para mostrar determinada diversidade levando em consideração espécies abundantes, raras e espécies raríssimas, estimando quantas espécies deveriam existir naquele local. A suficiência amostral de todas as áreas ficou entre os valores

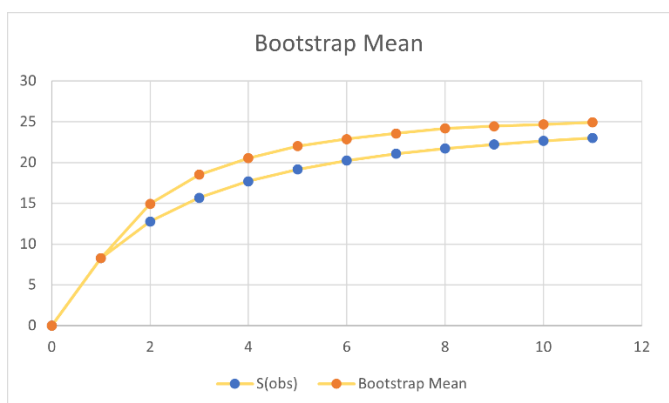
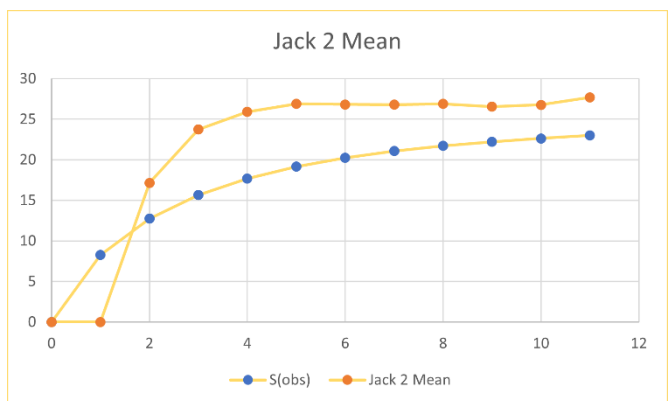
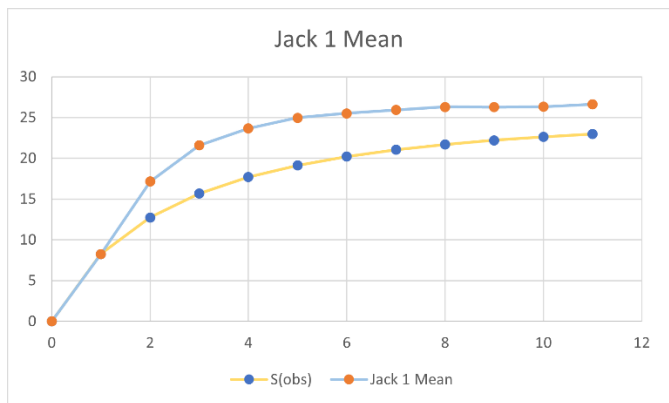
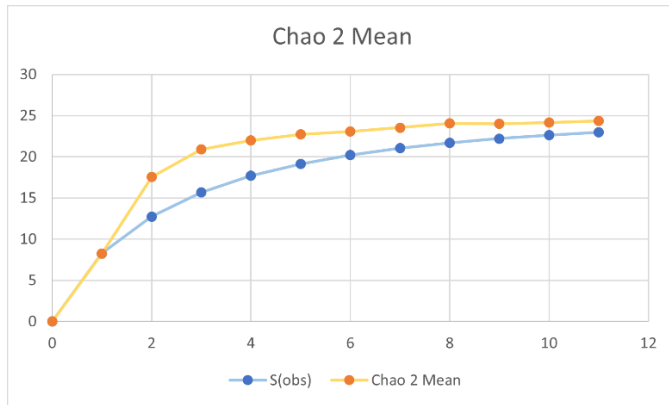
de 79% e 92% (Tabela 3). A riqueza observada foi de 23 espécies, sendo assim, a riqueza esperada com base nos estimadores Chao 1 foi de 28,99 (29 espécies), Chao 2 foi de 24,36 (24 espécies), *Jackknife* 1 foi de 26,64 (27 espécies), *Jackknife* 2 foi de 27,7 (28 espécies) e *Bootstrap* foi de 24,93 (25 espécies) (Figura 15), com uma suficiência amostral de 79%, 94%, 86%, 83% e 92%, respectivamente.

TABELA 3: Riqueza de espécies observada e estimada pelos estimadores não paramétricos Chao 1, Chao 2, *Jackknife* 1, *Jackknife* 2 e *Bootstrap*. A suficiência amostral (%) foi calculada pela razão entre a riqueza observada e o valor médio calculado por cada estimador.

Amostras	S(obs)	Chao 1 Mean	Chao 2 Mean	Jack 1 Mean	Jack 2 Mean	Bootstrap Mean
1	8,27	10,82	8,25	8,25	0	8,25
2	12,76	16,5	17,58	17,16	17,16	14,94
3	15,68	19,92	20,91	21,59	23,76	18,49
4	17,7	21,5	21,98	23,69	25,93	20,54
5	19,15	22,48	22,74	24,98	26,9	22
6	20,24	23,09	23,1	25,52	26,82	22,87
7	21,07	23,86	23,55	25,93	26,8	23,56
8	21,71	24,83	24,06	26,31	26,89	24,17
9	22,22	25,18	24,02	26,3	26,56	24,45
10	22,64	26,27	24,17	26,35	26,77	24,66
11	23	28,99	24,36	26,64	27,7	24,93
Suficiência amostral		79%	94%	86%	83%	92%

Figura 15 Comparativo entre a riqueza de espécies observada (Sobs) e a riqueza de espécies estimada por diferentes estimadores não-paramétricos. A - Estimador de riqueza Chao 1; B - Estimador de riqueza Chao 2; C - Estimador de riqueza Jackknife 1; D – Estimador de riqueza Jackknife 2; E – Estimador de riqueza Bootstrap.

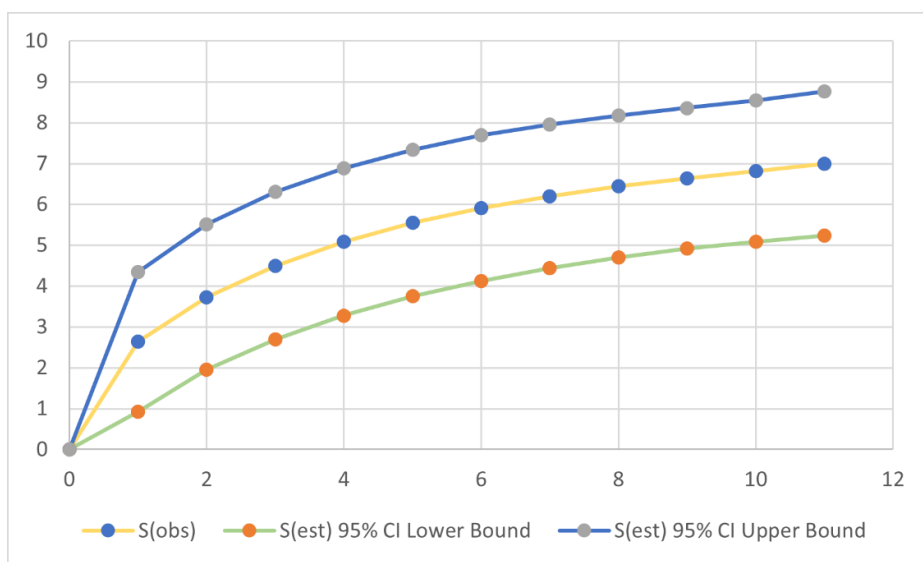




4.2.2 Período seco

A Figura 16 mostra a curva de acumulação de espécies construída para avaliar a eficiência do esforço amostral, baseado nas 11 amostras do período seco, com limites de intervalo de confiança superior e inferior.

Figura 16 Curva de acumulação de espécies baseada em 11 amostras, com intervalos de confiança superior e inferior. Legenda: S(obs) - riqueza de espécies observada, S(est) 95% CI Lower Bound - Intervalo de confiança inferior, S(est) 95% CI Upper Bound – Intervalo de confiança superior.

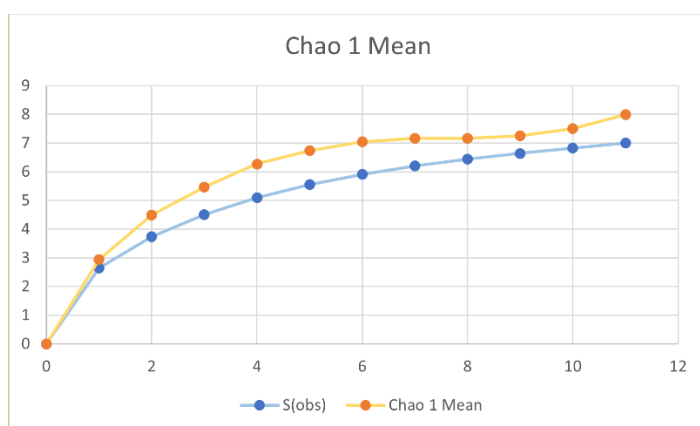


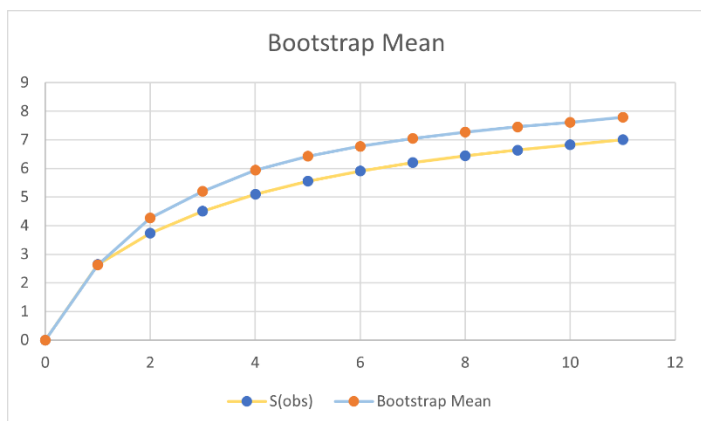
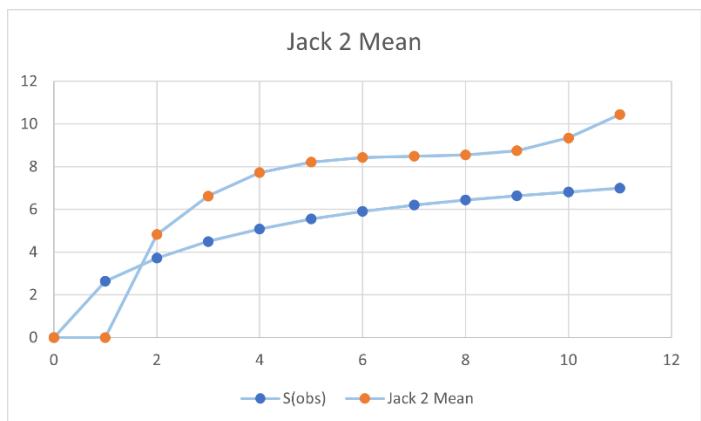
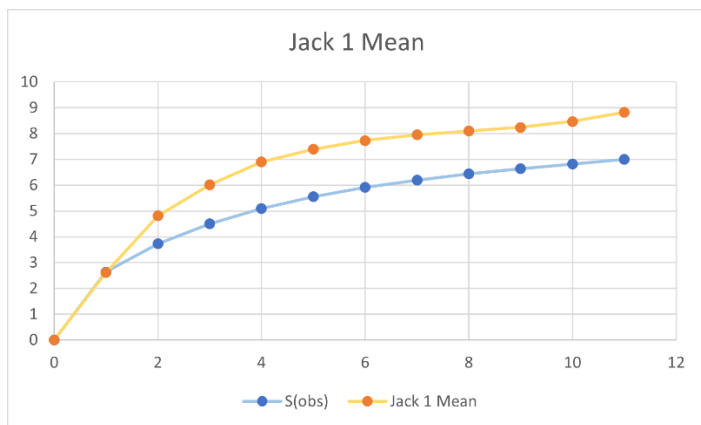
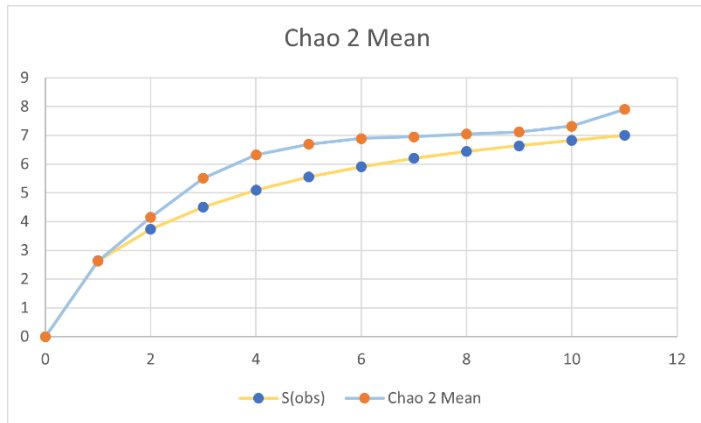
De acordo com os estimadores de riqueza de espécies utilizados, a suficiência amostral de todas as áreas do período seco ficou entre 68% e 87% (Tabela 4). A abundância total foi de 19.436 espécies, sendo assim, a riqueza esperada com base nos estimadores Chao 1 foi de 7 (7 espécies), Chao 2 foi de 7,91 (8 espécies), *Jackknife* 1 foi de 8,82 (9 espécies), *Jackknife* 2 foi de 10,45 (10 espécies) e *Bootstrap* foi de 7,79 (8 espécies) (Figura 17), com uma suficiência amostral relativa de 83%, 82%, 74%, 68% e 87%, respectivamente.

TABELA 4: Riqueza de espécies observada e estimada pelos estimadores não paramétricos Chao 1, Chao 2, *Jackknife* 1, *Jackknife* 2 e *Bootstrap*. A suficiência amostral (%) foi calculada pela razão entre a riqueza observada e o valor médio calculado por cada estimador.

Amostras	S(obs)	Chao 1 Mean	Chao 2 Mean	Jack 1 Mean	Jack 2 Mean	Bootstrap Mean
1	2,64	2,94	2,62	2,62	0	2,62
2	3,73	4,49	4,15	4,82	4,82	4,27
3	4,5	5,47	5,51	6,02	6,63	5,2
4	5,09	6,27	6,32	6,9	7,72	5,94
5	5,55	6,73	6,69	7,4	8,21	6,42
6	5,91	7,05	6,89	7,73	8,44	6,77
7	6,2	7,17	6,95	7,95	8,49	7,05
8	6,44	7,17	7,05	8,1	8,55	7,27
9	6,64	7,25	7,12	8,24	8,75	7,45
10	6,82	7,5	7,32	8,47	9,35	7,61
11	7	8	7,91	8,82	10,45	7,79
Suficiência amostral:		83%	82%	74%	68%	87%

Figura 17 Comparativo entre a riqueza de espécies observada (Sobs) e a riqueza de espécies estimada por diferentes estimadores não-paramétricos. A - Estimador de riqueza Chao 1; B - Estimador de riqueza Chao 2; C - Estimador de riqueza Jackknife 1; D – Estimador de riqueza Jackknife 2; E – Estimador de riqueza Bootstrap.





4.3 NOVOS REGISTROS DE OCORRÊNCIA

A área amostrada já possui alguns registros de Collembola provenientes de estudos anteriores. Já existe o registro da ordem Entomobryomorpha, sendo as espécies *Trogolaphysa piracurucaensis*, *Cyphoderus equidenticulati* e *Pseudosinella triocellata* que foram descritas por Nunes e Bellini (2018), e a espécie *Capbrya brasiliensis* que foi descrita por Nunes e Bellini (2020).

Trogolaphysa sp.1, *Lepidocyrtus*, *Lepidocyrtinus* sp.1, *Seira jiboiensis*, *Seira ritae*, *Seira* sp.1, *Seira* sp.2, *Seira* sp.3, *Seira* sp.4, *Seira* sp.5 e Isotomidae sp.1 estão sendo registradas pela primeira vez que no Parque Nacional de Sete Cidades.

Já a ordem de Symphypleonavem sendo registrada pela segunda vez, visto que no trabalho de Medeiros et al. (2022) é descrito um novo gênero de Sminthuridae no PNSC. Dessa forma, adicionamos novos registros dos gêneros *Sphaeridia* e *Denisiella*, *Stenognathriopes*, *Adisianus*, *Collophora*, *Temeritas*, *Arborianna* e *Prorastriopes* que estão sendo registrados pela primeira vez.

4.5 DIVERSIDADE DE ESPÉCIES

4.5.1 Período chuvoso

O valor observado do Índice de Shannon (H') foi de 1.813, enquanto o Índice de Shannon máximo ($H_{\max}$) foi de 3,135 (Tabela 5), indicando que a diversidade de Collembola na área amostrada é relativamente baixa no período chuvoso, e a distribuição dos indivíduos em cada espécie é irregular, visto que foram encontradas 23 espécies, sendo que *Sphaeridia* sp.1, *Trogolaphysa piracurucaensis*, *Trogolaphysa* sp.1 e *Pseudosinella triocelata* constituem 85,55% da fauna. O índice de Shannon-Wiener leva em consideração a abundância relativa entre as espécies, onde é feita uma comparação entre cada uma delas e o quão cada uma contribui para a composição da comunidade amostrada. É apropriado para amostras aleatórias de espécies de uma comunidade ou sub-comunidade de interesse.

O valor do Índice de Equitabilidade de Pielou (J') foi de 0,578, um valor que reflete uma homogeneidade relativamente baixa na composição da comunidade estudada. Isso significa que há uma probabilidade relativamente alta de que um espécime coletado ao acaso

nessa comunidade seja das espécies *Sphaeridia* sp.1, *Trogolaphysa piracurucaensis*, *Trogolaphysa* sp.1 ou *Pseudosinella triocellata*, visto que constituem 85,55% da fauna.

O índice de Equabilidade de Pielou (J') é derivado do índice de diversidade de Shannon e permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes (Pielou, 1966).

TABELA 5: Cálculo do índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') para Collembola em uma área ecotonal do Parque Nacional de Sete Cidades do Estado do Piauí, Brasil, no período chuvoso.

Espécies / Ponto amostral	Total	Abundância relativa (p_i)	$\ln p_i$	$p_i \times \ln p_i$
<i>Cyphoderus equidenticulati</i>	1	0,14%	-6,579251212	-0,009137849
<i>Pseudosinella triocellata</i>	77	10,69%	-2,23544579	-0,239068508
<i>Lepidocyrtus</i> sp.1	10	1,39%	-4,276666119	-0,059398141
<i>Trogolaphysa</i> sp.1	108	15,00%	-1,897119985	-0,284567998
<i>Trogolaphysa piracurucaensis</i>	101	14,03%	-1,964130695	-0,275523889
<i>Lepidocyrtinus</i> sp.1	13	1,81%	-4,014301855	-0,07248045
<i>Capbrya brasiliensis</i>	1	0,14%	-6,579251212	-0,009137849
<i>Seira</i> sp.1	4	0,56%	-5,192956851	-0,02884976
<i>Seira</i> sp.2	1	0,14%	-6,579251212	-0,009137849
<i>Seira</i> sp.3	3	0,42%	-5,480638923	-0,022835996
<i>Seira</i> sp.4	1	0,14%	-6,579251212	-0,009137849
<i>Seira</i> sp.5	6	0,83%	-4,787491743	-0,039895765
<i>Seira jiboiensis</i>	5	0,69%	-4,9698133	-0,034512592
<i>Seira ritae</i>	9	1,25%	-4,382026635	-0,054775333
<i>Isotomidae</i> sp.1	3	0,42%	-5,480638923	-0,022835996
<i>Stenognathriopes (Tenentiella)</i> sp.1	5	0,69%	-4,9698133	-0,034512592
<i>Adisius aff. maculatus</i>	3	0,42%	-5,480638923	-0,022835996
<i>Collophora brasilis</i>	5	0,69%	-4,9698133	-0,034512592
<i>Temeritas paradoxalis</i>	22	3,06%	-3,488208759	-0,106584157
<i>Arborea aff. cupiubae</i>	5	0,69%	-4,9698133	-0,034512592
<i>Prorastriones</i> sp.1	4	0,56%	-5,192956851	-0,02884976
<i>Sphaeridia</i> sp.1	330	45,83%	-0,780158558	-0,357572672
<i>Denisiella</i> sp.1	3	0,42%	-5,480638923	-0,022835996
Índice de Shannon (H'):				1,81351218
Índice de Shannon máximo ($H_{\max}$):				3,135494216
Índice de Pielou (J'):				0,578381606

4.5.2 Período seco

O valor observado do Índice de Shannon (H') foi de 0,017, enquanto o Índice de Shannon máximo ($H_{\max}$) foi de 1,945 (Tabela 5), indicando que a diversidade de Collembola na área amostrada é muito baixa no período seco, e a distribuição dos indivíduos em cada espécie é irregular, visto que foram encontradas 7 espécies, na qual *Seira* sp.1 constitui 99,79% da fauna.

O valor do Índice de Equitabilidade de Pielou (J') foi de 0,009, um valor que reflete uma homogeneidade extremamente baixa na composição da comunidade estudada. Isso significa que há uma probabilidade extremamente alta de que um espécime coletado ao acaso nessa comunidade seja da espécie *Seira* sp.1, visto que constitui 99,79% da fauna, sendo 19.396 dos 19.436 indivíduos coletados.

TABELA 6: Cálculo do índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') para Collembola em uma área de mata de transição do Parque Nacional de Sete Cidades do Estado do Piauí, Brasil, no período seco.

Espécies / Ponto amostral	Total	Abundância relativa (p_i)	$\ln p_i$	$p_i \times \ln p_i$
<i>Trogolaphysa</i> sp.1	1	5,14509E-05	-9,8748823	-0,0005081
<i>Cyphoderus equidenticulati</i>	1	5,14509E-05	-9,8748823	-0,0005081
<i>Pseudosinella triocellata</i>	17	0,000874666	-7,041669	-0,0061591
<i>Seira</i> sp.1	19396	0,997941963	-0,0020602	-0,0020559
<i>Lepidocyrtus</i> sp.1	3	0,000154353	-8,77627	-0,0013546
<i>Capbrya brasiliensis</i>	4	0,000205804	-8,4885879	-0,001747
<i>Lepidocyrtinus</i> sp.1	14	0,000720313	-7,235825	-0,0052121
Índice de Shannon (H'):				0,017545
Índice de Shannon máximo ($H_{\max}$):				1,94591015
Índice de Pielou (J'):				0,00901627

4.6 Influência dos parâmetros ambientais sobre os padrões de riqueza e abundância de espécies

4.6.1 Período chuvoso

Uma das mais importantes características dos componentes ambientais é que, como todas as variáveis, elas podem ser altamente relacionadas entre si. Para avaliar essas correlações foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA), e posteriormente uma Análise de Correspondência Canônica (CCA), utilizando os parâmetros ambientais de Temperatura do Solo (°C), Altura do Folhicho (cm), Umidade do solo (%) e Cobertura vegetal (%) (Tabela 7).

TABELA 7: Valores dos parâmetros ambientais medidos nos 11 pontos amostrais de um transecto de 100 metros demarcado em uma área de mata de transição do Parque Nacional de Sete Cidades no Estado do Piauí, Brasil. Foram medidos os valores de temperatura do solo (°C), altura do folhicho (cm), umidade do solo (%), Temperatura do Ar (°C) e cobertura vegetal (%) do período chuvoso.

	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	I-7	I-8	I-9	I-10	I-11	Média
T_{solo} (°C)	32	30,5	28	29,5	28	29	29	28	31	28,5	31	29,5
Altura folhicho (cm)	0	1,1	2,4	0,9	1,2	2	3,5	2,3	1,1	1,6	2,4	1,68
Cobertura vegetal (%)	0,08	0,00	0,87	0,82	0,74	0,70	0,84	0,89	0,96	0,21	0,53	0,60
Umidade solo (%)	0,04	0,05	0,07	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04	0,08	0,03	0,11
T_{ar} (°C)	32	34	33	33	33	33,5	34	32	33	34,5	33	33,1

Análise de Componentes Principais (PCA)

De forma exploratória, a PCA, analisou todas as variáveis ambientais e sua associação com cada um dos pontos de coleta. Como resultado, o Componente principal 1 explicou a maior parte da variação dos dados, um total de 45.029%, o Componente 2 explicou um total de 30.385%, o Componente 3 explicou 14.756% e o Componente 4 explicou 5.7385%. Ficando abaixo somente o Componente 5 que explicou somente 4.0919% da variação dos dados observados na análise (Tabela 8).

Tabela 8: Análise de Componentes Principais com a contribuição de cada eixo para explicar a variação observada nos dados de temperatura do solo, altura do folhicho, umidade do solo, temperatura do ar e cobertura vegetal dentro do ambiente analisado.

Eixos	Valores dos eixos	% da variação
1	2.25143	45.029
2	1.51927	30.385
3	0.737789	14.756
4	0.286926	5.7385
5	0.204593	4.0919

No eixo PC 1, a variável Temperatura do Solo apresentou o maior peso, com um valor de -0.57397. No eixo PC 2, a variável com maior peso foi a Cobertura Vegetal com um valor de -0.6491. No eixo PC3, a variável Altura do folhicho apresentou o maior peso, com um valor de 0.60528. No eixo PC4, a variável Cobertura Vegetal apresentou o maior peso, com um valor de 0.67739 e por último, no eixo PC5, a variável Temperatura do Solo apresentou o maior peso com 0.63618 (Tabela 9).

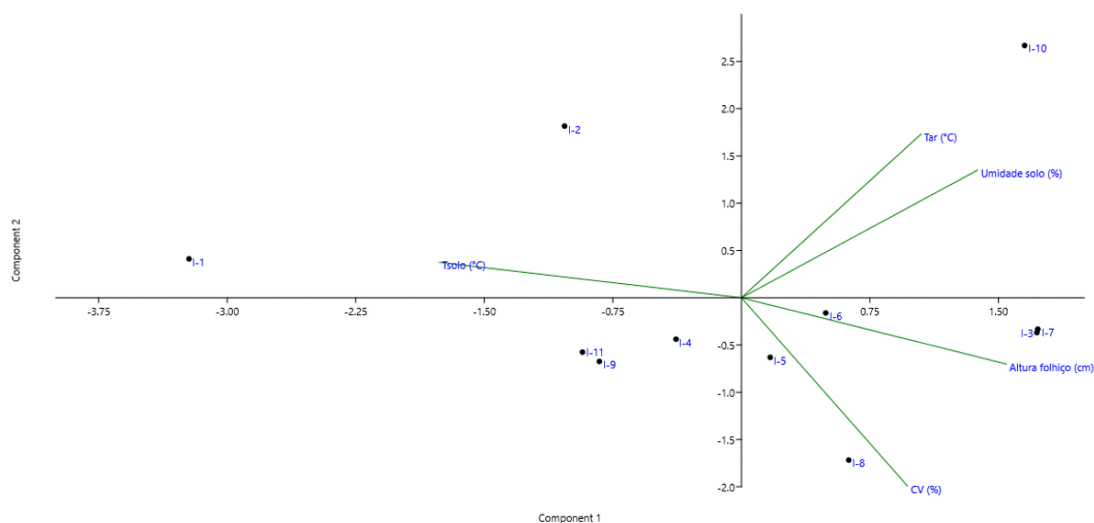
Tabela 9: Valores da influência das variáveis ambientais de temperatura do solo, altura do folhicho, cobertura vegetal, temperatura do ar e umidade do solo dentro dos eixos PC 1 a PC 5 na Análise de Componentes Principais.

Variáveis/eixos	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
Tsolo (°C)	-0.57397	0.12207	0.40924	0.28888	0.63618
Altura folhicho (cm)	0.50319	-0.22832	0.60528	-0.47309	0.32326
Cobertura Vegetal (%)	0.31567	-0.6491	-0.049008	0.67739	0.13328

Umidade solo (%)	0.44842	0.43976	-0.48497	0.058151	0.60576
Tar (°C)	0.3415	0.56413	0.47808	0.4801	-0.32568

A Figura 18 mostra os resultados da PCA por meio do gráfico *biplot*. Considerando as variáveis avaliadas, é possível perceber que todas as variáveis ambientais estão relacionadas e há uma influência. Ao analisar a relação entre as variáveis estudadas, percebeu-se uma forte associação entre altura do folhio e cobertura vegetal, o que faz sentido, uma vez que uma maior cobertura vegetal é proporcional a uma maior queda de folhas.

Figura 18 Representação gráfica dos resultados da Análise de Componentes Principais. Esquema de dispersão com a contribuição de cada variável nos componentes 1 e 2, construído a partir das variáveis ambientais de temperatura do solo, altura do folhio, cobertura vegetal, umidade do solo e temperatura do ar.



Análise de Correspondência Canônica (CCA)

A Análise de Correspondência Canônica (CCA), analisa a influência dos parâmetros ambientais sobre os padrões de riqueza e abundância de espécies. Com base na CCA, a maior parte da variação dos dados está sendo explicada pelo eixo 1, explicando 70,55% dos dados, seguido em menor escala pelo eixo 2, que explica 22,32% da variação dos dados (Tabela 10).

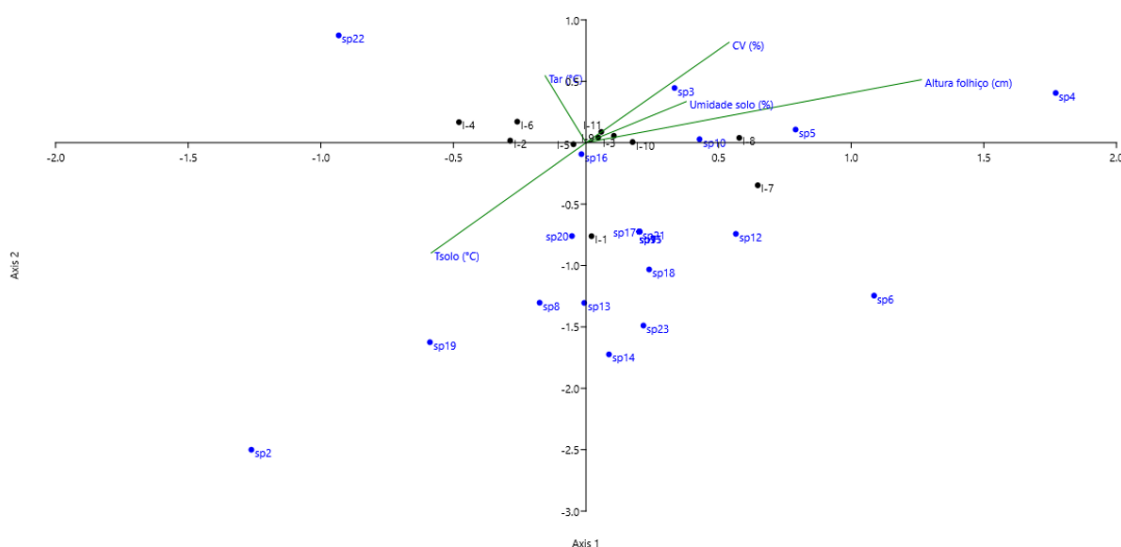
Tabela 10: Análise de Correspondência Canônica com valores da influência das variáveis ambientais de umidade do solo, altura do folhicho, temperatura do ar, temperatura do solo e cobertura vegetal dentro do ambiente analisado.

Eixos	Valores dos eixos	% de variação
1	0.051679	70.55
2	0.016347	22.32
3	0.0044191	6.033
4	0.00080305	1.096
5	7,33E-05	1,00E-02

Com os resultados da CCA, foi gerado um gráfico *tripplot* que evidencia a influência de cada variável nos eixos 1 e 2, e com a distribuição das espécies coletadas e dos pontos amostrais em função dessas variáveis (Figura 19). O plano cartesiano mostra que as espécies *Trogolaphysa piracurucaensis* (sp.5), *Trogolaphysa* sp.1 (sp.4), *Seira* sp.3 (sp.10) e *Lepidocyrtus* sp.1 (sp.3) foram influenciadas positivamente pela altura do folhicho, umidade do solo e cobertura vegetal, e negativamente pela temperatura do solo, sendo assim, encontradas em locais com alta umidade do solo, altura elevada do folhicho, alta cobertura vegetal. Já a espécie *Pseudosinella triocellata* (sp.2), foi influenciada positivamente no eixo 1 pela temperatura do solo, visto que, segundo Nunes et al. (2018), na descrição original da espécie, os animais foram encontrados em locais com uma densa cobertura arbórea que filtra grande parte da luz solar, e uma grossa camada de folhicho sobre o solo, criando um microclima específico no solo. As espécies *Seira* sp.1 (sp.8), *Seira jiboensis* (sp.13), *Temeritas paradoxalis* (sp.19), *Arborianna aff. cupiubae* (sp.20), e *Stenognathriopes (Tenentiella)* sp.1 (sp.16), também foram influenciadas igualmente à *Pseudosinella triocelatta* e negativamente pela umidade do solo, cobertura vegetal e altura do folhicho. A espécie *Sphaeridia* sp.1 (sp.22) foi influenciada positivamente pela temperatura do ar. As espécies *Lepidocyrtinus* sp.1 (sp.6), *Seira* sp.5 (sp.12), *Seira ritae* (sp.14), *Isotomidae* sp.1 (sp.15), *Collophora brasilis* (sp.18), *Adisianus aff. maculatus* (sp.17), *Prorastriopes* sp.1 (sp.21), *Denisiella* sp.1 (sp.23),

Cyphoderus equidenticulati (sp.1), *Seira* sp.2 (sp.9) e *Seira* sp.4 (sp.11) são influenciadas positivamente pela cobertura vegetal, umidade do solo e altura do folhicho.

Figura 19 Representação gráfica dos resultados da Análise de Correspondência Canônica. Esquema de dispersão com a contribuição de cada variável nos eixos 1 e 2, construído a partir das variáveis ambientais de umidade do solo, temperatura do solo, altura do folhicho, temperatura do ar e cobertura vegetal.



4.6.2 Período seco

No período seco, foram realizadas também a Análise de Componentes Principais (PCA) e a Análise de Correspondência Canônica (CCA), utilizando os parâmetros ambientais de Temperatura do Solo (°C), Altura do Folhicho (cm), Umidade do solo (%) e Cobertura vegetal (%), assim como na análise dos dados do período chuvoso (Tabela 12).

TABELA 11: Valores dos parâmetros ambientais medidos nos 11 pontos amostrais de um transecto de 100 metros demarcado em uma área de mata de transição do Parque Nacional de Sete Cidades no Estado do Piauí, Brasil. Foram medidos os valores de temperatura do solo (°C), altura do folhicho (cm), umidade do solo (%), Temperatura do Ar (°C) e cobertura vegetal (%) do período seco.

	I - 1	I - 2	I - 3	I - 4	I - 5	I - 6	I - 7	I - 8	I - 9	I - 10	I - 11
T _{solo} (°C)	37,5	33,5	36	34	32	34	34	40,5	35	34	37

T_{ar} (°C)	38,5	39	39	38,5	38,5	41,5	37	40	37	35,5	38
Altura folhíço (cm)	0	0,7	0	0	1,8	1,2	2	0	1,6	1,9	1
Cobertura Vegetal (%)	0	0,005	0	0	0,215	0,65	0,49	0,005	0,135	0	0,46
Umidade do solo (%)	0,002	0,004	0,004	0,004	0,006	0,019	0,018	0,006	0,004	0,012	0,003

Análise de Componentes Principais (PCA)

De forma exploratória, a PCA analisou todas as variáveis ambientais e cada um dos pontos de coleta para ver a associação, como resultado, o eixo 1 explicou a maior parte da variação dos dados, um total de 50.041%, o eixo 2 explicou um total de 28.917%, o eixo 3 explicou 12.369% e o eixo 4 explicou 6.4622%. Ficando somente o eixo 5 abaixo da média que explicou somente 2.2107% da variação dos dados observados na análise (Tabela 13).

Tabela 12: Análise de Componentes Principais com a contribuição de cada eixo para explicar a variação observada nos dados de temperatura do solo, altura do folhíço, umidade do solo, temperatura do ar e cobertura vegetal dentro do ambiente analisado.

Eixos	Valores dos eixos	% de variação
1	2.50206	50.041
2	1.44584	28.917
3	0.618454	12.369
4	0.323112	6.4622
5	0.110536	2.2107

No eixo PC 1, a variável Altura do folhíço apresentou o maior peso, com um valor de 0.56925. No eixo PC 2, a variável com maior peso foi a Temperatura do Ar com um valor de 0.73797. No eixo PC3, a variável Temperatura do solo apresentou o maior peso, com um valor de 0.83466. No eixo PC4, a variável Cobertura Vegetal apresentou o maior peso, com um valor de 0.63042 e por último, no eixo PC5, a variável Altura do folhíço apresentou o maior peso com 0.7419 (Tabela 14).

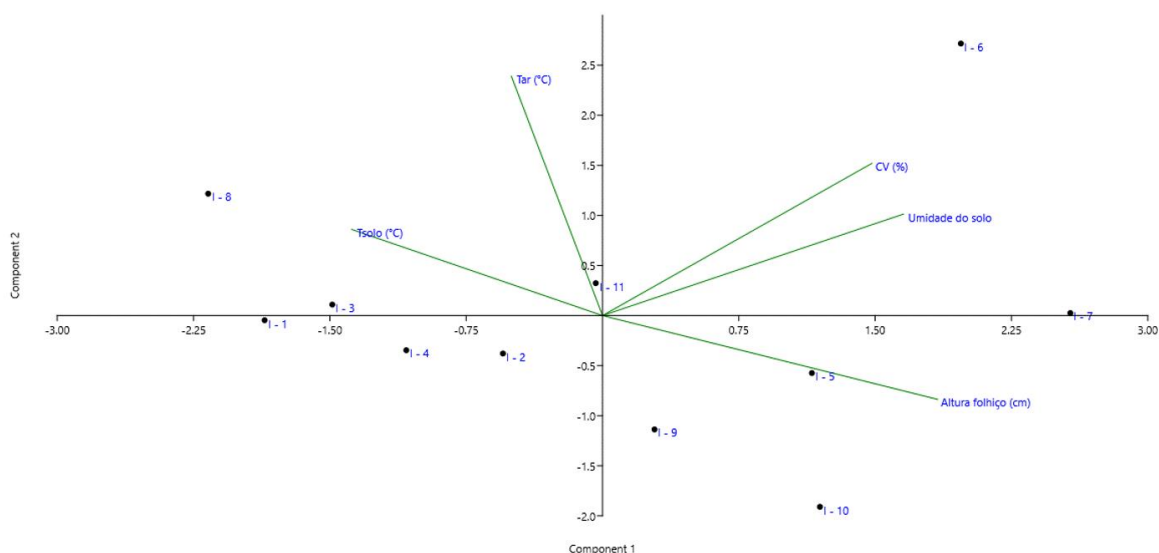
Tabela 13: Valores da influência das variáveis ambientais de temperatura do solo, altura do folhíço, cobertura vegetal, temperatura do ar e umidade do solo dentro dos eixos PC 1 a PC 5 na Análise de Componentes Principais.

Variáveis/Eixos	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
T_{solo} (°C)	-0.42598	0.26563	0.83466	0.0092281	0.22638
T_{ar} (°C)	-0.15479	0.73797	-0.44459	-0.023127	0.48296
Altura folhíço (cm)	0.56925	-0.25849	0.16966	0.17302	0.7419
CV (%)	0.4575	0.46929	0.179	0.63042	-0.37548

Umidade do solo (%)	0.51111	0.31272	0.2118	-0.75631	-0.15526
----------------------------	---------	---------	--------	----------	----------

A Figura 20 mostra os resultados da PCA por meio do gráfico *biplot*. Ao analisar a relação entre as variáveis estudadas, percebeu-se uma forte associação entre altura do folhicho e temperatura do solo, quanto mais folhicho, mais a temperatura do solo diminui. Visto que se a temperatura do ar estiver alta, a temperatura do solo também estará. A relação entre cobertura vegetal está inteiramente ligada à umidade do solo, uma vez que uma maior cobertura vegetal é proporcional a uma maior queda de folhas, fazendo com que a umidade do solo seja maior.

Figura 20 Representação gráfica dos resultados da Análise de Componentes Principais. Esquema de dispersão com a contribuição de cada variável nos componentes 1 e 2, construído a partir das variáveis ambientais de temperatura do solo, altura do folhicho, cobertura vegetal, umidade do solo e temperatura do ar.



Análise de Correspondência Canônica (CCA)

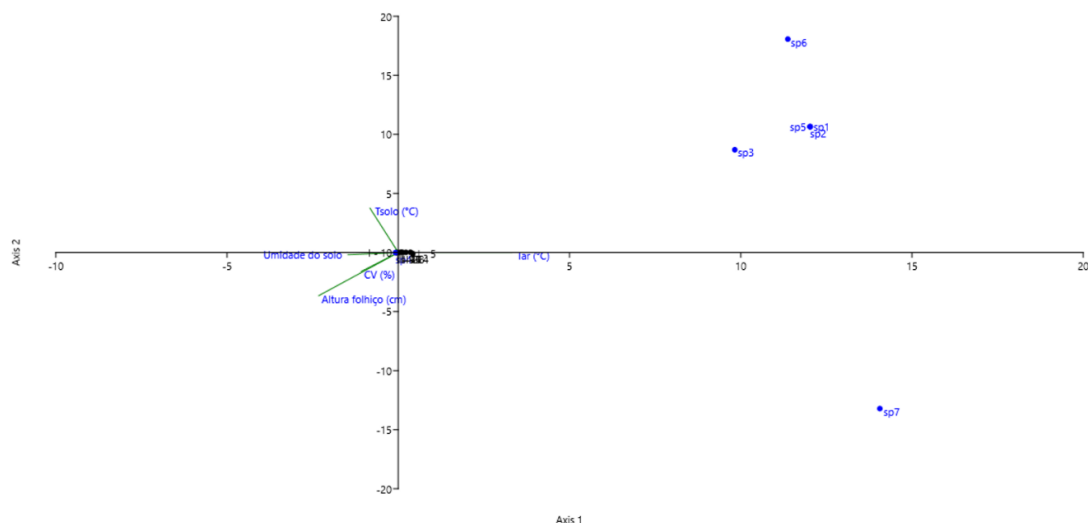
Com base na CCA, a maior parte da variação dos dados está sendo explicada pelo eixo 1, explicando 96,01% dos dados, ou seja, só o eixo 1 já explica praticamente toda a correlação entre os diferentes parâmetros ambientais analisados e a variação dos dados bióticos (Tabela 15).

Tabela 14: Análise de Correspondência Canônica com a contribuição de cada eixo para explicar as variáveis ambientais de umidade do solo, altura do folhíço, temperatura do ar, temperatura do solo e cobertura vegetal dentro do ambiente analisado.

Eixos	Valores dos eixos	% da variação
1	0.0048431	96.01
2	0.00016174	3.206
3	3,82E-01	0.7565
4	1,38E-02	0.02733
5	5,73E-16	1,14E-12

A partir dos resultados da CCA (Figura 21), foi gerado um gráfico *tripplot*, o plano cartesiano mostra que a espécie *Seira* sp.1, localizada na intersecção entre os eixos 1 e 2, não é influenciada de forma significativa por nenhum dos parâmetros ambientais mensurados, tendo sido encontrada em grande quantidade em todos os pontos de coleta, independentemente da variação do ambiente, indicando tratar-se de uma espécie amplamente generalista, o que explica, em parte, seu alto grau de sucesso e dominância sobre as demais espécies durante o período seco. As espécies *Trogolaphysa* sp.1, *Cyphoderus equidenticulati*, *Lepidocyrtus* sp.1 e *Lepidocyrtinus* sp.1 também foram influenciadas positivamente pela temperatura do ar.

Figura 21 Representação gráfica dos resultados da Análise de Correspondência Canônica. Esquema de dispersão com a contribuição de cada variável nos eixos 1 e 2, construído a partir das variáveis ambientais de umidade do solo, temperatura do solo, altura do folhíço, temperatura do ar e cobertura vegetal.



5 DISCUSSÃO

5.1 Abundância e riqueza de Collembola de uma área de mata de transição do Parque Nacional de Sete Cidades

A abundância total de Collembola nesse trabalho, considerando os períodos chuvoso e seco, foi de 20.156 espécimes, distribuídos em 2 ordens, 11 famílias, 16 gêneros e 23 espécies, sendo o gênero *Seira* o mais rico, com um total de sete espécies observadas em um ecótono Caatinga-Cerrado do Parque Nacional de Sete Cidades. Ferreira et al. (2018) no Estado da Paraíba, a abundância total de Collembola foi de 28.382 espécimes distribuídos em 69 espécies e 37 gêneros, em oito áreas distintas. No trabalho realizado por Zeppelini et al. (2013), foram consideradas todas as ordens de Collembola, resultando uma abundância de 2.408 indivíduos em três áreas florestais no Brasil, sendo Floresta de Caatinga, Floresta Amazônica de Campinarana e Mata Atlântica. Se compararmos a abundância dos três trabalhos é evidente que áreas distintas podem apresentar diferentes tipos de abundâncias, além está relacionada ao esforço da coleta em cada estudo. Na pesquisa de Ferreira et al. (2018), é o que mais se aproxima com os dados de abundância desse trabalho, o esforço amostral para as oito áreas, calculado a partir da multiplicação entre o número de *pitfalls* pela quantidade de horas em que esses ficaram expostos, foi de 19.200 horas. Já no presente trabalho, esse esforço foi de 3.168 horas. Apesar de locais diferentes, o tipo de bioma é relativamente o mesmo, sendo parte em locais com predominância de Caatinga e/ou Cerrado, além da temperatura média anual ser parecida, o que pode ser um fator primordial na biodiversidade de Collembola epiedáficos.

Além disso, houve outros três trabalhos acerca da diversidade de Collembola no Parque Nacional de Sete Cidades, com foco na superfamília Entomobryoidea, que utilizaram a mesma metodologia utilizada aqui, além de terem sido realizados no mesmo ano (estação chuvosa somente). Esses trabalhos foram realizados em áreas diferentes do parque, tais como mata ciliar, cerradão, cerrado *stricto sensu* e manchas de caatinga, em contraste com o presente trabalho, realizado em uma área com características transicionais típicas entre os biomas Caatinga e Cerrado. No trabalho de Freitas (2022), realizado em uma área de mata ciliar, que possui características diferentes da área estudada no presente trabalho, observou-se uma abundância total de 173 espécimes no período chuvoso. Sendo a espécie *Trogolaphysa* sp.1 a mais abundante, com 98 indivíduos, seguido da espécie *Trogolaphysa piracurucaensis* com 20 indivíduos. Se compararmos a abundância do presente trabalho, podemos notar que a espécie *Trogolaphysa* sp.1 e *Trogolaphysa piracurucaensis* também têm uma abundância

maior em relação às outras espécies, visto que no período chuvoso, foi coletado 108 e 101 indivíduos, respectivamente. As únicas espécies que Freitas (2022) coletou e que não estão presente nesse trabalho foram as *Salina bellinii* e *Lepidosira neotropicalis*. O resultado de Freitas apontou que as espécies *Salina bellinii* e *Lepidosira neotropicalis* estão associadas a ambientes com maior temperatura do solo e do ar, maior umidade do solo, menor cobertura vegetal e pouco folhio associado. Se levarmos em conta a Análise de Correspondência Canônica, podemos perceber que no presente trabalho, a temperatura do solo está negativamente associada à cobertura vegetal, umidade do solo e altura do folhio. Isso evidencia que o local onde foi coletado essas duas espécies é um local com temperatura mais altas e pouco folhio.

No trabalho de Silva (2022), em uma área de cerradão do Parque Nacional de Sete Cidades, foram coletados 408 indivíduos, sendo que a espécie mais abundante foi a *Trogolaphysa piracurucaensis* com 207 indivíduos, seguido da *Trogolaphysa* sp.1 com 167 indivíduos. Se considerarmos somente a abundância total do período chuvoso desse trabalho, que tem um total de 720 indivíduos, a espécie *Spheridia* sp.1 foi a mais abundante, com 330 indivíduos, ela é da ordem Symphypleona, tal que não foi registrada no trabalho de Silva (2022). Nossa segunda espécie mais abundante foi a *Trogolaphysa* sp.1 com 108 indivíduos. Ou seja, 59 espécimes a mais em relação aos que foram coletados no presente trabalho. Como a área fica localizada em uma zona de transição, é previsível de que existam os mesmos tipos de animais. As únicas espécies que Silva (2022) coletou e que não estão presente nesse trabalho foram as *Salina bellinii* e *Lepidosira neotropicalis*. De acordo com os resultados de Silva (2022), *Lepidosira neotropicalis* foi influenciada positivamente pela altura do folhio e temperatura do solo, e negativamente pela umidade do solo e cobertura vegetal, sendo encontrada em locais com alto folhio e temperatura do solo mais elevada, e em locais com baixa umidade do solo e baixa cobertura vegetal. A espécie *Salina bellinii* também foi influenciada positivamente pela altura do folhio e temperatura do solo, como também pela cobertura vegetal e umidade do solo. O fato de a área ser de cerradão influenciou a captura dessas espécies, visto que há predominância de árvores de grande porte, fazendo com que a cobertura vegetal e umidade do solo sejam altas.

No trabalho de Lima (2022), em uma área de cerrado *stricto sensu*, observou-se uma abundância total de 221 indivíduos. Nele, a espécie *Pseudosinella triocellata* foi a mais abundante com 83 espécimes, sendo encontrada em todos os pontos amostrados. Além disso, o gênero *Seira* apresentou uma maior riqueza com um total de seis espécies. Em relação à

riqueza de espécies, o trabalho de Lima (2022) se compara a este trabalho, visto que houve uma riqueza do gênero *Seira*, com sete espécies, sendo encontrada uma espécie a mais do que no trabalho de Lima (2022). Essas semelhanças podem ser explicadas devido ao ambiente parecido em que ambas as amostras foram coletadas, visto que a área de estudo de Lima (2022) existe a presença de árvores de pequeno porte, tortuosas, com ramificações irregulares e normalmente com evidências de queimadas (RIBEIRO; WALTER, 2008). Sendo que a área de mata de transição entre Caatinga e Cerrado possui uma vegetação similar. Além disso, ambas as coletas foram realizadas na mesma semana.

5.2 Novos registros de ocorrência

Dos 23 táxons amostrados neste trabalho, 10 espécies já foram descritas, sendo seis da ordem Entomobryomorpha (*Trogolaphysa piracurucaensis*, *Pseudosinella triocelata*, *Seira jiboiensis*, *Seira ritae*, *Cyphoderus equidenticulati* e *Capbrya brasiliensis*) e quatro da ordem Symphypleona (*Temeritas paradoxalis*, *Collophora brasilis*, *Arborianna aff. cupiubae* e *Adisius aff. maculatus*). O restante constitui novos registros de ocorrência, como algumas espécies da ordem Symphypleona e espécies ainda não descritas, mas que já houve registros em trabalhos anteriores. Da ordem Entomobryomorpha, as espécies *Trogolaphysa piracurucaensis* e *Pseudosinella triocellata* foram descritas por Nunes e Bellini (2018). Sendo novamente registradas neste trabalho, como também nos trabalhos de Lima (2022), Freitas (2022) e Silva (2022), porém não foram publicados ainda. Refere-se aos Trabalho de Conclusão de Curso. *Seira jiboiensis* foi descrita para o Estado da Bahia, por Godeiro e Bellini (2014), em áreas úmidas da Caatinga da Serra da Jiboia. *Seira ritae* foi descrita por Bellini e Zeppelini (2011) no Estado da Paraíba, tendo como localidade tipo a Praia do Bessa, João Pessoa/PB. Ambas as espécies foram registradas também nos trabalhos de Lima (2022) e Freitas (2022). A espécie *Cyphoderus equidenticulati* foi descrita por Nunes e Bellini (2018), juntamente com *Trogolaphysa piracurucaensis* e *Cyphoderus equidenticulati*, possuem o PNSC como localidade tipo. A espécie *Capbrya brasiliensis* foi descrita por Nunes e Bellini (2020), ocasião em que também foi feito o primeiro registro do gênero fora da África do Sul. Isotomidae é uma família de Entomobryomorpha. Os táxons estão incluídos na superfamília Isotomoidea, este é o primeiro registro no Parque Nacional de Sete Cidades.

Da ordem Symphypleona, foi encontrada a espécie *Collophora* sp.1 descrita por Zeppelini & Brito (2013), *Temeritas paradoxalis* descrita por Medeiros e Bellini (2019), *Arborianna cupiubae* e *Adisianus maculatus* descrita por Bretfeld (2002; 2003), as quatro espécies estão sendo registradas pela primeira vez no Parque Nacional de Sete Cidades neste trabalho. Além das morfoespécies *Sphaeridia* sp.1 e *Denisiella* sp.1, que também foram registradas pela primeira vez neste trabalho.

As espécies da ordem Entomobryomorpha: *Trogolaphysa* sp.1, *Lepidocyrtinus* sp.1, *Seira* sp.1, *Seira* sp.2, *Seira* sp.3, *Seira* sp.4, *Seira* sp.5 e *Lepidocyrtus* sp.1 serão descritas em um trabalho futuro pela própria autora, com início já em 2023. Da ordem Symphypleona: *Stenognathriopes* (*Tenentiella*) sp.1 e *Prorastriopes* sp.1, bem como seus respectivos gêneros, estão sendo registradas pela primeira vez no Parque Nacional de Sete Cidades.

5.3 Esforço amostral

O método utilizado neste trabalho para a coleta dos animais foram as armadilhas do tipo *pitfall*. Ao todo, foram coletados 20.156 espécimes, de 23 espécies diferentes, sendo a maior abundância já registrada no Estado do Piauí para Collembola. Nunes (2019) também utilizou esse método de coleta para realizar um inventário da fauna de Collembola epiedáficos em diferentes locais do Estado do Piauí. Além disso, outros trabalhos realizados no Parque Nacional de Sete Cidades também utilizaram esse tipo de coleta, visto que essa metodologia é facilmente padronizável, algo importante para trabalhos ecológicos. Com isso, de acordo com Ferreira (2018), armadilhas do tipo *pitfall* revelam um melhor desempenho em todos os parâmetros avaliados pela autora, e que podem demonstrar o maior número de espécies em relação a outros métodos de amostragem, como por exemplo, o aspirador entomológico.

No presente trabalho, as curvas de acumulação de espécies criadas para avaliar a eficiência do esforço amostral não atingiram um platô bem definido, mas mostraram uma clara tendência de estabilização. Porém, foi coletada uma quantidade massiva de espécimes, um total de 20.156. Dessa forma, é possível inferir que o esforço de coleta foi suficiente para representar a comunidade estudada. Ainda assim, é provável que existam espécies raras ou sazonais que não foram amostradas no momento de coleta, necessitando assim de um esforço de coleta muito maior para encontrá-las.

5.4 Diversidade de Collembola

O valor de H' observado no período chuvoso foi de 1,813, enquanto a diversidade máxima ($H'_{\max}$) calculada que foi de 3,135. Isso indica que diversidade de Collembola na área de mata de transição é relativamente baixa no período chuvoso, e a distribuição dos indivíduos em cada espécie é irregular, visto que em um total de 23 espécies, somente *Sphaeridia* sp.1, *Trogolaphysa piracurucaensis*, *Trogolaphysa* sp.1 e *Pseudosinella triocellata* constituem 85,55% da fauna. O valor do índice de Pielou foi de 0,578, refletindo essa heterogeneidade na composição da comunidade. Se compararmos com trabalhos anteriores a respeito da diversidade de Collembola no Parque Nacional de Sete Cidades, este trabalho é o que houve maior diversidade de espécies. Nos trabalhos de Freitas, Silva e Lima (2022), os autores estudaram a diversidade de Entomobryomorpha em três áreas distintas do Parque Nacional de Sete Cidades no período chuvoso, sendo área de mata ciliar, cerradão e cerrado *stricto sensu*, respectivamente. Apesar da pesquisa dos três autores ter sido apenas com a ordem Entomobryomorpha, e este trabalho apresentar a diversidade das quatro ordens no período chuvoso, período que pode ser comparado aos trabalhos citados acima, ainda assim, foi coletado 3 espécies (*Capbrya brasiliensis*, *Seira* sp.5 e *Lepidocyrtus* sp.1) que não constam nos trabalhos dos três.

No trabalho de Freitas (2022), foi coletado 10 espécies diferentes, sendo a *Trogolaphysa* sp.1 com maior abundância com 98 espécimes. No trabalho de Silva (2022), foram coletadas 9 espécies, sendo *Trogolaphysa piracurucaensis* com maior abundância, com 207 indivíduos. E no trabalho de Lima (2022), foram coletadas 12 espécies, porém, diferentemente dos outros dois trabalhos, a espécie *Pseudosinella triocellata* teve maior abundância com 98 indivíduos. Neste trabalho, a espécie *Sphaeridia* sp.1 teve maior abundância, com 330 indivíduos, logo em seguida a *Trogolaphysa* sp.1 com 108 indivíduos.

O valor de H' da coleta do período seco foi de 0,017, enquanto a diversidade máxima ($H'_{\max}$) calculada que foi de 1,945, indicando que a diversidade de Collembola na área de mata de transição é extremamente baixa no período seco, e a distribuição dos indivíduos em cada espécie é muito irregular, visto que de um total de 7 espécies encontradas, *Seira* sp.1 constitui 99,79% dos indivíduos coletados, demonstrando uma clara dominância dessa espécie no período seco. O valor do índice de Pielou foi de 0,009, refletindo essa forte dominância de apenas uma espécie na composição da comunidade, visto que de 19.436 indivíduos coletados, 19.396 são de *Seira* sp.1. Esse fenômeno a respeito da quantidade de *Seira* sp.1, pela primeira

vez registrada no Parque Nacional de Sete Cidades pode ser explicada devido à alta adaptação das espécies desse gênero ao clima mais seco e quente da região Neotropical, especialmente região semiáridas, onde o gênero ocorre com abundância.

Os membros de *Seira* Lubbock, (1870) são encontrados entre o folhiço e a vegetação rasteira em regiões de clima temperado e tropical (Christiansen & Bellinger 2000). A maior parte da riqueza taxonômica do grupo encontra-se na África e nas Américas (Christiansen, Bellinger 2000). Como as espécies do gênero têm resistência ao clima, enquanto as outras não, elas sobrevivem no período seco e explodem a população, por pura falta de competidores e predadores, que também diminuem em abundância nesse período. De acordo com o sistema Köppen-Geiger o clima na região é “Aw” clima tropical, com inverno seco. Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). A temperatura média anual é 27.9°C, a temperatura máxima registrada foi 39°C e a mínima foi 22°C (IBDF, 1979). Inclusive, no dia da coleta dos espécimes a temperatura do Parque Nacional de Sete Cidades chegou a 41°C, sendo uma das maiores temperaturas registrada em todo o país. Algumas espécies de Collembola não são adaptadas a temperaturas altas, fazendo com que facilite a dispersão da espécie *Seira* sp.1 no habitat, podendo haver uma explosão populacional devido aos recursos disponíveis naquele momento.

5.5 Influência dos parâmetros ambientais sobre os padrões de riqueza e abundância de espécies

5.5.1 Período chuvoso

No trabalho de Zeppelini et al. (2008), a altura do folhiço está relacionada ao número de indivíduos de Collembola, assim como em Ferreira et al. (2018), foi constatado uma relação convicta entre maior altura do folhiço e maior taxa de cobertura vegetal com uma alta diversidade de espécies. Como também, Hubbell (2011), discute que variáveis ambientais como cobertura vegetal, temperatura e umidade do solo podem influenciar a riqueza e abundância de espécies em determinada área. Neste trabalho, a grande maioria dos pontos na área amostrada foram influenciados principalmente pelas variáveis ambientais de temperatura do ar e temperatura do solo, que consequentemente é influenciado pela umidade do solo, altura do folhiço e cobertura vegetal. As espécies *Trogolaphysa piracurucaensis*, *Trogolaphysa* sp.1, *Seira* sp.3 e *Lepidocyrtus* sp.1 foram influenciadas positivamente pela

altura do folhicho, umidade do solo e cobertura vegetal, isso corrobora com o trabalho de Silva (2022) e Lima (2022), visto que na representação em gráfico *tripplot* da correlação entre as variáveis ambientais e a distribuição das espécies nas áreas amostradas de ambos os trabalhos, essas espécies também foram influenciadas por essas variações.

5.5.2 Período seco

No estudo realizado por Zeppelini *et al.* (2013) em três tipos diferentes de florestas, foi afirmado que as variáveis ambientais cobertura vegetal e umidade do solo influenciaram positivamente a fauna de Collembola, visto que a área de Mata Atlântica e Floresta Amazônica de Campinarana apresentaram as maiores riquezas de espécies, já a área de Caatinga apresentou a menor riqueza de espécies e não compartilhou nenhuma espécie com as demais áreas. Esse fato foi relacionado às condições ambientais do domínio, que foi a área amostral mais seca. A área de ecótono entre Caatinga-Cerrado apresenta condições ambientais que de certa forma se assemelham à Caatinga em muitos aspectos, o que sugere que a fauna de Collembola encontrada em regiões semiáridas ou que passam por longos períodos de estiagens sazonais, como estas, apresentam características que permitem sua sobrevivência em ambientes secos, e por consequência exibem uma certa preferência por este tipo de habitat. Isso se evidencia principalmente quando comparamos a quantidade de *Seira* sp.1 que foi coletada no período seco do Parque Nacional de Sete Cidades (19.396 indivíduos) em comparação com o restante de espécies coletadas (7 espécies) e a abundância relativa (40 indivíduos ao todo) de cada: *Trogolaphysa* sp.1 (1 indivíduo), *Cyphoderus equidenticulati* (1 indivíduo), *Pseudosinella triocellata* (17 indivíduos), *Lepidocyrtus* sp.1 (3 indivíduos), *Capbrya brasiliensis* (4 indivíduos) e *Lepidocyrtinus* sp.1 (14 indivíduos). É perceptível que a abundância relativa do gênero *Seira* se sobrepõe a abundância das 7 espécies encontradas nessa região no período de seca.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Este estudo foi realizado em uma área restrita e pontual, e ainda assim se obteve uma riqueza total de 23 espécies;
- O estudo confirmou a maior riqueza e abundância do gênero *Seira* em ambientes secos, sendo coletado um total de 19.425 espécimes nos períodos seco e chuvoso em uma área de ecótono entre Caatinga-Cerrado do Parque Nacional de Sete Cidades;
- Foi possível ampliar os registros de ocorrência de espécies no Parque Nacional de Sete Cidades, tendo em vista que é a primeira vez que gêneros e espécies da ordem Symphypleona são registradas em um trabalho de ecologia de Collembola do PNSC, sendo esse, um dado importante para a conservação da fauna no país.

REFERÊNCIAS

ABRANTES, E.A.; BELLINI, B.C.; BERNARDO, A.N.; FERNANDES, L.H.; MENDONÇA, M.C.; OLIVEIRA, E.P.; QUEIROZ, G.C.; SAUTTER, K.D.; SILVEIRA, T.C.; ZEPPELINI, D. Errata Corrigenda and update for the “Synthesis of Brazilian Collembola: an update to the species list.” ABRANTES et al. (2010) **Zootaxa**, 2388, 1–22. *Zootaxa*, v. 3168, p. 1–21, 2012.

Arborianna cupiubae Bretfeld, 2002 in GBIF Secretariat (2022). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2023-02-07.

ARLÉ, R.; MENDONÇA, C. Estudo preliminar das espécies de *Dicranocentrus* Schött, 1893, ocorrentes no Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro (Collembola). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 42, p. 41–49, 1982.

BARROSO, G. M.; GUIMARÃES, E. F. Excursão botânica ao Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. **Rodriguésia**. V 32, p. 241-267, 1980.

BELLINGER, P.F.; CHRISTIANSEN, K.A.; JANSSENS, F. **Checklist of the Collembola of the World**, 1996–2022. Disponível em: <<http://www.collembola.org>> Acesso em 10 de janeiro de 2023.

BELLINI, B. C.; ZEPPELINI, D. A new species of *Seira* (Collembola: Entomobryidae: Seirini) from the Northeastern Brazilian coastal region. **Zoologia**, v. 28, n. 3, p. 403-406, 2011.

BRETFELD, G. 2003: **Adisianus nomnov for a genus of Symphypleona from Central Amazonia**, Brazil Amazoniana 17(3-4):551-552

CASSAGNE, N.; GERS, C.; GAUQUELIN, T. Relationships between Collembola, soil chemistry and humus types in forest stands (France). **Biology and Fertility of Soils**, v. 37, p. 355–361, 2003.

CHRISTIANSEN, K; BELLINGER, P (2000) **A survey of the genus Seira (Hexapoda: Collembola: Entomobryidae) in the Americas**. Caribbean Journal of Science 36: 39–75.

CIPOLA, N. G.; MORAIS, J.W.; BELLINI, B. C. Review of *Lepidocyrtinus* Börner, 1903 (Collembola, Entomobryidae, Seirinae): the African species. **Zootaxa**, v. 4898, n. 1, p. 1–107, 2020.

COLWELL R. K. **EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples**. Version 8, 2013. Disponível em: purl.oclc.org/estimates.

CULIK, M.P; ZEPPELINI D. Diversity and distribution of Collembola (Arthropoda: Hexapoda) of Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 12, 2003.

FERREIRA, A.S. **Diversidade e distribuição de Collembola (Arthropoda, Hexapoda) no Estado da Paraíba, Brasil**: a influência dos fatores ambientais e espaciais e a descrição de

novos táxons. Tese (Doutorado em Ciências biológicas) – Centro de ciências exatas e da natureza, Universidade Federal da Paraíba, 2018.

FERREIRA, A.S.; SANTOS-ROCHA, I.M.D.; BELLINI, B.C.; VASCONCELLOS, A. Effects of habitat heterogeneity on epiedaphic Collembola (Arthropoda: Hexapoda) in a semiarid ecosystem in Northeast Brazil. **Zoologia (Curitiba)**, v. 35, 2018.

FREITAS, J.L.G. **Diversidade de Entomobryoidea (Arthropoda: Collembola) epiedáficis de uma área de mata ciliar do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Brasil**. 2022. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Piauí, 2022.

GODEIRO, N. N.; BELLINI, B. C. Three new species of *Seira* Lubbock (Collembola, Entomobryidae) from Caatinga Domain, northeastern Brazil. **Zootaxa**, v. 3764, n. 2, p. 131–151, 2014.

GREENSLANDE, P. J. 1991. **The Insects of Australia**. A Textbook for Students and Research Workers, ed. 2th. CSIRO. Carlton, Australia: Melbourne University Press. p 252-264.

HAMMER; H. D.; RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Paleontologia Eletrônica** 4(1): 9pp. http://paleo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. Acesso em 12 de janeiro de 2022.

HICKMAN, C.P.; ROBERTS, L.S.; KEEN, S.L.; EISENHOUR, D.J.; LARSON, A.; I'ANSON, H. **Princípios Integrados de Zoologia**. 16ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan LTDA, p.650, 2016.

HOPKIN, S.P. **Biology of springtails (Insecta: Collembola)**. New York: Oxford University Press, 1997.

HUBBELL, S.P. **The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography (MPB-32)** Princeton University Press, 2011.

IBDF – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. (1979) Plano de manejo: Parque Nacional de Sete Cidades. IBDF, Brasília, 61 pp.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL (IBDF). Plano de manejo: Parque Nacional de Sete Cidades. IBDF, Brasília, 1979.

JANSSENS, F.; LAWRENCE, P.N. *Checklist of Collembola: Are Collembola terrestrial Crustacea?* 2002–2022. Disponível em: <http://www.collembola.org/publicat/crustacn.htm> Acesso em: 12 de janeiro de 2022.

JORDANA, R.; ARBEA, J.L.; SIMÓN, C.; LUCIÁÑEZ, M.J. **Fauna Iberica. Collembola Poduromorpha**. Museo Nacional de Ciencias Naturales, 1997.

JORDANA, R. Capbryinae & Entomobryini. **Senckenberg, Museum of Natural History**, 2012.

LIMA, M.G.M. **Diversidade de Entomobryoidea (Arthropoda: Collembola) epiedáficos de uma área de cerrado *stricto sensu* do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Brasil**. 2022. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Piauí, 2022.

LORANGER, G.; BANDYOPADHYAYA, I.; RAZAKA, B.; PONGE, J.F. Does soil acidity explain altitudinal sequences in collembolan communities? **Soil Biology and Biochemistry** 33: p. 381-393, 2001.

MEDEIROS, G.S. NUNES, R.C. ZHANG, F. GODEIRO, N.N. BELLINI, B.G. **A New Genus of Sminthurididae (Collembola, Symphypleona) from Brazil, with Notes on the Systematics of the Family**. Divesity 2022.

MEDEIROS, G.S.; BELLINI, B.C. **Two new species of Temeritas Richards (Collembola, Symphypleona, Sminthuridae) from Neotropical Region, with coments on the genus**. Zootaxa 2019, 4586, 536–552.

NGOSONG, C.; RAUPP, J.; RICHNOW, H.H.; RUESS, L. Tracking Collembola feeding strategies by the natural ¹³C signal of fatty acids in an arable soil with different fertilizer regimes. **Pedobiologia**, v. 54, p. 225–233, 2011.

NUNES, R.C. **Estudo taxonômico dos Entomobryoidea (Arthropoda: Collembola) em áreas prioritárias para conservação da Caatinga**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, 2019.

NUNES, R.C.; BELLINI, B.C. Three new species of Entomobryoidea (Collembola: Entomobryomorpha) from Brazilian Caatinga-Cerrado transition, with identification keys to Brazilian *Cyphoderus*, *Pseudosinella* and *Trogolaphysa* species. **Zootaxa**, v. 4420, n. 1, p. 71–96, 2018.

NUNES, R.C.; GODEIRO, N.N.; PACHECO, G.; LIU, S.; GILBERT, M.T.P.; ALVAREZ-VALIN, F.; ZHANG, F.; BELLINI, B.C. The discovery of Neotropical *Lepidosira* (Collembola, Entomobryidae) and its systematic position. **Zoologica scripta**, v. 48, n. 6, p. 783–800, 2019.

NUNES, R.C.; SANTOS-COSTA, R.C.; BELLINI, B.C. The first Neotropical *Capbrya* Barra, 1999 (Collembola: Orchesellidae: Nothobryinae) and the reinterpretation of Nothobryinae systematics. **Zoologischer Anzeiger**, v. 288, p. 24–42, 2020.

OLIVEIRA, M.E. **Mapeamento, florística e estrutura de transição campo-floresta na vegetação (cerrado) do Parque Nacional de Sete Cidades, Nordeste do Brasil**. 2004. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2004.

PALACIOS-VAGAS, J. G.; CUTZ, L. Q.; MALDONADO, Y. C. 2000. Redescription of the male of *Coenaletes caribaeus* (Collembola: Coenaletidae) associated with hermit crabs (Decapoda; Coenobitidae). **Annals of the Entomological Society of America** 93: 194-197.

PETERSEN, H. Collembolan communities in shrublands along climatic gradients in Europe and the effect of experimental warming and drought on population density biomass and diversity. **Soil Organisms** **83**: 463-488, 2011.

PETERSEN, H.A. Effects of non-inverting deep tillage vs. conventional ploughing on collembolan populations in an organic wheat field. **European Journal of Soil Biology**, v. 38, n. 2, p. 177–180, 2002.

PIELOU, E. C. (1966) The Measurement of Diversity in Different Types of Biological Collections. **Journal of Theoretical Biology**, 13, 131-144.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. **Cerrado: ecologia e flora**, v. 1, p. 151–212, 2008.

SILVA, B.M. **Diversidade de Entomobryoidea (Arthropoda: Collembola) epiedáficos de uma área de cerradão do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Brasil**. 2022. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Piauí, 2022.

SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M.T. **Biodiversidade da Caatinga: Áreas e ações prioritárias para a conservação**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2002. 382 p.

SOTO-ADAMES, F.N.; BARRA, J.A.; CHRISTIANSEN, K.; JORDANA, R. Suprageneric Classification of the Entomobryomorpha Collembola. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 101(3), p. 501–513, 2008.

TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. (Eds.). *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Editora Universitária da UFPE, Recife, 2003.

VINATIER, F.; TIXIER, P.; DUYCK, P.F.; LESCOURRET, F. Factors and mechanisms explaining spatial heterogeneity: a review of methods for insect populations. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 2, p. 11–22, 2011.

Zeppelini D, Queiroz GC, Bellini BC 2023. Collembola in **Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. PNUD. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/379>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

ZEPPELINI, D. BRITO, R, A. 2013. **First Species of Collophora (Collembola: Symphypleona: collophoridae) from Brazil, with Comments on its Distribution**. Florida Entomologist 96: 148-153.

ZEPPELINI, D.; BELLINI, B.C. **Introdução ao estudo dos Collembola**. 1. ed. João Pessoa: Editora Universitária do UFPB, p.82, 2004.

ZEPPELINI, D.; BELLINI, B.C.; CREÃO-DUARTE, A.J.; HERNÁNDEZ, M.I.M. Collembola as bioindicators of restoration in mined sand dunes of Northeastern Brazil. **Biodiversity and Conservation**, v. 18, n. 5, p. 1161–1170, 2009.

ZEPPELINI, D.; QUEIROZ, G.C.; ABRANTES, E.A.; BELLINI, B.C.; MEDEIROS, E.S.F.; OLIVEIRA, E.P.; SILVEIRA, T.C.; NEVES, A.C.R.; SOARES, A.F.; GODEIRO, N.N.;

OLIVEIRA, F.G. D.L.; SANTOS-ROCHA, I.M.; MENESES, L.F.; MENDONÇA, M.C. Diversity of Collembola (Arthropoda: Hexapoda) across different types of vegetation in Brazil. **International Journal of Biodiversity and Conservation**, v. 5, n. 3, p. 176–184, 2013.

ZHAO, J.; SHAO, Y.; WANG, X.; NEHER, D.A.; XU, G.; LI, Z.A.; FU, S. 2013. Sentinel soil invertebrate taxa as bioindicators for forest management practices. **Ecological Indicators** 24: p 236-239.