



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
CAMPUS DE PATOS – PB



GILVANETE DA SILVA HENRIQUE

**DEPOSIÇÃO, ACÚMULO DE SERRAPILHEIRA E BIOTA DO SOLO EM
DIFERENTES ESTÁGIOS DE REGENERAÇÃO NO NÚCLEO DE
DESERTIFICAÇÃO DO SERIDÓ/PB**

PATOS – PARAÍBA – BRASIL

JULHO – 2021

GILVANETE DA SILVA HENRIQUE

**DEPOSIÇÃO, ACÚMULO DE SERRAPILHEIRA E BIOTA DO SOLO EM
DIFERENTES ESTÁGIOS DE REGENERAÇÃO NO NÚCLEO DE
DESERTIFICAÇÃO DO SERIDÓ/PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, campus de Patos, na Área de Ecologia, Manejo e Utilização dos Recursos Florestais, como parte das exigências para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Jacob Silva Souto.

PATOS – PARAÍBA – BRASIL

JULHO - 2021

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado Bibliotecas – SISTEMOTECA/UFMG

H519d

Henrique, Gilvanete da Silva

Deposição, acúmulo de serrapilheira e biota do solo em diferentes estágios de regeneração no núcleo de desertificação do Seridó/PB. / Gilvanete da Silva Henrique. – Patos, 2022.
154 f.

Orientador: Jacob Silva Souto.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Mestrado em Ciências Florestais.

1. Estoque. 2. Aporte. 3. Fauna edáfica. 4. Macronutrientes; I. Souto, Jacob Silva, *orient.* II. Título.

CDU 504.123(043)

Bibliotecário-documentalista: Bárbara Costa – CRB-15/806

GILVANETE DA SILVA HENRIQUE

**DEPOSIÇÃO, ACÚMULO DE SERRAPILHEIRA E BIOTA DO SOLO EM
DIFERENTES ESTÁGIOS DE REGENERAÇÃO NO NÚCLEO DE
DESERTIFICAÇÃO DO SERIDÓ/PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, no CSTR, como parte das exigências para a obtenção do Título de MESTRE em CIÊNCIAS FLORESTAIS.

Aprovada em: 06 de Julho de 2021.

Prof. Dr. Jacob Silva Soufo

Universidade Federal de Campina Grande (UAEF/CSTR/UFCG)

(Orientador)

Prof. Dr. Iraê Amaral Guerrini

Universidade Estadual Paulista (UNESP/Botucatu)

(1º Examinador)

Prof. Dr.ª Patrícia Carneiro Souto

Universidade Federal Campina Grande (UAEF/CSTR/UFCG)

(2º Examinador)

“Teus, ó Senhor, são a grandeza, o poder, a glória, a majestade e o esplendor, pois tudo o que há nos céus e na terra é teu. Teu é o reino, tu estás acima de tudo.”

1 CRÔNICAS 29:11

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me sustentado, iluminado e guiado meus passos por todos esses anos.

À minha família, pelo apoio e pela contribuição.

Ao Professor Dr. Jacob Silva Souto, pela oportunidade e pelo apoio na elaboração deste trabalho.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, que se mostraram uma equipe à disposição nas coletas de campo. À Geovana Gomes, Maria Beatriz, Melina Nicácio e Micilene da turma do mestrado 2019.1, pela amizade e companheirismo diante das situações adversas. A Gyacon Yury da Costa Soares, companheiro de trabalho e irmão na amizade que se fez parte da minha formação e continua presente, obrigada pela força, pelo companheirismo e pela amizade. Isso me ajudou bastante na realização deste trabalho.

Aos Professores Gilvan Campelo e Eder, pela boa vontade e predisposição em ajudar, fornecendo materiais de laboratório para a realização deste trabalho.

Ao funcionário do Laboratório de Patologia Florestal João de Sá, e a Wagner do Laboratório de Tecnologia da Madeira, ao motorista Zé Ferreira pela ajuda, paciência, companheirismo e apoio prestado durante a realização deste trabalho.

Aos membros da Banca Examinadora, pela disponibilidade de participar.

Ao programa de pós-graduação e seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram esta etapa de formação acadêmica.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa que viabilizou o desenvolvimento desta pesquisa.

A todos aqueles que por ventura tenha esquecido de citar e que contribuíram direta ou indiretamente para realização desta dissertação e na pós graduação, meus sinceros agradecimentos.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1 - Mapa de localização da fazenda Cachoeira de São Porfírio.....	37
Figura 2 - Dados climáticos históricos (2010 a 2020) da região. Precipitação (AESAs, 2021), temperatura média ((BDMEP/INMET), 2021).....	38
Figura 3 - Precipitação mensal em Santa Luzia – PB (AESAs, 2021), temperatura média mensal da região do ano de 2019 a 2020, ((BDMEP/INMET), 2021).....	38
Figura 4 – Aspecto geral da vegetação das áreas em estágio inicial (A), médio (B) e avançado de regeneração natural.	40
Figura 5 - Esquema da amostragem de solo.	40
Figura 6 - Disposição dos coletores nas áreas (A); coletor de serrapilheira (B).....	43
Figura 7 - Separação das frações da serrapilheira: folhas (A), material reprodutivo (B), galhos+cascas (C), e miscelânea (D).....	43
Figura 8 - Coleta da serrapilheira acumulada com uso de gabarito de metal 50 cm x 50 cm, no município de Santa Luzia-PB.....	44
Figura 9 - Deposição mensal de serrapilheira em distintos estágios de regeneração da caatinga, no município de Santa Luzia-PB.....	48
Figura 10 - Deposição de serrapilheira (frações e total) no estágio inicial de regeneração natural ao longo do período de estudo (setembro 2019 a agosto 2020), no município de Santa Luzia-PB.....	49
Figura 11 - Deposição de serrapilheira (frações e total) no estágio médio regeneração natural ao longo do período de estudo (setembro 2019 a agosto 2020), no município de Santa Luzia-PB.....	52
Figura 12 - Deposição de serrapilheira (frações e total) no estágio avançado regeneração natural ao longo do período de estudo (setembro 2019 a agosto 2020), no município de Santa Luzia-PB.....	55
Figura 13 - Deposição média mensal da fração folhas em distintos estágios de regeneração natural na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.....	61
Figura 14 - Deposição média mensal da fração galhos+cascas em distintos estágios de regeneração na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.....	64
Figura 15 - Deposição média mensal da fração material reprodutivo em distintos estágios regeneração na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.....	65

Figura 16 - Deposição média mensal da fração miscelânea em distintos estágios de regeneração na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.....	68
Figura 17 - Acúmulo mensal de serrapilheira em distintos estágios de regeneração na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.....	71

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 1 - Mapa de Localização da Fazenda Cachoeira de São Porfírio.....	86
Figura 2 - Dados climáticos históricos (2010 a 2020) da região. Precipitação (AESA, 2021), temperatura média ((BDMEP/INMET), 2021.).....	87
Figura 3 - Precipitação mensal Santa Luzia, PB (AESA, 2021), temperatura média mensal da região do ano de 2019 a 2020 (BDMEP/INMET - 2021).....	87
Figura 4 – Aspecto geral da vegetação das áreas em estágio inicial (A), médio (B) e avançado de regeneração natural.....	89
Figura 5 - Esquema de amostragem do solo.....	90
Figura 6 - Separação das frações da serapilheira: folhas (A), material reprodutivo (B), galhos+cascas (C), miscelânea (D).....	92
Figura 7 - Moinho utilizado para trituração das frações da serapilheira (A) e amostras identificadas para envio ao laboratório (B).....	93
Figura 8 - Concentrações de macronutrientes na serapilheira total produzida, no período chuvoso (Ch) e seco (Sc) nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural de regeneração natural na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.....	96
Figura 9 - Concentrações de macronutrientes nas frações folhas, galhos, miscelânea e material reprodutivo da serrapilheira produzida, no período chuvoso (Ch) e seco (Sc) na caatinga, Santa Luzia-PB.....	98
Figura 10 - Concentrações de macronutrientes na serapilheira total produzida, no período chuvoso (Ch) e seco (Sc) nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.....	103
Figura 11 - Concentrações de macronutrientes nas frações folhas, galhos, miscelânea e material reprodutivo da serrapilheira produzida, no período chuvoso (Ch) e seco (Sc) no município de Santa Luzia-PB.....	104

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO III

Figura 1 - Mapa de localização da Fazenda Cachoeira de São Porfírio.....	114
Figura 2 - Dados climáticos históricos (2010 a 2020) da região. Precipitação (AESAs, 2021), temperatura média ((BDMEP/INMET), 2021).....	115
Figura 3 - Precipitação mensal Santa Luzia-PB (AESAs, 2021), temperatura média mensal da região do ano de 2019 a 2020 (BDMEP/INMET - 2021).....	115
Figura 4 – Aspecto geral da vegetação das áreas em estágio inicial (A), médio (B) e avançado de regeneração natural.....	118
Figura 5 - Esquema de amostragem do solo.....	119
Figura 6 - Anel metálico utilizado na coleta de solo+serapilheira para estimativa da mesofauna (A); amostras envolvidas em filme tipo PVC para serem transportadas ao Laboratório (B) e para extração da mesofauna.....	121
Figura 7 - Extração da mesofauna do solo utilizando equipamento de Berlese- Tullgren modificado (A); identificação dos organismos com auxílio de Microscópio estereoscópio binocular (B).	121
Figura 8 - Armadilha utilizada na coleta de organismo da macrofauna do solo.....	122
Figura 9 - Determinação da biomassa úmida em álcool da macrofauna edáfica.....	123
Figura 10 - Termômetro utilizado para aferição da temperatura do solo (A); Pesagem em balança analítica da amostra de solo coletadas em lata de alumínio (B); amostras levadas para estufa (C); Amostras retirada da estufa para atingir temperatura ambiente (D); Pesagem da amostra seca (E).....	124
Figura 11 - Valores médios do conteúdo de água no solo (%) em função da pluviosidade, de agosto de 2019 a agosto de 2020, nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural na caatinga, município de Santa Luzia-PB.....	126
Figura 12 - Conteúdo de água no solo (%) nas diferentes profundidades (superfície e de 0 – 20 cm) (A) em função da temperatura do solo (TS); e durante os meses avaliados (agosto/2019 a agosto/2020) (B), nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN).....	127
Figura 13 - Temperatura do solo médias (°C) nas diferentes profundidades (superfície e de 0 – 20 cm) e durante os meses avaliados (agosto/2019 a agosto/2020), nas áreas de estágio inicial	

(EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.....	128
Figura 14 - Temperatura do solo (TS) nas diferentes profundidades (superfície e de 0 – 20 cm) nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.....	129
Figura 15 - Variação dos grupos taxonômicos da mesofauna do solo em relação à precipitação (A) e conteúdo de água do solo (B), verificados no estágio inicial de regeneração (EIRN) na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.....	131
Figura 16 - Variação dos grupos taxonômicos da mesofauna do solo em relação ao conteúdo de água do solo, verificados no estágio médio de regeneração (EMRN) na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.	133
Figura 17 - Variação dos grupos taxonômicos da mesofauna do solo em relação precipitação, verificados no estágio médio de regeneração (EARN) na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.....	133
Figura 18 - Indivíduos do grupo Acarina (A, B, C) e Collêmbola (D).....	138
Figura 19 - Número total de indivíduos da macrofauna, por área, no período estudado.....	139
Figura 20 - Macrofauna edáfica nos períodos chuvoso e seco nas áreas estudadas	141
Figura 21 - Biomassa úmida em álcool (g) da macrofauna do solo dos principais grupos encontrados nas áreas avaliadas.....	146
Figura 22 - Biomassa úmida em álcool relativa (%) dos principais grupos da Macrofauna do solo nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.....	147
Figura 23 - Biomassa úmida em álcool da macrofauna edáfica (g) nas estações chuvosa e seca dos principais grupos da Macrofauna do solo nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.....	148
Figura 24 - Matriz de correlação de Pearson entre os atributos químicos do solo e a abundância dos grupos da mesofauna (A) e macrofauna (B) edáfica independente dos estágios de regeneração natural.....	150

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 - Médias das variáveis climáticas (Precipitação e temperatura) da série histórica (2010-2020) e do período de estudo (2019 - 2020).....	39
Tabela 2 - Características químicas do solo em cada área, no período seco e chuvoso, em Santa Luzia-PB.....	42
Tabela 3 - Deposição mensal (kg ha^{-1}) da serrapilheira total no período de setembro/19 a agosto/20, nas áreas de Caatinga em diferentes estágios de regeneração no município de Santa Luzia-PB.....	46
Tabela 4 - Deposição anual, média mensal de serrapilheira e contribuição percentual das frações da serrapilheira produzida no estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural da caatinga Santa Luzia-PB. Comparação entre estágios para cada fração da serrapilheira.	57
Tabela 5 - Deposição média mensal da fração folhas em distintos estágios de regeneração na caatinga, município de Santa Luzia-PB.....	60
Tabela 6 - Deposição média mensal da fração galhos+cascas em distintos estágios de regeneração na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.....	63
Tabela 7 - Deposição média mensal da fração material reprodutivo em distintos estágios de regeneração na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.....	65
Tabela 8 - Deposição média mensal da fração miscelânea em distintos estágios de regeneração na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.....	67
Tabela 9 - Acúmulo mensal (kg ha^{-1}) da serrapilheira total ao longo de doze meses de estudo, set/19 a ago/20, em áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.	69
Tabela 10 - Média das frações em kg ha^{-1} de serrapilheira acumulada ao longo de doze meses de estudo, set/19 a ago/20, nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural.	74

LISTA DE TABELAS
CAPÍTULO II

Tabela 1 - Médias das variáveis climáticas (Precipitação e temperatura) da série histórica (2010-2020) e do período de estudo (2019 - 2020)	88
Tabela 2 - Características químicas do solo em cada estágio sucessional, no período seco e chuvoso, em Santa Luzia-PB	91
Tabela 3 - Concentração média de macronutrientes (g/kg) nas diferentes frações da serrapilheira produzida nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural	94
Tabela 4 - Concentração de macronutrientes da serrapilheira depositada e acumulada (frações e total) nas áreas em estágios sucessionais inicial, média e avançada	101

LISTA DE TABELAS
CAPITULO III

Tabela 1 - Médias das variáveis climáticas (Precipitação e temperatura) da série histórica (2010-2020) e do período de estudo (2019 - 2020)	117
Tabela 2 - Características químicas do solo em cada estágio sucessional, no período seco e chuvoso, em Santa Luzia- PB	120
Tabela 3 - Densidade e frequência relativa (%) de indivíduos da mesofauna coletados durante 13 meses nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural	129
Tabela 4 - Índices de diversidade de Shannon (H) e Pielou (e) calculados para os diferentes grupos encontrados nas áreas de estudos durante o período de coleta	135
Tabela 5 - Índices de diversidade de Shannon (H) calculados para as diferentes áreas de estudos durante o período de coleta	136
Tabela 6 - Índices de diversidade de Pielou (e) calculados para as diferentes áreas de estudos durante o período de coleta	136
Tabela 7 - Densidade e frequência relativa (%) de indivíduos da mesofauna coletados durante 13 meses nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural	140
Tabela 8 - Índice de diversidade de Shannon (H) e Índice de equitabilidade de Pielou (e) dos grupos da macrofauna do solo amostrados nas áreas avaliadas	143

Tabela 9 - Índices de diversidade de Shannon (H) calculados para as diferentes áreas de estudos durante o período de coleta	144
Tabela 10 - Índices de diversidade de Pielou (e) calculados para as diferentes áreas de estudos durante o período de coleta	144

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	17
2 OBJETIVOS	19
2.1 Objetivo geral	19
3 REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1 Causas da desertificação no Semiárido Brasileiro	20
3.2 Núcleo de Desertificação do Seridó	21
3.3 Sucessão Secundária na Caatinga	22
3.4 Ciclagem de nutrientes via serrapilheira em áreas de Caatinga	23
3.5 Atributos químicos do solo	24
3.6 Atributos Biológicos do solo – Mesofauna e Macrofauna	25
REFERÊNCIAS	28
CAPÍTULO I	34
1 INTRODUÇÃO.....	36
2 MATERIAL E MÉTODOS	37
2.1 Caracterização das áreas de estudo	37
2.2 Coleta de dados	42
2.2.1 Serrapilheira Depositada	42
2.2.2 Serrapilheira Acumulada	44
2.3 Análises estatísticas	45
3 Resultados e discussão	46
3.1 Serrapilheira depositada.....	46
3.1.2 Frações da serrapilheira produzida	57
3.2 Serrapilheira acumulada	69
3.2.1 Fração da serrapilheira acumulada	72
4 Conclusões	76
REFERÊNCIAS	77
CAPÍTULO II	82
1 INTRODUÇÃO	84
2 MATERIAL E MÉTODOS	86
2.1 Caracterização das áreas de estudo	86
2.2 Análise química da serrapilheira	91
2.3 Análise estatística	93
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	94
3.1 Macronutrientes na serrapilheira depositada	94
3.2 Macronutrientes na serrapilheira acumulada	100

4 CONCLUSÕES	107
REFERÊNCIAS	108
CAPÍTULO III	111
1 INTRODUÇÃO	113
2 MATERIAL E MÉTODOS	115
2.1 Caracterização da área de estudo	115
2.2 Avaliação da mesofauna e macrofauna edáfica	120
2.3 Delineamento Estatístico	125
3 Resultados e discussão	126
3.1 Conteúdo de água no solo (CAS) e Temperatura do solo (TS)	126
3.2 Mesofauna	129
3.2.1 Índice de Shannon e de Pielou	134
3.3 Macrofauna	138
3.3.1 Índice de Shannon e de Pielou	142
3.3.2 Biomassa da Macrofauna	145
3.3.3 Correlação de Pearson	149
4 Conclusões	152
REFERÊNCIAS	153

RESUMO GERAL

Este trabalho teve como objetivo avaliar o processo de deposição e acúmulo da serrapilheira e dinâmica de nutrientes e da fauna edáfica em três áreas de caatinga em diferentes estágios sucessionais. Em cada uma das áreas, foram instalados 24 coletores de 1m² para avaliação da deposição de serrapilheira (frações e total). Para avaliação do acúmulo de serrapilheira, foram coletadas mensalmente, durante 12 meses, oito amostras em cada área com auxílio de gabarito de metal (0,5 m x 0,5 m). Em todas as frações da serrapilheira, foram determinados os teores de macronutrientes. Para avaliação da macrofauna edáfica, em cada área foram instaladas oito armadilhas do tipo “Provid” e determinada a biomassa úmida em álcool dos principais grupos, e, para mesofauna, foram retiradas oito amostras solo com ajuda de anéis de metais (5,0 cm de diâmetro e 5,0 cm de altura), com extração em aparato Berlese-Tulgren. Os organismos foram identificados ao nível de ordem e calculados os índices de diversidade e de equitabilidade (Shannon e Pielou). A deposição de serrapilheira foi contínua nas três áreas avaliadas e maior no estágio mais avançado de regeneração, devido ao maior porte e à densidade da vegetação. A produção foi maior no final do período chuvoso e início do seco. A fração folhas foi predominante em todas as áreas. Quanto à serrapilheira acumulada sobre o solo, concluiu-se que a fração galhos e folhas foi predominante; o maior acúmulo ocorreu no estágio avançado de regeneração, tendendo a acumular-se mais sobre o solo no período seco. A concentração dos elementos (N, P, K, Mg e S) na serrapilheira depositada e acumulada no solo foi maior no estágio sucessional avançado. O nitrogênio, cálcio e potássio foram os elementos mais abundantes em todas as frações. As folhas e os galhos apresentaram as maiores e as menores concentrações da maioria dos nutrientes, devido ser a parte mais ativa da planta. Ao comparar as concentrações dos macronutrientes na serrapilheira depositada e acumulada, percebeu-se diminuição da concentração de todos os nutrientes com exceção do cálcio. Os teores de macronutrientes foram maiores na época chuvosa. O estágio inicial foi o que apresentou maior número de indivíduos da meso e macrofauna, contudo para mesofauna apresentou juntamente com o estágio médio de regeneração os menores índices de Shannon e Pielou. O estágio avançado apresentou mais diversidade e equitabilidade pelo maior índice de Shannon e Pielou. Quanto ao comportamento da macrofauna, o maior índice de diversidade foi registrado no estágio médio de regeneração e o menor no estágio avançado, pois registrou maior dominância de alguns grupos. Quanto à biomassa da macrofauna, em todos os estágios Hymenoptera, foi o grupo que apresentou os maiores valores, representando em média cerca de 40% da biomassa total. E o estágio médio de regeneração apresentou a maior biomassa da macrofauna. Alguns atributos químicos do solo tiveram correlação positiva e negativa entre os grupos da meso e macrofauna, mas, no geral, as correlações foram fracas.

Palavras-chave: Estoque. Aporte. Fauna edáfica. Macronutrientes.

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the litter deposition and accumulation process and the dynamics of nutrients and edaphic fauna in three areas of caatinga in different successional stages. In each area, 24 1m² collectors were installed to assess litter deposition (fractions and total). To evaluate the litter accumulation, eight samples were collected monthly, during 12 months, in each area with the aid of a metal template (0,5 m x 0,5 m). The contents of macronutrients were determined in all litter fractions. To evaluate the edaphic macrofauna, in each area, eight "Provid" traps were installed and the alcohol-wet biomass of the main groups was determined, and for mesofauna, eight soil samples were taken with the help of metal rings (5,0 cm in diameter and 5,0 cm in height), with extraction in Berlese-Tulgren apparatus. Organisms were identified at the order level and diversity and evenness indices were calculated (Shannon and Pielou). Litter deposition was continuous in the three areas evaluated, and greater in the more advanced stage of regeneration, due to the greater size and density of the vegetation. Production was higher at the end of the rainy season and the beginning of the dry season. The leaves fraction was predominant in all areas. As for litter accumulated on the soil, it was concluded that the branches and leaves fraction were predominant, the greatest accumulation occurred in the advanced stage of regeneration, tending to accumulate more on the soil in the dry period. The concentration of elements (N, P, K, Mg and S) in litter deposited and accumulated in the soil were higher in the advanced successional stage. Nitrogen, calcium and potassium were the most abundant elements in all fractions. The leaves and branches presented, the highest and the lowest, concentrations of most nutrients, as it is the most active part of the plant. When comparing the concentrations of macronutrients in the litter deposited and accumulated, it was noticed a decrease in the concentration of all nutrients with the exception of calcium. Macronutrient contents were higher in the rainy season. The initial stage was the one with the highest number of individuals of meso and macrofauna, however for mesofauna, it presented, along with the average stage of regeneration, the lowest Shannon and Pielou indices. The advanced stage showed more diversity and evenness due to the higher Shannon and Pielou index. As for the behavior of macrofauna, the highest diversity index was recorded in the medium stage of regeneration, and the lowest in the advanced stage, as it recorded greater dominance of some groups. As for macrofauna biomass, at all stages Hymenoptera was the group that presented the highest values, representing on average about 40% of the total biomass. And the middle stage of regeneration had the highest macrofauna biomass. Some chemical attributes of the soil had positive and negative correlations between the meso and macrofauna groups, but in general, the correlations were weak.

Keywords: Inventory. Contribution. Edaphic fauna. Macronutrients.

1 INTRODUÇÃO GERAL

Aproximadamente 40% da caatinga encontra-se degradada, 8% do solo se encontra exposto e predisposto à desertificação, 8% é utilizado para o cultivo e somente 42% está preservada, sendo o bioma que menos tem áreas preservadas (INPE, 2016). As áreas suscetíveis à desertificação têm uma extensão territorial de 1.344.766,64 km², correspondem aproximadamente a 15% do território nacional. Na Paraíba, são perceptíveis as manchas de degradação espalhadas por todo o território. Estas áreas perfazem um total de 4.449,99 km², ou seja, 8,12% de áreas suscetíveis à desertificação em todo o estado (CGEE, 2016).

No Bioma Caatinga, a utilização dos recursos naturais se mantém num ciclo que envolve cortar a floresta, remover a madeira com valor comercial, realizar o corte raso e a queima de resíduos para realização de agricultura de subsistência. Geralmente, quando a produtividade da área não é mais satisfatória, a terra é abandonada e/ ou utilizada para pastagens. Outros usos incluem a pecuária extensiva através do desmatamento para promover o crescimento de gramíneas nativas. Esses manejos adotados podem modificar fortemente a ciclagem de nutrientes do ecossistema (AMORIM et al., 2014).

O crescente avanço da degradação, devido à exploração e ao uso inadequado dos recursos da caatinga, tem despertado interesses no desenvolvimento de estudos relacionados ao funcionamento desse ecossistema, mas pouco ainda se conhece sobre a dinâmica da ciclagem de nutrientes (HENRIQUES et al., 2016; SILVA et al., 2016).

A ciclagem de nutrientes é um processo complexo de transferência e absorção de elementos (nutrientes) do solo e da atmosfera para as plantas e organismos vivos e o retorno dos nutrientes para o solo. Segundo Alves (2011), a elevada importância de se avaliar este processo na Caatinga é devido à estrutura florística de grande variabilidade, influenciada pelos tipos de clima, solo e formas de relevo do semiárido que se traduzem em diferentes paisagens, sendo esse processo crucial para a compreensão da dinâmica nas florestas secundárias no ecossistema (FERREIRA et al., 2014).

É no compartimento serrapilheira que se inicia este processo de ciclagem de nutrientes, sendo fundamental para a recuperação de florestas, uma vez que quantidades significativas de nutrientes podem retornar ao solo por meio da queda de partes da vegetação e resíduos animais, que, uma vez depositada, são submetidas ao processo de decomposição, liberando nutrientes para o sistema solo-planta.

De acordo com Costa et al. (2010), o levantamento de informações, através de estudos a partir da serrapilheira, é importante ferramenta para a compreensão e conservação dessas áreas, bem como suas inter-relações com o meio, fornecendo subsídios básicos para o manejo

florestal, bem como para diagnosticar distúrbios de origens natural e antrópica, principalmente em regiões fortemente antropizadas e em via de degradação (GODINHO et al., 2013). Os resultados desses estudos em florestas antropizadas permitem inferências sobre as espécies com maior ou menor capacidade de reciclagem de nutrientes e seu potencial para recuperação de áreas degradadas (SANTANA; SOUTO, 2011).

Segundo Mota et al. (2013), pesquisadores da área de ciência do solo têm se preocupado com o tema qualidade do solo com o objetivo de identificar e selecionar indicadores associados à qualidade do solo. Os atributos do solo tornam-se indicadores de qualidade na medida em que passam a ser utilizados para monitorar mudanças do solo no decorrer do tempo. Esses estudos são importantes para sinalizar o manejo adequado do ambiente visando à sua conservação. As práticas de manejo do solo e das culturas provocam alterações nos atributos do solo, levando à perda de qualidade, afetando a sustentabilidade ambiental (NIERO et al., 2010).

O conceito do que seria um solo com qualidade é muito divergente e, para evitar conclusões errôneas, tem-se sugerido avaliar não apenas um indicador, mas um conjunto de parâmetros mínimos. Com isso, indicadores biológicos, químicos e físicos têm sido utilizados para monitorar a qualidade do solo, sendo essa avaliação uma base para a sustentabilidade dos sistemas por meio de monitoramento rotineiro (LIMA et al., 2007).

Estudos sobre a serrapilheira e a qualidade do solo são fundamentais para melhor compreensão da dinâmica dos ecossistemas, pois esta varia em função de fatores, tais como estágios sucessionais da vegetação e sua composição, como também as características físicas, químicas e biológicas do solo, uma vez que este conhecimento propicia maior percepção sobre o equilíbrio dos ecossistemas, auxiliando no monitoramento e na conservação ambiental, caracterizando a situação atual das áreas após impactos de ações antrópicas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a dinâmica da ciclagem de nutrientes através do compartimento serrapilheira e caracterizar a fauna edáfica em diferentes fases sucessionais em áreas de caatinga, contribuindo para o entendimento da sustentabilidade e produtividade ecológica nestas fases de regeneração.

Desse modo, temos como hipóteses que:

- Há diferenças nos valores da produção e do acúmulo de serrapilheira e nos teores de nutrientes, sendo que esses valores são reduzidos nas áreas mais jovens, o que reflete numa diferente contribuição para a qualidade do solo nas diferentes fases de regeneração.
- As diferentes fases de regeneração influenciam na diversidade da macrofauna edáfica.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Causas da desertificação no Semiárido Brasileiro

De acordo com a Resolução CONDEL nº 107, de 27/07/2017 e nº 115, de 23/11/2017, divulgada sobre a nova delimitação do Semiárido, atualmente, a área do Semiárido Brasileiro é de 1.128.697 km² (corresponde a 13% do território nacional). A região concentra mais de 27 milhões de habitantes em 1.262 municípios (13% da população do Brasil), o que representa, respectivamente, 24 habitantes/km² e 22% dos municípios brasileiros.

Segundo o MMA (2019), uma área de 1.340.863 km², correspondendo aproximadamente a 16% do território brasileiro, abrangendo 1.488 municípios, nove estados do Nordeste e Minas Gerais, está susceptível à desertificação. Os principais fatores que contribuem para o aceleração do processo de desertificação no Brasil são: a exploração dos recursos sem manejo sustentável para a mineração, para o pastejo, a agricultura, a pecuária extensiva (superpastejo) com práticas conservacionistas ausentes; irrigação sem técnicas adequadas, provocando a salinização dos solos e desastres naturais.

É importante ressaltar que, de acordo com Perez-Marin et al. (2012), a população dessa área é intensamente dependente da vegetação para o seu sustento, impulsionando a vulnerabilidade social, econômica e ambiental devido ao aumento da pressão sobre estes recursos. 200 mil km de terras degradadas estão no Semiárido Brasileiro. Em muitos locais, essas terras encontram-se imprestáveis para a prática da agricultura. Somado a isso, as áreas com em estágio moderado de desertificação apresentam um total de área atingida de aproximadamente 600 mil km² (cerca de 39% do território nordestino). Nesse contexto, destaca-se a Paraíba com a maior extensão de área afetada (71% do território) na divisa entre a região do Seridó da Paraíba e o Seridó do Rio Grande do Norte.

Conforme a Instrução normativa ICMBio nº 11, de 11 de dezembro de 2014, áreas degradadas são áreas impossibilitadas de retornarem de forma natural a um ecossistema semelhante ao estado inicial (original); dificilmente podem ser restauradas, apenas recuperadas. Conforme Araújo Filho (2013) e Silva; Silva (2015), o avanço da desertificação no Semiárido nordestino é resultado principalmente dos séculos de exploração do solo e da vegetação pelas práticas agrícolas e pastoris sem técnicas sustentáveis de preservação e conservação do solo para amenizar os impactos dessas atividades, o que acaba por levar ao abandono das áreas pelos agricultores, que irão ocupar outras localidades preservadas, gerando um ciclo de degradação.

A velocidade da degradação ambiental do local poderá ser lenta ou acelerada, estando ligada às condições socioambientais do local. Quanto mais subdesenvolvida a região, mais graves são as consequências da degradação e logo da desertificação. E, quanto mais difíceis forem as condições naturais, precisamente as climáticas, mais crítica será a situação. Nesse contexto, ligadas às ações antrópicas, as características naturais da região do Semiárido brasileiro tornam as áreas mais susceptíveis ao processo de desertificação, devido à relação negativa entre precipitação pluvial e evapotranspiração, conseqüentemente, o déficit de água para a vegetação, animais e humanos (PEREZ-MARIN, et al, 2012).

3.2 Núcleo de Desertificação do Seridó

A região do Seridó RN/PB é formada pelas microrregiões do Seridó paraibano e Seridó potiguar, caracteriza-se por enfrentar periodicamente crises hídricas que afetam a sociedade e a economia (VASCONCELOS, 2015). A região tem como principais atividades econômicas a exploração da vegetação para a geração de energia para o mercado ceramista e a mineração, desenvolvidas de forma irracional, desencadeando o processo de desertificação.

O Núcleo de Desertificação do Seridó está situado entre o estado do Rio Grande do Norte e o da Paraíba. Através do mapa disponibilizado pelo Instituto Nacional do Semiárido [INSA] (2014), a área de abrangência do núcleo de desertificação do Seridó foi expandida, abrangendo 38 municípios, ocupando uma área de 15.274,4 km² (LUCENA, 2019).

Conforme Perez-Marin et al. (2012, os núcleos de desertificação são áreas com evidências claras de erosão, grandes manchas com presença ou não de cobertura vegetal rasteira. Neste núcleo, a desertificação está associada aos fatores climáticos da região (alta temperatura combinada à baixa e irregular precipitação pluvial), processos pedogenéticos (formação e classificação dos solos) e pressões antrópicas (corte da vegetação para lenha, indústria ceramista e pecuária extensiva). A combinação destes fatores reduz a intensidade do intemperismo químico pelo processo de hidrólise devido à limitação hídrica, tendo como consequência solos poucos intemperizados, pouco profundos, mas quimicamente ricos. As consequências podem ser observadas na vegetação que apresenta forma arbustiva pouco densa e de porte baixo, com presença de caatinga hiperxerófila e herbáceas no período chuvoso. Esse tipo de cobertura vegetal confere baixa proteção do solo contra os efeitos da radiação solar, da erosão hídrica e eólica, propiciando, mesmo na ausência de atuações humanas, a desertificação espontânea.

3.3 Sucessão Secundária na Caatinga

A formação de florestas secundárias faz parte da dinâmica dos ecossistemas, independentemente dos tipos ou alternativas de usos destas áreas (SCHWARTZ; LOPES, 2017). Ocorre a partir de impactos causados à vegetação primária ao longo do tempo, que alteram sua composição e estrutura original. Esses impactos podem ser de ocorrência natural, como incêndios, queda de árvores, ou antrópicas, como a exploração desordenada, mudanças de cobertura do solo.

Os estádios da sucessão secundária na caatinga podem variar de acordo com as características e condições dos diferentes sítios ecológicos, sendo o solo, por suas características físicas, químicas e biológicas, o fator ambiental que mais influencia a sucessão. A relação entre qualidade de solo e vegetação é mais intensa à medida que a sucessão secundária se aproxima do clímax (NUNES et al., 2006). Ecólogos têm despertado interesse por estudos desses “novos ecossistemas” de florestas que estão se recuperando por meio da sucessão ecológica (LORENZONI-PASCHOA et al., 2019).

O intervalo de tempo entre as grandes perturbações causadas pelos níveis alarmantes da exploração dos sistemas naturais é insuficiente para permitir a recuperação dos ecossistemas explorados, acarretando a degradação da área, dificultando, assim, o estabelecimento dos novos indivíduos, comprometendo o processo natural de sucessão ecológica. Os processos que levam o ecossistema em direção à maturidade, como o estabelecimento da cobertura vegetal, protegem os solos contra a erosão. A degradação dos ecossistemas em zonas semiáridas compromete a qualidade do solo, promovendo a regressão da sucessão ecológica, em que o estágio maduro retrocede para o estágio intermediário (SANTOS et al., 2009).

Quando as áreas são abandonadas após a exploração, permite-se um início do processo de sucessão ecológica, que pode ser parcialmente interrompido pela antropização, apresentando um mosaico de vegetação formado por vários estágios de sucessão ecológica. Os estudos fitossociológicos em áreas perturbadas são fundamentais para a compreensão da transformação da estrutura e da composição florística de uma determinada área (ANDRADE et al., 2007) guiando o planejamento de práticas de gestão apropriadas (OLIVEIRA-NETO et al., 2017).

O mecanismo de rebrota de cepas e de formações de múltiplos fustes é uma importante estratégia na regeneração das espécies da caatinga quando sofre intensa perturbação (FERRAZ et al., 2014), como é o caso das espécies pioneiras, que são adaptadas a ambientes de sucessão secundária (SCHWARTZ; LOPES, 2017). No entanto, a capacidade de regeneração da vegetação está ligada diretamente à relação entre o estágio sucessional da vegetação, o grau de degradação da área e a precipitação pluvial (NASCIMENTO et al., 2013).

3.4 Ciclagem de nutrientes via serrapilheira em áreas de Caatinga

O processo essencial de ciclagem de nutrientes, por meio do acúmulo e decomposição da matéria orgânica do solo nos ecossistemas naturais, promove um equilíbrio entre a cobertura vegetal e os atributos físicos, químicos e biológicos do solo (FREITAS et al., 2017; HOLANDA et al., 2017).

Conforme Costa et al. (2010), a serrapilheira é formada por folhas, ramos, órgãos reprodutivos e detritos, formando a camada mais superficial do solo nas florestas, exercendo inúmeras e importantes funções no equilíbrio e dinâmica dos ecossistemas. O material depositado no solo abriga alta quantidade de sementes e é meio de transferência de nutrientes para o solo e microorganismos decompositores (GODINHO et al., 2013); é ainda uma forma de entrada e acréscimo da matéria orgânica do solo (BARBOSA; FARIA 2006).

Independentemente do tipo de vegetação, a produção de serrapilheira é a primeira fase de transferência de nutrientes da vegetação para o solo. Na caatinga, a produção de serrapilheira é em menor quantidade comparada com florestas tropicais úmidas do Brasil (MOURA 2010).

A alta densidade e o porte da vegetação influenciam na deposição da serrapilheira, assim como os períodos de menores precipitações pluviais, que acarretam o estresse hídrico no período seco, causando a queda das folhas devido ao mecanismo de adaptação e defesa das plantas, conseqüentemente, elevando a produção de serrapilheira durante a estação (BARBOSA; FARIA, 2006; NASCIMENTO et al., 2013; SANTANA; SOUTO, 2011; HOLANDA et al., 2017).

Estudos sobre a ciclagem de nutrientes via serrapilheira é fundamental em ecossistemas naturais e antropizado para um adequado manejo, viabilizando sua conservação e recuperação sendo o processo de ciclagem de nutrientes no sistema-solo-plantas de extrema

relevância principalmente em solos rasos onde o sistema radicular é mais restrito à superfície (SCHUMACHER et al., 2018).

A produção da serrapilheira varia em função de vários fatores como o tipo de vegetação, altitude, latitude, temperatura, luminosidade, precipitação, estágio sucessional da vegetação, características do solo, disponibilidade hídrica, espécie vegetal, idade, época da coleta, manejo silvicultural, distúrbios naturais como fogo, ataque de insetos (NUNES et al., 2012; GODINHO et al., 2013; CALDEIRA et al., 2008; SILVA et al., 2016; NASCIMENTO et al., 2013, SANTANA; SOUTO, 2011).

Com relação aos trabalhos realizados avaliando estoque de serrapilheira em áreas de caatinga, pode-se destacar o trabalho de Japiassú et al. (2018) que, estudando a taxa de deposição da serrapilheira em vegetação de caatinga no semiárido paraibano, obtiveram uma produção de 2.072,09 kg ha⁻¹ durante um ano de estudo. Já Moura et al. (2016), em áreas de caatinga no semiárido tropical, observaram uma produção de 4.038,79 kg ha⁻¹ e ainda que as frações da serrapilheira respondiam de formas diferentes à pluviosidade conforme suas características, sendo a fração folhas a maior representatividade com pico no período seco, seguida das frações galhos, estrutura reprodutiva e miscelânea.

3.5 Atributos químicos do solo

Para Doran; Parkin (1994), a qualidade do solo é a capacidade de este funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado de forma a sustentar a produtividade biológica, manter ou aumentar a qualidade ambiental e promover a saúde e o desenvolvimento das plantas, animais e dos homens. A avaliação do grau de alterações na qualidade do solo pode ser feita através da mensuração e comparação do estado atual de determinados atributos com o estado natural do solo sem interferência antrópica ou com valores considerados ideais. No entanto, é necessário que se selecione um conjunto mínimo de indicadores de fácil avaliação, aplicabilidade, utilização abrangente e sensibilidade a variações de manejo em um curto intervalo de tempo (PEZARICO et al., 2013).

A avaliação da qualidade do solo depende do entendimento da inclusão do solo no sistema paisagem-solo-planta-atmosfera; portanto, depende do conhecimento de como o sistema funciona e dos processos físicos, químicos e biológicos subjacentes (LIER, 2014).

Segundo Moreira e Siqueira (2006), a avaliação da qualidade do solo compreende características físicas, químicas e biológicas. Essa avaliação é complexa devendo ser realizada considerando um conjunto de indicadores específicos (atributos) e suas inter-relações, já que

indicadores isolados não fornecem explicações satisfatórias quanto à perda ou ao ganho do potencial de um determinado solo (CARNEIRO et al., 2009).

As avaliações das características físicas, químicas e biológicas do solo, ao serem comparadas com a vegetação nativa, permitem o uso desses parâmetros como indicadores ambientais da qualidade do solo, por serem intimamente afetados pelo uso e manejo do solo (FREITAS et al., 2017).

Conforme já mencionado, o uso constante dos solos para práticas agrícolas inadequadas tem resultado em solos com alto grau de degradação. Deste modo, a avaliação em conjunto dos atributos é essencial para conduzir o manejo correto do solo e das culturas em geral (SILVA et al., 2017).

Os indicadores químicos são alterados por ações desenvolvidas nos sistemas. Essas alterações ocorrem em função do tempo de uso e manejo no sistema, como os desmatamentos, o preparo da terra, a alternância de culturas, o uso de fertilizantes e incorporação de resíduos orgânicos para fins de exploração agrícola, entre outros (CAMARGO, 2016). De acordo com Cardoso (2014), a qualidade química do solo é afetada pelos processos de degradação.

Esses indicadores são associados ao teor de matéria orgânica do solo, acidez do solo, saturação de bases, concentração de alumínio e teor e disponibilidade de nutrientes, como cálcio, magnésio, trocáveis, fósforo, potássio, micronutrientes e ainda suas relações (ARAÚJO et al., 2012). Conforme Aragão et al. (2012) e Machado et al. (2014), os indicadores refletem nos processos naturais do funcionamento do solo como, por exemplo, a matéria orgânica (MO), que está relacionada aos aspectos químicos, físicos e microbiológicos do solo (FREITAS et al., 2017), beneficiando a formação dos agregados, a macroporosidade na superfície, facilitando as trocas gasosas, a penetração e permeabilização da água. Desse modo, quanto maior o conteúdo de MO sem ser proveniente de intervenção antrópica, melhor é a qualidade do solo (PEZARICO et al., 2013).

3.6 Atributos Biológicos do solo – Mesofauna e Macrofauna

Os organismos do solo são sensíveis aos impactos gerados pela ação antrópica e também pelas propriedades do próprio ecossistema, como a vegetação, o clima e o solo, sendo a sensibilidade o principal motivo pelo qual são considerados bioindicadores de perturbação (ANDERSON, 2009; BERUDE et al., 2015; JAPIASSÚ et al., 2018) que podem vir a ser utilizados para a comparação com ambientes perturbados.

De acordo com Moreira e Siqueira (2006), a biota do solo pode ser classificada em microrganismos, micro, meso e macrofauna. E, conforme Mello et al., 2009, a mesofauna é representada por animais que medem 0,2 a 2,0 mm. Já a macrofauna inclui organismos visíveis a olho nu >2,0 mm – cupins, formigas, minhocas, besouros, tatuzinhos, aranhas, centopeias, entre outros (SANTOS et al., 2018; MELLO et al., 2009).

Mudanças na composição da mesofauna do solo podem ser observadas entre diferentes ecossistemas numa mesma região (BERUDE et al., 2015; NUNES et al., 2012), devido a alterações na disponibilidade de recursos alimentares, que modificam as interações ecológicas, decorrentes de perturbações ambientais, que podem ocasionar redução da matéria orgânica e de nutrientes, afetando negativamente as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (CASTALDELLI et al., 2015). As implicações dos organismos presentes no solo diante dos processos que ocorrem nos ecossistemas são mais frequentemente relacionadas a variáveis como a vegetação e propriedades do solo (ANDERSON, 2009).

A mesofauna do solo também pode ser um parâmetro bioindicador levado em consideração na avaliação da qualidade do solo, sabendo-se que é responsável por funções primordiais na sustentabilidade do ecossistema. Por serem afetadas pelas ações antrópicas capazes de diminuir a sua diversidade, distribuição e abundância, verificações feitas a partir de levantamentos são cruciais. E, para isso, o acompanhamento das populações de ácaros e colêmbolos através de estudo baseado na frequência e diversidade dos indivíduos, que, ao serem comparados com as populações encontradas em áreas de vegetação nativa, expressam transtornos acontecidos no solo (BERUDE et al., 2015).

A qualidade do solo tem direta relação com a fauna edáfica, uma vez que esta é responsável principalmente pela fragmentação, decomposição e mineralização da serrapilheira, ação fundamental na ciclagem de nutrientes, visto que a redução dos componentes da mesofauna compromete, no decorrer do tempo, esses processos decisivos para a manutenção da qualidade do solo (BERUDE et al., 2015; RODRIGUES et al., 2016; MELLO et al., 2009; ALVES et al., 2014).

Dentre a mesofauna, os Acari e Collembola são os dominantes em abundância e diversidade. Os ácaros são predadores e controlam a população de organismo do solo. Os colêmbolos decompõem a matéria orgânica. Já entre a macrofauna, os cupins, as minhocas, as formigas e os besouros são os detritívoros, formadores e estruturadores do solo, constituindo um grupo de “engenheiros-do-solo”, assim chamados por translocar as partículas do solo, formando agregados, o que aumenta a porosidade e, conseqüentemente, a aeração, a infiltração e a drenagem do solo (MELLO et al., 2009).

Para que os estudos relacionados à macrofauna de solo possam ser usados para comparar a situação entre ecossistemas, é necessário que sejam estabelecidas as relações de fatores externos do ambiente e os procedimentos realizados no desenvolvimento do estudo, que sejam de fácil repetibilidade para avaliar de forma quantitativa e qualitativa os aspectos relacionados aos organismos deste grupo, a fim de contribuir para a compreensão da ecologia do ecossistema (CATANOZI, 2011). Assim, a diversidade da meso e da macrofauna pode ser usada de forma confiante na determinação e no monitoramento da degradação e/ou recuperação (ALVES et al., 2014).

3, p. 461-476. 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2175-78602006000300461&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 08 jun 2019.

BERUDE, M. C.; GALOTE, J. K. B.; PINTO, P. H.; AMARAL, A. A. A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, 2015, Centro Científico Conhecer, v.11 n.22; p. 14.. Disponível em <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015E/A%20MESOFAUNA.pdf>. Acesso em 12 Jun. 2019.

CALDEIRA, M. V. W.; VITORINO, M. D.; SCHAADT, S. S.; MORAES, E.; BALBINOT, R. Quantificação de serrapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 53-68, jan./mar. 2008. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744087006>. Acesso em: 10 Jun. 2019.

CAMARGO, F. F. **Indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo em sistemas agroflorestais agroecológicos na área de preservação ambiental Serra da Mantiqueira. 2016.** Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, MG, Lavras, 2016. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/12194/1/TESE_Indicadores%20f%C3%ADsicos%2C%20qu%C3%ADmicos%20e%20biol%C3%B3gicos%20da%20qualidade%20do%20solo%20em%20sistemas%20agroflorestais....pdf. Acesso em: 10 jun. 2019.

CARDOSO, J.A.F. **Atributos químicos e físicos do solo e matéria orgânica do solo sob mangueira Irrigada e caatinga nativa na região do Vale do Submédio São Francisco. 2014.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro-BA. 2014. <http://www.univasf.edu.br/~cpgea/files/teses/52.pdf>. Acesso em 12 jun. 2019.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 33, p. 147-157, 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832009000100016&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 12 jun. 2019.

CASTALDELLI, A. P. A.; SAMPAIO, SILVIO C.; TESSARO, D. et al. Meso e macrofauna de solo cultivado com milho e irrigado com água residuária da suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.5, p.905-917, set./out. 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162015000500905&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 13 jun. 2019.

CATANOZI, G. Importância dos aspectos ecológicos na análise quali-quantitativa da macrofauna edáfica. **Rev. Ibirapuera**, São Paulo, n. 1, p. 42-52, jan./jun. 2011. Disponível em: <http://seer.unib.br/index.php/rev/article/view/47>. Acesso em: 13 jun. 2019.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil. Brasília, DF: 2016. 252p.

COSTA, C. C. A.; CAMACHO, R. G. V. MACEDO, I. D.; SILVA., C. M. Análise comparativa da produção de serrapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na flona de Açú-RN. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 2, p. 259-265, 2010.

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48815856008>. Acesso em: 20 jun 2019.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. **Defining and assessing soil quality**. In: DORAN, J. W. et al. *Defining soil quality for sustainable environment*. Madison: Soil Science Society of America Proceedings, p. 03-21. 1994.

FERREIRA, C. D.; SOUTO, P. C.; LUCENA, D. S.; SALES, F. C. V.; SOUTO, J. S. Florística do banco de sementes no solo em diferentes estágios de regeneração natural de Caatinga. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife. V.9, n.4, p.562-569, UFRPE, PE,.2014. Disponível em: http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v9i4a4497. Acesso em: 14 jun. 2019.

FREITAS, L.; OLIVEIRA, I. A.; SILVA, L. S. FRARE, J. C. V.; FILLA, V. A.; GOMES, R. P. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **UNIMAR CIÊNCIAS**, Marília/SP, v. 26, n. 1-2, p. 08-25, 2017. Disponível em: <http://ojs.unimar.br/index.php/ciencias/article/view/511>. Acesso em: 12 jun. 2019.

GODINHO, T. O. et al. Biomassa, macronutrientes e carbono Orgânico na serrapilheira depositada em trecho de floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **Scientia Forestalis**., Piracicaba,2013. v. 41, n. 97, p. 131-144. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/275519ZWRxs5wXu8fnzi2oHAxu7sYKoihjAhXXqFuLS1xSsr1LRvdSKNch.109773641.109773641.109773641.109773641.109773641.109773641.109773641.1097719ZWRxs5wXu8fnzi2oHAxu7sYKoihjAhXXqFuLS1xSs7jxuh.100148163.10019ZWRxs5wXu8fnzi2oHAxu7sYKoihjAhXXqFuLS1xSsS>. Acesso em: 12 jun. 2019.

HENRIQUES, Í. G. N.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C.; SANTOS, W. S.; HENRIQUES, I. G.; LIMA, T. S. Acúmulo, deposição e decomposição de serrapilheira sob a dinâmica vegetacional da Caatinga em Unidade de Conservação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Pombal, PB, v. 11, Nº 1, p. 84-89, 2016. Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas. Disponível em: DOI: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v11i1.4523>. Acesso em: 12 Jun. 2019.

HOLANDA, A. C.; FELICIANO, A. L. P.; FREIRE, F. J.; SOUSA, F. Q.; FREIRE, S. R. O.; ALVES, A. R. Aporte de serrapilheira e nutrientes em uma área de caatinga. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 621-633, abr/jun., 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/27747>. Acesso em: 14 Jun. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Centro do INPE avança no mapeamento da Caatinga, 2016. Disponível em: http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=4157>. Acesso em: 15. julho.2021.

JAPIASSÚ, A. et al. Dinâmica da formação de serrapilheira e fauna do solo no semiárido paraibano. **INTESA-Informativo Técnico do Semiárido**, Pombal-PB, v. 12, n. 1, p. 01-14, jan/jun, 2018. Disponível em: <http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/INTESA>. Acesso em: 12 Jun. 2019.

LIER, J. V. Q. Revisiting the s-index for soil physical quality and its use in Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1-10, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832014000100001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 09 June 2019.

LIMA, C. L. R.; PILLON, C. N.; LIMA, A. C. R. **Qualidade física do solo: indicadores quantitativos**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 25 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 196). Disponível em: <https://www.embrapa.br/clima-temperado/busca-de-publicacoes/-/publicacao/745869/qualidade-fisica-do-solo-indicadores-quantitativos>. Acesso em: 09 jun. 2019.

LORENZONI-PASCHOA, L. S.; ABREU, K. M. P.; SILVA, G F.; DIAS, H. M. D.; MACHADO, L. A.; SILVA, R. D. Estágio sucessional de uma floresta estacional semidecidual secundária com distintos históricos de uso do solo no sul do Espírito Santo. **Revista Rodriguésia**. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201970028>. Acesso em: 09 jun. 2019.

LUCENA, M. S. Aspectos ambientais das áreas susceptíveis à desertificação e características socioambientais do núcleo de desertificação do seridó do rio grande do norte (rn) e paraíba (pb). **HOLOS**, [S.l.], v. 5, p. 1-17, dez. 2019. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/3938>>

MACHADO, L. V. et al., Fertilidade e compartimentos da matéria orgânica sob diferentes sistemas de manejo. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 3, p. 289-299, jul./set. 2014. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/123456789/8053>. Acesso em: 10 Jun. 2019.

MELLO, F. V. et al. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim Informativo da SBCS**, v. 1; p. 38-42. 2009. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/busca-de-publicacoes/-/publicacao/428233/a-importancia-da-meso-e-macrofauna-do-solo-na-fertilidade-e-como-bioindicadores>. Acesso em: 10 Jun. 2019.

MMA. **Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/component/fsf/?view=faq&catid=19>> Acesso em: 30 jun. 2019.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2 ed. Atual. E ampl. Lavras: UFLA. 729 p. 2006.

MOURA, P. M. **Ciclagem de biomassa e nutrientes em estádios sucessionais de caatinga**. Recife, 2010. Tese. 99 folhas. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/9255>

MOURA, M. M. S.; COSTA, G B. R.; PALÁCIO, H. A. Q.; ARAÚJO NETO, J. R.; BRASIL, J. B. Produção de serapilheira e suas frações em área da Caatinga no Semiárido Tropical. **Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent.** [online]., v. 3, n. 5, p. 199-208. 2016. DOI: 10.21438/rbgas.030509

MOTA, J. C. A.; FREIRE, A. G.; JÚNIOR, R. N. A. QUALIDADE FÍSICA DE UM CAMBISSOLO SOB SISTEMAS DE MANEJO. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 5, , p. 1196-1206. 2013. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, Brasil. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180228849009>> . Acesso em: 10 Jun. 2019.

NASCIMENTO, A. F. J.; SILVA, T. O.; SAMPAIO, E. V. S. B.; FILHO, R. N.A.; DANTAS, T. V.; Quantificação de serrapilheira em diferentes áreas sob fragmentos do Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3271-3284, 2013. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744137013>. Acesso em: 10 Jun. 2019.

NIERO, L. A. C. et al., Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um Latossolo Vermelho distro-férrico com usos e manejos distintos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1271-1282, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832010000400025&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 10 Jun. 2019.

NUNES, E. N.; ANSELMO, M da G V.; ALVES, F. A. L.; HOLANDA, A. E. R.; ROSA, J. H.; ALVES, C. A. B.; LUCENA, R. F. P. de; SOUTO, J. S. Análise da taxa de decomposição da serrapilheira na Reserva Ecológica Mata do Pau-Ferro, Areia-PB. **Revista Gaia Scientia**, v. 6, n. 1, p. 01-06. 2012. Disponível em: <http://oaji.net/articles/2014/1214-1409596559.pdf>. Acesso em: 20 Jun. 2019.

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A.; MENEZES, R. I. Q. Impacto da queimada e do pousio sobre a qualidade de um solo sob caatinga no semiárido nordestino. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.19, n.2, p.200-208, abr/jun 2006. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/53276/1/API-Impacto-da-queimada.pdf>. Acesso em: 20 Jun. 2019.

OLIVEIRA-NETO, N. E.; NASCIMENTO, D. R.; CARVALHO, F. A. Biodiversity inventory of trees in a neotropical secondary forest after abandonment of shaded coffee plantation. **IForest**, v. 10, pp. 303-308. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3832/ifor1901-009>. Acesso em: 20 Jun. 2019.

PEREZ-MARIN, A. M.; CAVALCANTE, A. M. B.; MEDEIROS, S. S.; TINÔCO, L. B. M.; SALCEDO, I. H. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? **Revista Parceria Estratégica**, Brasília, v. 17, n. 34, p. 87-106, jan/jun 2012. Disponível em http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/671/615. Acesso em: 20 Jun. 2019.

PEZARICO, C. R.; VITORINO, A. C. T.; MERCANTE, F. M. OMAR, D. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 56, n. 1, p. 40-47, jan./mar. 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/612/283>. Acesso em: 20 Jun. 2019.

RODRIGUES, K. M. et al., Fauna do solo ao longo do processo de sucessão ecológica em Voçoroca revegetada no município de pinheiral – RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 355-364, abr.-jun., 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1980-50982016000200355&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 20 Jun. 2019.

SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Produção de serrapilheira na Caatinga da região semi-árida do Rio Grande do Norte, Brasil. **Idesia**, v. 29, n. 2, p. 87-94, 2011. Disponível em:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-3429201100020001. Acesso em: 21 abr. 2019.

SANTOS, M. F. A. V.; GUERRA, T. N. F.; SOTERO, M. C.; SANTOS, J. I. N. Diversidade e densidade de espécies vegetais da caatinga com diferentes graus de degradação no município de Floresta, Pernambuco, Brasil. **Revista Rodriguésia**, 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2175-78602009000200389&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 20 Jun. 2019.

SANTOS, G R.; ARAUJO, K. D.; SILVA, F. G Macrofauna edáfica na ecológica na Estação Ecológica Curral do Meio, Caatinga Alagoana. **REGNE**, V. 4, N. 2, 2018. Disponível em: <http://www.periodicos.ufrn.br/revistadoregne>. Acesso em: 21 Jun. 2019.

SCHUMACHER, M. V.; SZYMCZACK, D. A.; TRÜBY, P.; LONDERO, E.K.; MARAFIGA, J. Aporte de serrapilheira e nutrientes em uma floresta estacional Decidual na região central do rio grande do sul. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 532-541, Santa Maria, abr/ jun., 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/32036>. Acesso em: 21 Jun. 2019.

SILVA, A. K. O; SILVA, H. P. B. O processo de desertificação e seus impactos sobre os recursos naturais e sociais no município de Cabrobó – Pernambuco – Brasil. **Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP**. v. 8, n. 1, p. 203-215, Macapá, jan.-jun. 2015. Disponível em: <http://periodicos.unifap.br/index.php/pracs> ISSN 1984-4352. Acesso em: 21 Jun. 2019.

SILVA, K. R.; AMARAL, E. T. O. P.; OLIVEIRA, A. N.; MELLO, A. H.; OLIVEIRA, G F. Indicadores químicos do solo sob diferentes usos e manejo no lote 31 do projeto de assentamento veneza no sudeste do Pará. **Agroecossistemas**, v. 9, n. 1, p. 227 – 235, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas/article/view/4778>. Acesso em: 21 Jun. 2019.

SILVA, W. T. M.; LEONARDO, F. A. P.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C.; LUCENA, J. D. S.; NETO, P. H. M. Deposição de serrapilheira em áreas de Caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó. **Agropecuária Científica no Semiárido** (ACSA). Patos-PB, v.12, n.4, p.383-390, out/dez, 2016, ISSN: 1808-6845. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/index>. Acesso em: 10 jun. 2019.

SCHWARTZ, G ; LOPES, J.C. Florestas secundárias. Manejo, distúrbios e sistemas agroflorestais. In: CORDEIRO, I. M. C. C.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G T.; SCHWARTZ, G.; OLIVEIRA, F. de A. (Org). **Nordeste Paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias**. Belém, PA: EDUFRA, 2017. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/162433/1/Livro-Nordeste-6.pdf>

Vasconcelos, S. A. (2015). O definimento do “mundo rural tradicional” da região do Seridó na transição para o período da globalização. **Revista OKARA: Geografia em debate**, v. 9, n. 3, p. 495-508. Disponível em: periodicos.ufpb.br/index.php/okara/article/view/25851

CAPÍTULO I

VARIAÇÃO SAZONAL NA DEPOSIÇÃO E ACÚMULO DA SERRAPILHEIRA EM DIFERENTES ESTÁGIOS DE REGENERAÇÃO NA CAATINGA, SANTA LUZIA - PB

RESUMO – Na Caatinga, a produção de biomassa é influenciada por fatores climáticos, juntamente com os impactos causados pela antropização. A partir da serapilheira, ocorre o primeiro estágio de transferência de nutrientes para o solo com a decomposição da matéria orgânica, sendo elemento essencial na conservação e na manutenção natural dos ecossistemas florestais. Com objetivo de quantificar a deposição e o acúmulo de serrapilheira e de suas frações em vegetação de caatinga em diferentes estágios sucessionais localizadas na Fazenda Cachoeira de São Porfírio, Santa Luzia – PB, inserida no Núcleo de Desertificação do Seridó, foram instalados 24 coletores em cada área experimental e, na avaliação da serrapilheira acumulada sobre o solo, foram coletadas oito amostras com o uso de um gabarito de metal de 50 cm x 50 cm. O material depositado em cada coletor e o circunscrito pelo gabarito foram coletados mensalmente, de setembro de 2019 a agosto de 2020, separado nas frações: folhas, material reprodutivo, galhos+cascas e miscelânea. Calcularam-se a média mensal e a serrapilheira total em kg ha^{-1} para a estimativa mensal e anual da produção e acúmulo da serrapilheira. Conclui-se que a deposição de serrapilheira foi contínua nas três áreas avaliadas e maior no estágio mais avançado de regeneração, devido ao maior porte e densidade da vegetação. No estágio EIRN, observou-se a menor deposição entre as áreas de estudo com a deposição total estimada em $729,90 \text{ kg ha}^{-1}$, $943,09 \text{ kg ha}^{-1}$ no estágio EMRN, e 2.200 kg ha^{-1} no estágio EARN. Apresentou variações mensais de material, resultado da distinção fenológica e florística existente entre as áreas. A produção tendeu a ser maior no final do período chuvoso e início do seco. A fração folhas foi predominante em todos os estágios, apresentando uma contribuição de mais de 55% e maior produção no período de diminuição da precipitação pluvial. A fração miscelânea e o material reprodutivo apresentaram mais de 15% cada uma, já os galhos e cascas tiveram a menor participação na serapilheira total produzida (3 - 6%). As maiores deposições da fração galhos, material reprodutivo e miscelânea ocorreram durante o período chuvoso. Quanto à serrapilheira acumulada sobre o solo, o total acumulado foi de $11.703,28 \text{ kg ha}^{-1}$ no EIRN, $10.970,79$ no EMRN e $22.954,22 \text{ kg ha}^{-1}$. Concluiu-se que a fração galhos e folhas foi predominante, o maior acúmulo ocorreu no EARN, tendendo a acumular-se mais sobre o solo no período seco, atribuído ao menor favorecimento da decomposição. As frações se comportaram de forma semelhante no que se refere ao maior acúmulo no período seco, o que pode ter influenciado o padrão do acúmulo de serrapilheira total.

Palavras-chave: Semiárido brasileiro. Floresta tropical. Ciclagem de nutrientes.

CHAPTER I

SEASONAL VARIATION IN DEPOSITION AND ACCUMULATION OF LITTER IN DIFFERENT STAGES OF REGENERATION IN THE CAATINGA, SANTA LUZIA - PB

Abstract- In the Caatinga, the production of biomass is influenced by climatic factors, together with the impacts caused by anthropization. The first stage of nutrient transfer to the soil occurs through the decomposition of organic matter, which is an essential element in the conservation and natural maintenance of forest ecosystems. With the objective of quantifying the deposition and accumulation of litter and its fractions in caatinga vegetation at different successional stages located at Fazenda Cachoeira de São Porfírio, Santa Luzia - PB, inserted in the Desertification Center of the Seridó, 24 collectors were installed in each experimental area and, for the evaluation of the litter accumulated on the soil, eight samples were collected with the use of a metal template of 50 cm x 50 cm. The material deposited in each collector and that circumscribed by the template were collected monthly, from September 2019 to August 2020, separated into the fractions: leaves, reproductive material, branches + bark and miscellaneous. Monthly average and total burlap in kg ha^{-1} were calculated for the monthly and annual estimation of burlap production and accumulation. It is concluded that the deposition of burlap was continuous in the three areas evaluated and greater in the most advanced stage of regeneration, due to the greater size and density of the vegetation. In the EIRN stage, the smallest deposition was observed among the study areas with total deposition estimated at $729.90 \text{ kg ha}^{-1}$, $943.09 \text{ kg ha}^{-1}$ in the EMRN stage, and $2,200 \text{ kg ha}^{-1}$ in the EARN stage. It showed monthly variations in material, a result of the phenological and floristic distinction between the areas. Production tended to be higher at the end of the rainy season and beginning of the dry season. The leaf fraction was predominant in all stages, with a contribution of more than 55% and higher production in the period of decreasing rainfall. The miscellaneous and reproductive material fraction presented more than 15% each, while the branches and bark had the smallest participation in the total burlap produced (3 - 6%). The largest depositions of the fraction branches, reproductive material and miscellaneous occurred during the rainy season. As for the accumulated burlap on the soil, the total accumulated was $11,703.28 \text{ kg ha}^{-1}$ in the EIRN, $10,970.79$ in the EMRN and $22,954.22 \text{ kg ha}^{-1}$. It was concluded that the branches and leaves fraction was predominant, the highest accumulation occurred in the EARN, tending to accumulate more on the soil in the dry period, attributed to the less favorable decomposition. The fractions behaved similarly with regard to the greatest accumulation in the dry period, which may have influenced the pattern of accumulation of total burlap.

Keywords: Brazilian semiarid. Tropical forest. Nutrient cycling.

1 INTRODUÇÃO

No bioma Caatinga, a distribuição das espécies e a produção de biomassa são determinadas pelo déficit hídrico, altas taxas de insolação e evapotranspiração, além de reduzida e variável precipitação e do impacto descontrolado da atividade humana, que contribui para a degradação do bioma de forma proeminente (SILVA et al., 2015). Assim, se faz necessário conhecimento de como esses fatores influenciam a vegetação na manutenção de seus processos naturais para a consolidação de estratégias de utilização racional dos recursos.

A serrapilheira é composta por folhas, flores, frutos, galhos, restos de caules e material de origem animal (SALGADO, 2015). A partir da serapilheira, ocorre o primeiro estágio de transferência de nutrientes para o solo após a decomposição da matéria orgânica, sendo elemento essencial na conservação e na manutenção natural dos ecossistemas florestais.

A deposição ou produção de serrapilheira é o processo de queda das folhas, dos galhos, das flores, das cascas e demais partes das plantas no solo; já a coleta aleatória desse material orgânico diretamente do solo se refere ao estoque ou acúmulo, ou seja, a serapilheira estocada ou acumulada (ANDRADE; AMORIM, 2018). Esses termos se diferem quanto às formas de avaliação, em que a deposição leva em consideração o material interceptado em coletores com um tamanho pré-estabelecido e suspenso a uma altura do solo e geralmente é coletado mensalmente. Já o estoque de serapilheira utiliza um gabarito (estrutura quadrada) com delimitações conhecidas, de forma que é arremessado e coletado a serapilheira que se encontra acumulada no solo (MOURA, 2010). Ambos os processos refletem a produtividade e o grau de desenvolvimento da vegetação.

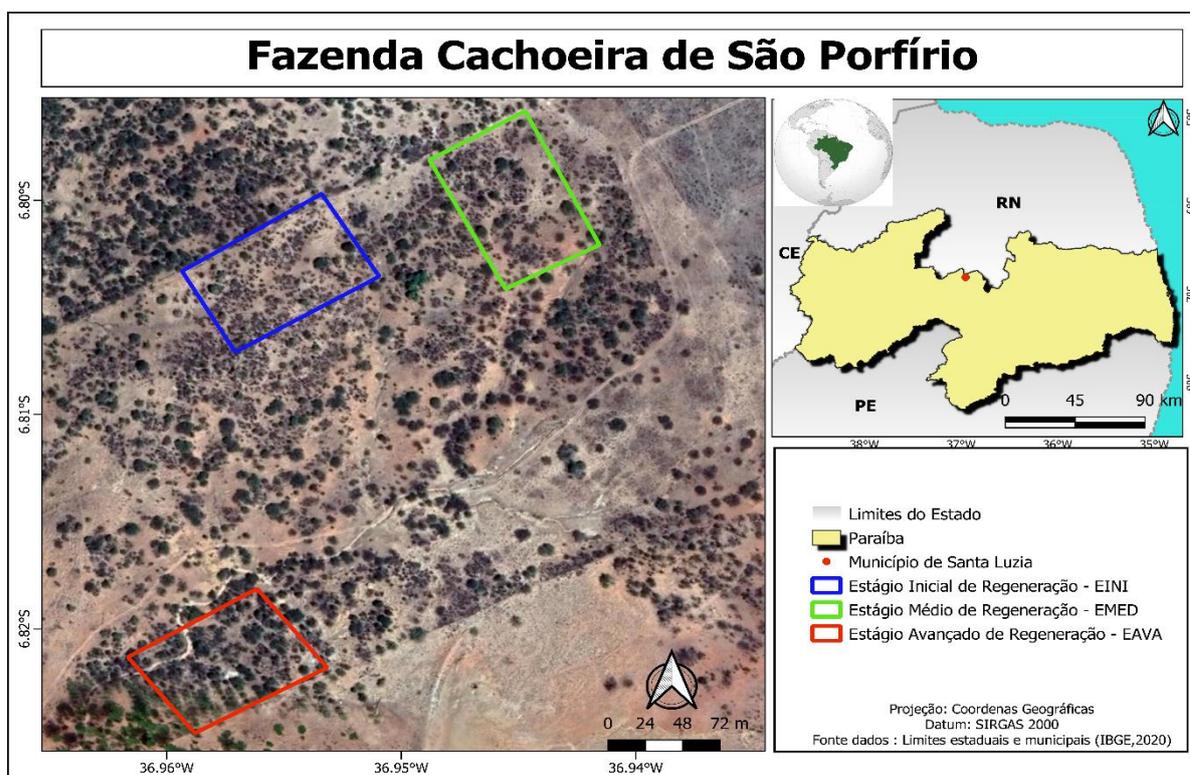
Essas avaliações fornecem informações que podem contribuir para um melhor conhecimento do funcionamento da vegetação, tornando-se uma ferramenta no planejamento de intervenções, que podem ser adotadas principalmente em áreas fortemente antropizadas e degradadas, visando ao manejo, à conservação e à recuperação desses ambientes. Os processos de deposição e acúmulo, estimação de taxas anuais de queda do material decíduo devem ser amplamente estudados, visto a necessidade de se conhecerem e estabelecerem padrões de comportamento vegetacional diante dos diversos fatores do ambiente. Com isso, este trabalho teve o objetivo de quantificar a deposição e o acúmulo de serrapilheira em vegetação de caatinga em diferentes estágios sucessionais, compreender a influência das precipitações nas respectivas frações: folhas, galhos, material reprodutivo e miscelânea.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização das áreas de estudo

As áreas de estudos ficam localizadas na Fazenda Cachoeira de São Porfírio, situada no município de Santa Luzia-PB, inserida no Núcleo de Desertificação do Seridó, Mesorregião do Sertão Paraibano, nas coordenadas: 06° 46' 19" S e 36° 59' 31" W, com altitude média de 275 m (Figura 1). O clima da região é classificado conforme Alvares et al. (2014), do tipo BSh, semiárido; temperaturas anuais superiores a 25 °C e pluviosidade média anual inferior a 800 mm, com chuvas irregulares (COSTA et al., 2009). Os dados de pluviosidade foram obtidos junto à AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas) da Paraíba.

Figura 1 - Mapa de localização da Fazenda Cachoeira de São Porfírio.



Na figura 2, são mostrados os dados meteorológicos históricos no período de 2010 a 2020 da região. Na Figura 3, são apresentadas as precipitações pluviométricas mensais no município de Santa Luzia-PB de agosto de 2019 a agosto de 2020. As temperaturas médias mensais da região foram obtidas junto ao Banco de Dados Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP/INMET), da Estação Meteorológica de Patos-PB devido ser a mais próxima ao município de Santa Luzia. O período de estudo (2019 a 2020) foi mais chuvoso em relação à série histórica de 10 anos, já a temperatura média foi semelhante.

Figura 2 - Dados climáticos históricos (2010 a 2020) da região. Precipitação (AESA, 2021), temperatura média ((BDMEP/INMET), 2021).

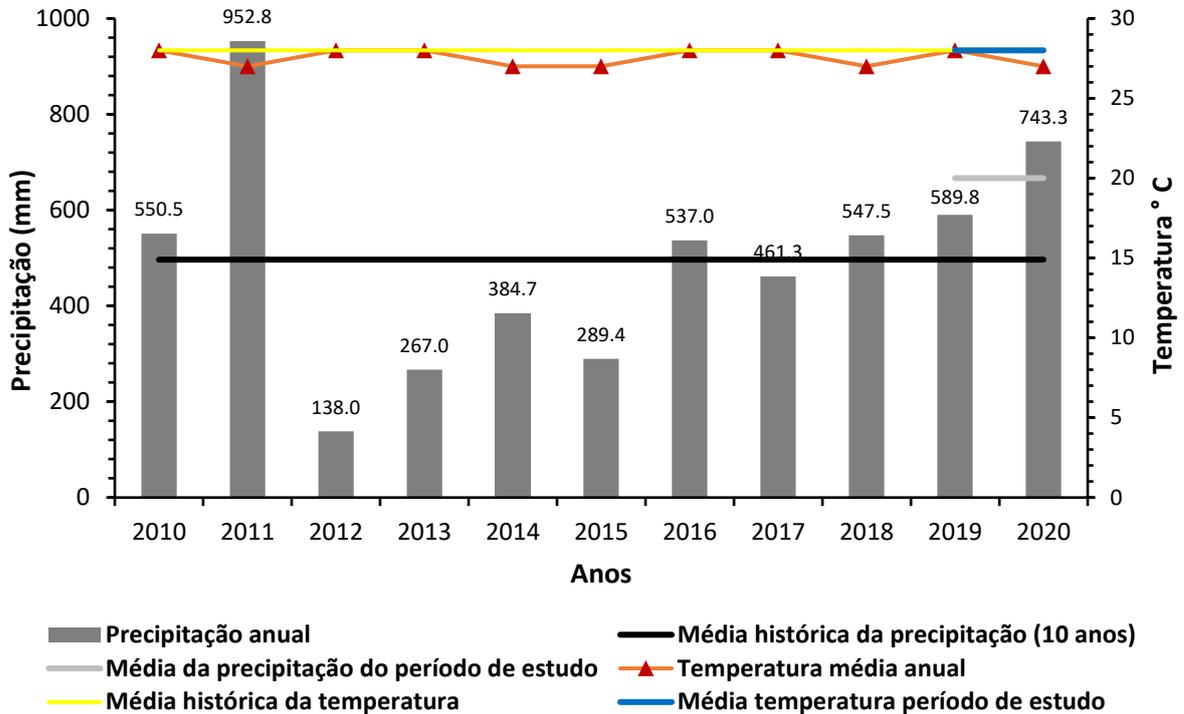
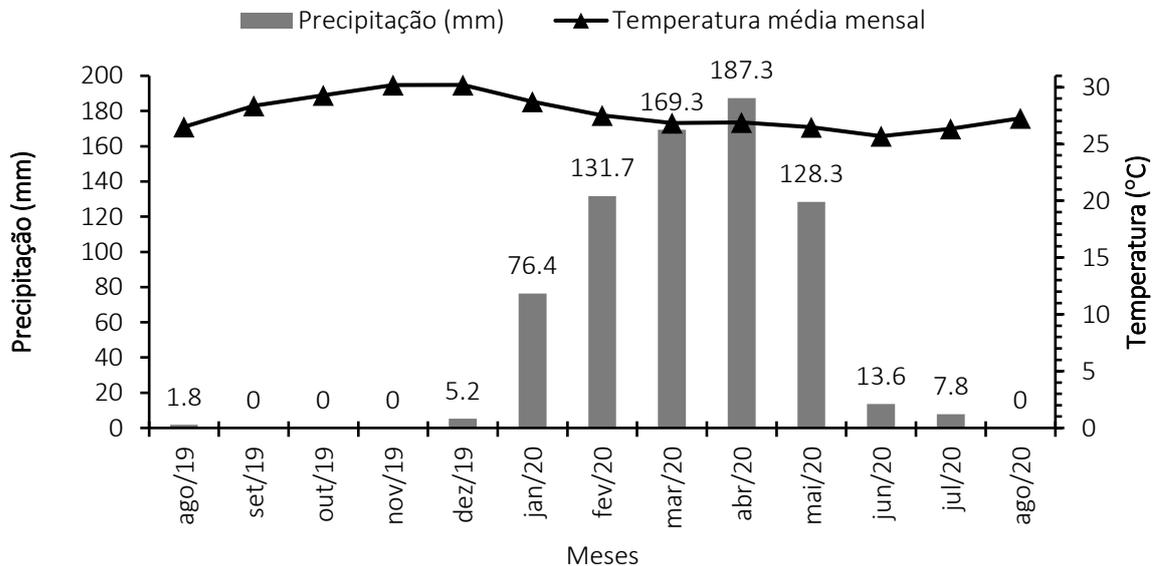


Figura 3 - Precipitação mensal em Santa Luzia-PB (AESA, 2021), temperatura média mensal da região do ano de 2019 a 2020, ((BDMEP/INMET), 2021).



O experimento foi realizado de agosto de 2019 a agosto de 2020. Observou-se que o período chuvoso (com maior pluviosidade) variou de janeiro a maio, seguido de meses mais

secos, junho a agosto (mês que se concluiu o período de estudo), mas como típico da região; o período seco se estendeu até dezembro.

A precipitação pluvial média anual na área experimental foi de 666,5 mm. A temperatura média mensal da região atingiu 28° C, segundo dados do BDMEP/INMET (Tabela 1).

Tabela 1 - Médias das variáveis climáticas (Precipitação e temperatura) da série histórica (2010-2020) e do período de estudo (2019 - 2020).

	Ano	Temperatura ° C	Precipitação total anual*(mm)
Média histórica	2010-2020	28	496,5*
Período de estudo	2019-2020	28	666,5
Período seco	ago/19-dez/19 e jun/20-ago/20	28	3,5
Período chuvoso	Jan/20-mai/20	27	138,6

* Média histórica dos totais anuais de precipitação dos 10 (dez) últimos anos na região.

A vegetação é de caatinga em estágio de sucessão devido à intensa exploração no passado para a implantação da agricultura, principalmente para a cultura do algodão. Portanto, a área é caracterizada pela ocorrência de florestas secundárias. Para a pesquisa, três áreas foram selecionadas em diferentes fases sucessionais, denominadas fase inicial, fase média e fase avançada.

A caracterização destas áreas foi baseada pelo estudo desenvolvido por Ferreira et al. (2014), baseado na resolução do CONAMA de nº 10 de 01 de outubro de 1993, conforme quadro abaixo, adaptado de Barroso (2017).

Quadro 1. Histórico resumido das áreas experimentais no Núcleo de Desertificação do Seridó/PB.

Área	Coordenadas	Vegetação	Observações
Estágio Inicial de Regeneração Natural (EIRN)	06°48'24" S 36°57'08" W	Vegetação lenhosa de pequeno diâmetro. Presença de clareiras ocupadas pelo estrato herbáceo.	16 anos
Estágio médio de Regeneração Natural (EMRN)	06°48'22" S 36°57'04" W	Vegetação lenhosa com indivíduos de porte médio e pequeno. Presença de clareiras ocupadas pelo estrato herbáceo.	26 a 31 anos
Estágio Avançado de Regeneração Natural (EARN)	06°48'32" S 36°57'09" W	Vegetação arbórea de grande porte. Presença dos estratos herbáceo e arbustivo.	61 anos

Fonte: Adaptado de BARROSO (2017).

Figura 4 – Aspecto geral da vegetação das áreas em estágio inicial (A), médio (B) e avançado de regeneração natural.



Os solos das áreas, conforme Barroso (2017), são classificados como Neossolo Flúvico Ta Eutrófico Típico (RYe) para a área de estágio inicial e Cambissolo Flúvico Ta Eutrófico Típico (CYe) nas áreas estágio de média e avançada regeneração natural.

O solo de cada área experimental foi caracterizado quimicamente através de uma amostra composta, obtida a partir de 16 amostras simples coletadas aleatoriamente de quatro transectos (quatro amostras por transecto) em cada área, coletadas na profundidade de 0 - 20 cm (Figura 5), totalizando 3 amostras (uma amostra composta por área); foram coletadas em dois períodos, referente ao período seco (agosto/2019) e período chuvoso (abril/2020), cujos resultados são mostrados na Tabela 2.

As análises foram encaminhadas ao Laboratório de Análise Agronômica e Ambiental – FULLIN, em Linhares-ES.

Figura 5 - Esquema da amostragem de solo.

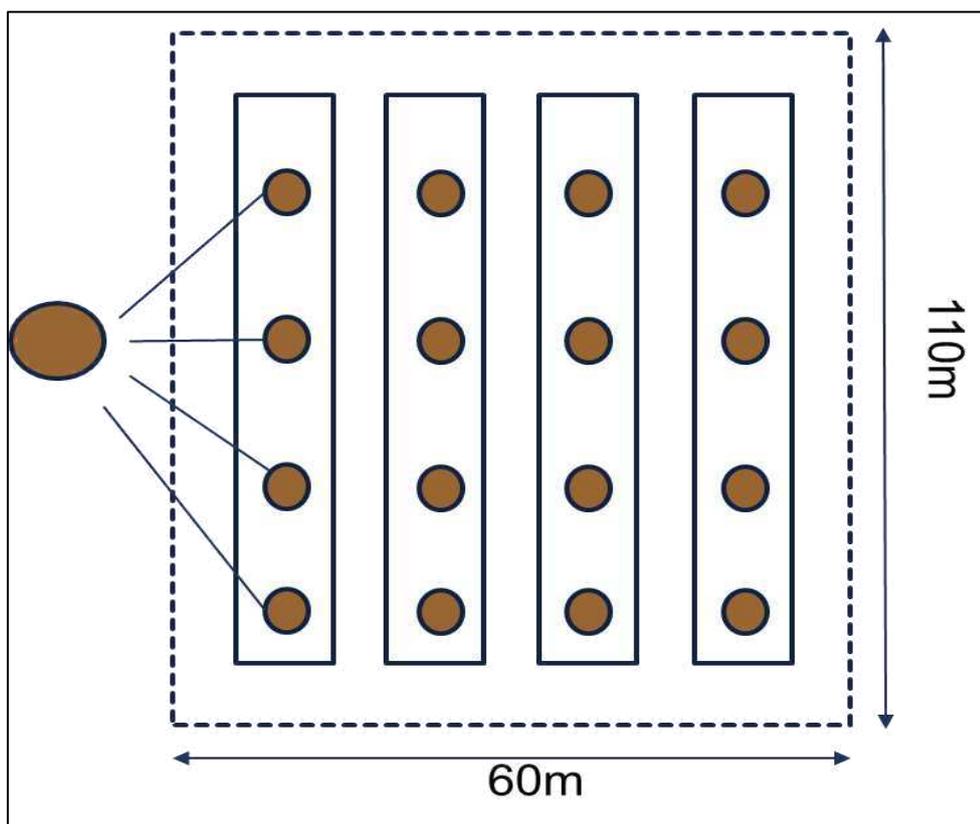


Tabela 2 - Características químicas do solo em cada área, no período seco e chuvoso, em Santa Luzia-PB.

Atributos químicos	Período seco			Período chuvoso		
	Áreas					
	EIRN	EMRN	EARN	EIRN	EMRN	EARN
pH (H ₂ O)	6,1	6,2	6,3	5,1	5,6	5,8
M.O (dag kg ⁻¹)	1,4	1,5	1,7	0,9	0,9	0,8
P (mg dm ⁻³)	7,0	8,0	27	5,0	14	12
K (cmol _c dm ⁻³)	0,33	0,41	0,25	0,17	0,24	0,21
S (mg dm ⁻³)	9,0	7,0	9,0	10	9,0	7,0
Ca (cmol dm ⁻³)	1,5	3,3	3,3	1,1	2,6	2,9
Mg (cmol dm ⁻³)	0,5	0,7	1	0,3	0,6	0,7
Al (cmol dm ⁻³)	-	-	-	0,4	0,1	0
H+Al (cmol dm ⁻³)	1,8	1,6	2	2,8	2,2	1,6
Fe (mg dm ⁻³)	238	78	112	199	77	131
Zn (mg dm ⁻³)	0,9	1,9	1,7	0,5	1,4	1,5
Cu (mg dm ⁻³)	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4
Mn (mg dm ⁻³)	67	153	202	60	104	138
B (mg dm ⁻³)	0,23	0,2	0,25	0,8	0,2	0,29
Na (cmol _c dm ⁻³)	0,02	0,02	0,04	0,02	0,01	0,02
Ca Mg	3,0	4,7	3,3	3,7	4,3	4,1
SB (cmol dm ⁻³)	2,4	4,4	4,6	1,6	3,5	3,8
CTC efetiva (t) (cmol dm ⁻³)	2,4	4,4	4,6	2	3,6	3,8
CTC pH 7,0 (T) (cmol dm ⁻³)	4,2	6	6,6	4,4	5,7	5,4
Saturação de bases %	57	74	70	36	61	71

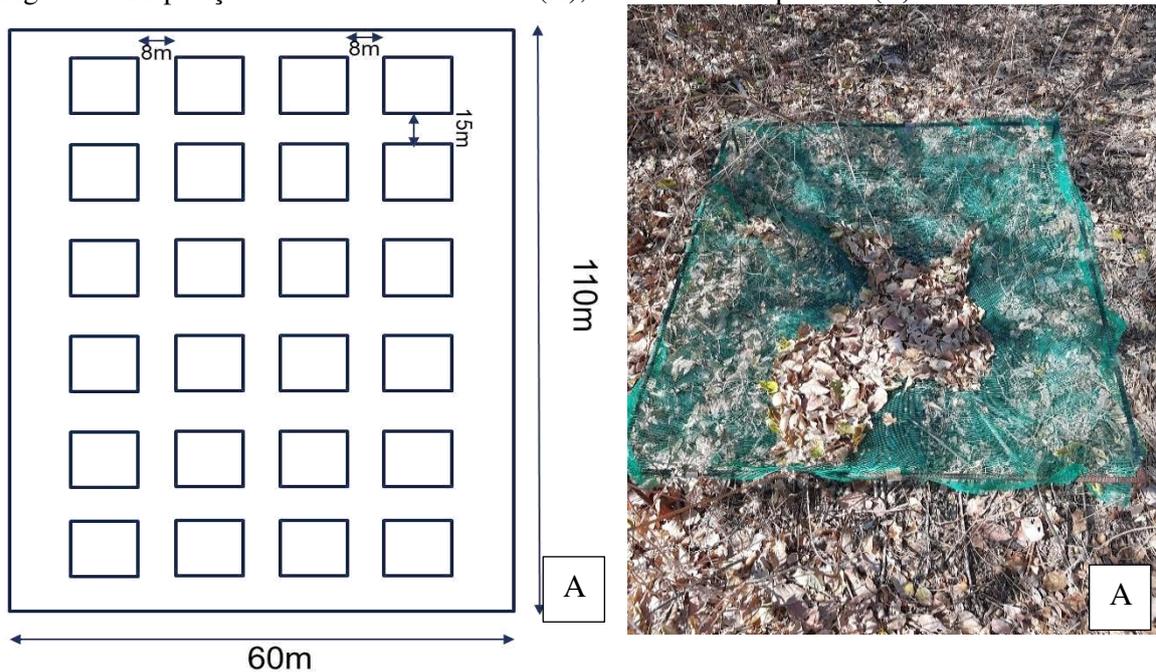
EIRN = Estágio inicial; EMRN = Estágio médio; EARN = Estágio avançado de regeneração natural.

2.2 Coleta de dados

2.2.1 Serrapilheira Depositada

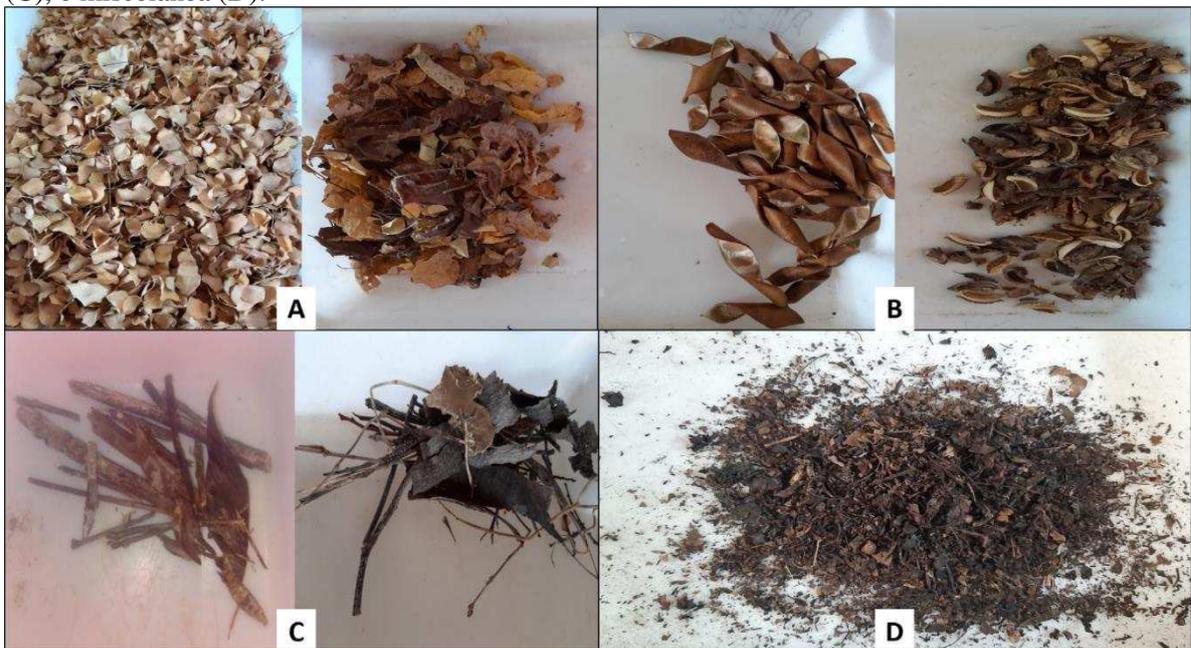
Para a avaliação da serrapilheira depositada, foram instalados 24 coletores em cada área experimental, totalizando 72 coletores na área experimental. Os coletores foram confeccionados em ferro e tela de náilon de 2,0 mm, medindo 1,0 m x 1,0 m, fixados ao solo a cerca de 20,0 cm de altura. Em cada área, foram definidos quatro transectos distantes aproximadamente 8,0 m entre eles, em que foram instalados coletores distantes 15m entre si (Figura 6).

Figura 6 - Disposição dos coletores nas áreas (A); coletor de serrapilheira (B).



O material depositado em cada coletor foi coletado mensalmente, de setembro de 2019 a agosto de 2020, e levados em sacos plásticos ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal/UFCG, em Patos, o qual passou por triagem, separado nas frações: folhas (pecíolos e folíolos), material reprodutivo (flores, frutos e sementes), galhos+cascas e miscelânea (materiais de origem vegetal ou animal não identificados), conforme apresentado na figura 7.

Figura 7 - Separação das frações da serrapilheira: folhas (A), material reprodutivo (B), galhos+cascas (C), e miscelânea (D).



Posteriormente, cada fração foi acondicionada em sacos de papel devidamente identificados e colocados na estufa a 65°C, por 72 horas. Os sacos foram pesados em balança de precisão (0,01 g) para se conhecer a contribuição de cada fração da serrapilheira depositada.

Foram calculadas a média mensal e a serrapilheira total (soma das frações). Os valores foram transformados em kg ha⁻¹ para a estimativa mensal e anual da produção de serrapilheira.

A quantidade da serrapilheira produzida foi estimada com a seguinte expressão, proposta por Lopes et al. (2002):

$$PS = (\Sigma PM \times 10.000) / Ac \quad (1)$$

Em que: PS = Produção de serrapilheira (kg ha⁻¹ ano⁻¹); PM = Produção mensal de serrapilheira (kg ha⁻¹ mês⁻¹); Ac = Área do coletor (m²).

2.2.2 Serrapilheira Acumulada

Na avaliação da serrapilheira acumulada sobre o solo, foram coletadas mensalmente oito amostras com o uso de um gabarito de metal de 50 cm x 50 cm, com o período de amostragem de setembro de 2019 a agosto de 2020 (Figura 8). Coletou-se o material orgânico circunscrito no gabarito ao nível do solo: as amostras de forma aleatória em cada fase sucessional, totalizando 24 amostras mensais e 288 durante todo o período de avaliação. O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos e levado ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas/UFCG em Patos, passando por uma triagem, separado nas frações: folhas (pecíolos e folíolos), material reprodutivo (flores, frutos e sementes), galhos+cascas e miscelânea (materiais de origem vegetal ou animal não identificados).

Figura 8 - Coleta da serrapilheira acumulada com uso de gabarito de metal (50 cm x 50 cm), no município de Santa Luzia-PB.



Posteriormente, cada fração foi acondicionada em sacos de papel devidamente identificados, levados à estufa a 65°C, por 72h e pesados em balança de precisão (0,01g) para se conhecer o peso de cada fração da serrapilheira acumulada. Foram calculadas a média mensal e a serrapilheira total (soma das frações). Os valores foram transformados em kg ha^{-1} para a estimativa mensal e anual da produção de serrapilheira.

2.3 Análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado para a análise da deposição e do acúmulo da serrapilheira foi inteiramente casualizado, sendo consideradas como tratamentos três áreas em diferentes estágios de regeneração (inicial, médio e avançado) com 24 repetições para deposição e 08 para o acúmulo. Os dados foram submetidos à Análise de variância ($P < 0.05$ %), sendo aplicados para as variáveis de produção (fração e total), acúmulo (fração e total) comparando as três áreas – estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural, para verificar se há efeito significativo, e as médias foram comparadas pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade com o auxílio do programa estatístico (Sisvar).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Serrapilheira depositada

Na tabela 3, são apresentados os valores da deposição da serrapilheira total ao longo do período de estudo nas áreas em estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural.

Tabela 3 - Deposição mensal (kg ha^{-1}) da serrapilheira total no período de setembro/19 a agosto/20, nas áreas de Caatinga em diferentes estágios de regeneração no município de Santa Luzia-PB.

MESES	P (mm)	ÁREAS DE ESTUDO					
		EIRN	(%)*	EMRN	(%)*	EARN	(%)*
Set/19	0,0	5,540 Ab	0,76	84,954 Aab	9,01	154,571 Ab	7,02
Out/19	0,0	2,183 Ab	0,30	4,676 Ab	0,50	6,707 Ab	0,30
Nov/19	0,0	0 Ab	0,00	10,701 Ab	1,13	10,429 Ab	0,47
Dez/19	5,2	5,892 Ab	0,81	10,834 Ab	1,15	38,666 Ab	1,76
Jan/20	76,4	2,600 Ab	0,36	20,704 Ab	2,20	47,337 Ab	2,15
Fev/20	131,7	0,829 Ab	0,11	16,246 Ab	1,72	58,112 Ab	2,64
Mar/20	169,3	9,667 Ab	1,32	26,566 Ab	2,82	35,738 Ab	1,62
Abr/20	187,3	28,426 Ab	3,89	115,391 Aab	12,24	175,66 Ab	7,98
Mai/20	128,3	81,55 Aab	11,17	75,562 Ab	8,01	163,209 Ab	7,42
Jun/20	13,6	59,716 Aab	8,18	50,443 Ab	5,35	177,306 Ab	8,06
Jul/20	7,8	348,386 Ba	47,73	375,442 Ba	39,81	610,524 Aa	27,74
Ago/20	0,0	185,112 Bab	25,36	151,570 Bab	16,07	722,295 Aa	32,82
Média mensal		60,83		78,59		183,38	
Total anual**		729,90 B		943,09 B		2200,56 A	

P = Precipitação; EIRN = Estágio inicial; EMRN = Estágio médio; EARN = Estágio avançado de regeneração natural. * valores da contribuição mensal percentual serrapilheira total produzida nas fases INI, MED e AVA.

**Aporte total incluindo todas as frações da serrapilheira depositada (frações folhas, galhos+cascas, material reprodutivo e miscelânea). Letras maiúsculas nas linhas comparam o efeito dos estágios sucessionais, e letras minúsculas nas colunas comparam o efeito dos meses dentro da área. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas são iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância ($p < 0,05$).

Contudo, estatisticamente, as áreas sob estágios mais jovens não diferiram entre si, a área em estágio avançado foi significativamente maior, explicado pela maior densidade e pelo maior porte da vegetação.

A menor produção nas áreas em estágio inicial e médio se deve ao fato de a vegetação ser mais aberta, com árvores mais espaçadas de pequeno a médio porte (NASCIMENTO et al., 2013).

Esses valores são inferiores aos encontrados por Silva et al. (2016) em estudo realizado nas mesmas áreas de amostragem nos anos de 2015 a 2016. Estimaram uma produção de $1.507,66 \text{ kg ha}^{-1}$, $2.017,69 \text{ kg ha}^{-1}$, e $3.177,93 \text{ kg ha}^{-1}$ para as áreas em estágio inicial, médio e avançado respectivamente. Esta variação interanual na deposição sugere uma continuidade nos estudos de avaliação da deposição por vários anos numa mesma área.

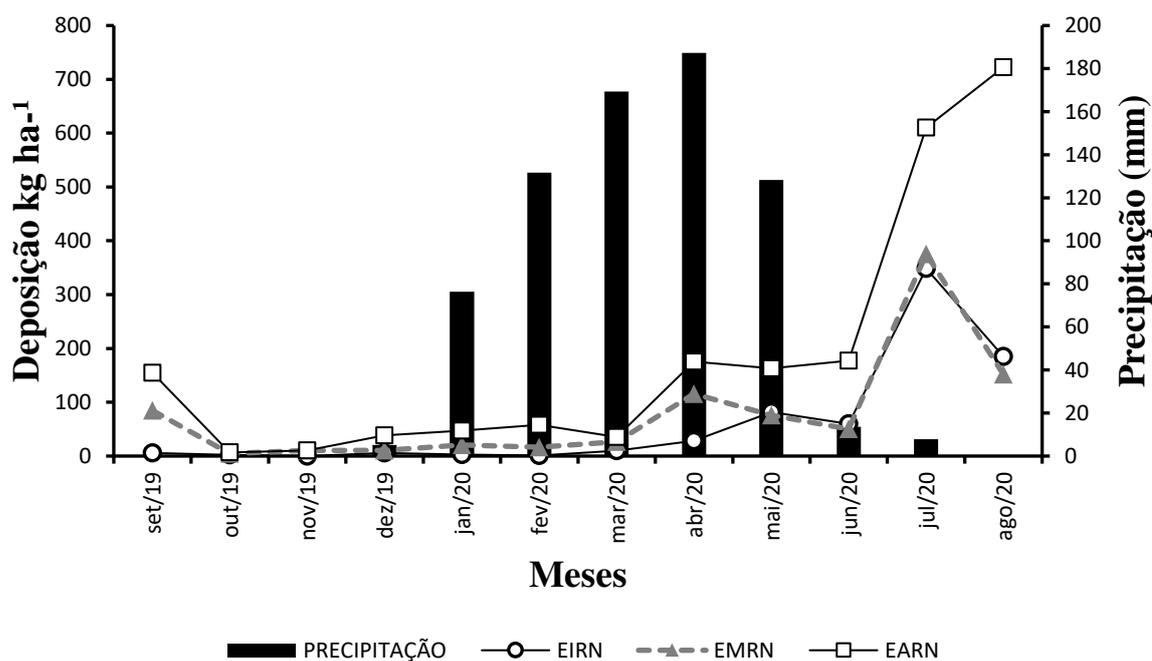
As quantidades de serrapilheira depositada sobre o solo no bioma Caatinga, segundo Costa et al. (2010), gira em torno de 1.500 a 3.500 kg ha⁻¹ano⁻¹; ressaltam ainda que a produção é determinada pelas características morfológicas e fisiológicas inerentes à vegetação que compõe o bioma. Alguns trabalhos encontrados na literatura mostram valores de deposição de serrapilheira em vegetação de caatinga variando de 1.900 a 8.400 kg ha⁻¹.ano⁻¹ (HOLANDA et al., 2017; FARIAS et al., 2019; SILVA et al., 2015; LIMA et al., 2015).

Maiores valores também foram observados por Japiassú et al. (2018) em área de caatinga hipoxerófila secundária em processo de regeneração a cerca de 20 anos. Os autores observaram uma produção de 2.072 kg ha⁻¹. Moura et al. (2016) e Moura (2010), em vegetação de caatinga e áreas em distintos estádios sucessionais, respectivamente, observaram uma produção de serrapilheira total de 4.038,79 kg ha⁻¹ e 1.700, 1.984 e 1.902 kg ha⁻¹ no primeiro ano de avaliação para áreas de estágio inicial, intermediário e final, respectivamente; no segundo ano, para estas mesmas áreas, observaram valores de 3.838, 2.921 e 2.161 kg ha⁻¹. Assim, apenas a área em estágio de regeneração avançada do presente estudo apresentou valor semelhante em relação ao mesmo estágio no segundo ano de estudo do trabalho acima citado. No EARN, a produção de serrapilheira (2.200 kg ha⁻¹) foi semelhante à encontrada por Santana e Souto (2011) em área de Caatinga arbóreo-arbustiva (2.068,55 kg ha⁻¹) durante um ano de avaliação. As diferenças dos valores de produção de serrapilheira entre estudos realizados no mesmo bioma e até no mesmo local refletem o caráter variado desse processo, ligado à grande variabilidade da vegetação, às interações com fatores climáticos e edáficos, às características fenológicas das espécies influenciando na composição florística das áreas relacionadas, podendo contribuir tanto no aumento como na diminuição da produção de serrapilheira. Menezes et al. (2010) já ressaltavam a existência de grande amplitude de variação no aporte de serrapilheira em ecossistemas florestais. Segundo Antoneli e Francisquini, (2014) quantidade de serrapilheira depositada também pode variar ainda dentro de um mesmo fragmento de floresta, dependendo do grau de perturbação das áreas.

Entre os valores totais do aporte de serrapilheira entre as áreas de estudo, verificou-se aumento na deposição de serrapilheira em função do avanço dos estágios de regeneração, sendo maior na área em estágio avançado, possivelmente devido à maior estrutura da comunidade arbórea. Comportamento em concordância também foi verificado por Silva et al. (2016) em estudo realizado na mesma área. Em outros ecossistemas, também foi verificado aumento da produção da serrapilheira ao longo do avanço da regeneração secundária (CAMARA et al., 2018; MENEZES et al., 2010), mas não foi observado por Moura (2010) uma produção maior no estágio inicial, seguido do intermediário e estágio final.

A variação temporal de deposição da serrapilheira total e a relação com a precipitação estão apresentadas na tabela 3 e figura 9. Observa-se que a deposição de serrapilheira total foi contínua nas três áreas. As áreas de estágio regeneração inicial (EIRN) e médio (EMRN) apresentaram, de modo geral, significativa variação no decorrer do ano, sendo a maior produção observada no mês de julho (348,386 kg ha⁻¹ e 375,442 kg ha⁻¹), mês em que se obteve uma contribuição percentual da serrapilheira produzida, cerca de 47% e 39%, respectivamente, nas referidas áreas. Com uma tendência de aumento do aporte nos meses de abril a julho, depois de ocorridas as maiores precipitações (169,3 e 187,3 mm) registradas nas áreas de estudo no mês de março e abril, respectivamente, durante o período avaliado. É importante se conhecer o comportamento do período chuvoso, pois tem influência no período de deposição da serrapilheira, uma vez que atua diretamente na vegetação local (MOURA et al., 2016).

Figura 9 - Deposição mensal de serrapilheira em distintos estágios de regeneração da caatinga, no município de Santa Luzia-PB.



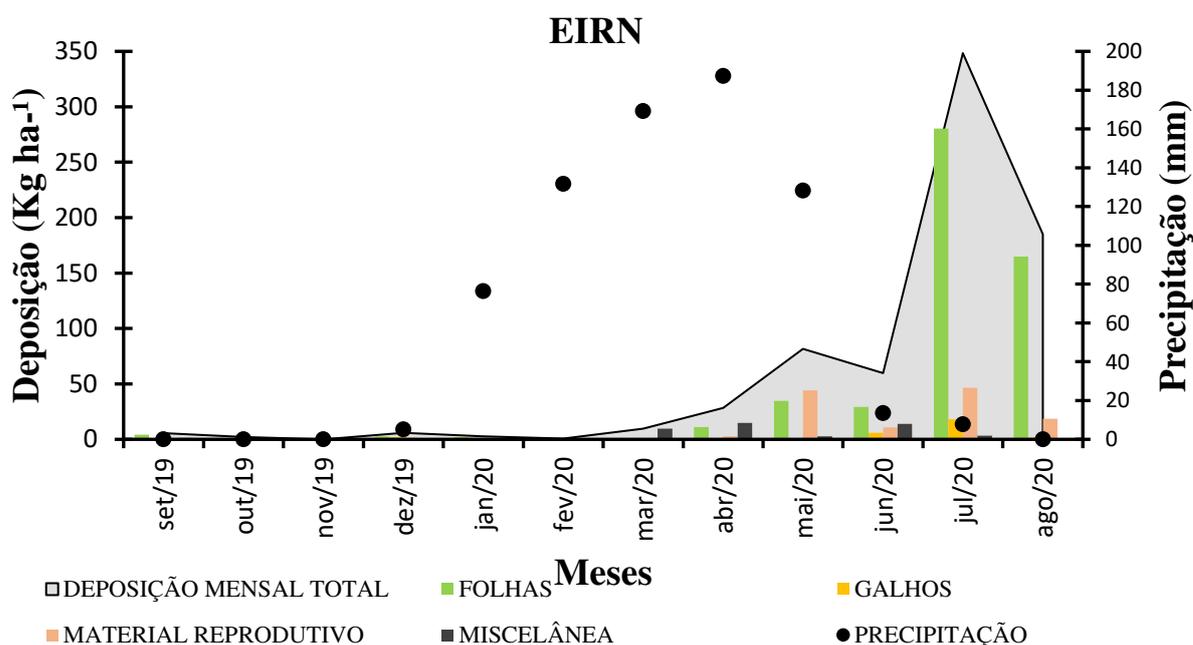
No estágio avançado (EARN), ocorreu aumento notável na produção também a partir do mês de abril, com pico nesta última, entre os meses de julho e agosto, 610,524 (27%) e 722,295 kg ha⁻¹ (32%). Contudo, em todos os estágios, a produção tendeu a ser maior no final do período chuvoso e início do período seco (figura 9). Lima et al. (2015) confirmam este comportamento quando observaram, em seu estudo sobre Caatinga arbórea-arbustiva, que as maiores deposições de serrapilheira ocorreram no período de menor precipitação devido a perdas das folhas das espécies para reduzir a evapotranspiração. Moura et al. (2016)

observaram caráter sazonal na produção de serrapilheira total com picos imediatamente posteriores à quadra chuvosa. No entanto, um comportamento contrário a esses relatados foi notado, sendo a maior produção de serrapilheira ocorrida, durante período chuvoso, em vegetação de caatinga (JAPIASSÚ et al., 2018). Esse padrão de maior deposição de serrapilheira logo após o período chuvoso foi observado na Caatinga (COSTA et al., 2010; HOLANDA et al., 2017; MOURA, 2010; HENRIQUES et al., 2016, SILVA et al., 2016; FARIAS et al., 2019; SILVA, 2019).

Santana e Souto (2011) ressaltam que a vegetação da Caatinga é fortemente influenciada pelas condições climáticas, especialmente a distribuição da precipitação. Corroborando com isso, Macedo (2018) comenta que a dinâmica da vegetação da caatinga é regulada através das reservas de água do solo, que são influenciadas diretamente pela relação com os pulsos e interpulsos das chuvas. Dessa forma, uma das principais adaptações fisiológicas desta vegetação que permite sua sobrevivência é a intensa caducifolia decorrente do estresse hídrico, refletindo na produção da serrapilheira com maiores picos durante esse período de estiagem (COSTA et al., 2010).

Na figura 10, são apresentados os valores das frações da serrapilheira produzida mensalmente no estágio inicial de regeneração. A fração folha totalizou uma maior produção (530,67 kg ha⁻¹ ano), seguida da fração material reprodutivo (124,34 kg ha⁻¹ ano), miscelânea (47,17 kg ha⁻¹ ano) e galhos (27,71 kg ha⁻¹ ano).

Figura 10 - Deposição de serrapilheira (frações e total) no estágio inicial de regeneração natural ao longo do período de estudo (setembro 2019 a agosto 2020), no município de Santa Luzia-PB.



A fração folhas apresentou maior produção no período de diminuição da precipitação pluvial entre os meses de maio a agosto com pico em julho (280,475 kg ha⁻¹). Essa maior produção descreve relação direta com a pluviosidade. Esse valor registrado encontra-se semelhante ao encontrado por Silva et al. (2015). Esses autores também observaram um pico de deposição de folhas no período entre junho (373 kg ha⁻¹) e agosto. Este comportamento é esperado considerando a característica caducifólia da maioria das espécies da caatinga. Ainda na figura 10, observa-se que as menores produções ocorreram durante o período mais seco, devido ter ocorrido queda total das folhas antes do desenvolvimento do estudo. Com o início das chuvas, ocorre o enfolhamento, o que desencadeia o início do ciclo de produção e queda de folhas.

Outros pesquisadores (FARIAS et al., 2019; SILVA et al., 2016; HENRIQUES et al., 2016 e HOLANDA et al., 2017) mencionam em seus trabalhos que as folhas formam a fração predominante no material formador da serrapilheira aportada e ainda observaram que a sua deposição se deu em período semelhante ao desse estudo. No entanto, este não é um comportamento restrito à vegetação de caatinga, mas também ocorre em outros tipos de vegetação, como Floresta Ombrófila (BAZI, 2019; CASTRO, 2018; ANTONELI; FRANCISQUINI, 2014); esses trabalhos observaram essa mesma conduta. Essa predominância é justificada devido à fração folhas ser a estrutura mais dinâmica da planta, renovada periodicamente. Segundo Japiassú et al. (2018), ocorre um processo de substituição de estruturas adultas envelhecidas total ou parcialmente, pois são menos eficientes nos processos metabólicos, por folhas novas que passarão a desempenhar suas funções de forma mais satisfatória.

A deposição da fração material reprodutivo foi 124,34 kg ha⁻¹ ano, a segunda em importância. As maiores produções ocorreram nos meses de maio e julho com queda elevada de 44,177 kg ha⁻¹ e 46,625 kg ha⁻¹, respectivamente (Figura 10). Apresentou uma grande variação entre o período seco e úmido, com uma ausência de queda do material de setembro/2019 a março/2020 e uma pequena produção de 1,446 kg ha⁻¹ em dezembro, mês em que se iniciaram as primeiras chuvas, com 5,2 mm. Silva et al. (2015), em 10 meses de avaliação, observaram valores semelhantes em área de caatinga, sendo uma produção de 164,68 kg ha⁻¹ com pico de deposição em fevereiro com a queda da precipitação.

Segundo Moura et al. (2016), a produção da fração estruturas reprodutivas está também relacionada com a precipitação pluvial, pois é com a continuidade das chuvas que são produzidas as estruturas reprodutivas. Esses resultados diferem dos observados por Japiassú et al. (2018), que notaram uma contínua produção durante todo o período estudado.

Contudo, também observaram uma maior produção na época chuvosa. Esses mesmos autores sugerem que essa maior queda de estruturas reprodutivas, durante o período chuvoso, seja um mecanismo de sobrevivência de algumas espécies. Holanda et al. (2017) também observaram que deposição da fração estruturas reprodutivas, que incluiu flores, frutos e sementes, foi a segunda maior em relação ao total de serrapilheira. Eles ressaltam ainda que a produção desta fração está relacionada principalmente com os eventos fisiológicos e bioquímicos que conduzem à floração em períodos de chuva e estiagem para as diferentes espécies de ocorrência na Caatinga.

Uma maior produção no mês de junho e julho também foi observado por Silva et al. (2016), ressaltando que, após a floração, ocorre a frutificação, contribuindo para o aumento na produção dessa fração no final do período chuvoso, sendo uma importante estratégia para a manutenção da diversidade local, garantindo, através do processo de regeneração natural, um equilíbrio ao meio.

A fração miscelânea, que é composta por materiais fragmentados, de difícil identificação, excretas de pássaros e partes de insetos, totalizou 47,174 kg ha⁻¹ e teve sua maior produção registrada nos meses de abril (14,762 kg ha⁻¹), mês inclusive com a maior pluviosidade (187,3 mm), e junho (14,036 kg ha⁻¹) (Figura 10). De modo geral, percebe-se uma maior produção durante todo o período chuvoso. As menores taxas de deposição mensal foram verificadas no mês de setembro/2019 e outubro/2019, registrando uma produção de 1,27 kg ha⁻¹ chegando a não ser observada nos meses seguintes.

De modo geral, essa ausência de miscelânea não pode ser atribuída à ocorrência ou não de chuvas, já que, em dezembro, janeiro e fevereiro, ocorreram chuvas significativas na área experimental e não houve deposição dessa fração.

Picos de produção de miscelânea semelhantes aos observados neste trabalho foram observados por Holanda et al. (2017), quando notaram uma grande amplitude entre o valor mínimo e máximo produzido, no entanto, não significando que possui uma influência da sazonalidade na distribuição.

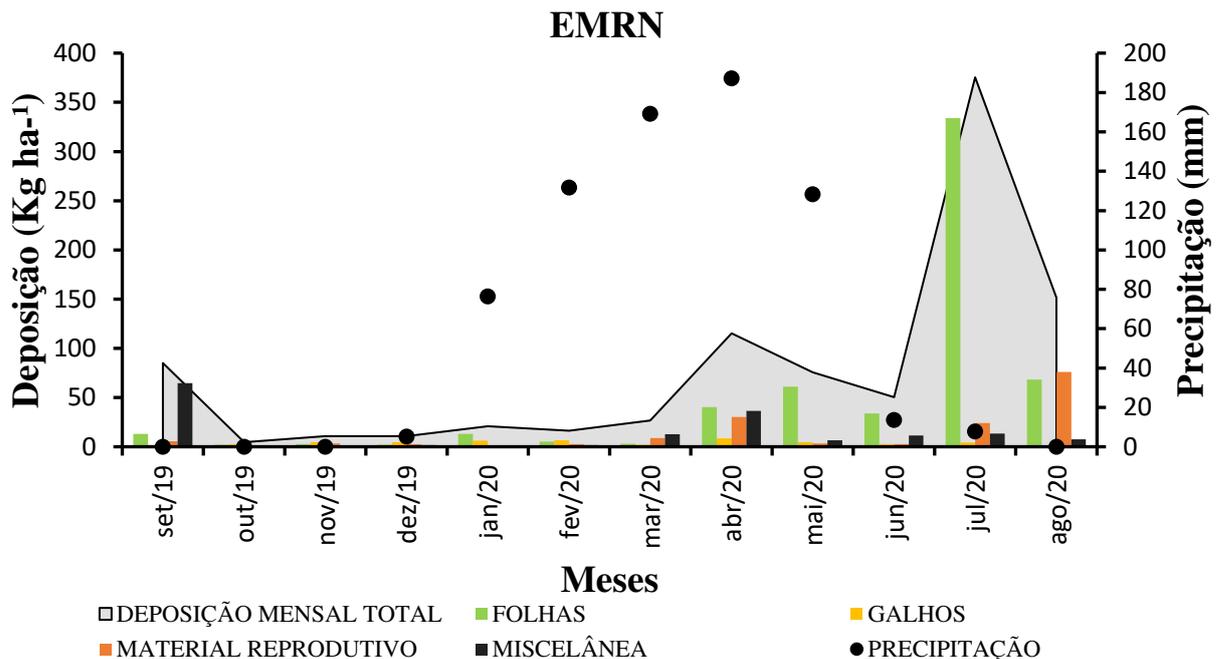
A produção da fração galhos (composta por galhos e cascas) apresentou-se variada ao longo dos meses de estudo e teve seu maior pico registrado no mês de julho (Figura 10), atingindo uma produção de 17,905 kg ha⁻¹. A fração galhos totalizou 27,714 kg ha⁻¹ de toda a serrapilheira produzida. Observa-se que, como na fração de miscelânea, a deposição de galhos e de cascas não pode ser atribuída às precipitações pluviais ocorridas, já que, em fevereiro, março, abril e maio, ocorreram as maiores chuvas registradas na área experimental e não houve deposição dessa fração. Mas é fundamental levar em consideração a idade da

vegetação, uma vez que em vegetação mais jovens é mais esperado que caiam das árvores materiais de origem foliar. Contudo, encontram-se na literatura observações contrárias como de Moura et al. (2016) que observaram uma redução na deposição dessa fração à medida que se encerrava a quadra chuvosa durante a época seca do ano, vindo a aumentar com o avanço da nova quadra chuvosa.

Na literatura, há referências de picos de produção dessa fração no fim da época de chuva (FARIAS et al., 2019), durante o período chuvoso (SILVA et al., 2016), associando a ação mecânica do vento à queda desses materiais, que, muitas vezes, são representados por galhos finos, cascas e partes de galhos grossos que se desprendiam das árvores (HENRIQUES et al., 2016), demonstrando, assim, que esta fração é muito variável. Apesar de possuir importante contribuição no material formador da serrapilheira em todos os biomas, ela é pouco estudada e compreendida, apresentando resultados muito variáveis, provavelmente devido à metodologia de coleta utilizada, como o diâmetro dos galhos e a área dos coletores (SANTANA, 2005).

Na Figura 11, são apresentados os valores das frações da serrapilheira produzida mensalmente na área em estágio médio de regeneração. A fração folha teve contribuição na serrapilheira total de 578 kg ha⁻¹ ano, seguida da fração material reprodutivo (160,54 kg ha⁻¹ ano), miscelânea (155,86 kg ha⁻¹ ano) e galhos (48,69 kg ha⁻¹ ano).

Figura 11 - Deposição de serrapilheira (frações e total) no estágio médio regeneração natural ao longo do período de estudo (setembro 2019 a agosto 2020), no município de Santa Luzia-PB.



A fração folhas teve uma produção contínua durante os meses estudados, mas apresentando significativas amplitudes na produção mensal, variando entre 1,863 kg ha⁻¹ a 333,885 kg ha⁻¹, entre os meses de dezembro e julho, respectivamente. Esse comportamento nesses meses é esperado, uma vez que o mês de dezembro é a época em que a maioria das espécies estão sem folhas devido à baixa oferta hídrica do período que antecedeu. A produção contínua, embora baixa, denota a renovação da folhagem durante o período de maior oferta hídrica, como afirmado por Souto (2006).

No geral, observou-se um aumento na produção à medida que é reduzida a ocorrência de chuvas. Assim, com o início do período de escassez de água entre os meses de abril e maio, observou-se que as plantas começaram a perder as folhas, entretanto no mês de maio é registrada a ocorrência de uma chuva de 128 mm, que fez com que as plantas conservassem as folhas ou demorassem a abscisão foliar, o que em seguida causou uma diminuição no aporte no mês de junho. Lima (2014) já ressaltara que a permanência das folhas na planta dependia essencialmente da disponibilidade de água no solo. Porém, a progressiva e notável redução das chuvas nos dois meses seguintes (julho e agosto) despertou o mecanismo típico de sobrevivência das espécies sob estresse hídrico, a caducifolia, refletindo num pico de aporte desta fração no mês de julho de 333,885 kg ha⁻¹; em agosto, o aporte é reduzido possivelmente devido ao fato de a maioria das folhas já terem caído, confirmando a resposta da deciduidade foliar em função da precipitação.

Quanto à fração material reprodutivo, totalizou 160,54 kg ha⁻¹ e teve sua maior produção registrada no mês de agosto (Figura 11), atingindo 75,999 kg ha⁻¹. A deposição da fração material reprodutivo se manteve sempre com valores reduzidos, chegando até a não ser observado no mês de outubro/2019; apresentou alguns picos de produção nos meses de abril, julho e agosto, sendo 30,167 kg ha⁻¹, 23,983 kg ha⁻¹ e 75,999, respectivamente. Esse pico da deposição em abril sucedeu um período de maiores pluviosidades entre 131,7 e 187,3 mm. Além disso, vale ressaltar que essa maior quantidade nesse período pode ser explicada pelo período de floração da catingueira, uma espécie bastante presente nesta área. Silva (2019) observou que, no mês de abril, com uma significativa precipitação ocorrida (73,6 mm), desencadeou o processo de floração da catingueira, demonstrando, mais uma vez, a resposta fisiológica da planta aos pulsos de precipitação e concluiu que a catingueira possui floração e frutificação no período chuvoso. Já nos meses de julho e agosto foi um pico ocorrido no período de drástica redução da precipitação.

A literatura reporta padrões distintos de deposição desta fração na caatinga; alguns apresentando alta deposição nos meses de menores precipitação (HOLANDA et al., 2017;

FARIAS et al., 2019), outros apresentando valores maiores no período chuvoso (SANTANA; SOUTO, 2011; JAPIASSÚ et al., 2018).

Alguns autores observaram alta produção de material reprodutivo no período seco e chuvoso (SILVA et al., 2015; HENRIQUES et al., 2016). Estes últimos autores ainda relataram que não se pode afirmar que a produção desse material está diretamente ligada à pluviosidade, uma vez que se observou maior queda desse material mesmo em períodos secos ou de baixíssimo índice pluviométrico. Assim, tem-se necessidade de monitorar o comportamento fenológico das espécies ocorrentes nas áreas experimentais em conjunto para que se possa relacionar a influência isolada de cada espécie no processo de deposição dessa fração.

Essas variações na deposição podem ser explicadas por fatores fisiológicos do ciclo reprodutivo das plantas (HOLANDA et al., 2017), já que o processo de floração e frutificação é estreitamente ligado às características fenológicas particulares de cada espécie.

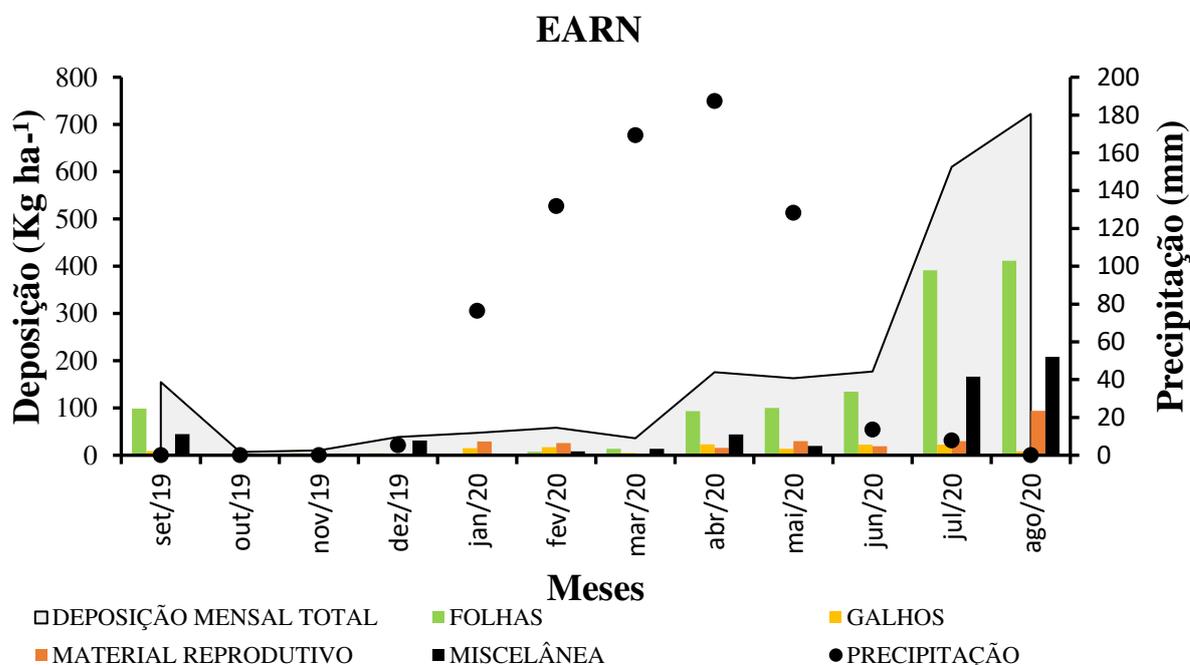
Quanto à fração miscelânea, totalizou 155,863 kg ha⁻¹. Com isso, observam-se continuidade e maiores produções durante a época chuvosa, sendo que no mês de abril ocorre o pico de produção de 36,508 kg ha⁻¹; com precipitação no mês anterior (março) de 169,3mm e 187,3 mm no mês abril, pode-se atribuir que esse aumento ocorreu devido à alta umidade do material contido nos coletores, que acelerou a degradação e dificultou sua identificação. Nota-se uma exceção no mês de setembro, o primeiro mês de coleta, com uma alta produção desta fração, em que as anotações de campo permitem inferir que isso se deve à deposição de excretas das aves presentes na área. Silva et al. (2016) justificaram que o aumento desta fração foi devido à grande população de pássaros presente nas áreas durante o período de migração. Ressaltaram a importância da manutenção da vegetação como área de pouso e postura das aves, que contribuem na dispersão de sementes e proporcionam uma maior troca de fluxo gênico entre as áreas, auxiliando no equilíbrio do ecossistema. No entanto, os mesmos autores observaram que os maiores aportes ocorreram nos meses de baixa precipitação.

A fração galhos e cascas na área em que a vegetação apresenta estágio de médio de regeneração representou a menor fração da serrapilheira total, totalizando 48,69 kg ha⁻¹. Observou-se contínuo aporte nos meses avaliados, com uma leve tendência a aumentar conforme aumente a pluviosidade, chegando ao ápice de produção no mês de abril, com precipitação de 187,3 mm, voltando a reduzir à medida que esta vai diminuindo, podendo estar relacionado ao efeito mecânico das chuvas que são acompanhadas por ventanias, contribuindo para quedas dos ramos, efeito esse citado por alguns autores (JAPIASSÚ et al.,

2018; SOUZA et al., 2016; HENRIQUES et al., 2016; SILVA et al., 2016; NASCIMENTO et al., 2013).

Na figura 12, são apresentados os valores das frações da serrapilheira aportada mensalmente na área em estágio avançado de regeneração. Observa-se um padrão semelhante em relação às outras áreas EIRN e EMRN, em que a fração folhas teve maior participação na serrapilheira aportada, totalizando 1265,15 kg ha⁻¹, sendo um pouco mais que o dobro do total da fração folhas aportada no EIRN e EMRN, seguida respectivamente da fração miscelânea com 540,05 kg ha⁻¹, fração material reprodutivo com 252,24 kg ha⁻¹ e da fração galhos e cascas com 143,11 kg ha⁻¹.

Figura 12 - Deposição de serrapilheira (frações e total) no estágio avançado regeneração natural ao longo do período de estudo (setembro 2019 a agosto 2020), no município de Santa Luzia-PB.



Revisando alguns trabalhos realizados sobre estudo de serrapilheira, percebe-se uma maior participação da fração folhas, a qual está estreitamente ligada à sazonalidade, aos mecanismos de defesa e à sobrevivência das espécies. Observa-se que a fração folhas foi produzida de forma contínua durante todo o período de estudo, com valores baixos durante meses de baixa pluviosidade até o início das primeiras chuvas entre dezembro a fevereiro, com uma exceção no mês de setembro, o primeiro mês de coleta que coincidiu com o início da estiagem, sendo resultado da abscisão foliar decorrente da insuficiência hídrica da estação.

Ao se observar a figura, nota-se um aumento no aporte à medida que se aumenta a precipitação até o mês de abril, com a maior precipitação registrada durante o período de

estudo, com 187,3 mm. A partir daí tem-se um aumento da deposição de folhas conforme diminuem as chuvas, evidenciando o caráter sazonal desta fração. Os maiores aportes ocorreram nos meses de julho e agosto, com 391,463 kg ha⁻¹ e 411,656 kg ha⁻¹, respectivamente.

Costa et al. (2010) comentam que, no período da estiagem, na caatinga, a perda das folhas como mecanismo adaptativo ao estresse é fundamental, uma vez que os processos de fotossíntese e transpiração vegetal realizados pelas folhas demandam grande quantidade de água.

Observou-se que a fração miscelânea, diferente das demais áreas, foi a segunda maior contribuição na formação da serrapilheira total, totalizando 540,05 kg ha⁻¹, apresentando variações e alguns picos no aporte, chegando a não ser observada em janeiro. Houve uma deposição de 0,423 kg ha⁻¹ em outubro/2019 a 208,333 kg ha⁻¹, em agosto/2020, em que houve maior deposição de miscelânea na área. Tanto no período seco como no período chuvoso observam-se valores relevantes, no entanto, é perceptível uma constância de materiais de difícil identificação no período chuvoso, uma vez que a alta umidade no material interceptado pelos coletores dificulta sua identificação e pode acelerar a sua degradação. Também vale ressaltar que as anotações de campo revelam que grande parte do material que compõe a miscelânea nesta área se refere à alta incidência de fezes de lagartas com o início das chuvas e excretas de pássaros. Primo (2016) observou aumento de miscelânea no início do período chuvoso decorrente do ataque de lagartas sofrido pelas plantas.

Silva (2019) observou que as maiores contribuições de miscelânea durante o período chuvoso foram devido à ocorrência e chuvas antes do período de coleta, que propiciou o agrupamento do material no coletor, contribuindo para maior conservação da umidade no material, favorecendo o processo de decomposição e dificultando identificação.

Quanto à fração material reprodutivo, esta totalizou 252,24 kg ha⁻¹, apresentando variações durante o período de estudo, de 0,075 kg ha⁻¹ em dezembro/2019 a 94,112 kg ha⁻¹ atingindo seu pico em agosto/2020, período em que se inicia a estiagem. Durante os meses de setembro/2019 a dezembro/2020, a deposição se manteve sempre com valores reduzidos.

Com o início das chuvas a partir de janeiro (76,4 mm), nota-se um aumento substancial no aporte de estruturas reprodutivas, mas esse aumento não se mantinha proporcional à medida que se aumentava a precipitação pluvial, indicando que, embora as chuvas contribuam para maior deposição de estruturas reprodutivas, a produção dessa fração não está associada apenas aos meses mais secos ou mais chuvosos, mas também aos fatores

fisiológicos do ciclo reprodutivo das plantas, podendo também explicar essas variações na deposição.

A produção da fração galhos e cascas foi ininterrupta no decorrer das avaliações, totalizando 143,11 kg ha⁻¹. Nota-se aumento da deposição no período chuvoso, a partir de janeiro, com pico em abril/2020 (Figura 12), atingindo uma produção de 23,065 kg ha⁻¹, e isso pode ter ocorrido, como sugerido por Holanda et al. (2017) e Antoneli; Francisquini (2014), devido aos fortes ventos que geralmente vem associados à alta precipitação pluvial, que nesse mês foi de 187,3 mm, encharcando os galhos secos que se tornam mais pesados e assim mais propensos à ação dos ventos; a partir daí há uma redução na deposição dessa fração em maio (13,964 kg ha⁻¹) em que se teve um redução de chuvas, vindo a aumentar novamente quando estas vão se encerrando. Para Moura (2010), os galhos correspondem a partes estruturais das plantas, mais permanentes que as folhas e que as flores e frutos que constituem boa parte da miscelânea, o que pode justificar sua estabilidade na queda ao longo das estações.

3.1.2 Frações da serrapilheira produzida

Na tabela 4, são apresentados os valores da contribuição anual média e percentual das frações da serrapilheira depositada nas fases EIRN, EMRN e EARN.

Tabela 4 - Deposição anual, média mensal de serrapilheira e contribuição percentual das frações da serrapilheira produzida no estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural da caatinga Santa Luzia-PB. Comparação entre estágios para cada fração da serrapilheira.

FRAÇÕES		ÁREAS DE ESTUDO		
		EIRN	EMRN	EARN
Folhas	kg ha ⁻¹	530,67	578	1265,15
	%	72,7	61,3	57,5
	Média	44,22 b	48,17 b	105,43 a
Galhos	kg ha ⁻¹	27,71	48,69	143,11
	%	3,8	5,2	6,5
	Média	2,31 b	4,06 b	11,93 a
Material Reprodutivo	kg ha ⁻¹	124,34	160,54	252,24
	%	17	17	11,5
	Média	10,36 a	13,38 a	21,02 a
Miscelânea	kg ha ⁻¹	47,17	155,86	540,05
	%	6,5	16,5	24,5
	Média	3,93 a	12,99 a	45,00 a
Aporte total anual	kg ha⁻¹	729,9	943,09	2200,56

EIRN = Estágio inicial; EMRN = Estágio médio; EARN = Estágio avançado de regeneração natural.

Letras minúsculas nas linhas comparam o efeito dos estágios sucessionais. Valores em linha seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Entre as frações da serrapilheira, a fração folhas predominou, em todos os estágios (Tabela 4), uma contribuição de 72,7%, 61,3% e 57,5%, nas áreas EIRN, EMRN e EARN, respectivamente, destacando sua função na dinâmica da matéria orgânica e, logo, no retorno de nutrientes ao solo. A produção média desta fração não diferiu estatisticamente entre os estágios mais jovens, apenas no avançado. Em trabalho realizado por Medeiros (2015) na mesma área de estudo nos anos de 2013 a 2014, foram observados percentuais superiores da participação fração foliar na serrapilheira produzida, sendo 79,33% na fase inicial, 77,67% na fase média e 68,91% na fase avançada; já Silva et al. (2016) também na mesma área de estudo constataram percentuais inferiores sendo 49,86%, 53,78% e 58,59% respectivamente para estágios inicial, médio e avançado. Contudo, anos atípicos com condições meteorológicas irregulares podem influenciar na produção da serrapilheira e de suas frações.

Essa contribuição das folhas está de acordo com a maioria dos estudos de produção de serrapilheira na caatinga, que relatam uma maior contribuição das folhas no total de serrapilheira produzida. Proporções de folhas entre 56% a 78% no total da serrapilheira aportada em áreas de caatinga são relatadas na literatura por diversos autores (LIMA et al., 2015; SOUZA et al., 2016; HENRIQUES et al., 2016; FARIAS et al., 2019; HOLANDA et al., 2017). Maiores contribuições foliar também são observadas em outros ecossistemas, com percentual entre 58% a 86% (NASCIMENTO et al., 2013; ANTONELI E FRANCISQUINI, (2014), BAZI, 2019; MACHADO et al., 2015).

A diminuição na porcentagem de folhas (de 72,7 para 57,5%) com o avanço do estágio sucessional já foi observada por outros autores em vegetação em diferentes fases de sucessão (MOURA, 2010; MENEZES et al., 2010; DICKOW, 2010; MEDEIROS, 2015). Isso pode estar associado à presença de espécies pioneiras nas florestas secundárias em processo inicial de regeneração, que possuem crescimento acelerado, necessitando de maior atividade fotossintética, realizada através das folhas, conferindo uma maior produção da fração foliar, em relação a outras frações que compõem a serrapilheira.

De maneira geral, observa-se que, enquanto a fração foliar diminuiu em função do avanço sucessional, as demais frações aumentaram. Resultados semelhantes também foram observados por Machado et al. (2015). Dickow (2010), avaliando o processo de deposição da serrapilheira em três áreas de Floresta Ombrófila em fase inicial, média e avançada de sucessão, ressaltou que nas florestas mais novas, devido à própria estrutura das plantas serem mais jovens, espera-se que o tipo de material que mais caia das árvores seja de natureza foliar,

podendo cair pontualmente outras estruturas como flores e frutos. À medida que a floresta envelhece, além da renovação das folhas, materiais como cascas, galhos e outros também passam a cair nos coletores, explicando a redução na proporção de folhas com o avanço sucessional, uma vez que estas outras frações passam a representar quantidades significativas na formação da serrapilheira depositada nos coletores.

A contribuição média de materiais reprodutivos foi de 17,0, 17,0 e 11,5% e de miscelânea, 6,5, 16,5, 24,5%, e não houve diferença estatística da produção média entre os estágios para estas frações. Proporções inferiores da fração material reprodutivo são relatadas por alguns autores, como Silva et al. (2015) e Japiassú et al. (2018), em áreas de caatinga em processo de regeneração, que observaram uma contribuição de 10,01% e 10,82%, respectivamente, desta fração na composição da serrapilheira aportada. Silva et al. (2016), nas mesmas áreas de estudo, observaram proporções de 17,49, 15,89, 12,17% com o avanço dos estágios sucessionais. Holanda et al. (2017), avaliando a produção de serrapilheira em um remanescente de Caatinga, observaram que as estruturas reprodutivas responderam 18,34% da serrapilheira total produzida durante todo o estudo.

Para as proporções de miscelânea, são relatados na literatura valores que variam entre 0,29% a 36% de participação na serrapilheira total produzida. Assim, os valores observados estão dentro deste intervalo já observado por outros autores (SILVA et al., 2016; HOLANDA et al., 2017; JAPIASSÚ et al., 2018; HENRIQUES et al., 2016; SILVA et al., 2015; MEDEIROS, 2015; MOURA, 2010).

Já a contribuição dos galhos variou de 3,8, 5,2 e 6,5 % nos estágios EIRN, EMRN e EARN, respectivamente, diferindo estatisticamente no estágio avançado. Essa faixa das proporções de deposição de galhos em relação à serrapilheira total (3 a 6,5%) é semelhante ao valor de 6% obtido por Medeiros (2015) nas mesmas áreas de estudo e 7% obtido por Nascimento et al. (2013) em outro ecossistema florestal. Também são encontradas proporções mais altas dessa fração com 9% (MOURA, 2010) a 42% (FARIAS et al., 2019). Em outras formações vegetais, maior participação dos galhos na composição da serrapilheira também é observada com 23% (BAZI, 2019) e 25% (ANTONELI; FRANCISQUINI, 2014) em área de Floresta Ombrófila. Machado et al. (2015), estudando o aporte de serrapilheira em fragmentos florestais da Mata Atlântica em diferentes estágios sucessionais, observaram uma contribuição de galhos de 2,9% no estágio inicial, 10,4% no estágio médio e 17,3% no estágio avançado.

3.1.2.1 Fração folhas

Na tabela 5, é mostrada a deposição das folhas ao longo do período do estudo, nos estágios sucessionais EIRN, EMRN e EARN e os resultados do teste de comparação de médias (Tukey 95%) que foi aplicado entre as fases sucessionais e os meses estudados para esta fração com o intuito de identificar possíveis diferenças entre as áreas e os meses.

Tabela 5 - Deposição média mensal da fração folhas em distintos estágios de regeneração na caatinga, município de Santa Luzia-PB.

MESES	FOLHAS (kg ha ⁻¹)				Precipitação (mm)
	EIRN	EMRN	EARN	MÉDIA	
Set/19	4,27 Bb	13,004 ABb	98,492 Abc	38,589	0,0
Out/19	0,913 Ab	1,87 Ab	3,822 Ac	2,202	0,0
Nov/19	0 Ab	2,667 Ab	4,058 Ac	2,242	0,0
Dez/19	2,583 Ab	1,863 Ab	4,25 Ac	2,899	5,2
Jan/20	2,079 Ab	13,146 Ab	3,108 Ac	6,111	76,4
Fev/20	0,829 Ab	5,371 Ab	7,3 Abc	4,5	131,7
Mar/20	0 Ab	2,983 Ab	13,575 Abc	5,519	169,3
Abr/20	11,031 Ab	40,218 Ab	93,174 Abc	48,141	187,3
Mai/20	34,585 Ab	61,166 Ab	99,795 Abc	65,182	128,3
Jun/20	29,111 Bb	33,719 Bb	134,458 Ab	65,763	13,6
Jul/20	280,475 Ba	333,885 Aba	391,463 Aa	335,275	7,8
Ago/20	164,792 Ba	68,105 Cb	411,656 Aa	214,851	0,0
Média	44,222 B	48,167 B	105,429 A		
Total anual*	530,669	577,998	1265,152		

Letras maiúsculas nas linhas comparam o efeito dos estágios de regeneração e letras minúsculas nas colunas comparam o efeito dos meses. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas são iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância ($p < 0,05$). * total da fração folhas.

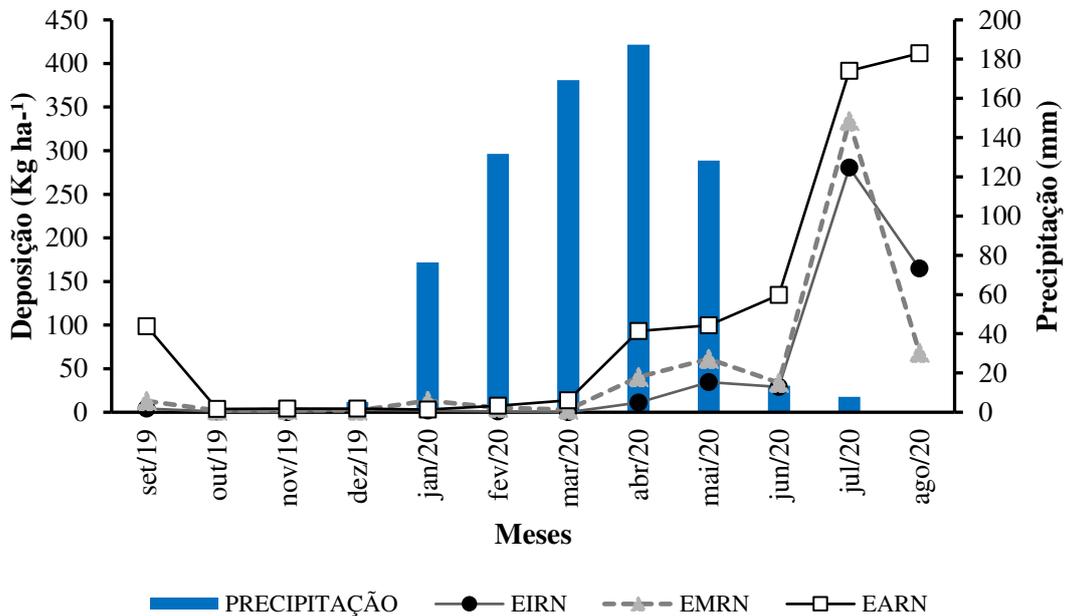
A análise dos dados mostrou diferença entre as áreas para a produção de folhas apenas nos meses de junho, julho e agosto; em junho, a quantidade de folhas produzida no EARN foi superior a EMRN e esta não diferiu estatisticamente do EIRN. Em julho, não houve diferença entre EMRN e EARN. Em agosto, a maior deposição ocorreu no EARN, seguida do EMRN e com menor deposição no EIRN. Esse resultado pode ser explicado pelo maior porte arbóreo em função do estágio de regeneração mais avançado.

Comportamento semelhante foi encontrado por Silva et al. (2016) nas mesmas áreas de estudo, com maior produção anual de folhas no trecho mais avançado (1861,82 kg ha⁻¹ano⁻¹), seguida do trecho em estágio médio (1085,03 kg ha⁻¹ano⁻¹) e, por último, no trecho sucessionalmente mais jovem, em estágio inicial (751,73 kg ha⁻¹ano⁻¹). Nascimento et al. (2013) verificaram que a estrutura da floresta tem forte relação com a produção da serapilheira; áreas que sofreram perturbações mais recentes e têm vegetação que varia de

arbustivo-herbáceo e árvores de pequeno porte e menos densa têm baixa produção de serrapilheira, já a área com fisionomia florestal formada por um dossel mais desenvolvido, contribui para uma maior produção de serrapilheira.

Ao analisar a relação da produção da fração folha entre os meses de avaliação, percebe-se que, no EIRN e no EARN, apresentaram diferença significativa apenas os meses de julho e agosto, e estes em ambas as áreas não se diferiram estatisticamente. No EMRN, houve diferença significativa apenas o mês de julho. No EIRN e EMRN, a deposição média anual de folhas no período do estudo foi de 530,669 e 577,998 kg ha⁻¹.ano⁻¹, respectivamente. Com relação à deposição mensal, os maiores valores foram observados, em geral, em julho (280,475 e 333,885 kg ha⁻¹). No EARN, totalizou 1265,152 kg ha⁻¹.ano⁻¹, sendo os maiores valores observados nos meses de julho (391,463 kg ha⁻¹.ano⁻¹) e agosto (411,656 kg ha⁻¹.ano⁻¹), Farias et al. (2019) também encontraram uma maior produção de folhas nos meses de julho e agosto em fragmento florestal de caatinga em Mossoró-RN. Os autores perceberam que isso ocorria quando se intensificava o déficit hídrico, e as plantas entravam em estado de senescência foliar culminando na abscisão das folhas como estratégia adaptativa para evitar a perda de água por transpiração. Na figura 13, verifica-se que em todos os estágios a produção de folhas tendeu a ser maior entre o final do período chuvoso e início da época seca, de junho até agosto com picos de deposição em julho, demonstrando assim características sazonais para a queda da fração folhas.

Figura 13 - Deposição média mensal da fração folhas em distintos estágios de regeneração natural na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.



De acordo com a figura 13, os meses de fevereiro a maio apresentaram os maiores volumes pluviométricos. Neste período, observou-se que a maioria das espécies foi estimulada à renovação das folhas e, logo após a redução dessa disponibilidade hídrica, a partir de maio, ocorreu a queda destas folhas, com maior significância no mês de julho e agosto, no EARN.

Maiores deposições da fração folhas na época seca têm sido observadas em áreas de caatinga. Apesar disso, como algumas espécies da Caatinga mantêm parte das suas folhas durante o ano, mesmo com carência hídrica, é provável que o pico de deposição de foliar ocorra logo no início do período seco, resultado da perda de folhas das espécies caducifólias, e subsequentemente haja meses com taxas reduzidas de deposição (HOLANDA et al., 2017).

Considerando o total de folhas, a maior deposição ocorreu no EARN ($1265 \text{ kg ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$) seguida do EMRN ($577,998 \text{ kg ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$) e, com menor deposição, ficou no EIRN ($530,669 \text{ kg ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$). Os valores encontrados neste estudo para a produção de folhas no EARN e EMRN são inferiores aos resultados observados por Silva et al. (2015) em um remanescente de Caatinga localizado no município de Cajazeirinhas-PB, onde observaram que a fração folhas apresentou a uma taxa de deposição, com $1.058,2 \text{ Kg ha}^{-1}$, sendo semelhante a este valor apenas a área em estágio de regeneração avançada do presente estudo ($1265,152 \text{ kg ha}^{-1}$). Japiassú et al. (2018) em vegetação de caatinga secundária em processo de regeneração, sem indícios de quaisquer atividades que pudessem alterar as suas características, encontraram uma produção de tecido foliar com valor um pouco inferior ($1.257,68 \text{ kg ha}^{-1}$) ao observado no EARN.

A área em estágio de regeneração mais avançada que tende a ter características de uma vegetação mais preservada, melhor desenvolvida e, de modo geral, mais susceptível ao equilíbrio, justifica a semelhança entre os valores encontrados em outros remanescentes de caatinga mais preservada. No entanto, a produção de folhas está muito ligada às características das espécies, da fisionomia da vegetação que compõem a área, podendo, assim, ocorrer variações no seu aporte entre um lugar e outro.

3.1.2.2 Fração galhos + cascas

Na tabela 6, é mostrada a deposição dos galhos+cascas ao longo do período do estudo nos estágios de regeneração e os resultados do teste de comparação de médias (Tukey 95%) que foi aplicado entre os estágios e os meses para esta fração com o intuito de identificar possíveis diferenças entre as áreas e os meses. É possível observar que para a fração galhos+cascas não houve diferença estatística entre os meses avaliados, como também nas áreas em cada mês.

Diferindo estatisticamente apenas a produção média mensal, onde o EARN apresentou produção superior às demais áreas, com 143,114 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Apresentando intensidades de produção diferentes ao longo do avanço dos estágios de regeneração. No EIRN, a produção foi de 27,714 kg ha⁻¹, o pico ocorreu em julho (17,905 kg ha⁻¹). Moura (2010) observou maior deposição de galhos também no mês de julho em dois anos de avaliação em área com estádios inicial de regeneração na caatinga. Vale ressaltar que o mês de julho, durante o ano avaliado neste estudo, marcou o fim da época chuvosa e início do período seco.

Tabela 6 - Deposição média mensal da fração galhos+cascas em distintos estágios de regeneração na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.

MESES	GALHOS+CASCAS (kg ha ⁻¹)				Precipitação (mm)
	EIRN	EMRN	EARN	MÉDIA	
Set/19	0,0	1,569	8,868	3,479 a	0,0
Out/19	0,0	2,806	2,229	1,678 a	0,0
Nov/19	0,0	4,746	1,521	2,089 a	0,0
Dez/19	1,863	4,642	3,383	3,296 a	5,2
Jan/20	0,521	6,225	14,925	7,224 a	76,4
Fev/20	0,0	6,625	16,983	7,869 a	131,7
Mar/20	0,0	1,979	5,113	2,364 a	169,3
Abr/20	0,0	8,498	23,065	10,521 a	187,3
Mai/20	0,0	4,646	13,961	6,202 a	128,3
Jun/20	5,796	2,708	22,103	10,202 a	13,6
Jul/20	17,905	4,246	22,769	14,973 a	7,8
Ago/20	1,629	0	8,194	3,274 a	00,0
Média	2,309 B	4,057 B	11,926 A		
Total anual*	27,714	48,69	143,114		

Letras maiúsculas nas linhas comparam o efeito dos estágios sucessionais e letras minúsculas nas colunas comparam o efeito dos meses. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas são iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância (p<0,05). * Total da fração galhos+cascas.

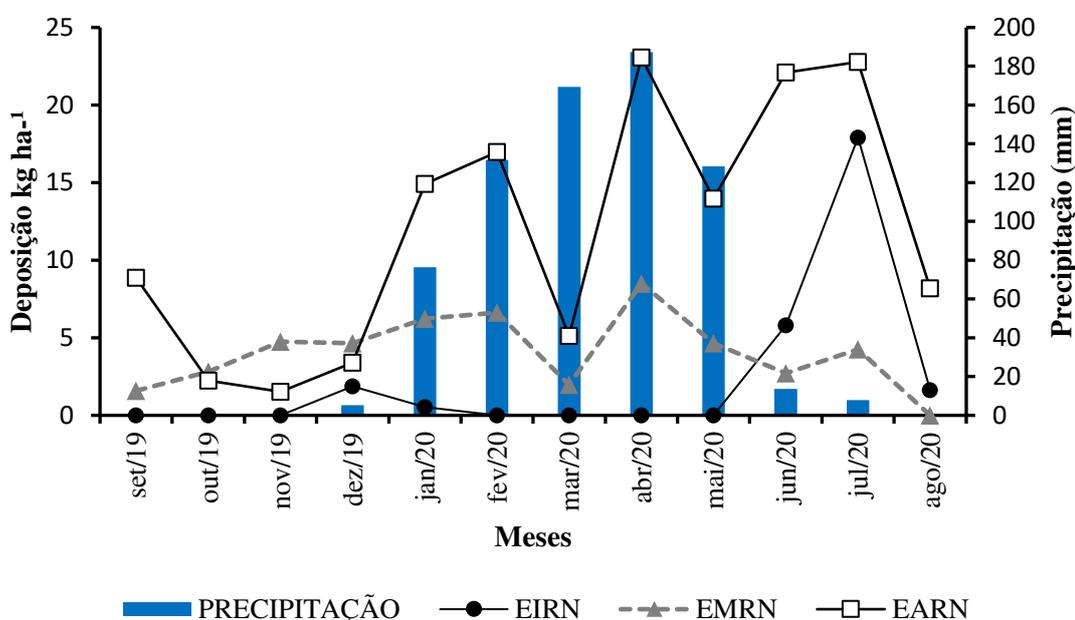
No EMRN, a deposição permaneceu sem grande variação, os picos ocorreram em janeiro (6,225 kg ha⁻¹), fevereiro (6,225 kg ha⁻¹), abril (8,498 kg ha⁻¹). Esses meses em que ocorreram os picos marcaram o início das chuvas na região, que podem ter contribuído para a queda desta fração, como fator abiótico, através da ação dos ventos que acompanham as chuvas.

No EARN, o pico ocorreu em abril (23,065 kg ha⁻¹), apresentando variações ao logo do período de avaliação com maiores deposições durante o período chuvoso. Souza et al. (2016) observaram um aumento da deposição ao chegar à estação chuvosa e atribuíram esse resultado ao efeito mecânico da chuva no processo de deciduidade dos ramos ressecados durante a época seca anterior.

Farias et al. (2019) observaram deposição desta fração, com pico no fim da época de chuvas, e Henriques et al. (2016) notaram que boa parte da deposição da fração galhos+cascas ocorria no início do período seco.

É possível observar que o aporte desta fração é bastante variável ao longo do tempo, com produção tanto na época chuvosa quanto no período seco (Figura 14). Dickow (2010) comenta que a produção de ramos varia tanto espacial como temporalmente. A heterogeneidade temporal está ligada às respostas da vegetação aos diferentes eventos bióticos e abióticos (quedas de árvores, ação das chuvas, queda de raios, ventos fortes), assim como a interação de ambos (FARIAS et al., 2019), anteriores à deposição.

Figura 14 - Deposição média mensal da fração galhos+cascas em distintos estágios de regeneração na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.



O aporte dessa fração de 27,714 kg ha⁻¹ no EIRN, 48,69 kg ha⁻¹ no EMRN e 143,114 kg ha⁻¹ no EARN foram inferiores à deposição dessa fração observada em estudo semelhante realizado nas mesmas áreas, em que Medeiros (2015) observou um aporte de 89,46, 100,82 e 112,20 kg ha⁻¹; já Silva et al. (2016) verificaram aportes ainda mais superiores, 314,80, 423,05 e 583,34 kg ha⁻¹. Nascimento et al. (2013) verificaram em seu estudo que a fração galhos da serrapilheira identificou-se como sendo o parâmetro estudado mais variável tanto em quantidade como em sazonalidade.

3.1.2.3 Fração Material reprodutivo

Na tabela 7, são mostrados a deposição de material reprodutivo ao longo do período do estudo nos estágios de regeneração e os resultados do teste de comparação de médias (Tukey

95%) aplicado entre os estágios e os meses para esta fração com o intuito de identificar possíveis diferenças entre as áreas e os meses. Verificou-se que estatisticamente não houve diferença entre as áreas de estudo e os meses avaliados. Contudo, notam-se comportamentos diferentes na deposição desta fração no decorrer do ano, em cada área.

Tabela 7 - Deposição média mensal da fração Material reprodutivo em distintos estágios regeneração na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.

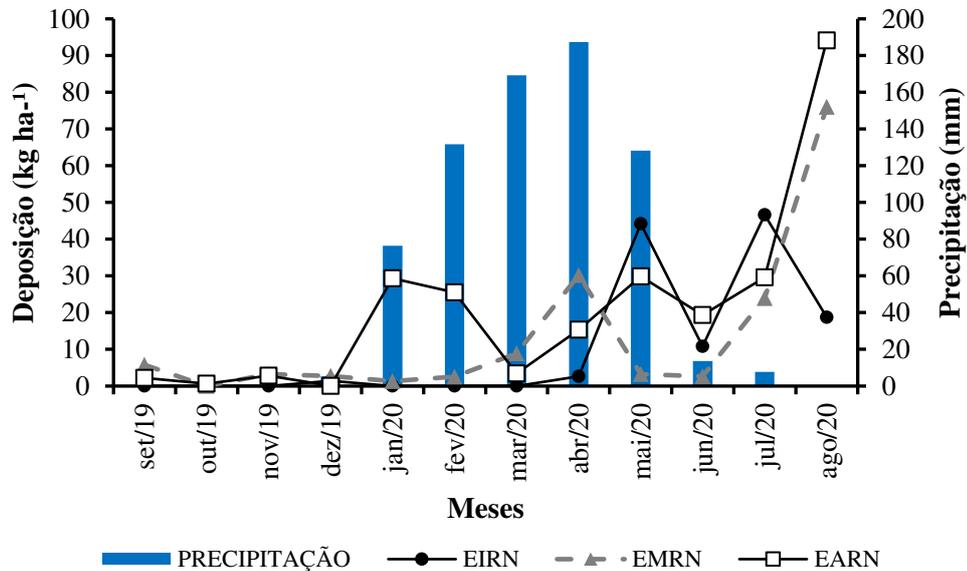
MATERIAL REPRODUTIVO (kg ha ⁻¹)					
MESES	EIRN	EMRN	EARN	MÉDIA	Precipitação (mm)
Set/19	0,0	5,755	2,227	2,661	0,0
Out/19	0,0	0,0	0,656	0,219	0,0
Nov/19	0,0	3,288	2,792	2,026	0,0
Dez/19	1,446	2,704	0,075	1,408	5,2
Jan/20	0,0	1,333	29,304	10,213	76,4
Fev/20	0,0	2,554	25,504	9,353	131,7
Mar/20	0,0	8,875	3,429	4,101	169,3
Abr/20	2,633	30,167	15,34	16,046	187,3
Mai/20	44,177	3,281	29,86	25,773	128,3
Jun/20	10,773	2,6	19,32	10,898	13,6
Jul/20	46,625	23,983	29,625	33,411	7,8
Ago/20	18,691	75,999	94,112	62,934	0,0
Média	10,362	13,378	21,02		
Total anual*	124,345	160,539	252,244		

* Total da fração Material reprodutivo

Nos estágios EIRN e EMRN, a média de material reprodutivo foi em geral inferior a 20 kg ha⁻¹, com picos ocorridos em maio (44,177 kg ha⁻¹) e julho (46,625 kg ha⁻¹) na fase INI e picos ocorridos em abril (30,167 kg ha⁻¹), agosto (75,999 kg ha⁻¹) na fase MED.

Pela figura 15, é notável uma maior produção de material reprodutivo na metade do período chuvoso nestas duas fases.

Figura 15 - Deposição média mensal da fração material reprodutivo em distintos estágios regeneração na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.



A alta deposição no período úmido está relacionada às condições ambientais (radiação solar, temperatura e disponibilidade de água) mais favoráveis ao desenvolvimento e ao crescimento dos órgãos vegetais.

Na fase AVA, deposição média foi superior a 20 kg ha⁻¹ e os picos ocorreram em janeiro (29,304 kg ha⁻¹), fevereiro (25,504 kg ha⁻¹), maio (29,86 kg ha⁻¹), julho (29,625 kg ha⁻¹) e agosto (94,112 kg ha⁻¹) com aporte contínuo e mais expressivo a partir do início das chuvas.

Durante o período do estudo, a deposição de material reprodutivo apresentou a seguinte ordem decrescente entre as fases: a maior deposição ocorreu no EARN, seguida do EMRN e EIRN com (252,244, 160,539, 124,345 kg ha⁻¹.ano⁻¹), respectivamente.

Esses resultados são semelhantes à deposição de 164 kg ha⁻¹ e de 289 kg ha⁻¹ de material reprodutivo encontrado por Silva et al. (2015) e Moura et al. (2016) em um remanescente de Caatinga preservada. Souza et al. (2016) observaram uma deposição de 558,62 kg ha⁻¹ de estruturas reprodutivas em dois anos de avaliação de uma vegetação de caatinga arbustivo-arbórea fechada que não era explorada há mais de trinta anos.

Conforme Dickow (2010), a queda de elementos reprodutivos é bastante variável, sendo esta variação, segundo Pinto et al. (2008), mais dependente da diversidade florística e dos aspectos fenológicos das espécies do que o próprio estágio sucessional. Lima (2014) menciona que, na caatinga, quem regula a dinâmica da vegetação são as reservas de água do solo, associadas concomitantemente aos pulsos e interpulsos das chuvas, pois são indutores

das atividades fisiológicas da vegetação da caatinga, sendo responsável por desencadear os processos de crescimento e desenvolvimento das plantas.

3.1.2.4 Fração Miscelânea

Na Tabela 8, são mostrados a deposição da fração miscelânea ao longo do período do estudo nos estágios sucessionais EIRN, EMRN e EARN e os resultados do teste de comparação de médias (Tukey 95%) aplicado entre os estágios e os meses para esta fração com o intuito de identificar possíveis diferenças entre as áreas e os meses. Verificou-se que, como na fração material reprodutivo, a produção da fração Miscelânea não apresentou diferenças estatísticas significativas entre as áreas de estudo e os meses avaliados.

Tabela 8 - Deposição média mensal da fração miscelânea em distintos estágios de regeneração na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.

MESES	MISCELÂNEA (kg ha ⁻¹)				Precipitação (mm)
	EIRN	EMRN	EARN	MÉDIA	
Set/19	1,270	64,626	44,984	36,96	0,0
Out/19	1,270	0,0	0,0	0,423	0,0
Nov/19	0,0	0,0	2,058	0,686	0,0
Dez/19	0,0	1,625	30,958	10,861	5,2
Jan/20	0,0	0,0	0,0	0,0	76,4
Fev/20	0,0	1,696	8,325	3,340	131,7
Mar/20	9,667	12,729	13,621	12,006	169,3
Abr/20	14,762	36,508	44,081	31,784	187,3
Mai/20	2,788	6,469	19,593	9,617	128,3
Jun/20	14,036	11,416	1,425	8,959	13,6
Jul/20	3,381	13,328	166,667	61,125	7,8
Ago/20	0,0	7,466	208,333	71,933	0,0
Média	3,931	12,989	45,004		
Total anual*	47,174	155,863	540,045		

* Total da fração Miscelânea

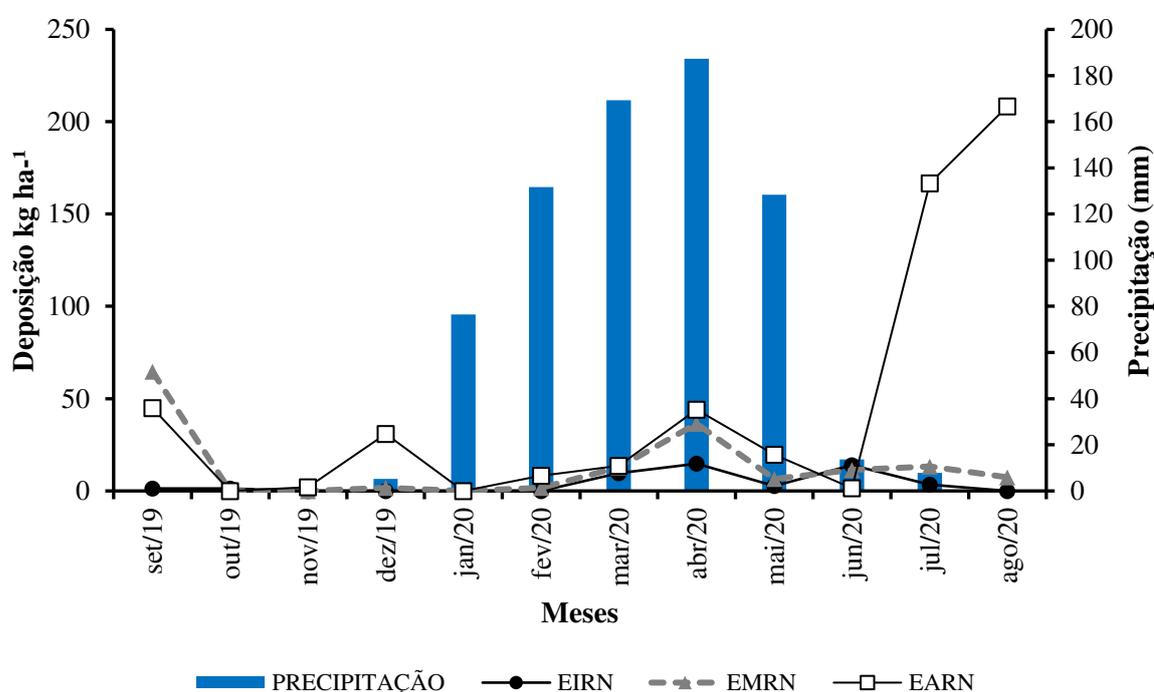
A maior deposição dessa fração foi verificada no EARN (540,045 kg ha⁻¹), sendo superior aos valores relatados por Silva et al. (2015) e Santana e Souto (2011). No EIRN e EMRN, foram depositados 47,174 kg ha⁻¹ e 155,863 kg ha⁻¹, respectivamente, valores inferiores aos citados por Souza et al. (2016) em estudo desenvolvido na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), no município de Santa Terezinha (PB), onde obtiveram uma deposição de 190,86 kg ha⁻¹.

As variações observadas para esta fração em estudos desenvolvidos num mesmo bioma, segundo Freire et al. (2020), podem estar associadas, além de fatores bióticos e

abióticos, a questões como tempo de estudo, descontinuação e decomposição das diferentes frações de serapilheira, podendo diversas circunstâncias influenciar na determinação dos valores.

A fração miscelânea apresentou picos em abril (14 kg ha^{-1}) e junho ($14,036 \text{ kg ha}^{-1}$) no estágio EIRN (figura 16). No EMRN, os picos ocorreram em setembro/19 ($64,626 \text{ kg ha}^{-1}$), abril ($36,508 \text{ kg ha}^{-1}$) e junho ($13,328 \text{ kg ha}^{-1}$). Já no EARN, os picos foram registrados em setembro ($44,984 \text{ kg ha}^{-1}$), dezembro ($30,958 \text{ kg ha}^{-1}$), abril ($44,081 \text{ kg ha}^{-1}$), julho ($166,667 \text{ kg ha}^{-1}$) e agosto ($208,333 \text{ kg ha}^{-1}$).

Figura 16 - Deposição média mensal da fração miscelânea em distintos estágios de regeneração na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.



Nas três áreas de estudo, o aumento do aporte de miscelânea ocorreu de forma mais constante no período chuvoso, a partir de março até julho; no estágio médio e avançado, ocorreram alguns picos fora desse período, como no mês de setembro, dezembro e agosto (no EARN). Essa maior produção está fora do período chuvoso, ligada principalmente à deposição de excretas dos pássaros que visitavam as áreas.

Contudo, como já ressaltado, não se pode atribuir caráter sazonal a esta fração com base no comportamento observado da fração, uma vez que, mesmo em meses sem ocorrência de chuvas, ocorreu aporte de miscelânea e o contrário também como aconteceu em janeiro (76 mm) e ausência de deposição. Silva et al. (2016), em estudo nestas mesmas áreas, observaram uma maior deposição nos meses de baixa ou nenhuma precipitação.

3.2 Serrapilheira acumulada

A estimativa da quantidade média de serrapilheira acumulada nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural é apresentada na tabela 9.

Tabela 9 - Acúmulo mensal (kg ha⁻¹) da serrapilheira total ao longo de doze meses de estudo, set/19 a ago/20, em áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.

MESES	P (mm)	ÁREAS DE ESTUDO					
		EIRN	(%)*	EMRN	(%)*	EARN	(%)*
Set/19	0,0	2126,64	18,20	2720,57	24,80	4309,34	18,80
Out/19	0,0	1902,73	16,30	1521,90	13,90	2214,82	9,60
Nov/19	0,0	1286,82	11,00	2090,54	19,10	2479,94	10,80
Dez/19	5,2	1555,44	13,30	961,78	8,80	2490,43	10,80
Jan/20	76,4	1955,65	16,70	1005,08	9,20	2740,40	11,90
Fev/20	131,7	355,95	3,00	400,00	3,60	1575,50	6,90
Mar/20	169,3	109,75	0,90	288,60	2,60	883,60	3,80
Abr/20	187,3	106,55	0,90	290,20	2,60	359,35	1,60
Mai/20	128,3	205,56	1,80	106,95	1,00	553,85	2,40
Jun/20	13,6	279,00	2,40	157,60	1,40	3864,06	16,80
Jul/20	7,8	878,04	7,50	1003,47	9,10	446,51	1,90
Ago/20	0,0	941,17	8,00	424,11	3,90	1037,20	4,50
Média		975,27 B		914,23 B		1912,92 A	
Total anual**		11.703,28		10.970,79		22.954,99	

P = Precipitação; EIRN = Estágio inicial; EMRN = Estágio médio; EARN = Estágio avançado de regeneração natural. * valores da contribuição mensal percentual serrapilheira total produzida nas fases INI, MED e AVA.

**Acúmulo total incluindo todas as frações da serrapilheira depositada (frações folhas, galhos+cascas, material reprodutivo e miscelânea). Letras maiúsculas nas linhas comparam o efeito dos estágios sucessionais, e letras minúsculas nas colunas comparam o efeito dos meses dentro da área. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas são iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância ($p < 0,05$).

O EARN diferiu estatisticamente dos estágios mais jovens (EIRN e EMRN) e estes não diferiram entre si. O menor acúmulo foi verificado na área em estágio médio de regeneração natural.

Em relação à ausência de diferença significativa no acúmulo de serrapilheira entre duas áreas, como ocorreu no EIRN e EMRN, possivelmente pode ser atribuída à semelhança dos processos ecológicos envolvidos na restauração, que apresentam variações fisionômicas pequenas (MATEUS et al., 2013). O maior estoque de serrapilheira acumulada no EARN pode ser justificado pela tipologia mais densa, presença de um dossel mais fechado, embora ainda se encontrem algumas clareiras que acabam por contribuir para a estratificação da vegetação (estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo).

Esse comportamento também foi observado por Silva (2014) em estudo e áreas semelhantes. Foi verificado maior acúmulo no estágio tardio em relação ao inicial e secundário, no entanto, maior acúmulo ainda foi verificado na área degradada avaliada pela autora, que atribuiu a esse evento a predominância do capim panasco (*Aristida setifolia*), que é um material de difícil decomposição impedindo uma maior velocidade de degradação pela fauna edáfica e assim acaba se acumulando na área.

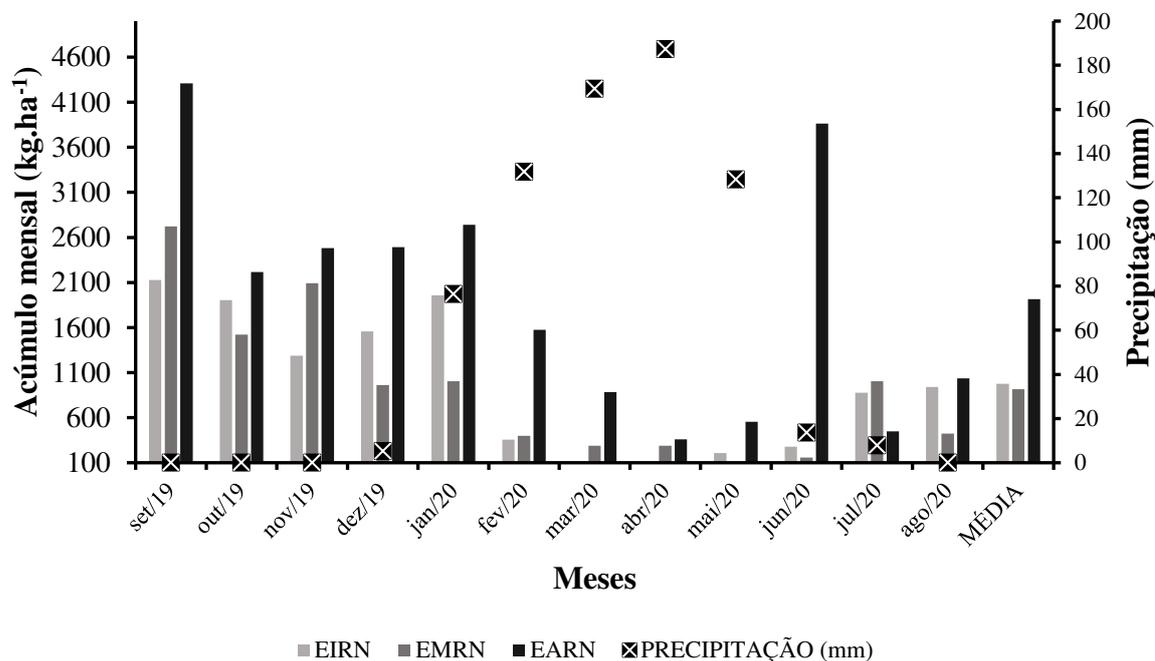
Esse fato observado pela autora sugere uma possível justificativa para o resultado observado no presente trabalho, sobre o maior acúmulo no estágio inicial em relação ao estágio médio, devido ao seu grau maior de degradação, e a predominância do estrato herbáceo, inclusive do capim panasco. Ainda com base neste trabalho, observa-se que no presente estudo o valor encontrado nas áreas estudadas foi menor que o observado pela autora, que registrou valores médios de 3.656,83 kg ha⁻¹ no estágio primário, 3.709,20 kg ha⁻¹ no secundário e 3.881,04 kg ha⁻¹ no tardio, não observando diferença estatística para essas médias. Já Medeiros (2015) também nas mesmas áreas de estudo observou valores médios inferiores de 491,0 kg ha⁻¹ no estágio inicial, 561,0 kg ha⁻¹ no estágio médio e 809,22 kg ha⁻¹ no estágio avançado.

O valor total acumulado foi superior ao observado por Lucena (2017) que notou um total de serrapilheira acumulada de 8,08 t ha⁻¹ em duas áreas onde foram aplicados diferentes sistemas silviculturais. O acúmulo médio da serrapilheira em outro ecossistema, como Mata Atlântica, varia de 5,1 (MATEUS et al., 2013) a 7,7 t ha⁻¹ (BAUER et al., 2018) equivale a 5.100 a 7.700 kg ha⁻¹.

Segundo Godinho et al. (2014), essas variações na quantidade de serrapilheira sobre o solo ocorrem em função das condições edafoclimáticas, sítio, sub-bosque, manejo silvicultural, proporção de copa, taxa de decomposição e distúrbios naturais ou artificiais ocorridos na floresta ou no povoamento. Varia também em função das espécies, da cobertura florestal, do estágio sucessional, da idade, da época da coleta, do tipo de floresta e do local (KLIPPEL et al., 2016).

Nas três áreas, o acúmulo foi maior nos meses de menor precipitação, com tendência à redução nos meses de maior pluviosidade, o que pode estar associado à maior velocidade de decomposição do material acumulado durante esses meses e aumento da cobertura do solo pelo estrato herbáceo. Nota-se ainda que, com a diminuição das chuvas, o acúmulo de serrapilheira na superfície do solo tende a aumentar a partir de junho (figura 17).

Figura 4 - Acúmulo mensal de serrapilheira em distintos estágios de regeneração na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.



O maior acúmulo de serrapilheira para as três áreas estudadas ocorreu no mês de setembro/19, que teve a maior contribuição, com cerca de 18, 24 e 18% do total de material acumulado nas três áreas respectivamente. Essa alta contribuição ocorrida em setembro/19 possivelmente está relacionada ao período de coleta, que ocorreu na época seca da região, antecedida de uma menor disponibilidade hídrica, ocorrendo uma gradual deposição de material vegetal sobre o solo ao longo dos meses, consequência da caducifolia das espécies e menor velocidade de decomposição, contribuindo para a acumulação desse material.

A variação mensal também está atribuída aos pontos de coleta, pois estas eram feitas de forma aleatória mensalmente. Lucena (2017) também observou maior acúmulo de serrapilheira no período seco, um total de 4,8 t.ha⁻¹, em duas áreas de Caatinga com diferentes sistemas silviculturais. O autor ressaltou que, no que se refere à quantidade de resíduos que formarão a serrapilheira depositada e acumulada sobre o solo, ela é afetada por alguns fatores, dentre eles, os aspectos fisiológicos como resposta às condições do meio.

Na Caatinga, a serrapilheira que é depositada e acumulada no solo protege a superfície das altas temperaturas, sendo que, logo que chegam as chuvas, esse material é degradado, o que diminui o acúmulo de material orgânico (SOUTO, 2006).

Valentini (2014), em vegetação de cerrado, verificou que a diminuição do material acumulado após o início das chuvas pode ser explicada pela maior taxa de decomposição pelos microrganismos presentes no solo que, com a umidade, encontram condições favoráveis

para maior degradação da matéria orgânica e assim a diminuição do tempo de renovação do material acumulado (BAZI, 2019).

3.2.1 Fração da serrapilheira acumulada

A estimativa da quantidade média de serrapilheira acumulada (frações e total) nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural é mostrada na tabela 10. Em geral, as maiores quantidades acumuladas foram das frações galhos e folhas, contribuindo respectivamente em 44,7 e 29,6% em relação a serrapilheira total acumulada sobre o solo. O acúmulo médio anual de galhos, no EIRN, EMRN e EARN, respectivamente, foi de 524,74, 409,66 e 679,21 kg ha⁻¹ e de folhas foi de 239,97, 255,01 e 696,36 kg ha⁻¹. O acúmulo médio anual de material reprodutivo foi de 111,97, 113,33 e 297 kg ha⁻¹ e de miscelânea foi de 98,59, 136,23 e 239,53 kg ha⁻¹, a menor dentre as frações da serrapilheira, com exceção no EMRN, em que a menor fração na composição foi de material reprodutivo.

Diferindo estatisticamente das demais áreas, foi na área em estágio avançado de regeneração em que houve o maior acúmulo de todas as frações, na seguinte ordem decrescente: folhas>galhos>material reprodutivo>miscelânea. No EMRN, seguiu a ordem galhos>folhas> miscelânea>material reprodutivo. Já no EIRN, a ordem foi galhos>folhas>material reprodutivo>miscelânea (tabela 10). Lucena (2017), ao observar a maior participação da fração galhos na sua avaliação, atribuiu a maior resistência que esse tipo de material tem à decomposição, devido à alta quantidade de lignina. A contribuição média de 44,7% da fração galhos é semelhante à contribuição de 45% observada por Almeida (2017) num trabalho que analisou o papel da estrutura da vegetação de Caatinga no acúmulo da serrapilheira ao longo de um gradiente de altitude; por outro lado, difere da taxa de 18,9% do peso total da serrapilheira para a fração folhas encontrada pelo autor; o presente trabalho teve uma contribuição de 29,6%.

A presença de folhas na serrapilheira acumulada foi maior no período seco até o início das chuvas até fevereiro em que há uma redução no acúmulo, uma vez que as plantas não sofriam com a escassez de água no solo, vindo a aumentar notadamente ao final do período chuvoso com a possibilidade de déficit hídrico. Segundo Farias et al. (2019), as folhas acumuladas no solo influenciam a qualidade química e física do solo e, conseqüentemente, a qualidade nutricional dos sítios florestais. O comportamento da fração folhas na serrapilheira acumulada foi semelhante nas três áreas experimentais, com maiores acúmulos em meses

diferentes, como no mês de agosto no EIRN (611,29 kg ha⁻¹), julho no EMRN (685,88 kg ha⁻¹) e junho no EARN (2908,79 kg ha⁻¹).

Tabela 10 - Média das frações em kg ha⁻¹ de serrapilheira acumulada ao longo de doze meses de estudo, set/19 a ago/20, nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural.

Meses	FOLHAS			GALHOS			MATERIAL REPRODUTIVO			MISCELÂNEA			
	P	Áreas de estudo			Áreas de estudo			Áreas de estudo			Áreas de estudo		
		EIRN	EMRN	EARN	EIRN	EMRN	EARN	EIRN	EMRN	EARN	EIRN	EMRN	EARN
Set/19	0	373,55	544,21	885,66	1468,40	1306,17	1508,97	48,39 Ba	307,70 Aa	500,09 Aa	236,30 Ca	562,49 Ba	1414,61 Aa
Out/19	0	308,33	322,65	645,13	989,98	726,67	990,30	334,83 Aa	194,52 Aa	370,47 Aabc	269,58 Aa	278,06 Aabc	208,91 Ac
Nov/19	0	266,95	562,31	710,50	670,60	1018,49	1134,94	286,1 Ba	165,58 Ba	606,76 Aa	63,16 Ba	344,14 Aab	27,74 Bc
Dez/19	5,2	284,07	169,21	944,74	972,50	501,69	1026,62	226,80 Ba	263,17 Ba	519,07 Aa	72,07 Aa	27,71 Ad	0 Ac
Jan/20	76,4	399,68	246,40	914,49	1276,62	473,82	1247,38	193,44 Ba	177,21 Ba	578,54 Aa	85,91 Aa	107,65 Acd	0 Ac
Fev/20	131,7	151,90	98,45	244,95	124,75	187,15	611,75	0 Aa	37,95 Aa	137,45 Abcd	79,3 Ba	76,45 Bcd	581,35 Ab
Mar/20	169,3	0,00	64,10	44,30	83,40	141,65	468,40	0 Aa	80,1 Aa	84,35 Abcd	26,35 Ba	2,75 Bd	286,55 Ac
Abr/20	187,3	28,40	43,70	27,55	62,45	124,70	210,15	0 Aa	7 Aa	16,45 Ad	15,7 Aa	114,8 Acd	105,2 Ac
Mai/20	128,3	26,55	12,10	189,40	60,55	9,75	138,50	14 Aa	1,25 Aa	30,05 Acd	104,45 Aa	83,85 Acd	195,9 Ac
Jun/20	13,6	19,60	8,90	2908,79	177,80	91,65	473,05	6,5 Ba	20,2 Ba	428,07 Aab	75,1 Aa	36,85 Ad	54,15 Ac
Jul/20	7,8	409,28	685,88	214,26	212,31	212,37	80,95	101,27 Aa	105,23 Aa	151,3 Abcd	155,17 Aa	0 Ad	0 Ac
Ago/20	0	611,29	302,28	626,58	197,58	121,83	259,53	132,30 Aa	0 Aa	151,08 Abcd	0 Aa	0 Ad	0 Ac
Média		239,97 B	255,01 AB	696,36 A	524,74 AB	409,66 B	679,21 A	111,97 B	113,33 B	297,81 A	98,59 B	136,23 B	239,53 A
%*		24,6	27,9	36,4	53,8	44,8	35,5	11,5	12,4	15,6	10,1	14,9	12,5
TOTAL**		2879,58	3060,17	8356,33	6296,94	4915,93	8150,53	1343,65	1359,92	3573,71	1183,12	1634,77	2874,42

P = Precipitação; EIRN = Estágio inicial; EMRN = Estágio médio; EARN = Estágio avançado de regeneração natural. * valores da contribuição mensal percentual serrapilheira total produzida nas fases INI, MED e AVA.

**Aporte total incluindo todas as frações da serrapilheira depositada (frações folhas, galhos+cascas, material reprodutivo e miscelânea).

Letras maiúsculas nas linhas comparam o efeito dos estágios sucessionais, e letras minúsculas nas colunas comparam o efeito dos meses dentro da área. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas são iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância (p<0,05).

As frações se comportaram de forma semelhante no que se refere ao maior acúmulo no período seco, o que pode ter influenciado o padrão do acúmulo de serrapilheira total. Contudo, a fração galhos, embora seja reduzida no período chuvoso, mantém valores relativamente altos, como em janeiro no EIRN, em que se teve um acúmulo de 1276 kg ha⁻¹. No EARN, foi 1247 kg ha⁻¹, associado à lenta decomposição e influência da ação dos ventos e do impacto das chuvas.

Os galhos são estruturas maiores e mais lignificadas, apresentam maior dificuldade de decomposição que as folhas, o que faz com que a quantidade desta fração acumulada seja semelhante à quantidade de folhas, mesmo que essas sejam depositadas em maior quantidade (BIANCHIN, 2017).

Quanto à fração material reprodutivo, a menor presença durante o período chuvoso pode estar associada à maior facilidade de decomposição desta fração, apresentando-se em menor quantidade. Pode-se aferir também que a presença de estruturas reprodutivas acumulada no solo seja subestimada devido à dificuldade na identificação, de forma que a estimativa possa estar integrada à fração miscelânea, a qual se apresentou com valores bastante relevantes. Devido se acumular na superfície do solo, com alta umidade do período chuvoso, acelera sua decomposição e dificulta a identificação dos constituintes, aumentando assim, a quantidade da fração na serrapilheira acumulada. Confirmando com Bianchin (2017) que ressaltou que o acúmulo dos órgãos reprodutivos representa os menores valores dentre as frações de serrapilheira, devido principalmente à facilidade de decomposição de parte desse material, especialmente flores e outros órgãos reprodutivos não lignificados, na serrapilheira acumulada, geralmente são encontrados apenas sementes ou frutos mais resistentes à decomposição. O autor ainda observou que a fração miscelânea se acumula expressivamente no período do ano com maiores temperaturas e precipitação, fatores esses que colaboram para maior atividade biológica, atuando na degradação e decomposição da serrapilheira.

Andrade e Amorim (2018), estudando a dinâmica de serrapilheira em ecótono caatinga-cerrado em Oeiras-PI, verificaram a média anual do estoque de serrapilheira foi de 6.069 kg ha⁻¹ ano⁻¹, sendo 2609 kg ha⁻¹ ou 46% da fração de material lenhoso e 3460 kg ha⁻¹ ou 56% da fração não-lenhoso em relação à massa seca total. Os autores observaram que, semelhante ao presente trabalho, os maiores acúmulos destas frações ocorreram na época de estiagem.

4 CONCLUSÕES

A deposição de serrapilheira foi contínua nas três áreas avaliadas e maior no estágio avançado de regeneração natural.

A fração folhas foi predominante em todos os estágios e apresentou maior produção no período de diminuição da precipitação pluvial. As maiores deposições da fração galhos, material reprodutivo e miscelânea ocorreram durante o período chuvoso.

Quanto à serrapilheira acumulada sobre o solo, a fração galhos e folhas foi predominante, o maior acúmulo ocorreu no estágio avançado de regeneração, tendendo a acumular-se mais sobre o solo no período seco.

Na caatinga, melhores avaliações dos efeitos decorrentes da deposição e do acúmulo de serrapilheira são dificultadas devido ao pequeno número de trabalhos, a variação na metodologia de coleta e tempo de avaliação, impedindo estabelecer um padrão para estes processos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, H. A. **Estoque e composição da serapilheira acumulada em função da estrutura da vegetação de caatinga ao longo de um gradiente altitudinal**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2017. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/19226>. Acesso em: 12 Jun. 2019.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeit**, Stuttgart, Alemanha, v.22, n.6, p. 711-728. 2014. Disponível em: http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf. Acesso em: 12 Jun. 2019.
- ANDRADE, A. F.; AMORIM, L. B. Deposição, estoque e decomposição de serapilheira em ecótono caatinga-cerrado em Oeiras, PI. **Revista Somma**, Teresina, v.4, n.2, p.102-114, jul./dez. 2018 ISSN: 2447-701X
- ANTONELI, V.; FRANCISQUINI, V.M. Influência de alguns dados meteorológicos na produção de serrapilheira na FLONA (Floresta Nacional) de Iarati - Paraná. **Ambiência Guarapuava** (PR), v. 10, n.1, p. 267-280, 2014. Disponível em: [10.5935/ambiencia.2014.supl.04](https://doi.org/10.5935/ambiencia.2014.supl.04)
- BARROSO, R. F. **Características morfológicas e carbono orgânico do solo em áreas de caatinga no semiárido da Paraíba**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural – Patos, 2017. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/3649/1/ROBERTO%20FERREIRA%20BARROSO%20-%20DISSERTA%C3%87%C3%83O%20PPGCF%202017.pdf>. Acesso em 10 jun. 2019.
- BAUER, D. et al. Acúmulo de serapilheira em Fragmentos da Floresta Atlântica subtropical. **PESQUISAS, BOTÂNICA** N° 71: 119-130. São Leopoldo: Instituto Anchieta de Pesquisas, 2018.
- BAZI, C. A. **Produção e decomposição de serapilheira em um fragmento urbano de Mata Atlântica**. 2019 Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) - Instituto de Botânica da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, São Paulo, 2019.
- BIANCHIN, J. E. **Dinâmica da serapilheira e atributos microbiológicos do solo em um gradiente altitudinal de floresta atlântica**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná – Curitiba, 2017. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/49082/R%20-%20T%20-%20JONAS%20EDUARDO%20BIANCHIN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CAMARA, R. et al., Relação entre regeneração secundária, solo e serapilheira em uma reserva Biológica no estado do rio de janeiro, Brasil. **Ci. Fl.**, v. 28, n. 2, abr. - jun., 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509832066>
- CASTRO, K. C. **Ciclagem de nutrientes em diferentes condições edafoclimáticas em trecho de Floresta Ombrófila Densa**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo. 2018.

COSTA, C. C. A. *et al.* Análise comparativa da produção de serrapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na flona de Açú-RN. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 2, p. 259-265, 2010. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48815856008>. Acesso em: 20 jun 2019.

COSTA, T. C. C. *et al.* Análise da degradação da Caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.961-974, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13s0/v13s0a20.pdf>. Acesso em: 13 Jun. 2019.

DICKOW, K. M. C. **Ciclagem de Fitomassa e Nutrientes em Sucessão Secundária na Floresta Atlântica, Antonina, PR.** Tese (doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, 2010.

FARIAS, D. T. Serrapilheira em fragmento florestal de caatinga arbustivo-arbórea fechada. **Revista Verde**, v.14, n.2, p.331-337, 2019

FERREIRA, C. D. *et al.* Florística do banco de sementes no solo em diferentes estágios de regeneração natural de Caatinga. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. V.9, n.4, p.562-569, UFRPE, Recife, PE., 2014. disponível em: http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v9i4a4497. Acesso em: 14 jun. 2019.

GODINHO, T. O. *et al.* Quantificação de biomassa e nutrientes na serrapilheira acumulada em trecho de floresta estacional semidecidual submontana, ES. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 1, p. 11-20, jan./mar. 2014

HENRIQUES, Í. G. N. *et al.* Acúmulo, deposição e decomposição de serrapilheira sob a dinâmica vegetacional da Caatinga em Unidade de Conservação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. V. 11, Nº 1, p. 84-89, 2016. Pombal, PB, Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas. Disponível em: DOI: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v11i1.4523>. Acesso em: 12 Jun. 2019.

HOLANDA, A. C. *et al.* Aporte de serrapilheira e nutrientes em uma área de caatinga. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 621-633, Santa Maria, abr.-jun., 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/27747>. Acesso em: 14 Jun. 2019.

JAPIASSÚ, A. *et al.* Dinâmica da formação de serrapilheira e fauna do solo no semiárido paraibano. **INTESA-Informativo Técnico do Semiárido**. (Pombal-PB), v. 12, n. 1, p. 01-14, jan/jun, 2018. Disponível em: <http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/INTESA>. Acesso em: 12 Jun. 2019.

KLIPPEL, V.H. *et al.* Acúmulo de serrapilheira e nutrientes em áreas com diferentes metodologias de restauração florestal. **Comunicata Scientiae**. <https://doi.org/10.14295/cs.v7i2.521>

LIMA, C. L. R.; PILLON, C. N.; LIMA, A. C. R. **Qualidade física do solo: indicadores quantitativos**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 25 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos,196). Disponível em: <https://www.embrapa.br/clima-temperado/busca-de->

publicacoes/-/publicacao/745869/qualidade-fisica-do-solo-indicadores-quantitativos. Acesso em: 09 jun. 2019.

LIMA, C. R. **Parametros ecolofisiologicos de Poincianella pyramidalis (Tul.) L. P. Queiroz e sua relação com a variabilidade temporal das chuvas em áreas do Semiárido paraibano.** 2014. 142 f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/8024>

LIMA, R. P. *et al.* Aporte e Decomposição da Serapilheira na Caatinga no Sul do Piauí. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 1, pág 42-49, 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872015000100042&lng=en&nrm=iso. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.062013>.

LUCENA, M. S. **Fitosociologia e acúmulo de serapilheira em uma área de caatinga submetida a diferentes sistemas silviculturais.** 2017. 154f. (Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Campina Grande. Patos, PB, 2017. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/15678>

MACEDO, I. M. **Dinâmica da caducifolia e composição da serrapilheira de Poincianella pyramidalis (Tul.) L. P. Queiroz em áreas de caatinga sob pastejo caprino.** Tese (doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018.

MACHADO, D. L. *et al.* Ciclagem de nutrientes em diferentes estágios Sucessionais da mata atlântica na bacia do rio paraíba do Sul, RJ. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 31, n. 4, p. 1222-1237, July/Aug 2015.

MATEUS, F. A. *et al.* Estoque e Capacidade de Retenção Hídrica da Serrapilheira Acumulada na Restauração Florestal de Áreas Perturbadas na Mata Atlântica. **FLORAM**, vol.20, n3, p.336-343, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2013.024>

MEDEIROS, W. P. **Ciclagem da serrapilheira e fauna edáfica em áreas de caatinga com diferentes estágios sucessionais.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2015.

MENEZES, C. E. G. *et al.* Aporte e decomposição da serapilheira e produção de biomassa radicular em florestas com diferentes estágios sucessionais em pinheiral, RJ. **Ciênc. Florest.** [online]. 2010, vol.20, n.3, pp.439-452. ISSN 1980-5098. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/198050982059>

MOURA, M. M. S. *et al.* Produção de serapilheira e suas frações em área da Caatinga no Semiárido Tropical. **Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent.** [online]. 2016, vol. 3, n. 5, p. 199-208. ISSN 2359-1412. DOI: 10.21438/rbgas.030509

MOURA, P. M. **Ciclagem de biomassa e nutrientes em estádios sucessionais de caatinga.** Recife, 2010. Tese. 99 folhas. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/9255>

NASCIMENTO, A. F. J. *et al.* Quantificação de serrapilheira em diferentes áreas sob fragmentos do Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3271-3284, Londrina, 2013. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744137013>. Acesso em: 10 Jun. 2019.

PINTO, S.I.C. *et al.* Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de Floresta Estacional Semidecidual na Reserva Mata do Paraíso, em Viçosa, MG **Revista Árvore**, v.32, n.3, p.545-556, 2008.

PRIMO, A. A. **Produção e degradação da serrapilheira de espécies lenhosas da caatinga e sua contribuição na recuperação de áreas degradadas.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral. 2016. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1054030>

SALGADO, E. V. *et al.* Rainfall patterns and the contribution of litter in the caatinga dry tropical forest1. **Rev. Ciênc. Agron.** Fortaleza, v. 46, n. 2, p. 299-309, June 2015 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-66902015000200299&lng=en&nrm=iso>. access on 05 JAN. 2021. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150009>

SANTANA, J. A. S. **Estrutura fitossociológica, produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes em uma área de caatinga no Seridó do Rio Grande do Norte.** Tese Doutorado em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 2005, 184 f.

SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Produção de serrapilheira na Caatinga da região semi-árida do Rio Grande do Norte, Brasil. **Idesia**, v. 29, n. 2, p. 87-94, 2011. Disponível em: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-3429201100020001. Acesso em: 21 abr. 2019.

SILVA, A. C. F. **Produção, acúmulo e decomposição da serrapilheira e repartição da precipitação pluvial por espécies da caatinga.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Macaíba, RN, 2014.

SILVA, N.V. **Aporte de serrapilheira, fenologia da catingueira e dinâmica do CO₂ do solo em áreas da Caatinga no Cariri paraibano.** 2019. TCC (Curso de Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/16546/1/NVS21112019%20-%20MZ287.pdf>

SILVA, V. *et al.* Deposição de serapilheira em uma área de caatinga preservada no semiárido da Paraíba, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável.** 2015. https://www.researchgate.net/publication/282514690_Deposicao_de_serapilheira_em_uma_ar_ea_de_caatinga_preservada_no_semiarido_da_Paraiba_Brasil.

SILVA, W. T. M. *et al.* Deposição de serrapilheira em áreas de Caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó. **Agropecuária Científica no Semiárido (ACSA).** Patos-PB, v.12, n.4, p.383-390, outubro-dezembro, 2016, ISSN: 1808-6845. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/index>. Acesso em: 10 jun. 2019.

SOUTO, P. C. **Acumulação e decomposição da serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de caatinga na Paraíba, Brasil.** 2006.146 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

SOUZA, B. V. *et al.* Avaliação da sazonalidade da deposição de serrapilheira em área de preservação da Caatinga na Paraíba, Brasil. **ACSA**, Patos-PB, v.12, n.3, p.325-331, julho-setembro, 2016, ISSN: 1808-6845

VALENTINI, C. M. A. *et al.* Produção, acúmulo e decomposição de serrapilheira em uma área revegetada do Parque Estadual Massairo Okamura em Mato Grosso. **HOLOS**, [S.l.], v. 5, p. 211-221, nov. 2014. ISSN 1807-1600. Disponível em:
<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1397>

CAPÍTULO II

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA SERRAPILHEIRA DEPOSITADA E ACUMULADA EM ÁREA DE CAATINGA EM DIFERENTES ESTÁGIOS SUCESSIONAIS

RESUMO – A serapilheira é importante na manutenção dos ecossistemas. Através da ciclagem de nutrientes, este trabalho objetivou estimar a concentração de nutrientes na serrapilheira depositada e na acumulada, avaliar a variabilidade estacional dos teores de nutrientes que retornam ao solo pela queda e acúmulo das frações da serrapilheira em três áreas em distintos estágios de regeneração na caatinga, localizadas na Fazenda Cachoeira de São Porfírio, Santa Luzia-PB, inserida no Núcleo de Desertificação do Seridó. As avaliações foram realizadas em áreas com diferentes estágios de regeneração natural: estágio inicial, médio e avançado. Após os procedimentos realizados na avaliação da serapilheira depositada e acumulada, como triagem, fracionamento para realização das análises químicas, o material de cada fração foi agrupado por área (EIRN, EMRN, EARN), período seco (setembro a dezembro/19 e junho a agosto/2020), período chuvoso (janeiro a maio), homogeneizado e moído. Foram retiradas subamostras de aproximadamente 15g e acondicionadas em sacos de papéis devidamente identificados e encaminhados para o Laboratório de Análise Agronômica e Ambiental–FULLIN, em Linhares-ES para obtenção das concentrações dos macronutrientes na serapilheira. Em todas as frações da serapilheira, foram determinados os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. A concentração de todos os elementos na serrapilheira depositada e acumulada no solo foi maior no estágio sucessional mais avançado (EARN). O Nitrogênio, Cálcio e Potássio foram os elementos mais abundantes em todas as frações. A sequência das concentrações dos nutrientes no EIRN e no EARN foi: $N > Ca > K > Mg > P > S$. Já no EMRN: $Ca > N > K > Mg > P > S$. Respectivamente, as folhas e os galhos apresentaram as maiores e as menores concentrações da maioria dos nutrientes, devido ser a parte mais ativa da planta. Ao comparar as concentrações dos macronutrientes na serapilheira depositada e acumulada, percebeu-se diminuição da concentração de todos os nutrientes com exceção do Cálcio. Os teores de macronutrientes foram maiores na época chuvosa, apresentando, assim, uma relação inversa com a produção e acúmulo da serapilheira, que mostrou uma tendência a aumentar no final do período chuvoso e início do seco. A concentração de nutrientes nas folhas e nos galhos foi: $Ca > N > K > Mg > P > S$. Na miscelânea: $Ca > N > K > Mg > P > S$. No material reprodutivo: $N > Ca > K > P > Mg > S$. O Ca foi o nutriente de maior concentração na serrapilheira acumulada. A concentração dos macronutrientes nas frações da serrapilheira acumulada está numa faixa intermediária às obtidas em outras formações florestais e são semelhantes às de outras áreas de caatinga.

Palavras-chave: Concentração de nutrientes. Ciclagem de nutrientes. Sazonal.

CHAPTER II

CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE LITTER DEPOSITED AND ACCUMULATED IN AN AREA OF CAATINGA AT DIFFERENT SUCCESSIONAL STAGES

Abstract- The burlap is important in the maintenance of ecosystems. Through the cycling of nutrients, this work aimed to estimate the concentration of nutrients in the deposited and accumulated burlap, evaluate the seasonal variability of the levels of nutrients that return to the soil through the fall and accumulation of the fractions of the burlap in three areas in different stages of regeneration in the caatinga, located in Fazenda Cachoeira de São Porfírio, Santa Luzia-PB, inserted in the Center of Desertification of the Seridó. The evaluations were done in areas with different stages of natural regeneration: initial, medium and advanced stages. After the procedures carried out in the evaluation of the deposited and accumulated burlap, such as sorting, fractioning for chemical analysis, the material of each fraction was grouped by area (EIRN, EMRN, EARN), dry period (September to December/19 and June to August/2020), rainy period (January to May), homogenized and ground. Sub-samples of approximately 15g were taken and packed in paper bags properly identified and sent to the Agronomic and Environmental Analysis Laboratory-FULLIN, in Linhares-ES to obtain the concentrations of macronutrients in the burlap. In all fractions of the burlap, the levels of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulfur were determined. The concentration of all elements in the litter deposited and accumulated in the soil was higher in the most advanced successional stage (EARN). Nitrogen, calcium and potassium were the most abundant elements in all fractions. The sequence of the concentrations of nutrients in the EIRN and EARN was: $N > Ca > K > Mg > P > S$. On the other hand, in the EMRN: $Ca > N > K > Mg > P > S$. Respectively, the leaves and branches presented the highest and lowest concentrations of most nutrients, due to be the most active part of the plant. When comparing the concentrations of macronutrients in the deposited and accumulated burlap, the concentration of all nutrients except Calcium decreased. The levels of macronutrients were higher in the rainy season, thus showing an inverse relationship with the production and accumulation of burlap, which showed a tendency to increase at the end of the rainy season and beginning of the dry season. The concentration of nutrients in the leaves and branches was: $Ca > N > K > Mg > P > S$. In the mixed litter: $Ca > N > K > Mg > P > S$. In the reproductive material: $N > Ca > K > P > Mg > S$. Ca was the nutrient of greatest concentration in the accumulated litter. The concentration of macronutrients in the fractions of the accumulated burlap is in an intermediate range to those obtained in other forest formations and are similar to those of other areas of caatinga.

Keywords: Nutrient concentration. Nutrient cycling. Seasonal.

1 INTRODUÇÃO

A deposição da serrapilheira pelas espécies florestais é de forma contínua, ocorrendo em maior volume principalmente nos períodos secos, nos ambientes tropicais como uma estratégia para minimizar os efeitos da menor disponibilidade hídrica (VILLA et al., 2016). O estoque e a qualidade desse material variam conforme sua origem, seu solo, sua espécie vegetal do tipo de cobertura florestal, da fase sucessional da floresta e da época de coleta de amostras para avaliação do teor de nutrientes (RIBEIRO et al., 2017).

É através da transferência de nutrientes entre a vegetação e o solo que é possível a sustentabilidade das florestas, e é por isso que esse aporte de nutrientes que ocorre via decomposição de serrapilheira é considerado pelos diversos estudos a principal fonte na manutenção das florestas, garantindo o retorno dos nutrientes ao solo. À medida que os materiais presentes na serrapilheira começam a sofrer o processo de decomposição e mineralização, os nutrientes vão aos poucos sendo incorporados ao solo e posteriormente absorvidos pelas plantas.

A vegetação, ao longo de seu crescimento e desenvolvimento, acrescenta matéria orgânica no solo via deposição de materiais vegetais e através da renovação do sistema radicular, alterando os atributos físicos do solo, a ciclagem de nutrientes e conseqüentemente a fertilidade do solo. Contudo, essa dinâmica decorrente da redistribuição de nutrientes é variável dentro do ecossistema florestal, influenciando nas concentrações de nutrientes na serrapilheira, pois é definida por alguns fatores, como tipo de solo, densidade populacional, vegetação, habilidade de absorção e utilização e redistribuição dos nutrientes e de acordo com a idade das árvores (CUNHA NETO et al., 2013).

É importante considerar também os aspectos qualitativos da serrapilheira, uma vez que resíduos vegetais de baixa qualidade implicarão menor proporção de nutrientes retornados ao solo por esta via (SOUZA et al., 2018).

Através da avaliação dos estoques de biomassa e nutrientes da serrapilheira nos povoamentos florestais, é que se conhece a capacidade de o sistema reservar ou repor nutrientes. É possível verificar a influência do regime hídrico como agente regulador do processo de produção e acúmulo de serrapilheira, contribuindo para o entendimento da estrutura e funcionamento desses ecossistemas. A produtividade de um ecossistema florestal está diretamente ligada à quantidade de nutrientes estocados seja na vegetação, no solo ou na serrapilheira. (BARBOSA et al., 2017).

Diante da importância da serrapilheira na manutenção dos ecossistemas, através da ciclagem de nutrientes, este trabalho objetivou determinar a concentração de macronutrientes

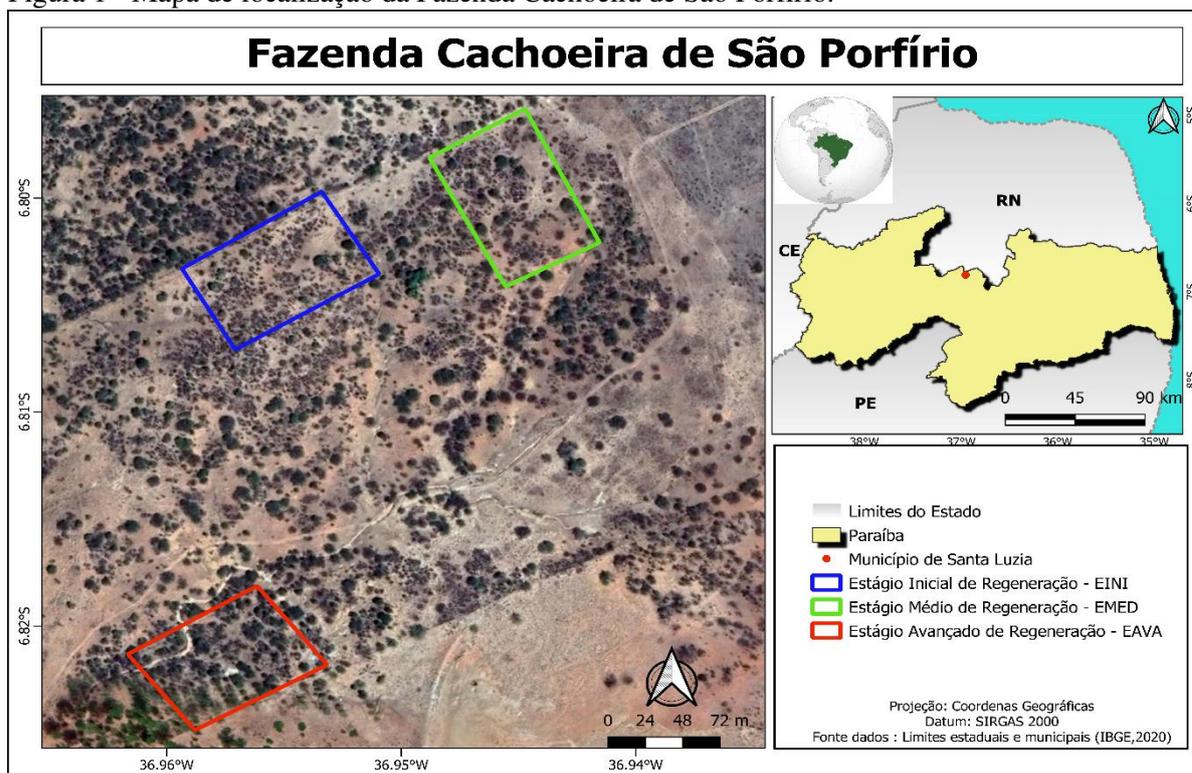
tanto na serapilheira depositada quanto na acumulada, avaliar a variabilidade estacional dos teores de nutrientes que retornam ao solo pela queda e acúmulo das frações da serrapilheira em três áreas de regeneração natural.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização das áreas de estudo

As áreas de estudos ficam localizadas na Fazenda Cachoeira de São Porfírio, situada no município de Santa Luzia-PB, inserida no Núcleo de Desertificação do Seridó, no Núcleo de Desertificação do Seridó, Mesorregião do Sertão Paraibano, nas coordenadas: 06° 46' 19" S e 36° 59' 31" W, com altitude média de 275 m (Figura 1). O clima da região é classificado conforme Alvares et al. (2014), do tipo BSh, semiárido; temperaturas anuais superiores a 25 °C e pluviosidade média anual inferior a 800 mm, com chuvas irregulares (COSTA et al., 2009). Os dados de pluviosidade foram obtidos junto a AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas) da Paraíba.

Figura 1 - Mapa de localização da Fazenda Cachoeira de São Porfírio.



Na figura 2, são mostrados os dados meteorológicos históricos no período de 2010 a 2020 da região. Na Figura 3, são apresentadas as precipitações pluviiais mensais no município de Santa Luzia-PB, de agosto de 2019 a agosto de 2020. As temperaturas médias mensais da região foram obtidas junto ao Banco de Dados Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP/INMET) da Estação Meteorológica de Patos-PB devido ser a mais próxima ao município de Santa Luzia. O período de estudo (2019 a 2020) foi mais chuvoso em relação à série histórica de 10 anos; já a temperatura média foi semelhante.

Figura 2 - Dados climáticos históricos (2010 a 2020) da região. Precipitação (AESA, 2021), temperatura média ((BDMEP/INMET), 2021).

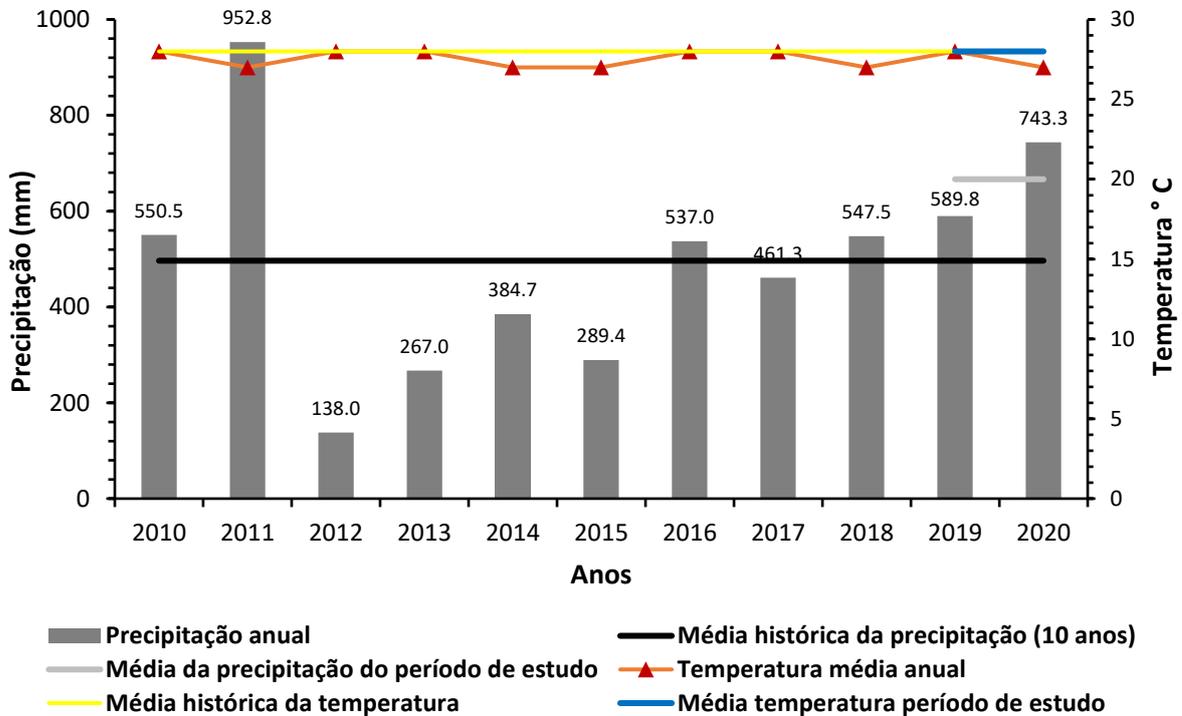
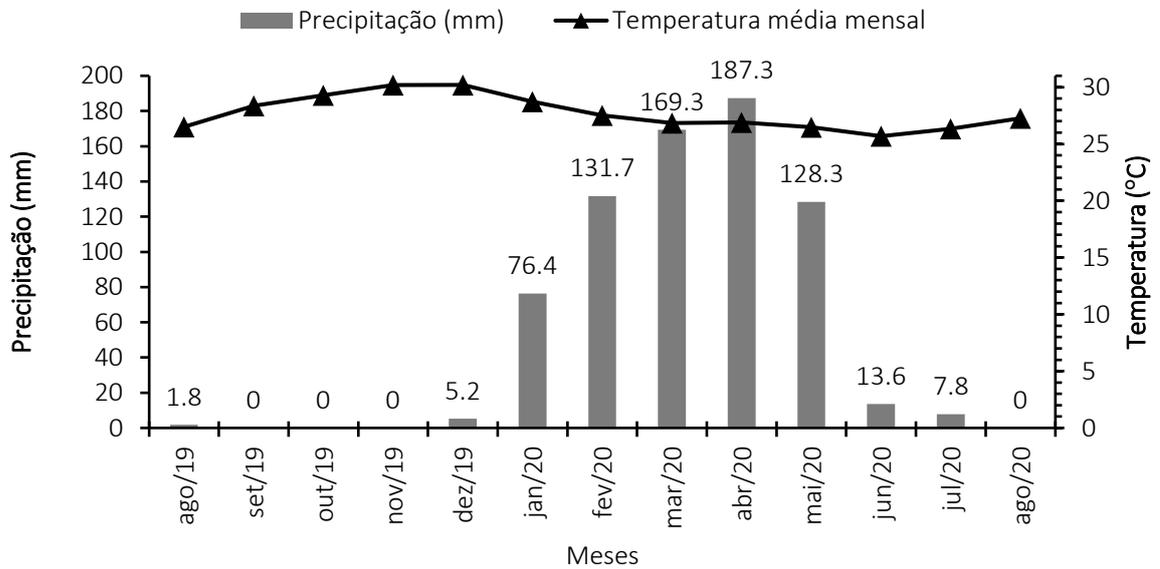


Figura 3 - Precipitação mensal em Santa Luzia – PB (AESA, 2021), temperatura média mensal da região do ano de 2019 a 2020, ((BDMEP/INMET), 2021).



O experimento foi realizado de agosto de 2019 a agosto de 2020. Observou-se que o período chuvoso (com maior pluviosidade) variou de janeiro a maio, seguido de meses mais secos, junho a agosto (mês que se concluiu o período de estudo), mas como típico da região. O período seco se estendeu até dezembro.

A precipitação pluvial média anual na área experimental foi de 666,5 mm. A temperatura média mensal da região atingiu 28° C, segundo dados do BDMEP/INMET (Tabela 1).

Tabela 1 - Médias das variáveis climáticas (Precipitação e temperatura) da série histórica (2010-2020) e do período de estudo (2019 - 2020).

	Ano	Temperatura ° C	Precipitação total anual*(mm)
Média histórica	2010-2020	28	496,5*
Período de estudo	2019-2020	28	666,5
Período seco	ago/19-dez/19 e jun/20-ago/20	28	3,5
Período chuvoso	Jan/20-mai/20	27	138,6

* Média histórica dos totais anuais de precipitação dos 10 (dez) últimos anos na região.

A vegetação é de caatinga em estágio de sucessão devido à intensa exploração no passado para implantação da agricultura, principalmente para a cultura do algodão. Portanto, a área é caracterizada pela ocorrência de florestas secundárias. Para a pesquisa, três áreas foram selecionadas em diferentes fases sucessionais, denominadas fase inicial, fase média e fase avançada.

A caracterização destas áreas foi baseada pelo estudo desenvolvido por Ferreira et al. (2014), baseado na resolução do CONAMA de nº 10 de 01 de outubro de 1993, conforme quadro abaixo, adaptado de Barroso, (2017).

Quadro 1. Histórico resumido das áreas experimentais no Núcleo de Desertificação do Seridó/PB.

Área	Coordenadas	Vegetação	Observações
Estágio Inicial de Regeneração Natural (EIRN)	06°48'24" S 36°57'08" W	Vegetação lenhosa de pequeno diâmetro. Presença de clareiras ocupadas pelo estrato herbáceo.	16 anos
Estágio médio de Regeneração Natural (EMRN)	06°48'22" S 36°57'04" W	Vegetação lenhosa com indivíduos de porte médio e pequeno. Presença de clareiras ocupadas pelo estrato herbáceo.	26 a 31 anos
Estágio Avançado de Regeneração Natural (EARN)	06°48'32" S 36°57'09" W	Vegetação arbórea de grande porte. Presença dos estratos herbáceo e arbustivo.	61 anos

Fonte: Adaptado de BARROSO (2017).

Figura 4 – Aspecto geral da vegetação das áreas em estágio inicial (A), médio (B) e avançado de regeneração natural.



Os solos das áreas, conforme Barroso (2017), são classificados como Neossolo Flúvico Ta Eutrófico Típico (RYe) para a área de estágio inicial e Cambissolo Flúvico Ta Eutrófico Típico (CYe) nas áreas estágio de média e avançada regeneração natural.

O solo de cada área experimental foi caracterizado quimicamente através de uma amostra composta, obtida a partir de 16 amostras simples coletadas aleatoriamente de quatro transectos (quatro amostras por transecto) em cada área, coletadas na profundidade de 0 - 20 cm (Figura 5), totalizando três amostras (uma amostra composta por área); foram coletadas em dois períodos, referentes ao período seco (agosto/2019) e período chuvoso (abril/2020), cujos resultados são mostrados na Tabela 2.

As análises foram encaminhadas ao Laboratório de Análise Agronômica e Ambiental – FULLIN, em Linhares-ES.

Figura 5 - Esquema da amostragem de solo.

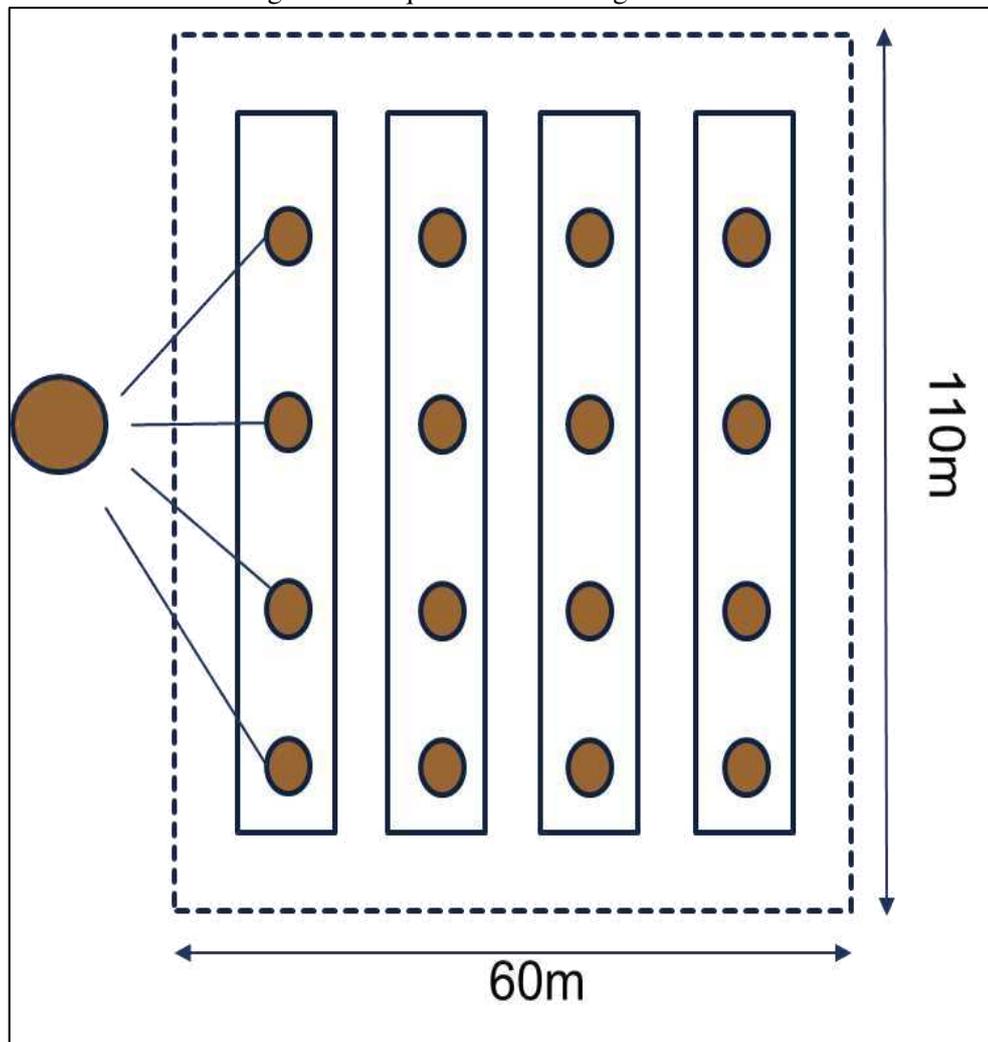


Tabela 2 - Características químicas do solo em cada área, no período seco e chuvoso, em Santa Luzia, PB.

Atributos químicos	Período seco			Período chuvoso		
	Áreas					
	EIRN	EMRN	EARN	EIRN	EMRN	EARN
pH (H ₂ O)	6,1	6,2	6,3	5,1	5,6	5,8
M.O (dag kg ⁻¹)	1,4	1,5	1,7	0,9	0,9	0,8
P (mg dm ⁻³)	7,0	8,0	27	5,0	14	12
K (cmol _c dm ⁻³)	0,33	0,41	0,25	0,17	0,24	0,21
S (mg dm ⁻³)	9,0	7,0	9,0	10	9,0	7,0
Ca (cmol dm ⁻³)	1,5	3,3	3,3	1,1	2,6	2,9
Mg (cmol dm ⁻³)	0,5	0,7	1	0,3	0,6	0,7
Al (cmol dm ⁻³)	-	-	-	0,4	0,1	0
H+Al (cmol dm ⁻³)	1,8	1,6	2	2,8	2,2	1,6
Fe (mg dm ⁻³)	238	78	112	199	77	131
Zn (mg dm ⁻³)	0,9	1,9	1,7	0,5	1,4	1,5
Cu (mg dm ⁻³)	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4
Mn (mg dm ⁻³)	67	153	202	60	104	138
B (mg dm ⁻³)	0,23	0,2	0,25	0,8	0,2	0,29
Na (cmol _c dm ⁻³)	0,02	0,02	0,04	0,02	0,01	0,02
Ca Mg	3,0	4,7	3,3	3,7	4,3	4,1
SB (cmol dm ⁻³)	2,4	4,4	4,6	1,6	3,5	3,8
CTC efetiva (t) (cmol dm ⁻³)	2,4	4,4	4,6	2	3,6	3,8
CTC pH 7,0 (T) (cmol dm ⁻³)	4,2	6	6,6	4,4	5,7	5,4
Saturação de bases %	57	74	70	36	61	71

2.2 Análise química da serrapilheira

O material depositado em cada coletor e acumulado circunscrito pelo gabarito foi coletado mensalmente, de setembro de 2019 a agosto de 2020, levado em sacos plásticos ao laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Campina Grande, em Patos, onde passou por triagem, separado nas frações: folhas (pecíolos e folíolos), material reprodutivo (flores, frutos e sementes), galhos+cascas e miscelânea (materiais de origem vegetal ou animal não identificados) (Figura 6).

Figura 6 - Separação das frações da serrapilheira: folhas (A), material reprodutivo (B), galhos+cascas (C), e miscelânea (D).



Posteriormente, cada fração foi acondicionada em sacos de papel devidamente identificados e levados à estufa a 65°C por 72 horas. Os sacos foram pesados em balança de precisão (0,01 g) para se conhecer a massa de cada fração da serrapilheira depositada.

Após esses procedimentos, para a realização das análises químicas, o material de cada fração foi agrupado por área (EIRN, EMRN, EARN), período seco (setembro a dezembro/19 e junho a agosto/2020), período chuvoso (janeiro a maio), homogeneizado e moído. Foram retiradas subamostras de aproximadamente 15g, e acondicionadas em sacos de papéis devidamente identificados (Figura 7) e encaminhados para o Laboratório de Análise Agronômica e Ambiental – FULLIN, em Linhares-ES.

Figura 7 - Moinho utilizado para trituração das frações da serrapilheira (A) e amostras identificadas para envio ao laboratório (B).



Em todas as frações da serrapilheira, foram determinados os teores de macronutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. Através das determinações químicas, obtiveram-se as concentrações destes elementos na serrapilheira, as quais foram expressas em g kg^{-1} .

2.3 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software Sisvar, versão 5.8. Para avaliar os teores de macronutrientes da serrapilheira aportada e acumulada da fitomassa de cada fração, realizou-se uma ANOVA com as variáveis dependentes (teores dos elementos) e as variáveis independentes (as áreas experimentais, a fração e as épocas do ano). Quando houve efeito significativo, as médias foram submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Macronutrientes na serrapilheira depositada

A concentração dos nutrientes nas diferentes frações da serrapilheira depositada nos diferentes estágios de regeneração está na Tabela 3.

Tabela 3 - Concentração média de macronutrientes (g kg^{-1}) nas diferentes frações da serrapilheira depositada nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.

Nutriente	Frações serrapilheira	EIRN	EMRN	EARN	MÉDIA
		g kg^{-1}			
N	Folhas	12,6	13,8	14,9	13,8 b
	Galhos	-	10,7	12,6	7,8 b
	Miscelânea	30,8	13,8	30,8	25,1 a
	Material reprodutivo	17,3	8,0	17,9	14,4 b
	MÉDIA	15,2 A	11,6 A	19,1 A	
P	Folhas	1,1	1,5	1,4	1,3 a
	Galhos	-	0,8	0,8	0,5 b
	Miscelânea	3,6	2,1	4,3	3,3 a
	Material reprodutivo	2,6	1,1	2,1	1,9 a
	MÉDIA	1,8 A	1,4 A	2,2 A	
K	Folhas	5,0	4,4	5,3	4,9 a
	Galhos	0,0	6,0	3,8	3,2 a
	Miscelânea	5,3	2,8	5,6	4,6 a
	Material reprodutivo	5,6	2,8	8,1	5,5 a
	MÉDIA	4,0 B	4,0 B	5,7 A	
Ca	Folhas	22,0	21,1	21,4	21,5 a
	Galhos	-	21,3	27,5	16,3 a
	Miscelânea	21,5	10,8	14,4	15,6 a
	Material reprodutivo	14,7	5,8	10,9	10,5 b
	MÉDIA	14,6 A	14,8 A	18,6 A	
Mg	Folhas	3,3	2,9	4,7	3,6 a
	Galhos	-	1,8	2,2	1,3 b
	Miscelânea	4,4	2,1	3,3	3,3 a
	Material reprodutivo	3,1	1,3	3,7	2,7 b
	MÉDIA	2,7 A	2,0 A	3,5 A	
S	Folhas	0,5	0,4	5,1	2,0 a
	Galhos	-	0,3	0,3	0,2 b
	Miscelânea	1,5	0,5	1,6	1,2 ab
	Material reprodutivo	0,6	0,2	0,7	0,5 b
	MÉDIA	0,7 AB	0,4 B	1,9 A	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula na coluna são iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o mesmo nutriente.

Percebe-se que os nutrientes que apresentaram diferença estatística entre os estágios de regeneração foram o potássio e enxofre. Já entre as frações foram N, P, Ca, Mg e S.

A fração folhas apresentou a seguinte disponibilidade de nutrientes: $Ca > N > K > Mg > P > S$ no estágio inicial e médio de regeneração natural. No EARN a sequência foi $Ca > N > K > S > Mg > P$. Na fração galhos, no EIRN, não foram realizadas análises químicas devido à insuficiência de material após moagem. No EMRN e EARN, a sequência foi: $Ca > N > K > Mg > P > S$. Os galhos apresentam a menor concentração da maioria dos nutrientes, exceto de Cálcio (Ca), esse foi o elemento de maior concentração na fração galhos. Nas frações miscelânea e material reprodutivo, apresentaram as maiores concentrações de $N > Ca > K > Mg > P > S$, nas três áreas.

O Nitrogênio, cálcio e potássio foram os elementos mais abundantes em todas as frações.

Para os teores de macronutrientes, o EARN apresentou as maiores concentrações. O N, P, K, Mg, e S apresentaram maiores valores na seguinte ordem decrescente: $EARN > EIRN > EMRN$. O Ca obedeceu à ordem decrescente: $EARN > EMRN > EIRN$; no EIRN, o Cálcio apresentou maior teor nas frações miscelânea e material reprodutivo comparado a estas frações nos outros estágios.

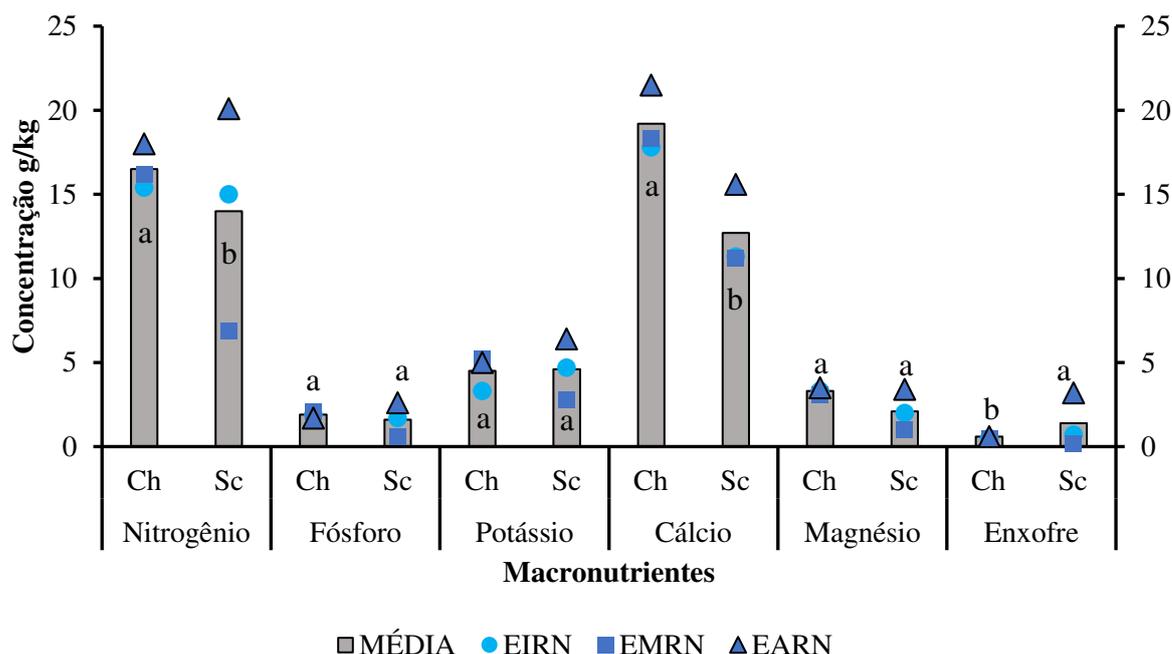
Em Caatinga, Alves et al. (2017) observaram maiores teores de N, P, K, Ca, Mg e S em área preservada quando comparada à área em regeneração. Maior concentração de N em fase de regeneração avançada foi observada por Machado et al. (2015) em áreas de floresta secundária em diferentes estádios sucessionais. De forma geral, é esperado que à medida que ocorra a regeneração, haja um aumento na concentração de N nas frações folhas (SILVEIRA, 2015), esse elemento tem grande relação com matéria orgânica, que pode ter sido favorecida pela fisionomia (RIBEIRO et al., 2017).

Comparando as concentrações apontadas nos dados da tabela 3 com resultados de trabalhos em outras áreas de Caatinga estudadas por Alves et al. (2017), nota-se que os teores de N estão dentro do intervalo registrado pelos autores, 13 e 18 g kg⁻¹. O P também está dentro do intervalo (1,1 a 1,8 g kg⁻¹), sendo superior apenas no EARN (2,2 g kg⁻¹). O mesmo acontece com os teores de K. As concentrações de Ca foram superiores (14,6 – 18,6 g kg⁻¹) comparadas com o intervalo de 6 a 9 g kg⁻¹. Os teores de Mg (2 a 3,5 g kg⁻¹) também foram

superiores ao intervalo de 0,9 a 1,3 g kg⁻¹. Já os teores de S foram cerca três vezes menores que os reportados pelos autores.

A composição química das frações da serrapilheira foi avaliada em amostras compostas por estação do ano. Na figura 8, são apresentadas as concentrações dos macronutrientes no período chuvoso e seco.

Figura 8 - Concentrações de macronutrientes na serrapilheira total produzida, no período chuvoso (Ch) e seco (Sc) nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.



Médias seguidas de mesma letra minúscula são iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o mesmo nutriente.

No geral, o estágio avançado de regeneração natural (EARN) apresentou as maiores concentrações de todos os elementos e nas duas épocas. Os baixos teores de nutrientes na serrapilheira do EIRN podem estar relacionados aos reduzidos teores de nutrientes confirmados pelos resultados da análise química de solo das áreas (Tabela 2).

A sequência das concentrações dos nutrientes no EIRN e no EARN em ordem decrescente apresenta N>Ca> K> Mg> P> S. Esta mesma sequência foi registrada por Schumacher et al. (2018). No estágio médio de regeneração natural (EMRN), obedece à ordem: Ca > N > K > Mg > P > S. Holanda et al. (2017) apontaram que os elementos que estão em maiores concentrações na serrapilheira obedecem à seguinte ordem: Ca > N > K > Mg > P. Machado et al. (2015), estudando áreas de floresta secundária em diferentes estádios sucessionais, notaram que na floresta em estágio avançado seguiu-se a ordem decrescente de

$N > Ca > K > Mg > P$, à medida que, na Floresta, em estágio médio e no estágio inicial a ordem foi de $Ca > N > K > Mg > P$.

Apenas para o N, Ca e S houve efeito significativo para as médias entre as épocas. Para o N e Ca, uma maior concentração foi observada na época chuvosa, o oposto ocorre nas concentrações de S, sendo maior no período seco. Os demais nutrientes se encontraram em maiores quantidades na época chuvosa ($Mg > P$) e os de maior quantidade na época seca ($K > S$).

No geral, a maior quantidade da maioria dos nutrientes ocorre na época chuvosa (N, P, Ca e Mg). Já no período seco, foram de K e S. No EIRN, observou-se esse mesmo padrão. No EMRN, na época chuvosa, ocorreram N, P, K, Ca, Mg e S. No EARN, Ca e Mg na época chuvosa e N, P, K e S na época seca.

Assim, comportamentos diferentes da quantidade de macronutrientes na serapilheira, variando entre as épocas e entre as áreas, também foram observados por Ribeiro et al. (2017) estudando três fisionomias no Cerrado. Os autores notaram que, numa fisionomia, maiores teores de N, Ca, K, S e Mg ocorreram na época seca; em outra, o N foi superior na época chuvosa, ressaltando que a alta concentração desse elemento encontrada em umas das áreas estudadas está relacionada com a matéria orgânica, que é favorecida pela fisionomia com grande heterogeneidade de espécies florestais; em outra fisionomia, o teor de K foi superior na época seca, atribuindo ao fato de que esse elemento tem grande mobilidade, é retranslocado, sendo que na época chuvosa tende a ser mais lixiviado.

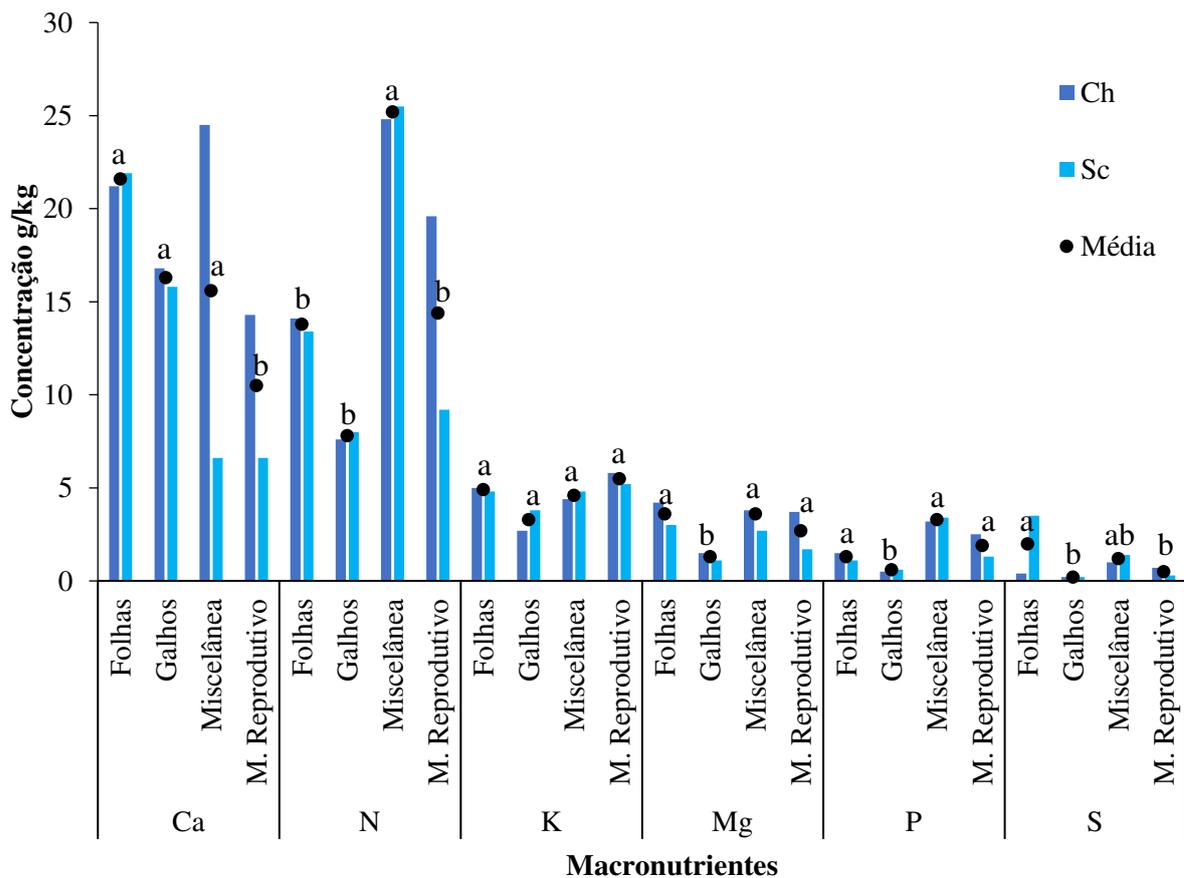
Já a maior quantidade de N encontrada na serapilheira no período seco foi detectada por Alves et al. (2017), explicando que esse fato foi devido à maior deposição e acúmulo de folhas, característica das espécies caducifólias da Caatinga, uma vez que as folhas são ricas em N, corroborando com Silva et al. (2017) que notaram maior concentração de N, P e K nos períodos mais secos. Os autores também apresentaram em seus resultados que as florestas secundárias em estágios iniciais de regeneração proporcionaram as menores concentrações de todos os nutrientes avaliados. Ainda de acordo com estes autores, os maiores teores de K entre a estação chuvosa e estação seca são possíveis devido à maior produção de partes reprodutivas secundárias antigas durante o período de maior precipitação (estação chuvosa), justificando os altos teores de K.

Essa variabilidade, segundo Ribeiro et al. (2017), é explicada pela diferença de composição florística com possibilidade de presença de espécies com demandas nutricionais distintas, resultando em absorção, translocação e deposição ao solo diferenciadas.

Na figura 9, são mostradas as concentrações de macronutrientes nas frações serrapilheira total produzida, no período chuvoso (Ch) e seco (Sc). As concentrações dos nutrientes foram variáveis entre as frações, apresentando diferenças estatísticas para a maioria dos macronutrientes, com exceção do K.

O Ca apresentou maior concentração (comparado aos demais nutrientes), presente em maior quantidade nas folhas, seguida dos galhos miscelânea e material reprodutivo. Para o N e P, a fração miscelânea apresentou maiores teores, seguida do material reprodutivo e das folhas. Já para o K, foi a fração material reprodutivo, seguida das folhas, miscelânea e galhos. Quanto ao Mg, foi encontrado em maior quantidade nas folhas, seguida da miscelânea, material reprodutivo e galhos, o mesmo é observado para o S. Indicando que é nas folhas que fica armazenados mais nutrientes.

Figura 9 - Concentrações de macronutrientes nas frações folhas, galhos, miscelânea e material reprodutivo da serrapilheira produzida, no período chuvoso (Ch) e seco (Sc) na caatinga, Santa Luzia-PB.



Médias seguidas de mesma letra minúscula são iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o mesmo nutriente.

Para a fração folhas, maiores quantidades de N, P, K e Mg ocorreram no período chuvoso. Ca e S ocorreram no período seco. Na fração galhos, ocorreram em época chuvosa os picos de Ca, Mg e S; na seca, foram N, P, K. Na miscelânea, a maioria dos nutrientes ocorreram em maior concentração no período seco (N, P, K, S) e os demais, na época chuvosa. No material reprodutivo, no período chuvoso, ocorreu maior teor de N, Ca, Mg e S, já na seca, P e K.

Altos teores de nutrientes nas folhas, segundo Alves et al. (2017), deve-se ao fato de que a maioria das células vivas se encontram nesse órgão em função dos processos de transpiração e fotossíntese. Os autores relatam maiores quantidades de Ca e N comparado aos demais nutrientes em que o Ca está relacionado principalmente à fração galhos e cascas. Ribeiro et al. (2017) obtiveram o segundo maior teor do elemento Ca na serrapilheira, relacionando esse fato à baixa mobilidade desse nutriente nos tecidos vegetais, uma vez que o cálcio é considerado um elemento fixado nas estruturas, explicando elevados valores encontrados no material aportado (VILLA et al. 2016).

Vários trabalhos mostram que nas folhas estão presentes as maiores concentrações da maioria dos nutrientes. Salvador et al. (2014), avaliando a concentração de nutrientes nas frações da serrapilheira produzida em um povoamento de *Eucalyptus saligna*, observaram maiores teores de N, P, K, Ca e S na fração folhas comparado as demais frações. Altos teores de Ca foram encontrados nos galhos; o Mg foi encontrado em maior quantidade na miscelânea. Esta fração apresentou o Ca como nutriente de maior concentração. Vieira et al. (2013), avaliando os teores de nutrientes nos componentes formadores da biomassa em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus*, obtiveram resultado semelhantes às folhas apresentando as maiores quantidades da maioria dos macronutrientes (N, P, K e S), Ca e Mg nas cascas, corroborando com os resultados de Vogel et al. (2013).

Semelhante aos resultados mostrados na figura 9 para a fração miscelânea, alta concentração de N seguida de Ca, também foi notado por Vieira et al. (2014), possivelmente influenciada pela presença de estruturas reprodutivas ricas em N e Ca.

Quanto ao K e sua maior concentração na fração material reprodutivo, também foi visto por Holanda et al. (2017) e por Camara et al. (2018) na fração miscelânea, sendo que esta era composta por frutos, flores e sementes e material de difícil identificação. Elevados teores de Potássio também presentes nas folhas foram vistos por Salvador et al. (2014); Vieira et al. (2013); e Vieira et al. (2014). O K também é importante na fração não-lenhosa, sendo um nutriente móvel, sua variabilidade tem relação com a variação da precipitação pluvial,

pois é lixiviado quando a água da chuva toca as copas das árvores, depositando esse elemento sobre o solo (ALVES et al., 2017).

Quanto a baixa concentração de P, Mg e S, alguns trabalhos mostram menores teores comparados aos demais nutrientes (RIBEIRO et al., 2017; VILLA et al., 2016; SCHUMACHER et al., 2018;). A baixa concentração de fósforo na serrapilheira está relacionada à grande mobilidade deste elemento na planta, ocorrendo, assim, a translocação do fósforo dos tecidos velhos para os mais novos (TEIXEIRA et al., 2017).

O S encontrado em maior quantidade nas folhas semelhante aos resultados de Vieira et al. (2014) pode ser justificado conforme observado por Alves et al. (2017). O elemento é absorvido principalmente através das folhas diretamente da atmosfera ou pelo sistema radicular quando é depositado no solo pela biomassa vegetal e/ou animal.

É importante expor que Santos (2014) encontrou uma relação inversa entre a produção de serrapilheira e sua concentração de nutrientes, ou seja, quando a queda de material era grande, ele era pobre em nutrientes. E, quando a queda era pequena, a serrapilheira concentrava mais elementos. Assim, nas áreas estudadas, as diferentes concentrações encontradas na serrapilheira podem ter relação com os processos de retranslocação dos elementos antes da abscisão. Desta maneira, nutrientes como o nitrogênio, fósforo e potássio tendem a diminuir de concentração à medida que a produção aumenta, já que são elementos móveis e utilizados em atividades de síntese e formação de novos órgãos. Se observarmos, o mesmo ocorre no presente estudo. No Capítulo 1, é relatada uma maior produção de serrapilheira no período seco e, conforme os resultados apresentados na figura 9, a maior concentração de nutrientes ocorre no período chuvoso, período esse de maior atividade na formação de novos órgãos.

Os diferentes teores de macronutrientes encontrados na serrapilheira têm influência da característica de mobilidade dos elementos na planta, o que torna a ciclagem bioquímica mais expressiva para os elementos que apresentam maior mobilidade na planta (GODINHO et al., 2014).

3.2 Macronutrientes na serrapilheira acumulada

Na tabela 4, são apresentadas as concentrações dos macronutrientes da serrapilheira acumulada e a comparação entre a depositada e acumulada nas três áreas. Observa-se que, com exceção do Ca, todos os nutrientes apresentaram uma diminuição da concentração na serrapilheira depositada para acumulada em todas as áreas. Semelhante ao que ocorreu na tabela 10 do item 3.1, somente K e S apresentaram diferença estatística entre as áreas; já entre

as frações, apenas esse elemento (K) não teve efeito significativo, e o EARN foi a área que apresentou os mais elevados teores da maioria dos nutrientes com exceção do K, pois este se encontrava mais abundante no EIRN. Santos (2014) observou que a área mais preservada de seu estudo possuiu as maiores quantidades da maioria dos nutrientes analisados.

Tabela 4 - Concentração de macronutrientes da serrapilheira depositada e acumulada (frações e total) nas áreas em estágios de regeneração na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.

Nutrientes	Frações	DEPOSITADA				ACUMULADA			
		EIRN	EMRN	EARN	MÉDIA	EIRN	EMRN	EAVA	MÉDIA
		g/kg				g/kg			
N	Folhas	12,6	13,8	14,9	13,8 b	12,8	11,6	13,8	12,7 a
	Galhos	0,0	10,7	12,6	7,8 b	8,9	8,1	10,4	9,2 b
	Miscelânea	30,8	13,8	30,8	25,1 a	13,4	11,6	13,0	12,7 a
	Material reprodutivo	17,3	8,0	17,9	14,4 b	9,7	11,9	13,2	11,6 ab
	MÉDIA	15,2 A	11,6 A	19,1 A		11,2 A	10,8 A	12,6 A	
P	Folhas	1,1	1,5	1,4	1,3 a	0,8	0,9	1,0	0,9 a
	Galhos	0,0	0,8	0,8	0,5 b	0,6	0,7	0,7	0,7 b
	Miscelânea	3,6	2,1	4,3	3,3 a	0,9	0,8	1,1	0,9 a
	Material reprodutivo	2,6	1,1	2,1	1,9 a	1,2	1,0	1,1	1,1 a
	MÉDIA	1,8 A	1,4 A	2,2 A		0,9 A	0,9 A	1,0 A	
K	Folhas	5,0	4,4	5,3	4,9 a	3,9	3,8	3,1	3,6 a
	Galhos	0,0	6,0	3,8	3,2 a	3,1	3,1	2,5	2,9 a
	Miscelânea	5,3	2,8	5,6	4,6 a	3,1	2,5	2,5	2,7 a
	Material reprodutivo	5,6	2,8	8,1	5,5 a	5,0	3,4	2,8	3,8 a
	MÉDIA	4,0 B	4,0 B	5,7 A		3,8 A	3,2 AB	2,7 B	
Ca	Folhas	22,0	21,1	21,4	21,5 a	20,8	23,1	22,7	22,2 a
	Galhos	0,0	21,3	27,5	16,3 a	15,1	15,3	22,1	17,5 a
	Miscelânea	21,5	10,8	14,4	15,6 a	17,4	15,2	18,3	17,0 a
	Material reprodutivo	14,7	5,8	10,9	10,5 b	10,5	7,4	8,6	8,8 b
	MÉDIA	14,6 A	14,8 A	18,6 A		16,0 A	15,3 A	17,9 A	
Mg	Folhas	3,3	2,9	4,7	3,6 a	2,1	2,4	2,7	2,4 a
	Galhos	0,0	1,8	2,2	1,3 b	1,5	1,4	1,6	1,5 b
	Miscelânea	4,4	2,1	3,3	3,3 a	2,5	2,4	2,1	2,3 a
	Material reprodutivo	3,1	1,3	3,7	2,7 b	1,2	1,1	1,6	1,3 b
	MÉDIA	2,7 A	2,0 A	3,5 A		1,8 A	1,0 A	2,0 A	
S	Folhas	0,5	0,4	5,1	2,0 a	0,8	0,4	0,7	0,6 a
	Galhos	0,0	0,3	0,3	0,2 b	0,4	0,3	0,3	0,3 b
	Miscelânea	1,5	0,5	1,6	1,2 ab	0,5	0,4	0,6	0,5 ab
	Material reprodutivo	0,6	0,2	0,7	0,5 b	0,4	0,3	0,4	0,4 b
	MÉDIA	0,7 AB	0,4 AB	1,9 A		0,5 A	0,4 B	0,5 A	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula na coluna são iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o mesmo nutriente.

Alta concentração de K foi encontrada no material reprodutivo (EIRN) e nas folhas (EMRN e EARN). A diminuição do K foi maior na fração galhos (EMRN) de 6 g kg para 3,1 g kg, reforçando a característica de elevada mobilidade e solubilidade do K e estando sujeita à lixiviação em todos os compartimentos do ecossistema (vegetação-serapilheira-solo) (DICKOW, 2010). Conforme também observado pela autora, o Ca aumentou a concentração nas folhas e miscelânea (EMRN e EARN), nos galhos (EIRN) e no material reprodutivo (EMRN); as maiores concentrações estavam na fração folhas da serapilheira das três áreas. As concentrações de Ca aumentaram pelo fato de este ser um elemento estrutural nos tecidos vegetais e por ser mais difícil de ser liberado durante o processo de decomposição. O Mg teve maior teor na miscelânea (EIRN e EMRN) e nas folhas (EARN).

O nitrogênio variou de 8,1 a 13,8 g kg⁻¹, o fósforo entre 0,6 e 1,2 g kg⁻¹, potássio variou no intervalo de 2,5 a 5 g kg⁻¹, enquanto o cálcio esteve na faixa de 7,4 a 23,1 g kg⁻¹ a 35,09 g kg⁻¹, o magnésio no intervalo de 1,1 a 2,7 g kg⁻¹ e o enxofre variou de 0,3 a 0,8 g kg⁻¹. As concentrações dos macronutrientes encontradas na serrapilheira nos três estágios sucessionais foram semelhantes aos valores encontrados por Caldeira et al. (2013), os teores de N e S foram inferiores aos destacados pelos autores (14 a 17 g kg⁻¹ e 0,7 a 1,8 g kg⁻¹, respectivamente), o P, K e Ca foram superiores aos valores de (0,4 a 0,5 g kg⁻¹; 0,5 a 2,6 g kg⁻¹; 10 a 16 g kg⁻¹ respectivamente), e o Mg foram semelhantes.

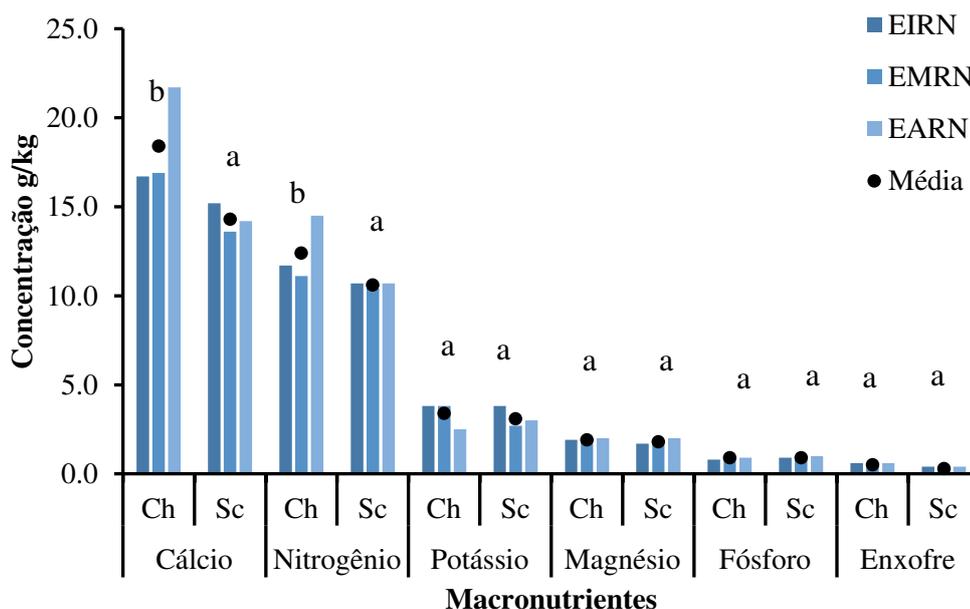
As concentrações de N e P foram semelhantes aos valores de macronutrientes encontrados na serrapilheira acumulada em Floresta Estacional Semidecidual Submontana (GODINHO et al., 2014); os valores de K foram superiores e Mg e S, inferiores.

Nesse aspecto, Vargas et al. (2019) encontraram para a fração folhas os seguintes intervalos: N (13 a 20 g kg⁻¹); P (0,4 a 1 g kg⁻¹); K (1,2 a 2,5 g kg⁻¹); Ca (5 a 12 g kg⁻¹); Mg (2,2 a 4,6 g kg⁻¹). Nos galhos: N (8 a 17 g kg⁻¹); P (0,8 a 1 g kg⁻¹); K (1,3 a 1,6 g kg⁻¹); Ca (6,7 a 11 g kg⁻¹); Mg (4,6 a 7 g kg⁻¹). No Material reprodutivo N (8 a 16 g kg⁻¹); P (0,3 a 0,8 g kg⁻¹); K (1,3 a 2,4 g kg⁻¹); Ca (5 a 11 g kg⁻¹); Mg (2,8 a 4,6 g kg⁻¹). Na miscelânea: N (8 a 17 g kg⁻¹); P (0,5 a 1 g kg⁻¹); K (1 a 2 g kg⁻¹); Ca (5 a 11 g kg⁻¹); Mg (2 a 4 g kg⁻¹). Portanto, a concentração dos macronutrientes nas frações da serrapilheira acumulada está numa faixa intermediária às obtidas em outras formações florestais.

As variações dos teores de nutrientes na serrapilheira acumulada entre áreas podem estar associadas à composição diferenciada das espécies, pois estas apresentam uma capacidade diferenciada de absorver nutrientes do solo, associados a fatores como taxa de crescimento, desenvolvimento do sistema radicular e atividade fisiológica.

Na figura 10, são apresentadas as concentrações dos macronutrientes no período chuvoso e seco na serrapilheira acumulada nos diferentes estágios de regeneração. Entre a estação seca e chuvosa, observou-se que os teores dos nutrientes foram significativos para N e Ca sendo superiores para a estação chuvosa.

Figura 10 - Concentrações de macronutrientes na serrapilheira total acumulada, no período chuvoso (Ch) e seco (Sc) nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.



Médias seguidas de mesma letra minúscula são iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o mesmo nutriente.

Todos os macronutrientes foram superiores na estação chuvosa em todas as áreas. O Mg, P e S foram os que apresentaram menos variação entre as estações e entre as áreas. Os teores de nitrogênio encontrados nos três estágios foram semelhantes entre si no período seco, o que demonstra que as formações florestais na época seca se comportam de forma semelhante quanto ao aporte de nitrogênio no piso florestal. Comportamento semelhante foi encontrado por Caldeiras et al. (2013) em que o nitrogênio não apresentou muita diferença entre as áreas estudadas no período seco. Os autores encontraram teores de N, P e S foram superiores na estação chuvosa, o contrário acontece para K, Ca e Mg, sendo superiores na estação seca.

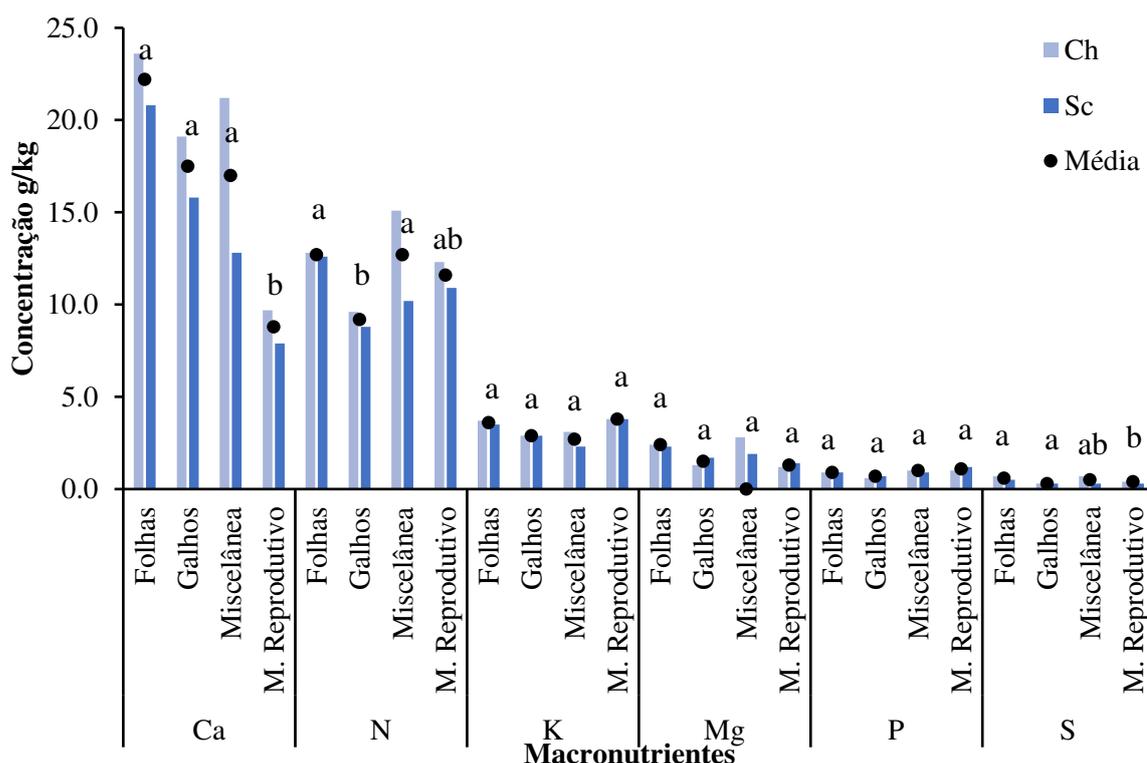
Santos et al. (2019), quantificando os teores de nutrientes da serrapilheira acumulada em diferentes estações do ano, em seus resultados, apontam que para o N, P, Ca e Mg as maiores concentrações ocorreram na estação chuvosa, já o K ocorre na estação seca,

relacionando estas variações às mudanças fisiológicas que acontecem na vegetação quanto ao processo de translocação de nutrientes.

Godinho et al. (2014), quantificando a biomassa e nutrientes na serrapilheira acumulada em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, para o K, observaram os menores teores no período chuvoso e os maiores nos meses de menores precipitações. Já para o Mg, os autores verificaram uma menor variação nos teores, atribuindo os reduzidos teores a processos que ocorrem quando as folhas estão em senescência e quando iniciam a decomposição sobre o solo (GODINHO et al., 2014).

Na figura 11, estão apresentados os teores de macronutrientes entre as frações da serrapilheira acumulada, entre as estações chuvosa (Ch) e seca (Sc).

Figura 11 - Concentrações de macronutrientes nas frações folhas, galhos, miscelânea e material reprodutivo da serrapilheira acumulada, no período chuvoso (Ch) e seco (Sc), no município de Santa Luzia-PB.



Médias seguidas de mesma letra minúscula são iguais entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para o mesmo nutriente.

De modo geral, as concentrações de nutrientes na serrapilheira acumulada seguiram a seguinte ordem decrescente: Ca > N > K > Mg > P > S. A sequência está próxima da observada por Godinho et al. (2014): Ca > N > K > Mg > S > P. Já Vargas et al. (2013) apresentaram a seguinte tendência: N > Ca > Mg > K > P.

Na comparação do teor de nutrientes entre as frações da serapilheira, apenas o N, Ca e S diferem significativamente.

Já na fração folhas, os teores de N, K, Ca, Mg e S foram maiores na estação chuvosa, os de P foram iguais nas duas épocas. Obteve-se a sequência de teores de nutrientes: $Ca > N > K > Mg > P < S$. Nos galhos, N, P, Ca ocorreram em mais altas concentrações na estação chuvosa, já Mg e K na estação seca, e S não houve diferença entre as épocas. A sequência dos macronutrientes: $Ca > N > K > Mg > P < S$. Na Miscelânea: todos os macronutrientes ocorreram em maior quantidade na estação chuvosa e a sequência dos macronutrientes: $Ca > N > K > Mg > P < S$. No material reprodutivo: N, Ca e S na estação chuvosa; P e Mg na estação seca. O potássio não apresentou diferença entre as estações. A ordem decrescente de macronutrientes: $N > Ca > K > P < Mg > S$.

Percebe-se que o Cálcio foi o nutriente de maior concentração se comparado aos demais nutrientes. A segunda maior concentração de macronutrientes encontrada na serapilheira acumulada foi de nitrogênio (N). Estes resultados concordam com Godinho et al. (2014), que apontam que o Ca, pelo fato de ser um elemento estrutural das células vegetal, é um dos últimos a ser liberado para o solo via decomposição da serapilheira. Carvalho et al. (2019), caracterizando o estoque de nutrientes na serrapilheira acumulada em quatro tipos de vegetação no Cerrado, também observaram que o Cálcio foi o elemento encontrado em maiores quantidade em duas de quatro áreas por eles estudadas (Área de preservação permanente e povoamento de *Eucalyptus*).

A maior concentração de Ca foi encontrada na fração folhas, seguido da miscelânea, galhos e material reprodutivo. Altas concentrações de nitrogênio ocorreram nas folhas, seguido da miscelânea, material reprodutivo e galhos. A quantidade de potássio nas frações seguiu a ordem decrescente: material reprodutivo > folhas > galhos > miscelânea. De magnésio: folhas > galhos > material reprodutivo > miscelânea. O fósforo: material reprodutivo > miscelânea > folhas > galhos. O enxofre seguiu a ordem: folhas > miscelânea > material reprodutivo > galhos.

Conforme Vargas et al. (2019), os teores de N, P e Mg foram mais elevados nas folhas. Os teores de Ca foram superiores nas cascas. Já o potássio mostrou-se em menores quantidades nas folhas. Em seu estudo, assim como também nos dados da figura 11, o P mostrou-se em menores quantidades entre os macronutrientes.

Entre as frações, Carvalho et al. (2019) mostraram em seus resultados que o maior teor de N ocorreu nas folhas/acículas quando comparado às demais frações da serapilheira. O teor de P foi maior no material reprodutivo e miscelânea, semelhante ao relatado neste trabalho.

Mesmo que em menores quantidades nas frações da serrapilheira acumulada, o P é um elemento fundamental para a fotossíntese na planta.

Em áreas de Caatinga, a serrapilheira é responsável por armazenar valores bem maiores do que na biomassa aérea, possibilitando que os nutrientes fiquem acumulados na serrapilheira por mais tempo devido a condições que retardam a decomposição e impedem consequentemente a disponibilização desses nutrientes para as plantas (ALVES et al., 2017), pois à medida que as folhas, os galhos e as raízes vão sendo adicionados à serrapilheira e são decompostos, ocorre liberação desses nutrientes ao solo, melhora a fertilidade e, consequentemente, disponibilização para as plantas (GODINHO et al., 2014; VIEIRA et al., 2014). Esta ciclagem de nutrientes no sistema solo-planta-solo é fundamental para os ecossistemas, principalmente quando este é formado no solo bastante raso, restringindo a ocupação radicular à camada superficial (SCHUMACHER, 2018). Essas concepções explicam os principais meios de sustentabilidade dos ambientes vegetais.

4 CONCLUSÕES

A concentração da maioria dos elementos na serrapilheira depositada e acumulada no solo foram maiores no estágio de regeneração avançado (EARN).

O Nitrogênio, Calcio e Potássio foram os elementos mais abundantes em todas as frações.

A sequência das disponibilidades dos nutrientes no EIRN e no EARN foi: $N > Ca > K > Mg > P > S$. Já no EMRN: $Ca > N > K > Mg > P > S$.

Respectivamente, as folhas e os galhos apresentaram as maiores e as menores concentrações da maioria dos nutrientes.

Ao comparar as concentrações dos macronutrientes na serapilheira depositada e acumulada, percebeu-se diminuição da concentração de todos os nutrientes com exceção do Cálcio.

Os teores de macronutrientes foram maiores na época chuvosa, apresentando, assim, uma relação inversa com a produção e o acúmulo da serapilheira, que mostraram uma tendência a aumentar no final do período chuvoso e início do seco.

A disponibilidade da concentração de nutrientes nas folhas e nos galhos foi: $Ca > N > K > Mg > P > S$. Na miscelânea: $Ca > N > K > Mg > P > S$. No material reprodutivo: $N > Ca > K > P > Mg > S$.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. R. *et al.* Nutrientes na biomassa aérea e na serapilheira em áreas de Caatinga em Floresta, PE. **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v. 37, n. 92, p. 413-420, out./dez. 2017. Disponível em: doi: 10.4336/2017.pfb.37.92.1060.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. *MeteorologischeZeit*, Stuttgart, Alemanha, v.22, n.6, p. 711-728. 2014. Disponível em: http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf. Acesso em: 12 Jun. 2019.L
- BARBOSA, V. *et al.* Biomassa, carbono e nitrogênio na serapilheira acumulada de florestas plantadas e nativa. **Floresta e Ambiente**, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.024315>
- BARROSO, R. F. **Características morfológicas e carbono orgânico do solo em áreas de caatinga no semiárido da Paraíba. 2017.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural – Patos, 2017. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/3649/1/ROBERTO%20FERREIRA%20BARROSO%20-%20DISSERTA%C3%87%C3%83O%20PPGCF%202017.pdf>. Acesso em 10 jun. 2019.
- CALDEIRA, M. V. W. *et al.* Biomassa e nutrientes da serapilheira em diferentes coberturas florestais. **Comunicata Scientiae**, 2013.
- CALDEIRA, M. V. W. *et al.* Serapilheira e nutrientes acumulados sobre o solo em plantios de leguminosas e em área restaurada com espécies nativas da Floresta Atlântica. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 7, n. 2, p. 961-971, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.34062/afs.v7i2.8310>
- CAMARA, R. *et al.* Relação entre sucessão secundária, solo e serapilheira em uma reserva biológica no estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 674-686, 2018. Disponível em: DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509832066>
- CARVALHO, H. C. S. *et al.* Estoque de nutrientes na serapilheira acumulada em quatro tipos de vegetação no cerrado em goiás, Brasil. **Ecologia e Nutrição Florestal/Ecology and Forest Nutrition**, Santa Maria-RS, v.7, e06, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/2316980X37296>
- COSTA, T. C. C. *et al.* Análise da degradação da Caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.961-974, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13s0/v13s0a20.pdf>. Acesso em: 13 Jun. 2019.
- CUNHA NETO, F. V. Acúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 379-387, 2013.
- DICKOW, K. M. C. **Ciclagem de Fitomassa e Nutrientes em Sucessão Secundária na Floresta Atlântica, Antonina, PR.** Tese (doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, 2010.

- FERREIRA, C. D.; SOUTO, P. C.; LUCENA, D. S.; SALES, F. C. V.; SOUTO, J. S. Florística do banco de sementes no solo em diferentes estágios de regeneração natural de Caatinga. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. V.9, n.4, p.562-569, UFRPE, Recife, PE,.2014. disponível em: http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v9i4a4497. Acesso em: 14 jun. 2019.
- GODINHO, T. O. *et al.* Quantificação de biomassa e nutrientes na serapilheira acumulada em trecho de floresta estacional semidecidual submontana, ES. **Cerne, Lavras**, v. 20, n. 1, p. 11-20, jan./mar. 2014.
- HOLANDA, A. C. *et al.* Aporte de serapilheira e nutrientes em uma área de caatinga. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 621-633, abr.-jun., 2017.
- MACHADO, D. L. *et al.* Ciclagem de nutrientes em diferentes estágios sucessionais da Mata Atlântica na bacia do Rio Paraíba do Sul, RJ. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 31, n. 4, p. 1222-1237, 2015
- RIBEIRO, F. P. *et al.* Conteúdo de nutrientes na serapilheira em três fisionomias do cerrado do Distrito Federal. **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v. 37, n. 92, p. 465-473, out./dez. 2017. Disponível em: doi: 10.4336/2017.pfb.37.92.1312
- SALVADOR, S. M. *et al.* Produção de serapilheira e devolução de macronutrientes em um povoamento de *Eucalytus saligna* (F. Muell). **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria-RS, v.2, n.2, p.52-62, mai./ago., 2014.
- SANTOS, A. R. **Produção, estoque e nutrientes da serapilheira em Floresta Ombrófila Densa do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga**. Dissertação (Mestrado) -- Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 237p. 2014.
- SANTOS, G. L. *et al.* Ciclagem de nutrientes em diferentes condições topográficas em Floresta Estacionl Semidecidual, Pinheiral-RJ. **Ci. Fl., Santa Maria**, v. 29, n. 4, p. 1737-1747, 2019. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509826880>
- SCHUMACHER, M. V. *et al.* Aporte de serrapilheira e nutrientes em uma floresta estacional decidual na região central do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 532-541, 2018. Disponível em: DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509832036>
- SILVA, W. B. *et al.* Composição de nutrientes na serapilheira em diferentes coberturas florestais no estado do Pará, Norte do Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 17; n. 1, 2019.
- Silveira, F. M. **Ciclagem de nutrientes em estágios sucessionais da floresta ombrófila densa do Paraná**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. 142 f. 2015.
- SOUZA, M. S. *et al.* Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de pastagens tropicais. **PUBVET**, v.12, n.5, a91, p.1-9, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.22256/pubvet.v12n5a91.1-9>

TEIXEIRA, P. R. *et al.* Variação temporal de macronutrientes na serapilheira sob plantios de híbridos de *Eucalyptus*, Aliança do Tocantins – TOCANTINS. **Revista desafios**, v. 04, n. 04. 2017. DOI: <https://doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2017v4n4p102>

VARGAS, G R. *et al.* Dinâmica da acumulação de fitomassa e nutrientes na serapilheira sob plantios clonais de Eucalipto. **Nativa, Sinop**, v. 7, n. 1, p. 84-93, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i1.6767>

VIEIRA, M. *et al.* Biomassa e nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*, em Eldorado do sul -RS. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria-RS, v.1, n.1, p.1-13, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.13086/2316-980x.v01n01a01>

VIEIRA, M. *et al.* Deposição de serapilheira e nutrientes em plantio de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus*. **Floresta e Ambiente**, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.053913>

VILLA, E. B. *et al.* Aporte de serrapilheira e Nutrientes em área de restauração florestal com diferentes espaçamentos de plantio. **Floresta e Ambiente**, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.067513>

VOGEL, H. L. M. *et al.* Biomassa e macronutrientes de uma floresta estacional decidual em Itaara-RS, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.1, 99-105, 2013.

CAPÍTULO III

MESOFAUNA E MACROFAUNA EDÁFICA EM DIFERENTES ESTÁGIOS SUCESSIONAIS NA CAATINGA, SANTA LUZIA-PB.

RESUMO – Com o objetivo de caracterizar a abundância e a diversidade de grupos da comunidade da fauna edáfica, como também a distribuição sazonal, sua interação com os fatores abióticos (temperatura, umidade e atributos químicos do solo) e quantificar a biomassa dos grupos da macrofauna em diferentes estágios sucessionais na Caatinga, denominadas Estágio inicial (EIRN), média (EMRN) e avançada (EARN), em cada área para avaliação da macrofauna edáfica, foram instaladas 8 armadilhas do tipo “Provid”, que foram introduzidas e permaneceram no solo por quatro dias (96 h), de forma que as bordas inferiores das aberturas ficassem ao nível da superfície do solo. Após esse período, as armadilhas foram recolhidas, e o conteúdo de cada armadilha foi transferido para uma peneira, sendo os organismos lavados em água corrente para retirada de partículas de solo. Posteriormente realizou-se a contagem para determinação do número de indivíduos e identificação dos organismos em nível de ordem. Em seguida, foram colocados em recipiente contendo álcool a 70%. Para determinar a biomassa úmida em álcool, os organismos separados em ordens foram pesados em balança analítica, após serem enxutos em papel absorvente. Foram feitas comparações entre os meses e as áreas avaliadas utilizando os índices de diversidade de Shannon (H) e índice de equitabilidade de Pielou (e). Também foi avaliada a temperatura do solo na superfície e a 15,0 cm de profundidade, com auxílio de termômetro digital. E determinação do conteúdo de água no solo. O estágio inicial foi o que apresentou maior número de indivíduos da meso e macrofauna, contudo, para mesofauna apresentou juntamente com o estágio médio de regeneração os menores índices de Shannon e Pielou. A abundância e a riqueza de grupos dos organismos da mesofauna variaram pouco em função da época chuvosa e seca. Já os da macrofauna foram mais expressivos na época seca. O estágio avançado apresentou mais diversidade e equabilidade pelo maior índice de Shannon e Pielou. O oposto foi observado quanto ao comportamento da macrofauna, sendo que o maior índice de diversidade foi registrado no estágio médio de regeneração e o menor no estágio avançado, pois registrou maior dominância dos grupos Hymenoptera, Araneae, Orthoptera, e menor equabilidade. Quanto à biomassa da macrofauna, em todos os estágios, Hymenoptera foi o grupo que apresentou as maiores biomassas, representando em média cerca de 40% da biomassa total. E o estágio médio de regeneração apresentou a maior biomassa da macrofauna. Alguns atributos químicos do solo tiveram correlação positiva e negativa entre os grupos da meso e macrofauna, mas, no geral, as correlações foram fracas. Em condições semiáridas ainda são necessárias pesquisas quanto à fauna edáfica, por isso se sugere a continuidade de estudos dessa natureza para estimular a conservação dos solos, garantindo a manutenção dos organismos fundamentais na reabilitação da funcionalidade do solo.

Palavras-chave: Acarina. Hymenoptera. Bioindicadores.

CHAPTER III

EDAPHIC MESOFAUNA AND MACROFAUNA AT DIFFERENT SUCCESSIONAL STAGES IN THE CAATINGA, SANTA LUZIA-PB.

Abstract- In order to characterize the abundance and diversity of edaphic fauna community groups, as well as the seasonal distribution, its interaction with abiotic factors (temperature, humidity and soil chemical attributes) and to quantify the biomass of macrofauna groups in different successional stages in the Caatinga, denominated Early stage (EIRN), Middle stage (EIRN) and Advanced stage (EARN), in each area for evaluation of edaphic macrofauna, 8 "Provid" type traps were installed, which were introduced and remained in the soil for four days (96 h), so that the lower edges of the openings were at the soil surface level. After this period, the traps were collected, and the content of each trap was transferred to a sieve, and the organisms were washed under running water to remove soil particles. The organisms were then counted to determine the number of individuals and to identify the organisms in order level. They were then placed in a container containing 70% alcohol. To determine the wet biomass in alcohol, the organisms separated into orders were weighed on analytical scales, after being wiped with absorbent paper. Comparisons were made between the months and the areas evaluated using Shannon's diversity index (H) and Pielou's equitability index (e). The soil temperature at the surface and at 15.0 cm depth was also evaluated using a digital thermometer. Soil water content was also determined. The initial stage showed the highest number of individuals of meso and macrofauna, however, for mesofauna presented together with the average stage of regeneration the lowest indexes of Shannon and Pielou. The abundance and richness of groups of mesofauna organisms varied little depending on the rainy and dry seasons. The macrofauna, on the other hand, were more expressive in the dry season. The advanced stage showed more diversity and equability by the highest Shannon and Pielou indices. The opposite was observed regarding the behavior of the macrofauna, with the highest diversity index being registered in the middle stage of regeneration and the lowest in the advanced stage, as it registered greater dominance of the groups Hymenoptera, Araneae, Orthoptera, and lower equability. As for the biomass of macrofauna, in all stages, Hymenoptera was the group that showed the highest biomass, representing on average about 40% of the total biomass. The average regeneration stage presented the highest biomass of macrofauna. Some soil chemical attributes had positive and negative correlations between meso and macrofauna groups, but overall, the correlations were weak. In semi-arid conditions, research on edaphic fauna is still necessary. Therefore, the continuity of studies of this nature is suggested in order to stimulate the conservation of soils, guaranteeing the maintenance of organisms that are fundamental for the rehabilitation of soil functionality.

Keywords: Acarina. Hymenoptera. Bioindicators.

1 INTRODUÇÃO

A degradação ambiental que tem como uma das principais consequências o empobrecimento do solo, intensificada pelas próprias condições ambientais particulares de cada região, é bastante intensa no semiárido brasileiro, onde significativa porção da vegetação é fonte de subsistência para as populações a partir da exploração dos seus recursos naturais, desde o desmatamento até a pecuária extensiva. Para reverter ou auxiliar o processo de recuperação de uma área, um mecanismo muito utilizado é a indução ou permissão da regeneração natural da vegetação através do isolamento da área.

Durante a regeneração da vegetação, ocorre a diferenciação nas formações vegetais que vão se sucedendo, determinando a composição das espécies. O processo de regeneração é influenciado por diversos fatores, tanto bióticos como abióticos e próprios de cada ambiente, que permitirão a recuperação, a longo prazo, do ecossistema, restabelecendo a complexidade da dinâmica do sistema solo-planta, contribuindo positivamente para a ciclagem de nutrientes. Para se avaliar a recuperação ambiental a partir do compartimento solo, são utilizados alguns indicadores de qualidade.

Segundo Baretta et al. (2011), os indicadores ambientais devem ser atributos que possam ser quantificados e responder a mudanças ocorridas no ambiente em questão, como é o caso dos bioindicadores ou indicadores biológicos. Os autores definem que bioindicadores são espécies, grupos de espécies ou comunidades biológicas cuja presença ou ausência, abundância e condições nos mostram determinada condição ambiental como grau de equilíbrio e perturbação; os autores ressaltam que a meso e a macrofauna do solo têm sido bastante utilizadas com esse propósito, pois são de fácil aplicação (catação manual ou armadilhas).

Os organismos da mesofauna possuem tamanho corporal entre 0,2 e 2,0 mm (ALMEIDA et al., 2013), são fundamentais na decomposição de material vegetal, na ciclagem de nutrientes e na regulação dos processos biológicos do solo (BERUDE et al., 2015); já os da macrofauna do solo são responsáveis por funções como construção de ninhos, galerias e transporte de materiais do solo (ALVES et al., 2014).

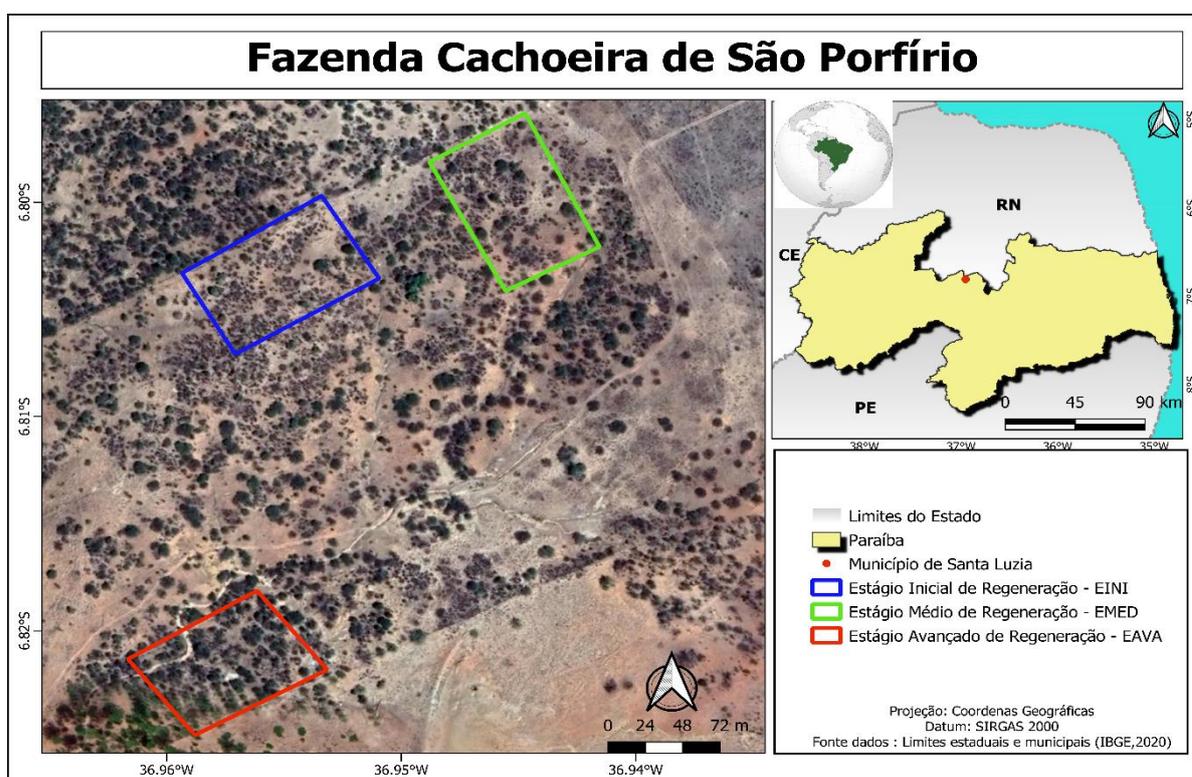
As mudanças que ocorrem durante o processo sucessional, em especial as relacionadas à complexidade estrutural da vegetação e ao incremento de biomassa, podem influenciar na dinâmica da fauna edáfica (MACHADO et al., 2015). Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar a abundância e diversidade de grupos da comunidade da fauna edáfica, como também a distribuição sazonal, sua interação com os fatores: precipitação

pluvial, temperatura, conteúdo de água no solo, atributos químicos do solo; e quantificar a biomassa dos grupos da macrofauna em diferentes estágios sucessionais na Caatinga.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

As áreas de estudos ficam localizadas na Fazenda Cachoeira de São Porfírio, situada no município de Santa Luzia-PB, inserida no Núcleo de Desertificação do Seridó, Mesorregião do Sertão Paraibano, nas coordenadas: 06° 46' 19" S e 36° 59' 31" W, com altitude média de 275 m (Figura 1). O clima da região é classificado conforme Alvares et al. (2014), do tipo BSh, semiárido; temperaturas anuais superiores a 25 °C e pluviosidade média anual inferior a 800 mm, com chuvas irregulares (COSTA et al., 2009). Os dados de pluviosidade foram obtidos junto a AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas) da Figura 1 - Mapa de localização.



Na figura 2, são mostrados os dados meteorológicos históricos no período de 2010 a 2020 da região. Na Figura 3, são apresentadas as precipitações pluviiais mensais no município de Santa Luzia-PB, de agosto de 2019 a agosto de 2020. As temperaturas médias mensais da região foram obtidas junto ao Banco de Dados Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP/INMET), da Estação Meteorológica de Patos-PB, devido ser a mais próxima do município de Santa Luzia. O período de estudo (2019 a 2020) foi mais chuvoso em relação à série histórica de 10 anos, já a temperatura média foi semelhante.

Figura 2 - Dados climáticos históricos (2010 a 2020) da região. Precipitação (AESA, 2021), temperatura média ((BDMEP/INMET), 2021).

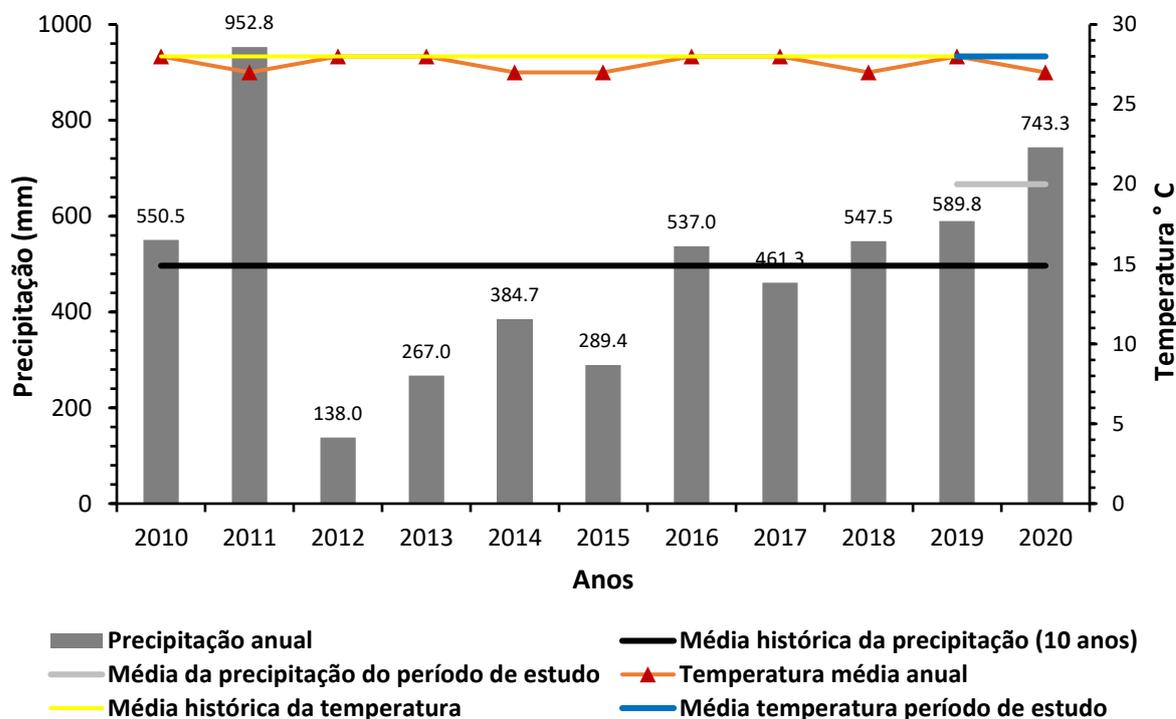
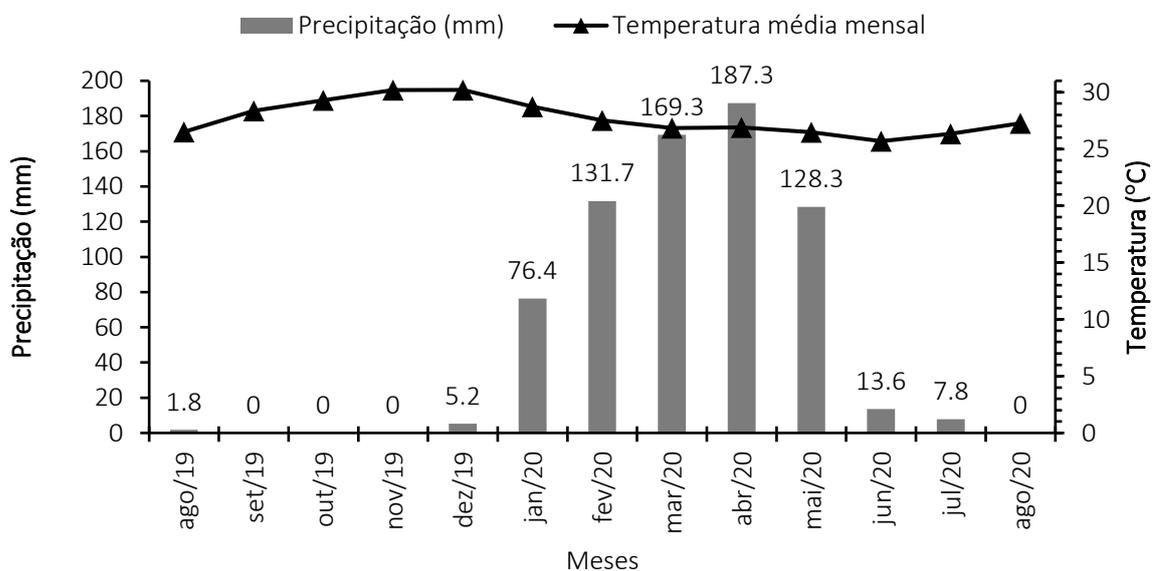


Figura 3 - Precipitação mensal em Santa Luzia – PB (AESA, 2021), temperatura média mensal da região do ano de 2019 a 2020, ((BDMEP/INMET), 2021).



O experimento foi realizado de agosto de 2019 a agosto de 2020. Observou-se que o período chuvoso (com maior pluviosidade) variou de janeiro a maio, seguido de meses mais secos, junho a agosto (mês que se concluiu o período de estudo), mas, como típico da região, o período seco se estendeu até dezembro.

A precipitação pluvial média anual na área experimental foi de 666,5 mm. A temperatura média mensal da região atingiu 28° C, segundo dados do BDMEP/INMET (Tabela 1).

Tabela 1 - Médias das variáveis climáticas (Precipitação e temperatura) da série histórica (2010-2020) e do período de estudo (2019 - 2020).

	Ano	Temperatura ° C	Precipitação total anual*(mm)
Média histórica	2010-2020	28	496,5*
Período de estudo	2019-2020	28	666,5
Período seco	ago/19-dez/19 e jun/20-ago/20	28	3,5
Período chuvoso	Jan/20-mai/20	27	138,6

* Média histórica dos totais anuais de precipitação dos 10 (dez) últimos anos na região.

A vegetação é de caatinga em estágio de sucessão devido à intensa exploração no passado para implantação da agricultura, principalmente, para a cultura do algodão. Portanto, a área é caracterizada pela ocorrência de florestas secundárias. Para a pesquisa, três áreas foram selecionadas em diferentes fases sucessionais, denominadas fase inicial, fase média e fase avançada.

A caracterização destas áreas foi baseada pelo estudo desenvolvido por Ferreira et al. (2014), baseado na resolução do CONAMA de nº 10 de 01 de outubro de 1993, conforme quadro abaixo, adaptado de Barroso, (2017).

Quadro 1. Histórico resumido das áreas experimentais no Núcleo de Desertificação do Seridó/PB.

Área	Coordenadas	Vegetação	Observações
Estágio Inicial de Regeneração Natural (EIRN)	06°48'24" S 36°57'08" W	Vegetação lenhosa de pequeno diâmetro. Presença de clareiras ocupadas pelo estrato herbáceo.	16 anos
Estágio médio de Regeneração Natural (EMRN)	06°48'22" S 36°57'04" W	Vegetação lenhosa com indivíduos de porte médio e pequeno. Presença de clareiras ocupadas pelo estrato herbáceo.	26 a 31 anos
Estágio Avançado de Regeneração Natural (EARN)	06°48'32" S 36°57'09" W	Vegetação arbórea de grande porte. Presença dos estratos herbáceo e arbustivo.	61 anos

Fonte: Adaptado de BARROSO (2017).

Figura 4 – Aspecto geral da vegetação das áreas em estágio inicial (A), médio (B) e avançado de regeneração natural.



Os solos das áreas, conforme Barroso (2017), são classificados como Neossolo Flúvico Ta Eutrófico Típico (RYe) para a área de estágio inicial e Cambissolo Flúvico Ta Eutrófico Típico (CYe) nas áreas estágio de média e avançada regeneração natural.

O solo de cada área experimental foi caracterizado quimicamente através de uma amostra composta, obtida a partir de 16 amostras simples coletadas aleatoriamente de quatro transectos (quatro amostras por transecto) em cada área, coletadas na profundidade de 0 - 20 cm (Figura 5), totalizando três amostras (uma amostra composta por área). Foram coletadas em dois períodos referentes ao período seco (agosto/2019) e período chuvoso (abril/2020), cujos resultados são mostrados na Tabela 2.

As análises foram encaminhadas ao Laboratório de Análise Agronômica e Ambiental – FULLIN, em Linhares-ES.

Figura 5 - Esquema da amostragem de solo.

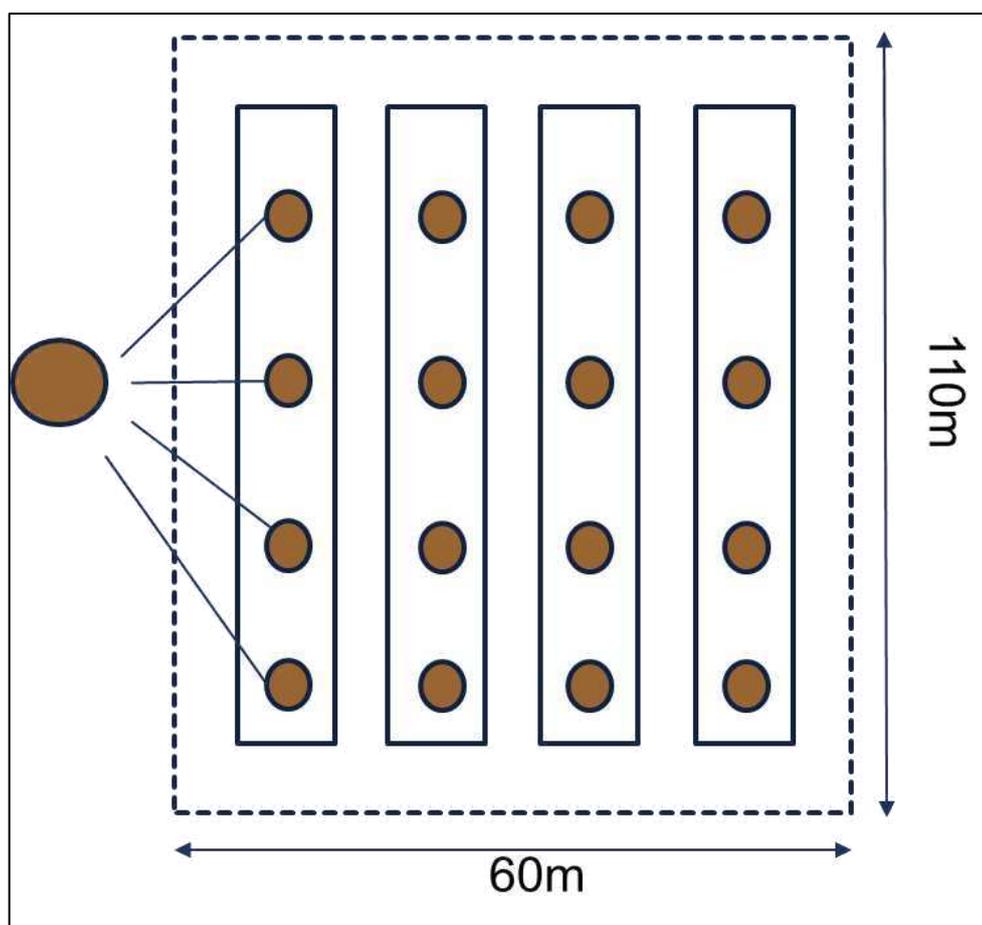


Tabela 2 - Características químicas do solo em cada área, no período seco e chuvoso, em Santa Luzia, PB.

Atributos químicos	Período seco			Período chuvoso		
	Áreas					
	EIRN	EMRN	EARN	EIRN	EMRN	EARN
pH (H ₂ O)	6,1	6,2	6,3	5,1	5,6	5,8
M.O (dag kg ⁻¹)	1,4	1,5	1,7	0,9	0,9	0,8
P (mg dm ⁻³)	7,0	8,0	27	5,0	14	12
K (cmol _c dm ⁻³)	0,33	0,41	0,25	0,17	0,24	0,21
S (mg dm ⁻³)	9,0	7,0	9,0	10	9,0	7,0
Ca (cmol dm ⁻³)	1,5	3,3	3,3	1,1	2,6	2,9
Mg (cmol dm ⁻³)	0,5	0,7	1	0,3	0,6	0,7
Al (cmol dm ⁻³)	-	-	-	0,4	0,1	0
H+Al (cmol dm ⁻³)	1,8	1,6	2	2,8	2,2	1,6
Fe (mg dm ⁻³)	238	78	112	199	77	131
Zn (mg dm ⁻³)	0,9	1,9	1,7	0,5	1,4	1,5
Cu (mg dm ⁻³)	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4
Mn (mg dm ⁻³)	67	153	202	60	104	138
B (mg dm ⁻³)	0,23	0,2	0,25	0,8	0,2	0,29
Na (cmol _c dm ⁻³)	0,02	0,02	0,04	0,02	0,01	0,02
Ca Mg	3,0	4,7	3,3	3,7	4,3	4,1
SB (cmol dm ⁻³)	2,4	4,4	4,6	1,6	3,5	3,8
CTC efetiva (t) (cmol dm ⁻³)	2,4	4,4	4,6	2	3,6	3,8
CTC pH 7,0 (T) (cmol dm ⁻³)	4,2	6	6,6	4,4	5,7	5,4
Saturação de bases %	57	74	70	36	61	71

2.2 Avaliação da mesofauna e macrofauna edáfica

Para avaliação mensal da mesofauna do solo, de agosto 2019 a setembro 2020, foram retiradas 8 amostras em cada área com o auxílio de anéis metálicos com dimensões de 5 cm de diâmetro e 5 cm de altura). Os anéis eram introduzidos no solo a partir de golpes em uma tábua sobreposta ao anel até que fosse preenchido completamente. Para a sua retirada do solo, utilizou-se uma espátula inserida lateralmente; em seguida, as amostras eram envolvidas em plástico do tipo pvc para evitar o desprendimento do solo e conseqüentemente a perda dos organismos. As amostras ficaram devidamente identificadas e acondicionadas em caixa de isopor para reduzir a perda de umidade, protegendo-as do calor (Figura 6). Quando o solo estava seco, era umedecido antes da inserção dos anéis, para que o solo não se desprendesse.

Para a extração da mesofauna, as amostras permaneceram por 96h no extrator do tipo Berlese - Tullgren modificado em lâmpadas de 25 W (Figura 7A). Neste equipamento, o calor produzido pelas lâmpadas provocaram a secagem do solo de cima para baixo, desfavorecendo a presença dos organismos, que acabavam migrando para camadas mais profundas do solo da

amostra, caindo nos funis e direcionados para os frascos receptores, contendo solução conservante de álcool 70%, adequadamente identificados.

Após o período de extração, a solução, contendo os organismos de cada frasco, era transferida para placas de Petri, sendo feita em seguida a identificação dos organismos ao nível de ordem com auxílio de Microscópio estereoscópio (Figura 7 B).

Figura 6 - Anel metálico utilizado na coleta de solo+serapilheira para estimativa da mesofauna (A); amostras envolvidas em filme tipo PVC para serem transportadas ao Laboratório (B) e para extração da mesofauna (B).



Figura 7 - Extração da mesofauna do solo utilizando equipamento de Berlese-Tullgren modificado (A); identificação dos organismos com auxílio de Microscópio estereoscópio binocular (B).



A coleta dos organismos da macrofauna do solo foi realizada mensalmente, de agosto 2019 a setembro 2020, com auxílio de armadilhas do tipo Provid adaptadas (ANTONIOLLI et al., 2006), distribuídas aleatoriamente oito armadilhas em cada área, feitas em garrafa PET, com 2,0 L de capacidade e quatro aberturas de 2,0 cm realizadas a uma altura de aproximadamente de 12 cm da base permitindo a entrada dos indivíduos da macrofauna. Estas armadilhas foram introduzidas no solo de forma que as bordas inferiores das aberturas ficassem ao nível da superfície do solo (Figura 8).

Figura 8 - Armadilha utilizada na coleta de organismo da macrofauna do solo.



Para a conservação dos organismos, no interior das armadilhas, continha cerca de 200 ml de solução de detergente neutro a 15%, com 5 gotas de formol a 2%, uma vez que as armadilhas permaneceram no campo por quatro dias (96 h).

Após esse período, as armadilhas foram recolhidas e levadas ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da Universidade Federal de Campina Grande/CSTR. O conteúdo de cada armadilha foi transferido para uma peneira, sendo os organismos lavados em água corrente para retirada de partículas de solo. Posteriormente, realizou-se a contagem para

determinação do número de indivíduos e identificação dos organismos em nível de ordem através de literatura específica e posteriormente foram colocados em recipiente contendo álcool a 70%.

Para determinar a biomassa úmida em álcool, os organismos separados em ordens foram pesados em balança analítica (após enxutos em papel absorvente) (Figura 9).

Figura 9 - Determinação da biomassa úmida em álcool da macrofauna edáfica.



A diversidade da macrofauna edáfica também foi expressa pela abundância relativa dos principais grupos taxonômicos, utilizando a densidade média de cada grupo e transformando-os em porcentagem. Foi mensurado o número total de indivíduos (abundância) e feitas as comparações nos meses avaliados utilizando os seguintes índices de biodiversidade: Índice de diversidade de Shannon e índice de equitabilidade de Pielou (e).

- O índice de diversidade de Shannon (H) foi definido por:

$$H = -\sum p_i \cdot \log p_i \quad (1)$$

Onde $p_i = n_i/N$; n_i = densidade de cada grupo; $N = \sum$ da densidade de todos os grupos.

Esse índice assume valores que podem variar de 0 a 5, sendo que o declínio de seus valores é o resultado de uma maior dominância de grupos em detrimento de outros (Begon et al., 1996).

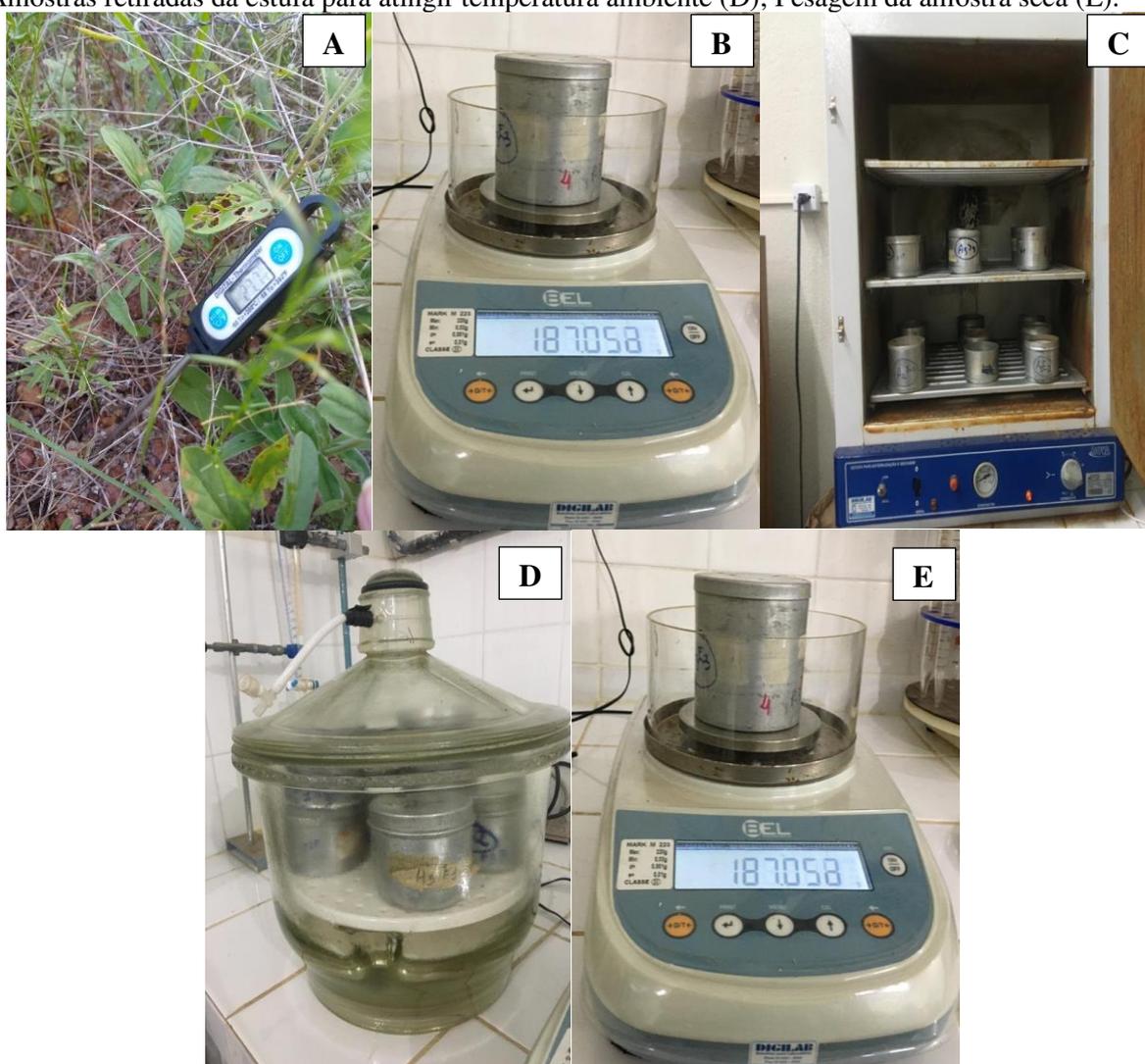
- O Índice de Uniformidade de Pielou é um índice de equitabilidade, sendo definido por:

$$e=H/\log S \quad (2)$$

Onde H=índice de Shannon; S = Número de espécies ou grupos.

Mensalmente, nas três áreas estudadas, também foi avaliada a temperatura do solo na superfície e a 20,0 cm de profundidade com auxílio de termômetro digital. E ainda foram retiradas, com auxílio de latas de alumínio de peso conhecido, quatro amostras de solos na superfície e quatro amostras a 20 cm de profundidade, totalizando 8 amostras para determinação do conteúdo de água no solo. Após coletadas as amostras, as latas foram pesadas, levadas à estufa a uma temperatura de 105 °C durante um período de 24 horas. Após retiradas da estufa, aguardou-se atingir a temperatura ambiente e novamente foram pesadas (FIGURA 10).

Figura 10 - Termômetro utilizado para aferição da temperatura do solo (A); Pesagem em balança analítica da amostra de solo coletadas em lata de alumínio (B); amostras levadas para estufa (C); Amostras retiradas da estufa para atingir temperatura ambiente (D); Pesagem da amostra seca (E).



Determinou-se o conteúdo de água no solo (CAS) de acordo com a equação:

$$\text{CAS} = \frac{\text{Mu}-\text{Ms}}{\text{Mu}} \times 100 \quad (6)$$

Em que, CAS = Conteúdo de água do solo (%);

Pu = Massa do solo úmido (g);

Ps = Massa do solo seco (g).

2.3 Delineamento Estatístico

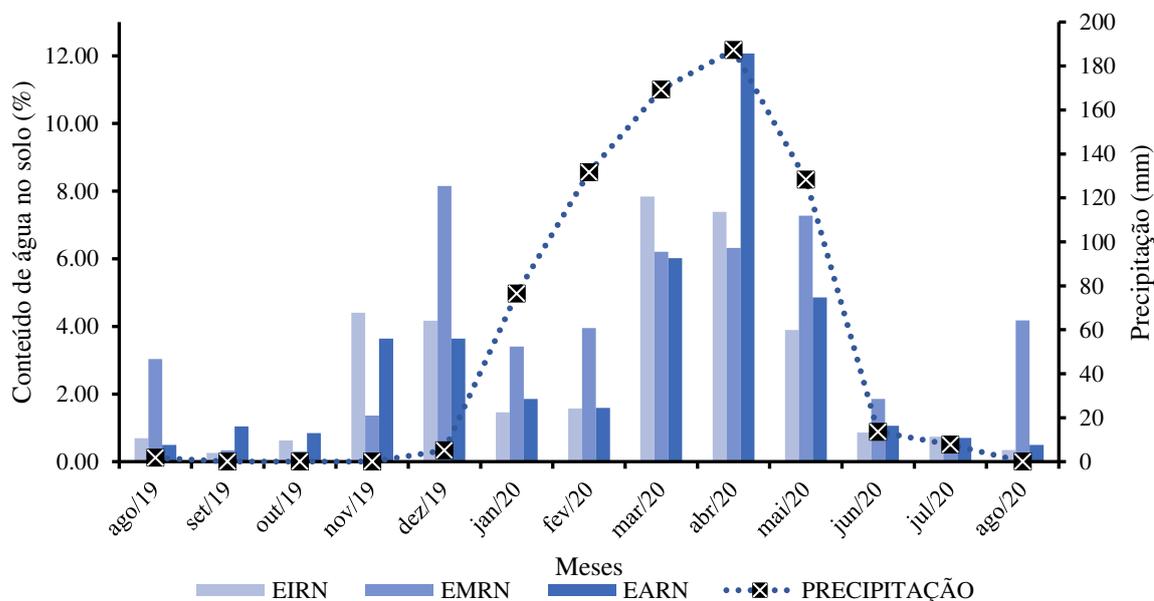
Para análise dos dados de temperatura e conteúdo de água no solo, este foi submetido à análise de variância para avaliação dos efeitos dos tratamentos. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o software Sisvar, versão 5.8. As variáveis dependentes foram a temperatura do solo e o conteúdo de água no solo; as variáveis independentes foram as áreas experimentais, as profundidades e os meses de avaliação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Conteúdo de água no solo (CAS) e Temperatura do solo (TS)

Quanto ao conteúdo de água no solo, verifica-se que varia em função da pluviosidade local. Obteve-se maior percentual durante os meses de maior precipitação pluvial, março, abril e maio com 169, 187 e 128 mm, respectivamente, influenciando a elevação do conteúdo de água nesses períodos. E, no geral, a área em estágio médio de regeneração apresentou maior conteúdo de água no solo (Figura 11), embora que, na análise de variância da analisada ao nível de 5% de significância ($p < 0,05$), não revelou interação significativa entre os estágios sucessionais e entre os meses.

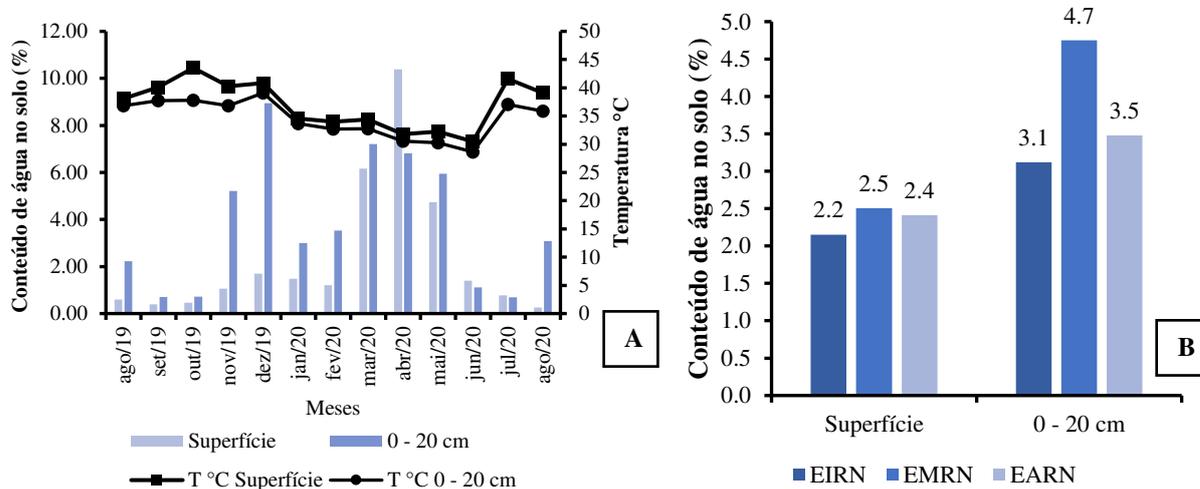
Figura 11 - Valores médios do conteúdo de água no solo (%) em função da pluviosidade, de agosto de 2019 a agosto de 2020, nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural na caatinga, município de Santa Luzia-PB.



Na figura 12 A, mostra-se o conteúdo de água em função da temperatura do solo tanto em superfície quanto na profundidade a 20 cm. Observa-se que, durante os maiores índices de pluviosidade, houve queda na temperatura do solo e elevado conteúdo de água; inversamente isso ocorre nos períodos de estiagem, com maiores temperaturas do solo e menores conteúdos de água. O mesmo comportamento se repete se compararmos as profundidades e as temperaturas. Enquanto a temperatura na superfície do solo se mantém sempre mais alta, o CAS permanece baixo; já na profundidade de 0 – 20 cm, a temperatura é mais amena e maior é o conteúdo de água no solo. Em todas as áreas, observou-se que, na superfície, mantiveram-se baixos teores de água em função da facilidade de evaporação, principalmente em solos

desprotegidos de cobertura vegetal, como ocorreu no EIRN, que apresentou os mais baixos valores de CAS na superfície e a 20 cm (Figura 12 B).

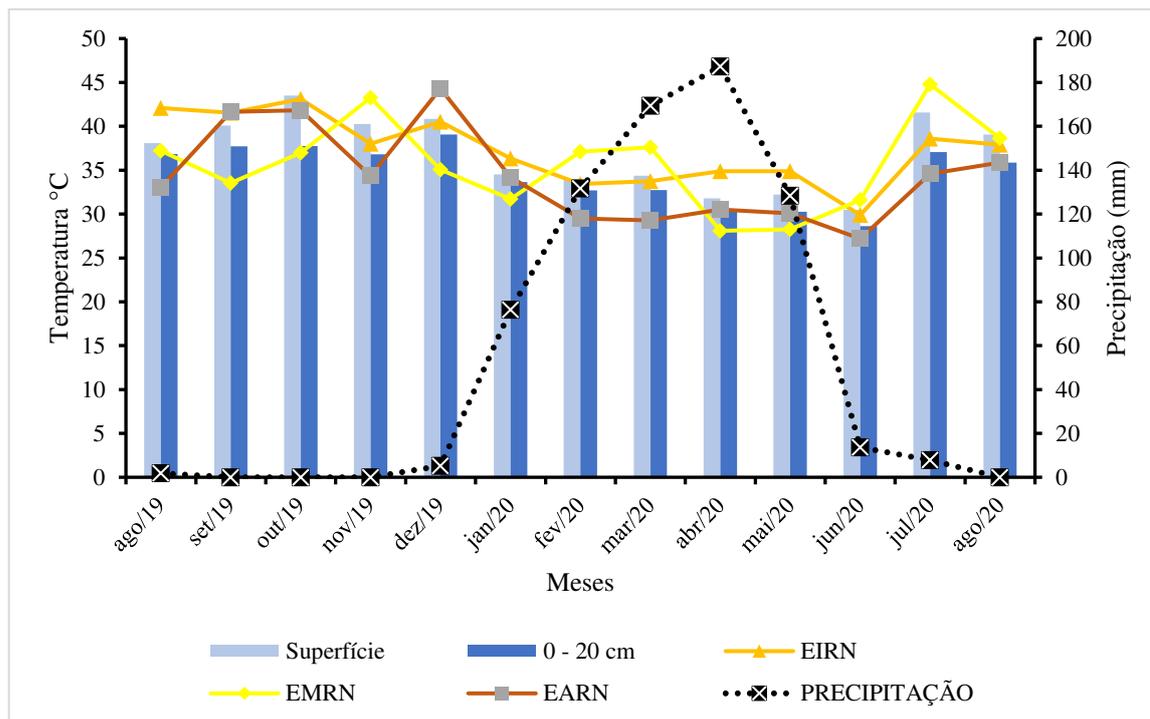
Figura 12 - Conteúdo de água no solo (%) nas diferentes profundidades (superfície e de 0 – 20 cm) (A) em função da temperatura do solo (TS); e durante os meses avaliados (agosto/2019 a agosto/2020) (B), nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN).



Carneiro et al. (2014) ressaltam que em todo experimento que envolve determinação da temperatura do solo a umidade é de grande importância, uma vez que a presença de água afeta o fluxo de calor no solo.

Na figura 13, são apresentados os dados da temperatura do solo na superfície e a 20 cm de profundidade durante os meses de estudo. A análise de variância da temperatura do solo analisada ao nível de 5% de significância ($p < 0,05$) não revelou interação significativa entre as profundidades, os meses e as áreas de estudo. No entanto, observa-se que as temperaturas do solo variaram em função destes parâmetros avaliados.

Figura 13 - Temperatura média do solo (°C) nas diferentes profundidades (superfície e de 0 -20 cm) e durante os meses avaliados (agosto/2019 a agosto/2020), nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.

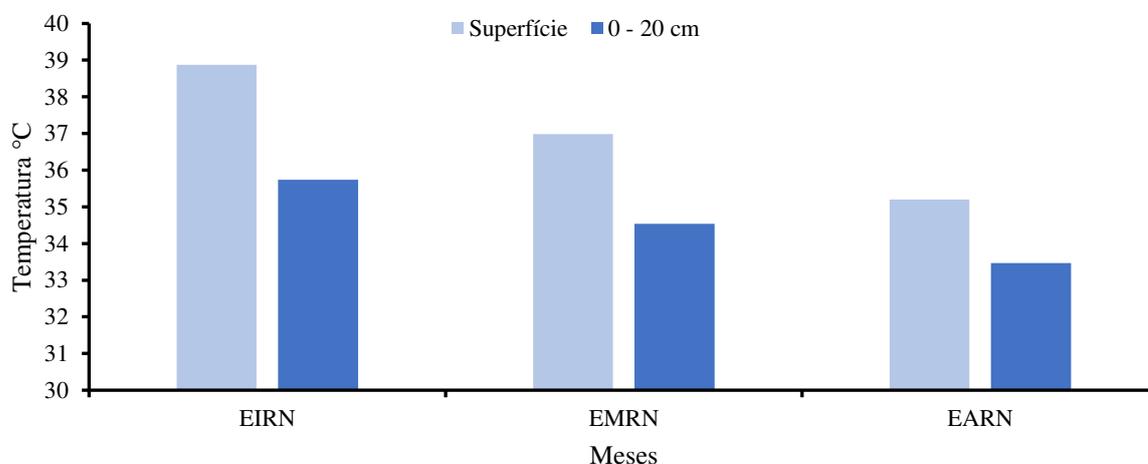


Durante o período seco, no EIRN, a temperatura do solo, independentemente da profundidade, variou de 38 a 42,1 °C; 31,6 a 44,7 °C no EMRN e 27,2 a 44,3 °C no EARN; a TS média para estas áreas no período seco foi de 38,9, 37,8 e 36,5 °C, respectivamente. No período chuvoso, a variação ficou entre 33,4 a 36,8 °C no EIRN, 28 a 37,1 °C no EMRN e 29,2 a 34,1 °C no EARN; e a TS média 34,6; 32,5 e 30,7 °C.

O período seco apresentou uma amplitude térmica maior em relação ao chuvoso, comportamento também observado por Carneiro et al. (2014) estudando a variabilidade da temperatura do solo em função da liteira. Os autores notaram ainda que, com a presença de liteira, o solo apresenta uma variação maior da TS entre as profundidades mais próximas da superfície em relação ao solo sem liteira, evidenciando ainda mais que o efeito de proteção do solo é fornecido mais pela liteira e vegetação de sub-bosque do que mesmo pelas copas das árvores, pois estas promovem propriedade isolante dificultando a troca de energia entre solo-atmosfera.

No geral, para o estágio avançado de regeneração (EARN), observaram-se menores TS; os baixos valores de TS foram observadas a 20 cm de profundidade, independentemente das áreas estudadas. Já as maiores TS foram observadas no EIRN (Figura 14). Esse comportamento evidencia a influência da insuficiente cobertura vegetal da área no início da dinâmica sussecional, com maior exposição do solo à radiação solar, uma vez que a presença de maior cobertura vegetal contribui para uma maior deposição de resíduos na superfície do solo, que protegem o solo de excessivo aquecimento e perdas de água.

Figura 14 - Temperatura do solo (TS) nas diferentes profundidades (superfície e de 0 – 20 cm) nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.



3.2 Mesofauna

Observa-se, na Tabela 3, o total de indivíduos da mesofauna encontrados nas áreas avaliadas durante o período experimental. Foram 203 indivíduos no EIRN, 153 no EMRN, 162 no EARN, distribuídos nos meses de estudo. Nota-se um predomínio do grupo Díptera nas três áreas (47,3%, 61,4% e 57,4%), seguido do grupo Hymenoptera (22,7, 16,3 e 11,7%), e Ácarina com 13,8, 9,2 e 14,8%, este último no estágio mais avançado de regeneração representou a segunda maior frequência relativa.

Tabela 3 - Densidade e frequência relativa (%) de indivíduos da mesofauna coletados durante 13 meses nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.

Grupos	EIRN		EMRN		EARN	
	Ni	FR %	Ni	FR %	Ni	FR %
Ácarina	28	13,8	14	9,2	24	14,8
Blattodea	0	0	0	0	1	0,6
Coleoptera	16	7,9	4	2,6	3	1,9
Collembola	5	2,5	1	0,7	9	5,6
Diptera	96	47,3	94	61,4	93	57,4
Hemiptera	9	4,4	4	2,6	11	6,8
Hymenoptera	46	22,7	25	16,3	19	11,7
Orthoptera	2	1,0	9	5,9	1	0,6
Thysanura	1	0,5	2	1,3	1	0,6
Total de indivíduos (N)	203	100%	153	100%	162	100%
Riqueza de grupos (S)	8		8		9	

A riqueza (número de grupos) apresentou pouca variação entre as áreas, tendo sido verificados, no EIRN e EMRN, (8 grupos) e, no EARN, (9 grupos). O maior número de

organismos foi verificado na área em estágio inicial. Dias et al. (2019) observaram maior abundância de organismos em área alterada em comparação com área preservada.

A abundância dos organismos resultantes neste trabalho foi inferior aos encontrados em outros trabalhos em áreas de Caatinga. Santos et al. (2016) quantificaram um total 1.011 indivíduos, distribuídos em 16 grupos taxonômicos. Os autores ressaltaram que essas diferenças podem ocorrer conforme variam a cobertura vegetal, o nível de conservação da área e a metodologia de captura dos organismos. Contudo, os resultados foram superiores aos 83 organismos da mesofauna edáfica quantificados por Santos et al. (2017) em um remanescente de caatinga em Alagoas. Já Medeiros (2015), nas mesmas áreas de estudo, observou menores números de indivíduos da mesofauna, distribuídos em apenas dois grupos (Acarina e Collembola), sendo 40 indivíduos no estágio inicial (EIRN), 51 no estágio médio e 68 no avançado. Se compararmos estes dois grupos aos resultados encontrados neste trabalho, observaremos que o estudo supracitado apresentou maior representação desses grupos, uma vez que observou o avanço das três fases sucessionais 25, 39 e 46 ácaros e 15, 12 e 22 Collembolas, comparados a 28, 14 e 24 ácaros e 5, 1 e 9 Collembolas encontrados neste trabalho.

A maior abundância correspondeu ao grupo Díptera, Hymenoptera e Acarina, diferente da maioria dos trabalhos realizados sobre mesofauna que observam uma dominância dos grupos Acarina e Collembola (DIAS et al., 2015; FREIRE et al., 2015; SANTOS et al., 2016). Além desses dois grupos, Damasceno e Souto (2014) observaram também expressiva representatividade do grupo Díptera (21%).

Souto (2006) sugere que o grupo Díptera seja resistente e adaptado às condições do ambiente com predomínio de altas temperaturas e grandes variações no regime hídrico, podendo esse fato estar ligado à utilização do solo como refúgio por este grupo (SILVA et al., 2013). Este grupo é parte importante em termos de abundância da fauna do solo em muitos ecossistemas, mesmo permanecendo no solo apenas em uma etapa da vida (fase larval) vivendo em condições semelhantes a larvas de outros organismos inteiramente edáficos, movendo-se lentamente no solo (CASARIL et al., 2019).

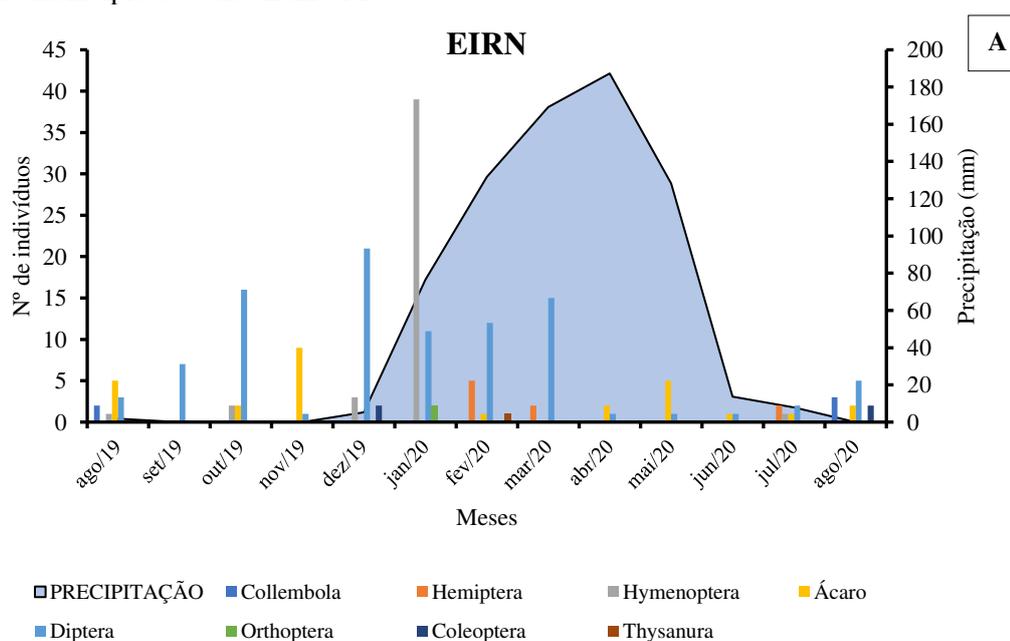
O grupo Hymenoptera, representado principalmente pelas formigas, é considerado dominante na maioria dos ecossistemas terrestres com grande número de espécies. Esse grupo é capaz de colonizar ambientes que não oferecem muitos recursos para o desenvolvimento de organismos (BARETTA et al., 2011). As formigas são extremamente móveis e se deslocam para camadas mais superficiais na época de maior deposição de serapilheira (FERNANDES et al., 2011).

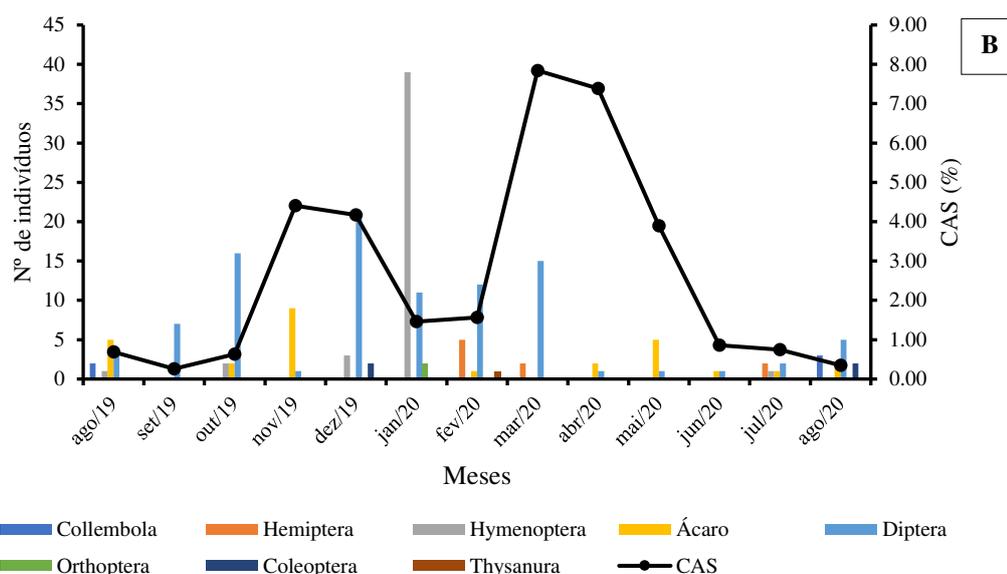
O grupo Acarina, considerados os maiores constituintes da mesofauna edáfica, em grande parte são consideradas além de parasitas de plantas e animais, de grande importância no controle de plantas daninhas e insetos indesejáveis. Algumas espécies demonstraram ainda grande relevância na decomposição da matéria orgânica na ciclagem de nutrientes e na formação do solo, alimentando-se de grande variedade de material em decomposição, como fungos e musgos. Os colêmbolos ajudam a controlar a biomassa de fungos no solo, atuando também como dispersores desses fungos, possuindo um papel importante na decomposição na interface solo-serapilheira (FERNANDES et al., 2011).

Os resultados mostram que os Colêmbolos tendem a se concentrar na área em estágio avançado, possivelmente por uma melhor condição de cobertura do solo e melhores condições microclimáticas, uma vez que esses organismos são considerados sensíveis às condições ambientais. Os Coleopteras desempenham um papel importante no controle biológico de insetos pragas e espécies de plantas nocivas.

O número de organismos foi flutuante ao longo dos meses, possivelmente afetado por condições ambientais durante a condução do experimento. Contudo, não se observou grande diferença entre os meses secos (agosto a dezembro/2019 e junho a agosto/2020) e os meses chuvosos, com maior conteúdo de água do solo (janeiro a maio/2020) houve redução na abundância) apenas de 103 para 100 organismos (Figuras 15A e 15B).

Figura 15 - Variação dos grupos taxonômicos da mesofauna do solo em relação à precipitação (A) e conteúdo de água do solo (B), verificados no estágio inicial de regeneração natural (EIRN) na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.





O período seco apresentou uma riqueza de 6 grupos e 7 grupos no período chuvoso. A abundância de organismo no período seco, em relação ao período chuvoso, difere da maioria dos trabalhos, que revelam uma maior influência da precipitação e conteúdo de água no solo, como também das baixas temperaturas do solo, influenciando no aumento da população desses organismos nestas condições (ABREU et al., 2014; ALMEIDA et al., 2013).

Porém, o resultado deste trabalho pode ser explicado devido ao maior acúmulo de serrapilheira, na época seca, reportado no capítulo I, que pode ter proporcionado, mesmo nas condições de escassez hídrica, abrigo, recurso alimentar, em ambos os períodos avaliados, diminuindo o estresse das populações da mesofauna.

Nessa perspectiva, ainda se justifica o maior número de indivíduos encontrados na área no início da dinâmica sucessional diante da proteção da manta de serrapilheira acumulada, sendo que o esperado seria que na área em estágio avançado, devido à maior estrutura e complexidade da vegetação. O mesmo comportamento foi observado no EMRN, em que na época seca obteve um total de 81 indivíduos, decrescendo para 72 na época chuvosa (Figura 16).

Observou-se que o mês de janeiro apresentou o maior número de indivíduos nas três áreas, sendo influenciado pelos grupos Hymenoptera e dípteros, que ocorreram em maior quantidade no período chuvoso. No mês de abril, em que ocorreu a maior precipitação registrada durante o período de estudo (187,3 mm), observou-se ausência ou menor número de organismos no estágio médio e avançado de regeneração. O excesso de umidade pode ter saturado o solo, dificultando a sobrevivência dos organismos neste período. Os grupos Acarina e diptera se mantiveram presentes em quase todos os meses coletados, nas três áreas. Já os colêmbolas se apresentaram em maior quantidade no período de diminuição ou nenhuma precipitação. Abreu et al. (2014) notaram que, no período chuvoso, os grupos Acari, Formicidae (Hymenoptera) e, especialmente, Collembola foram os mais frequentes, provavelmente por possuírem maior mobilidade e melhores condições de adaptação às condições climáticas.

Santos et al. (2016) também verificaram uma constância de ácaros e colêmbolas em todas as coletas. Silva et al. (2013) não verificaram diferenças significativas nas riquezas de grupos taxonômicos em razão da sazonalidade. Os autores notaram que o encharcamento do solo resulta no afloramento do lençol freático, no período de maior pluviosidade, explicando a ausência de determinados grupos nessa época.

Diferentemente dos resultados apresentados neste trabalho, Araújo et al. (2013) constataram que nos meses mais secos houve redução dos grupos faunísticos decorrente de possíveis mudanças nas condições de sobrevivência, acentuada pela escassez hídrica, restando apenas os mais adaptados a essas condições. O baixo conteúdo de água do solo pode provocar a migração, queda na reprodução ou em caso extremo a morte dos organismos edáficos.

3.2.1 Índice de Shannon e de Pielou

Os índices de diversidade utilizados (Shannon e Pielou) evidenciam a ocorrência de dominâncias ao longo do processo de colonização (RODRIGUES et al., 2016). Este índice varia de 0 a 5. Quanto maior o valor de H, maior será a diversidade da comunidade em estudo. O declínio de seus valores é o resultado de uma maior dominância de grupos em detrimento de outros (DIAS et al., 2019).

O índice de diversidade de Shannon (H) e Equabilidade de Pielou (e) dos grupos da mesofauna para as áreas em estudo estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Índices de diversidade de Shannon (H) e Pielou (e) calculados para os diferentes grupos encontrados nas áreas de estudos durante o período de coleta.

Grupos	Áreas de estudo					
	EIRN		EMRN		EARN	
	H	e	H	e	H	e
Acarina	0,86	0,37	1,04	0,48	0,83	0,38
Blattodea	-	-	-	-	2,21	1,00
Coleoptera	1,10	0,48	1,58	0,72	1,73	0,78
Collembola	1,61	0,70	2,18	1,00	1,26	0,57
Diptera	0,33	0,14	0,21	0,10	0,24	0,11
Hemiptera	1,35	0,59	1,58	0,72	1,17	0,53
Hymenoptera	0,64	0,28	0,79	0,36	0,93	0,42
Orthoptera	2,01	0,87	1,23	0,56	2,21	1,00
Thysanura	2,31	1,00	1,88	0,86	2,21	1,00

(-) não observados.

O índice de Shannon e de Pielou indicou menor diversidade e uniformidade para os grupos Diptera, Hymenoptera e Acarina para as três áreas, em virtude da dominância de seus indivíduos em relação aos demais grupos. Sendo os valores para o grupo Diptera, no EIRN (H=0,33; e=0,14), EMRN (H=0,21; e=0,10) e EARN (H=0,24; e=0,11), enquanto que para o grupo Hymenoptera no EIRN (H=0,64; e=0,28), EMRN (H=0,79; e=0,36) e EARN (H=0,93; e=0,42), o grupo Acarina no EIRN (H=0,86; e=0,37), EMRN (H=1,04; e=0,48) e EARN (H=0,83; e=0,38) (Tabela 4), confirmando a dominância e a uniformidade desses três grupos entre os outros grupos em todas as áreas.

Observou-se que, no EIRN, houve ainda dominância de alguns grupos como Coleoptera (H=1,10; e=0,48), Hemiptera (H=1,35; e=0,59), Collembola (H=1,61; e=0,70), Orthoptera (H=2,01; e=0,87) e Thysanura (H=2,31; e=1). Na área em estágio médio (EMRN), os mesmos grupos apresentaram os seguintes valores: Coleoptera e Hemiptera (H=1,58; e=0,72), Collembola (H=2,18; e=1), Orthoptera (H=1,23; e=0,56) e Thysanura (H=1,88; e=0,56). No EARN a ordem de dominância foi do grupo Diptera (H=0,24, e=0,11), Acarina (H=0,83, e=0,38), Hymenoptera (H=0,93; e=0,42), Hemiptera (H=1,17; e=0,53), Collembola (H=1,26; e=0,57) e Coleoptera (H=1,73; e=0,78); os demais grupos foram Blattodea, Orthoptera e Thysanura (H=2,21; e=1).

O índice de Pielou igual a 1 encontrado para os grupos Thysanura no EIRN, Collembola no EMRN, Blattodea, Orthoptera e Thysanura no EARN, foi devido a ocorrência de 1 indivíduo de cada grupo.

Alves et al. (2014), avaliando os índices de Shannon (H) e de Pielou (e) para os grupos da macro e mesofauna edáfica, coletados em um fragmento remanescente de mata atlântica, na reserva ecológica Mata do Pau-Ferro, localizada na cidade de Areia-Paraíba, observaram a dominância do grupo Hymenoptera (H=0,26 a 0,45) e Pielou (e=0,09 e 0,25) e Coleoptera com valores de (H) de (0,39 a 0,67) e (e) de (0,21 a 0,27).

Araújo et al. (2013), avaliando o nível de interferência ocasionado pelo manejo de caprinos sobre a mesofauna edáfica, averiguaram uma dominância do grupo Acarina (H=0,17 a 0,24; e=0,05 a 0,12) e Collembola (H=0,80 a 0,96; e=0,56 a 0,64). Além destes grupos, os autores também observaram dominância do grupo Diptera com (H=1,23; e=1,23).

Conforme Casaril et al. (2019), a concentração da abundância em apenas alguns grupos pode resultar em menores índices de diversidade em função da menor distribuição da abundância entre os grupos taxonômicos, pois, quanto maior a densidade da fauna, maior a chance de predomínio de um grupo (ARAÚJO et al., 2018).

Os índices de diversidade de Shannon (H) e Equabilidade de Pielou (e) da mesofauna para as áreas em estudo, durante os meses avaliados, estão apresentados nas tabelas 5 e 6. Para Pasqualin et al. (2012), o índice de Pielou varia entre 0 e 1, quanto menor o valor obtido, maior será a dominância por poucos grupos.

Tabela 5 - Índices de diversidade de Shannon (H) calculados para as diferentes áreas de estudos durante o período de coleta.

Áreas de estudo	2019					2020								Total
	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	
	Índices H													
EIRN	1,27	1,35	0,85	1,31	0,89	0,59	0,97	1,08	1,83	1,53	2,01	1,53	1,31	1,26
EMRN	1,28	1,14	0,75	1,01	1,34	0,68	0,95	0,86	-	1,88	1,49	1,88	1,41	1,26
EARN	0,99	1,79	1,01	1,01	0,91	0,79	0,99	0,78	2,27	1,67	1,79	1,49	1,27	1,36

(-) não observados.

Tabela 6 - Índices de diversidade de Pielou (e) calculados para as diferentes áreas de estudos durante o período de coleta.

Áreas de estudo	2019					2020								TOTAL
	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	
	Índices e'													
EIRN	0,55	0,59	0,37	0,57	0,39	0,26	0,42	0,47	0,79	0,66	0,87	0,66	0,57	0,61
EMRN	0,59	0,52	0,34	0,46	0,61	0,31	0,44	0,39	-	0,86	0,68	0,86	0,64	0,61
EARN	0,44	0,79	0,45	0,45	0,40	0,35	0,44	0,34	1,00	0,73	0,79	0,66	0,56	0,62

(-) não observados.

Pelos resultados da tabela 5, para as áreas estudadas, observa-se uma menor diversidade no mês de janeiro, nas áreas em estágio inicial e médio de regeneração, apresentando o menor valor do Índice de Shannon registrado (H=0,59 e H=0,68),

respectivamente, devido à presença em grande quantidade de um ou mais grupos nesse período, refletindo numa baixa diversidade, fato que realmente ocorreu, pois, no mês janeiro, no EIRN, foram quantificados 52 organismos, sendo que desses, 39 do grupo Hymenoptera e 11 do grupo Diptera. No EMRN, foram quantificados 32 organismos (18 Hymenoptera e 13 Dípteros). Apesar de ser o mês com maior número de indivíduos para estas duas áreas, essa menor diversidade não permitiu uma distribuição uniforme dos indivíduos, confirmado pelo baixo Índice de Pielou encontrado ($e=0,26$ e $e=31$), que confirma reduzida diversidade da fauna nesse período.

A dominância de Hymenoptera em janeiro sobre as populações das outras ordens encontradas no mês reduziu a equitabilidade em relação aos demais grupos, provavelmente, pela maior disponibilidade de alimento e umidade no ambiente edáfico observada no início do período de chuvas na região.

No EARN, o menor índice de Shannon e Pielou foi registrado em março ($H=0,78$; $e=0,34$), sendo quantificados 31 indivíduos, divididos em quatro grupos: Diptera (18), Hemiptera (8), Acarina (4) e Hymenoptera (1). O índice de Pielou igual a 1, encontrado no mês de abril, foi devido à ocorrência de apenas um grupo. Pelo índice de Pielou, é possível avaliar se uma comunidade está em equilíbrio biológico, pois ele calcula a equitabilidade no ambiente.

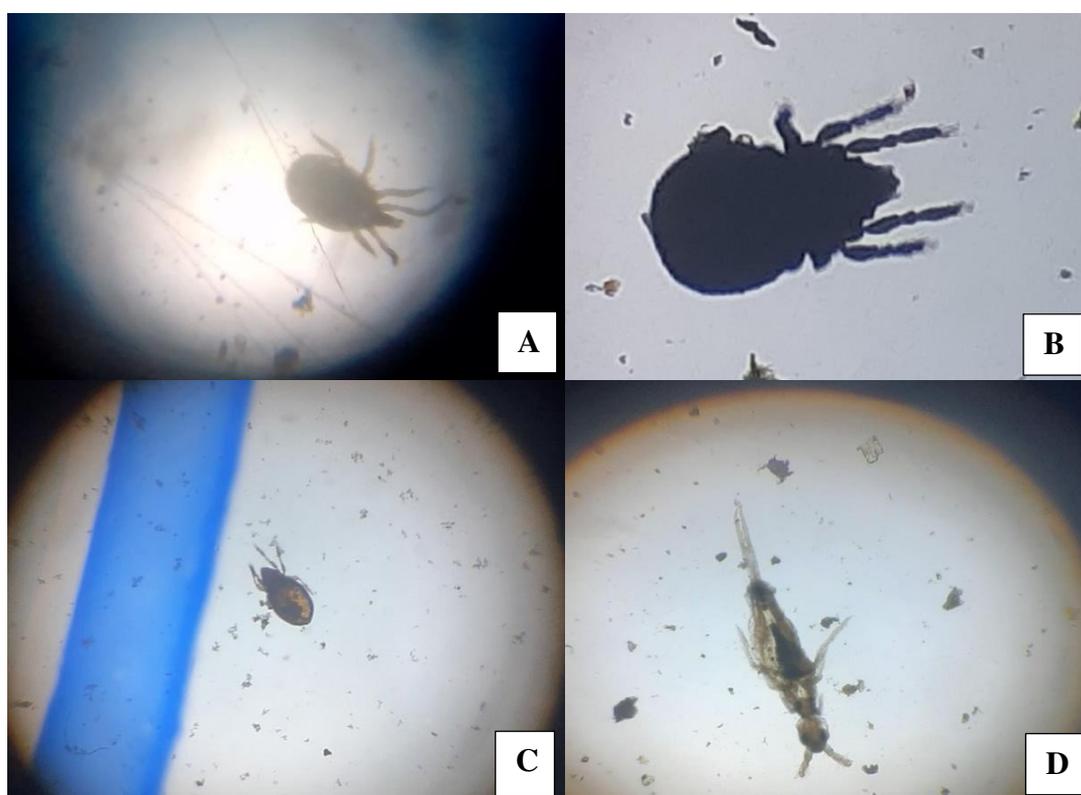
Almeida et al. (2013), estudando a composição e a distribuição sazonal da comunidade da mesofauna edáfica, constataram, em relação à diversidade e uniformidade mensais da comunidade edáfica, que os menores valores foram observados em janeiro ($H=0,33$; $e=0,18$) e maiores em outubro ($H=1,43$; $e=0,74$), respectivamente para os índices de Shannon e de Pielou.

O maior valor do Índice de Shannon foi encontrado nos meses de junho no EIRN ($H=2,01$), maio e julho no EMRN ($H=1,88$), provavelmente devido ao menor número de organismos (02) e baixa variação da riqueza de grupos, apenas dois grupos em junho, Acarina e Diptera, Collembola e Acarina em maio e um grupo em julho (Diptera), o que elevou a equitabilidade confirmada pelo maior valor no Índice de Pielou que foi de 0,87 em junho e 0,86 em maio e julho. No EARN, o maior índice de Shannon foi em abril (2,27) embora tenha apresentado apenas 01 indivíduo (Collembola), confirmado pelo máximo índice de Pielou ($e=1$). Essa menor variação no número de indivíduos, já que se apresentou apenas um grupo, refletiu na maior diversidade e uniformidade. No geral, foram encontrados baixos valores para o índice de Shannon nas três áreas indicando pouca diversidade.

Ainda nas tabelas 5 e 6, o índice de diversidade de Shannon e de equabilidade de Pielou mostrou que as áreas menos diversas foram EIRN e EMRN ($H=1,26$), sendo os maiores valores observados no EARN ($H=1,36$), em que o índice de equitabilidade se apresentou maior ($e=0,62$). A pouca diferença dos valores entre as áreas é justificado pela semelhança do número de espécies; no EIRN e EMRN, foram encontradas 8 espécies e 9 no EARN.

Na figura 18, são ilustrados alguns indivíduos do grupo Acarina e Collembola, que foram coletados durante o período de avaliação.

Figura 18 - Indivíduos do grupo Acarina (A, B, C) e Collêmbola (D).

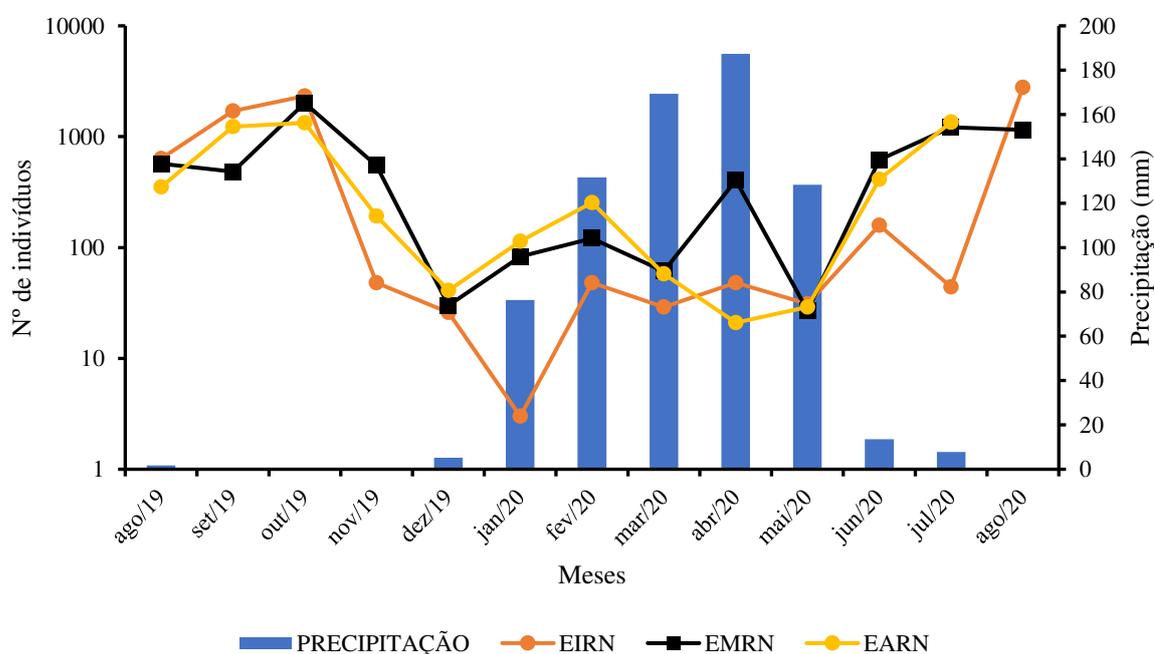


3.3 Macrofauna

Durante o período de estudo, nas três formações florestais, foi quantificado um total de 20.601 indivíduos, sendo 7.885, 7.323 e 5.393 no estágio inicial, médio e avançado de regeneração natural, respectivamente, distribuídos em 12 grupos taxonômicos. Observando-se os resultados, nota-se que as áreas estudadas apresentam valores consideráveis de abundância, comparadas a outras áreas de Caatinga. Nas mesmas áreas estudadas, Medeiros (2015) quantificou um total de 9.667 indivíduos, pertencentes a 11 grupos. Nascimento et al. (2017) em Santana de Ipanema, Semiárido Alagoano, contabilizaram 10.903 organismos da macrofauna edáfica, distribuídos em 19 grupos taxonômicos.

Visualiza-se, na figura 19, o número de indivíduos da macrofauna capturados durante o período de agosto de 2019 a agosto de 2020, nas três áreas, mostrando a dinâmica dos invertebrados do solo em função da precipitação. Os meses de dezembro a maio mostram uma redução no número de indivíduos com o aumento das chuvas na região. Esse fato pode estar relacionado à necessidade de buscar abrigo nesse período diante da vulnerabilidade dos indivíduos ao impacto das chuvas e ventos. Conforme redução das chuvas, ocorre um aumento na quantidade de indivíduos capturados, favorecidos possivelmente devido ao maior deposição e acúmulo de serapilheira nesta época, que melhora o microclima no solo, aumentando as chances de colonização pelos organismos da macrofauna.

Figura 19 - Número total de indivíduos da macrofauna, por área, no período estudado.



Observa-se ainda que, durante os meses finais do período chuvoso, as condições ambientais mais favoráveis possibilitaram o aumento das populações da macrofauna. Pinheiro et al. (2014) ressaltam que, no período com disponibilidade hídrica, os invertebrados iniciam a reprodução e com a disponibilidade de alimento atraindo os predadores, favorecendo a existência de vários táxons.

Os grupos mais abundantes foram Hymenoptera (acima de 90%) em todas as áreas, seguida do grupo Coleoptera (4,96%, 2,34% e 1,59%), os Hemiptera também foram expressivos, no EIRN com 1,14% e 1,02% no EMRN (Tabela 7). A maior abundância da macrofauna no EIRN quando comparada às três áreas avaliadas (embora apresentasse a menor diversidade da cobertura vegetal) foi influência do grupo Hymenoptera e Coleoptera, observados em alta quantidade no EIRN em relação as outras duas áreas para os mesmos grupos. Mesmo quando esta área apresenta solos mais rasos, mostrando a alta resistência e

adaptação destes grupos, mesmo em ambientes cujo as condições não são aparentemente favoráveis.

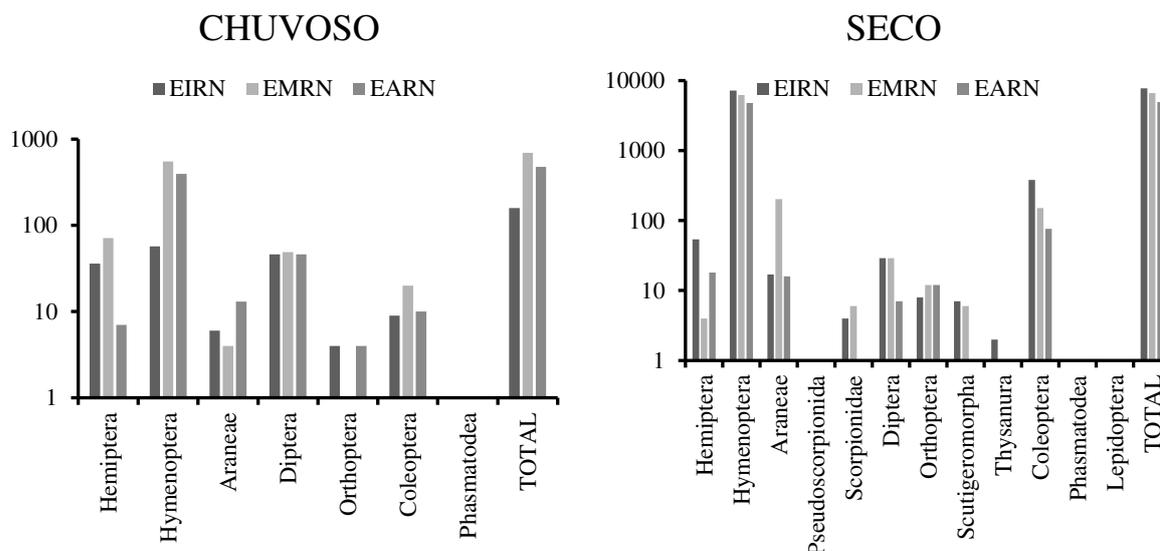
Tabela 7 - Densidade e frequência relativa (%) de indivíduos da macrofauna coletados durante 13 meses nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.

GRUPOS	EIRN		EMRN		EARN	
	Ni	FR(%)	Ni	FR(%)	Ni	FR(%)
Hemiptera	90	1,14	75	1,02	25	0,46
Hymenoptera	7279	92,31	6943	94,81	5180	96,05
Araneae	23	0,29	30	0,41	29	0,54
Pseudoscorpionida	0	0,00	0	0,00	1	0,02
Scorpionidae	4	0,05	6	0,08	1	0,02
Diptera	75	0,95	78	1,07	53	0,98
Orthoptera	12	0,15	13	0,18	16	0,30
Scutigermorpha	7	0,09	6	0,08	1	0,02
Thysanura	2	0,03	1	0,01	1	0,02
Coleoptera	391	4,96	171	2,34	86	1,59
Phasmatodea	1	0,01	0	0,00	0	0,00
Lepidoptera	1	0,01	0	0,00	0	0,00
TOTAL INDIVIDUOS (N)	7885		7323		5393	
RIQUEZA (S)	11		09		10	

Estudos mostram a alta abundância destes grupos, principalmente Hymenoptera, tanto em ambientes de Caatinga quanto em outras tipologias vegetais. Corte et al. (2014) observaram uma representação desse grupo de 29,1%, avaliando atividade da macrofauna em três formações florestais (Mata nativa, *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*). Em Caatinga, Santos et al. (2016) registraram uma dominância de 85% e 3,8% dos grupos Hymenoptera e Coleoptera, respectivamente. E representações com cerca de 85%, 6,08 e 3,8 % para estes grupos respectivamente foram registradas por Santos et al. (2018). Os grupos Hymenoptera e Coleoptera, em estudo realizado por Alves et al. (2014), em um remanescente de Mata Atlântica em Areia-PB, representaram mais de 80% e Hemiptera 12%.

Foi encontrado no período chuvoso um total de 1.332 indivíduos edáficos, distribuídos em 7 grupos, nas três áreas avaliadas: EIRN (159 Ind.; 7 grupos), EMRN (697 ind.; 7 grupos) e EARN (476 ind.; 7 grupos); e, no período seco, 19.269 indivíduos em 11 grupos (Figura 20).

Figura 20 - Macrofauna edáfica nos períodos chuvoso e seco nas áreas estudadas.



A macrofauna mais expressiva em relação ao número indivíduos e de grupos taxonômicos no início período seco (posterior ao chuvoso) teve alguns grupos exclusivos, embora com poucos representantes, como: Pseudoscorpionida (1), Scorpionidae (1), Scutigermorpha (14), Thysanura (4) e Lepidoptera (1). Estes grupos podem ter sido favorecidos devido à formação do microclima propício após a ocorrência das chuvas, aumentando a oferta de recursos à sobrevivência como alimento e abrigo.

Os resultados obtidos estão em desacordo com os apontados por Lima et al. (2020), que observaram maior abundância da macrofauna no período chuvoso, devido à aceleração das atividades no ecossistema, afirmando que é um comportamento recorrente em regiões tropicais semiáridas, em que a temperatura e umidade do solo influenciam o aumento da disponibilidade de alimentos, contribuindo para que a maioria dos grupos de organismos edáficos ampliem suas atividades.

Santos et al. (2018) em Santana de Ipanema, Semiárido Alagoano, detectaram em torno de 27.151 indivíduos, distribuídos em 27 grupos. Os autores justificam que essa variação nos valores amostrais no mesmo bioma se deve à heterogeneidade dos habitats. Observaram ainda uma maior abundância de indivíduos, coincidindo com o período de estiagem na região, semelhante ao registrado neste trabalho, indicando que, para os determinados grupos que ocorreram na época seca, sob as condições das áreas estudadas (solo, vegetação, serapilheira, etc), a baixa ou a ausência de precipitação podem ter influenciado, mas não limitou os invertebrados da macrofauna.

As diferenças observadas para a riqueza de grupos entre os períodos, como também entre os ambientes refletem a sensibilidade frente às alterações na umidade e temperatura, alterando a distribuição dos grupos nos ambientes (VARGAS et al., 2013).

O grupo Hymenoptera teve maior abrangência nos dois períodos, sendo na época seca a maior abundância dos organismos desse grupo seguido do grupo Coleoptera. Pesquisas mostram a presença destes grupos em todos os períodos estudados (VARGAS et al., 2013; LIMA et al., 2020; SILVA et al., 2014a; SILVA et al., 2014). Os autores indicaram que as formigas são animais com alta capacidade de mobilidade, explorando grandes áreas do ambiente (PINHEIRO et al., 2014). Segundo Silva et al. (2013), o grupo Coleoptera, apesar de menos expressivo, é importante organismo do sistema decompositor, podendo atuar tanto de forma direta quanto indireta.

Conforme Pompeo et al. (2016), a macrofauna tem função importante no crescimento vegetal, pois contribui para a manutenção da matéria orgânica e influencia na estruturação do solo através da melhoria das propriedades físicas do solo, sendo os principais atuantes na decomposição de fragmentos vegetais possibilitando o processo de ciclagem de nutrientes do solo em determinados ambientes (SANTOS et al., 2018), além de promoverem uma reestruturação física do solo, aumentando consequentemente a propagação de gases na região edáfica e a capacidade de infiltração de água nos espaços porosos do solo (LIMA et al., 2020).

3.3.1 Índice de Shannon e de Pielou

Em relação ao comportamento ecológico, verifica-se que o grupo Hymenoptera apresentou os menores valores para o Índice de Diversidade de Shannon (H) em todos os tratamentos avaliados ($H=0,03$, $0,02$ e 0). Indicando a dominância desse grupo, confirmado pela desuniformidade na distribuição dos indivíduos, refletido no baixo Índice de Uniformidade de Pielou (e) encontrado para o grupo nas três áreas ($0,01$, $0,01$, 0) (Tabela 8).

Tal resultado foi similar aos obtidos por Santos et al. (2016) constataram que a menor diversidade e uniformidade correspondeu ao grupo Hymenoptera ($H=0,18$; $e=0,04$), devido ao alto número de indivíduos. Podendo influenciar na diminuição de organismos de outros grupos, passando a ser dominante, e consequentemente, reduzindo a diversidade da fauna edáfica no ambiente.

Tabela 8 - Índice de diversidade de Shannon (H) e Índice de equitabilidade de Pielou (e) dos grupos da macrofauna do solo amostrados nas áreas avaliadas.

GRUPOS	Áreas de estudo					
	EIRN		EMRN		EARN	
	H	e	H	e	H	e
Hemiptera	1,94	0,50	1,99	0,51	2,33	0,63
Hymenoptera	0,03	0,01	0,02	0,01	0,02	0,00
Araneae	2,54	0,65	2,39	0,62	2,27	0,61
Pseudoscorpionida	-	-	-	-	3,73	1,00
Scorpionidae	3,29	0,85	3,09	0,80	3,73	1,00
Diptera	2,02	0,52	1,97	0,51	2,01	0,54
Orthoptera	2,82	0,72	2,75	0,71	2,53	0,68
Scutigermorpha	3,05	0,78	3,09	0,80	3,73	1,00
Thysanura	3,60	0,92	3,86	1,00	3,73	1,00
Coleoptera	1,30	0,33	1,63	0,42	1,80	0,48
Phasmatodea	3,90	1,00	-	-	-	-
Lepidoptera	3,90	1,00	-	-	-	-

Segundo Veiga et al. (2015) o grupo Hymenoptera têm se destacado entre vários grupos de insetos, como ferramenta para detectar e monitorar os padrões de mudança na biodiversidade pois funcionam como bioindicadoras da qualidade ambiental.

Nas três áreas ocorreram alguns grupos raros (1 a 10 indivíduos). No EIRN foram: Phasmatodea e Lepidoptera (H=3,90; e=1;) apenas um indivíduo cada, Thysanura (H=3,60; e=0,92) com 2 indivíduos, Scorpionidae (H=3,29; e=0,85) com quatro indivíduos, e Scutigermorpha (H=3,05; e=0,78) com sete exemplares. No EMRN foram: Thysanura (H=3,86; e=1) apenas um exemplar, Scorpionidae e Scutigermorpha (H=3,09; e=0,80) com seis exemplares cada. No EARN foram: Pseudoscorpionida, Scorpionidae e Scutigermorpha e Thysanura (H=3,73; e=1) com um indivíduo cada.

A Tabela 9 apresenta os índices de diversidade de Shannon (H) calculados para os diferentes meses de coletas, realizadas nas três áreas. Observa-se pela tabela que os maiores índices de Shannon foram encontrados nos meses de janeiro (H=3,42) no EIRN, e maio (H=2,43) no EMRN e abril (H=2,41) no EARN. No mês janeiro ocorreram apenas 3 indivíduos distribuídos em dois grupos, Hymenoptera (1) e Diptera (2). Em maio no EMRN, ocorreram 29 organismos, distribuídos em 5 grupos, Hemiptera (3), Hymenoptera (23), Araneae (1), Orthoptera (1) e Coleoptera (1); já em abril no EARN ocorreram 21 organismos, distribuídos em 5 grupos, Hemiptera (1), Hymenoptera (15), Diptera (1), Orthoptera (1) e Coleoptera (2).

Os índices foram maiores devido à redução da abundância de organismos nesses meses, já que quanto menor a densidade menor é a chance de ocorrer predomínio de algum grupo, aumentando a equitabilidade, conseqüentemente a diversidade, refletindo nos altos índices. Isso é confirmado ao observarmos os resultados da tabela 10, que mostram os valores da equitabilidade de Pielou (e), sendo que os meses de maior equitabilidade seguiram o mesmo padrão do índice de Shannon (janeiro ($e=0,88$) no EIRN, e maio ($e=1,70$) no EMRN e abril ($e=1,82$) no EARN).

Tabela 9 - Índices de diversidade de Shannon (H) calculados para as diferentes áreas de estudos durante o período de coleta.

Área de estudo	2019					2020								TOTAL
	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	
	Índices H													
EIRN	1,09	0,66	0,53	2,22	2,48	3,42	2,22	2,43	2,22	2,41	1,70	2,25	0,45	0,36
EMRN	1,11	1,18	0,56	1,13	2,39	1,95	1,78	2,08	1,26	2,43	1,08	0,78	0,80	0,38
EARN	1,19	0,64	0,61	1,45	2,12	1,67	1,33	1,97	2,41	2,27	1,12	0,60	-	0,23

Tabela 10 - Índices de diversidade de Pielou (e) calculados para as diferentes áreas de estudos durante o período de coleta.

Area de estudo	2019					2020								TOTAL
	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	
	Índices e													
EIRN	0,28	0,17	0,14	0,57	0,64	0,88	0,57	0,62	0,57	0,62	0,44	0,58	0,12	0,15
EMRN	0,40	0,44	0,17	0,41	1,62	1,01	0,86	1,16	0,48	1,70	0,39	0,25	0,26	0,17
EARN	0,47	0,21	0,19	0,63	1,31	0,81	0,55	1,12	1,82	1,55	0,43	0,19	-	0,10

O menor índice de diversidade no EIRN foi observado em agosto/2020 ($H=0,45$). Em agosto/20, foram quantificados 2.778 organismos, o maior registro durante o período avaliado (35%). Contudo, neste mês, observou-se uma dominância de 91% pelo grupo Hymenoptera e 8% do grupo Coleoptera. Apesar do maior número de indivíduos, essas dominâncias não permitiram distribuição uniforme dos indivíduos, confirmado pelo baixo Índice de Pielou encontrado ($e=0,12$), admitindo assim reduzida diversidade e distribuição da fauna nesse período.

No EMRN, a menor diversidade foi registrada no mês de outubro/2019 ($H=0,56$). Nesse mês, foram contabilizados 2.011 invertebrados da macrofauna, 27% do total de organismos quantificados nessa área. E o grupo Hymenoptera apresentou uma dominância de 98% do total encontrado em neste mês.

No EARN, foi o mês de julho que apresentou a menor diversidade ($H=0,60$), com total de 1351 indivíduos coletados, 25% do coletado durante o período de estudo na área. Apresentado dois grupos taxonômicos: Hymenoptera (98%) e Coleoptera (2%).

A dominância do grupo Hymenoptera sobre as populações das outras ordens encontradas reduziu a equitabilidade em relação aos demais grupos, possivelmente pela maior competição por alimento. Embora não se tenham identificados os organismos a nível taxonômico mais baixo, a maior dominância desses indivíduos durante as triagens era perceptível.

Em relação às áreas, o maior índice de diversidade de Shannon foi observado na área em estágio médio de regeneração natural (EMRN) ($H=0,38$). Embora esta área tenha apresentado número de indivíduos menor que o EARN, o menor número de grupos (9) contribuiu para maior equabilidade ($e=0,17$). O menor índice de diversidade de Shannon no EARN, embora tenha apresentado maior riqueza em relação às outras áreas, a distribuição dos organismos dos grupos não ocorreu de forma proporcional, resultando em menor diversidade e equabilidade. O EARN, por sua vez, obteve baixa equabilidade ($e=0,10$), pois registrou maior dominância dos grupos Hymenoptera, Araneae, Orthoptera em função da redução do número de indivíduos. A estrutura vegetacional mais complexa no estágio avançado de regeneração pode reduzir a diversidade, existindo possibilidade de algum grupo predominar, reduzindo a equitabilidade, uma vez que a diversidade de grupos considera a relação entre à riqueza e distribuição de indivíduos entre grupos (equitabilidade).

Conforme Casaril et al. (2019), a concentração da abundância em apenas alguns grupos, pode resultar em menores índices de diversidade em função da menor distribuição da abundância entre os grupos taxonômicos. Silva et al. (2015) ressaltaram que a riqueza é uma das variáveis levada em consideração no Índice de Shannon (H). Assim é esperado que tratamentos com maior riqueza de espécies apresentem um valor maior. Contudo, os mesmos autores notaram que foi o local com menor dominância que resultou em uma diversidade maior (H).

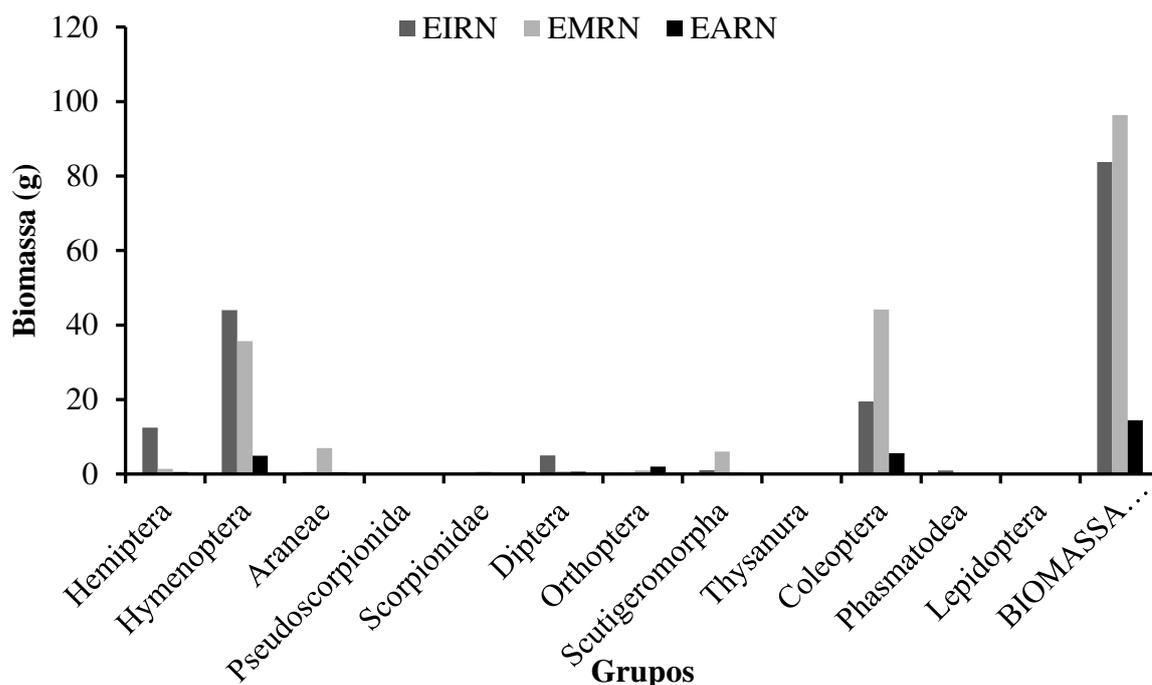
3.3.2 Biomassa da Macrofauna

A biomassa total da macrofauna do solo foi maior na área em estágio médio de regeneração natural (96,40 g) seguida do estágio inicial de regeneração (83,80 g) e menor no estágio avançado de regeneração (14,38 g), totalizando nas três áreas cerca de 194g de biomassa da macrofauna. Vale ressaltar que a escassez de trabalhos que quantificaram a biomassa de macrofauna com a metodologia de captura utilizada na presente pesquisa

(armadilha tipo “Provid”) dificulta as comparações dos resultados aqui observados, pois a grande maioria foi realizada a partir de capturas via extração de monolitos e catação manual.

No geral, os grupos que apresentaram as maiores biomassas foram: Hemiptera, Hymenoptera e Coleoptera (Figura 21).

Figura 21 - Biomassa úmida em álcool (g) da macrofauna do solo dos principais grupos encontrados nas áreas avaliadas.



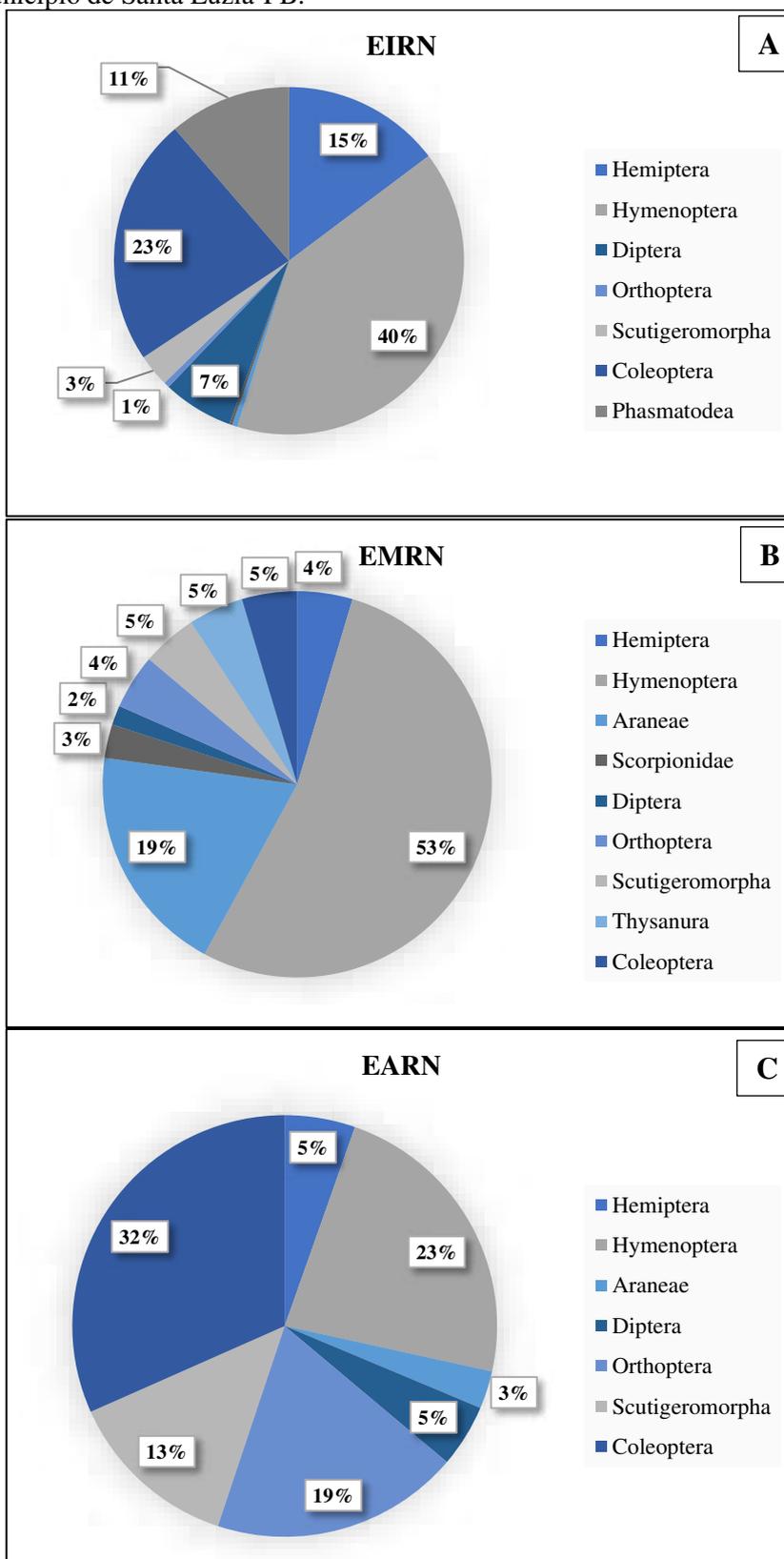
No EIRN, os grupos que mais contribuíram com a biomassa total na área em ordem decrescente foram: Hymenoptera (40%) > Coleoptera (23%) > Hemiptera (15%) > Phasmatodea (Figura 22A). No EMRN foram os grupos Hymenoptera (53%) e Araneae (19%) (Figura 22B). No EARN a sequência foi o grupo Coleoptera (32%), Hymenoptera (23%), Orthoptera (19%) e Scutigermorpha (13%) (Figura 22C).

Em todos os estágios, Hymenoptera foi o grupo que apresentou as maiores biomassas, representando em média cerca de 40% da biomassa total. A biomassa de formigas nas florestas tropicais pode chegar a ser quatro vezes a biomassa de todos os vertebrados juntos (SOUZA et al., 2015).

O EIRN foi o ambiente que as formigas apresentaram a maior biomassa com 44g, representando cerca de 40% da biomassa total. Segundo Baretta et al. (2011), as formigas são dominantes na maioria dos ecossistemas terrestres, mesmo naqueles que não oferecem muitos recursos para o desenvolvimento de organismos. Outro grupo que apresentou biomassa elevada foi coleoptera em duas das três áreas estudadas, sendo maior no EARN com 44g

(32%). No EIRN, coleoptera apresentou a segunda maior biomassa entre os outros ambientes, com 19g representando cerca de 23% do total.

Figura 22 - Biomassa úmida em álcool relativa (%) dos principais grupos da Macrofauna do solo nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural, na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.

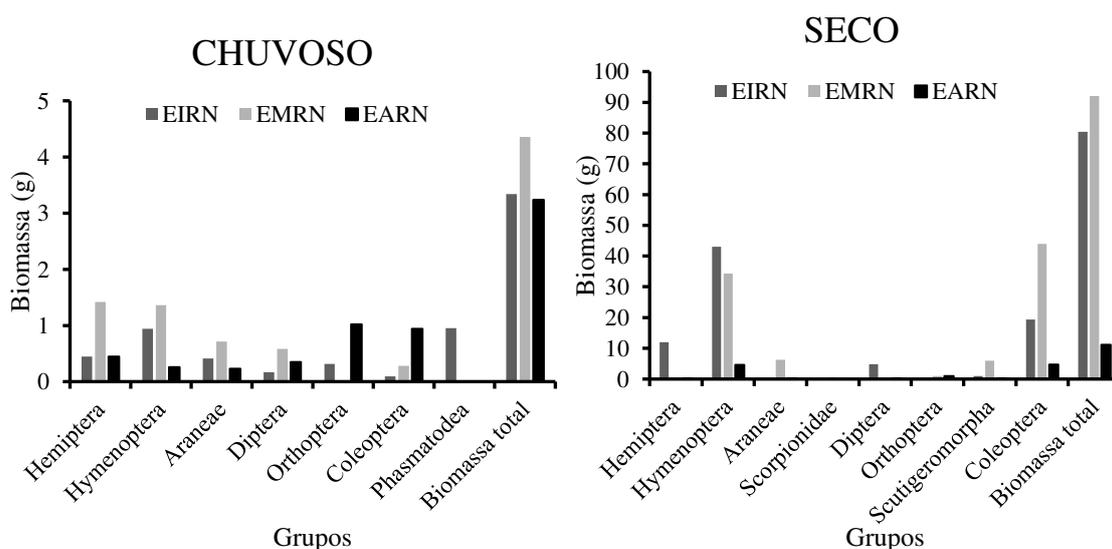


Zagatto (2014), utilizando o método de captura através de monólitos de solo, observou que a ordem Coleoptera foi a que mais contribuiu para a biomassa total de macrofauna em quatro sistemas de plantio: integração lavoura- pecuária com 13,74 g/m²), integração lavoura-pecuária-floresta com 2,87 g/m², campo nativo pastejado com 1,18 g/m², plantio floresta de *Eucalyptus dunnii* com 1,72 g/m² e plantio direto com 0,24 g/m², totalizando 19,75 g/m².

Uma pesquisa realizada em uma área de caatinga no Rio Grande do Norte, através do uso de monólitos e catação manual, quantificou um total de 64,117 g/m². O grupo Coleoptera contribuiu para a biomassa com 10,5315 g/m², Hymenoptera com 7,3027 g/m², Araneae com 1,762 g/m², Hemiptera com 0,9038 g/m², e com menor contribuição ficaram os grupos Diptera com 0,3103 g/m², Scorpiones com 0,0081 g/m² e Thysanura com 0,0002 g/m² (OLIVEIRA, 2012).

O EMRN apresentou a maior biomassa da macrofauna nos dois períodos (chuvoso e seco). Nas três áreas, a biomassa foi maior na época seca, totalizando 183 g, distribuído no EIRN, EMRN e EARN, respectivamente, 80 g, 92 g e 11 g. No período chuvoso, registrou-se 11 g de biomassa da macrofauna (Figura 23). Esses resultados são esperados diante da maior abundância e atividade de organismos da macrofauna edáfica no período seco, contudo maior e abundância e maior biomassa não é uma regra, pois foi constatado maior abundância no EIRN, sendo a segunda maior biomassa registrada.

Figura 23 - Biomassa úmida em álcool da macrofauna edáfica (g) nas estações chuvosa e seca dos principais grupos da Macrofauna do solo nas áreas de estágio inicial (EIRN), médio (EMRN) e avançado (EARN) de regeneração natural, na caatinga, no município de Santa Luzia-PB.



A contribuição do grupo Hemiptera, Araneae, Diptera, Orthoptera e Phasmatodea foi maior no período chuvoso. Já na época seca as maiores contribuições foram do grupo

Hymenoptera e Coleoptera, indicando que esses grupos não são tão dependentes da umidade. Em duas estações (outono e primavera), Zagatto (2014) quantificou diferentes valores para biomassa da macrofauna, 23,94 g/m² na primavera e 35,91 no outono.

Diante dos poucos trabalhos relacionados à biomassa da macrofauna edáfica, principalmente em ambiente semiárido, sugerem-se maiores aprofundamentos nos levantamentos da fauna edáfica, de forma que se possa auxiliar e melhorar a compreensão da complexa dinâmica da fauna do solo, que tem influência direta e indireta no funcionamento dos mais variados ecossistemas.

3.3.3 Correlação de Pearson

Nas figuras 24 A e 24 B, estão apresentadas as matrizes de correlação de Pearson entre os grupos da meso e da macrofauna edáfica e os atributos químicos do solo. A coloração vermelha indica valores de correlação positivos e os em azul indicam valores negativos, a força da correlação (fraca ou forte) é indicada pela intensidade da coloração.

Correlacionando os atributos químicos do solo com as ordens da mesofauna encontradas, observa-se no geral fraca correlação. Para Collembola, a associação com as variáveis pH, MO, P, Mg, Fe, Mn, B e Na em tonalidade vermelha, indica correlação positiva, isto é, proporcionais entre si, quanto maior os valores da variável maior a abundância do grupo, contudo, a intensidade da correlação indica uma fraca correlação. O mesmo ocorreu para os grupos Acarina, Diptera e esta mostrou uma forte correlação.

O grupo Orthoptera mostrou correlação positiva fraca com a MO, pH, Ca, Zn, Mn, SB, CTC, V. Coleoptera mostrou correlação positiva com pH, MO, K, S, Fe, Cu e correlacionou-se inversamente com SB e CTC. Correlação inversa foi observada para os grupos Hemiptera, Hymenoptera e Thysanura e pH, MO.

Castaldelli et al. (2015) também observaram relação positiva entre as ordens Astigmata (Acarina), Collembola e aumento de matéria orgânica (MO), concluindo que baixa quantidade de matéria orgânica no solo e de nutrientes pode afetar negativamente a fauna edáfica, pois a matéria orgânica tem relação direta com as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Os mesmos autores registraram resultados contrários para ordem Coleoptera, em que aumento na CTC, Ca, SB e Mg influenciaram positivamente o grupo.

Casari et al. (2019) demonstrou relação do pH principalmente com Collembola, Acari, Diplopoda e Formicidae, já o Fe⁺³, Diptera (larvas), Hemiptera e Isopoda e o Al⁺³ demonstrou interação com Coleoptera. Este micronutriente pode afetar indiretamente a fauna edáfica pela

sua relação, principalmente com a matéria orgânica do solo, da qual depende a fauna edáfica. No presente trabalho, o Fe não apresentou forte correlação com os grupos da mesofauna avaliados.

Além disso, a precipitação pluvial e o conteúdo de água no solo tiveram relação positiva com os grupos hemíptera, Hymenoptera e Thysanura; inversamente se correlacionou se com os grupos Collembola, Acarina, Diptera, Orthoptera e Blattodea, confirmando os resultados registrados no item 3.2 deste capítulo, indicando que a precipitação pode ter diversos efeitos sobre a fauna edáfica, favorecendo alguns grupos e desfavorecendo outros.

É importante salientar que pouco se sabe quanto à relação da fauna do solo e os macros e micronutrientes do mesmo, sendo escassos estudos nesse sentido (CORTE et al., 2014).

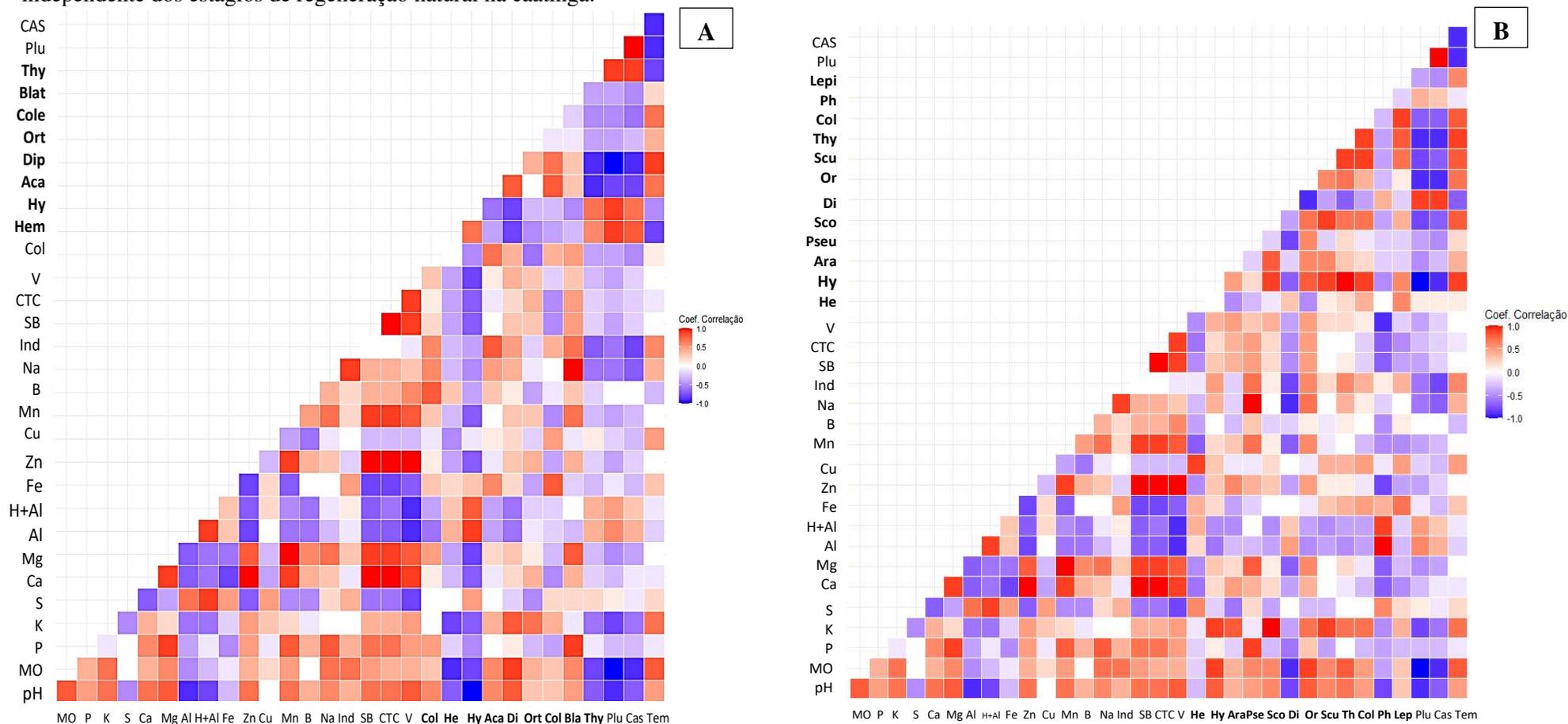
Para os grupos da macrofauna, os atributos MO e pH, correlacionaram-se fortemente de forma positiva com os grupos Hymenoptera, Orthoptera e Thysanura. Já a ordem díptera e Phasmatodea foram influenciadas negativamente por estes atributos. Os grupos Pseudoescorpionida, Scorpionidae, Scutigermorpha e Coleoptera também se correlacionaram positivamente com MO e pH, mas de forma mais fraca. Já Araneae e Lepidoptera, apresentaram baixa relação positiva.

Segundo Casaril et al. (2019), é possível que o aumento na atividade microbiana em função da elevação do pH pode prover maiores recursos alimentares para Formicidae estimulando a sua abundância uma vez que microrganismos (fungos) são fonte alimentar de alguns organismos dentro do grupo Hymenoptera (ROCHA et al., 2015).

A precipitação pluvial e o conteúdo de água no solo tiveram correlação inversa para a maioria dos grupos, isso quer dizer que a precipitação influenciou negativamente a abundância dos organismos da macrofauna. Com exceção dos grupos Diptera e Phasmatodea, corroborando com os resultados apontados no item 3.3, que observou maior abundância de indivíduos desses grupos no período chuvoso.

Conforme Machado et al. (2015), vários fatores podem influenciar na abundância, na atividade, na composição e diversidade da fauna edáfica, como os edáficos: tipo de solo, minerais predominantes, temperatura, pH, matéria orgânica, umidade, textura e estrutura; os relacionados à vegetação: fisionomia e cobertura; os históricos: antrópico e geológico; os topográficos; e os climáticos: precipitação, temperatura, vento, umidade relativa do ar.

Figura 24 - Matriz de correlação de Pearson entre os atributos químicos do solo e a abundância dos grupos da mesofauna (A) e macrofauna (B) edáfica independente dos estágios de regeneração natural na caatinga.



Mo=Matéria orgânica; Col=Collembola; He=Hemiptera; Hy=Hymenoptera. Aca=Acarina, Dip=Diptera; Ort=Orthoptera; Cole=Coleoptera; Blat=Blattodea; Thy= Thysanura; Ara=Araneae; Pse=Pseudoscorpionida; Sco=Scorpionida, Scu=Scutigermorpha; Ph=Phasmatodea; Lep=Lepidoptera Plu= Precipitação pluvial; CAS=Conteúdo de água no solo; Temp=temperatura do solo.

4 CONCLUSÕES

A abundância e a riqueza de grupos dos organismos da mesofauna variaram pouco em função da época chuvosa e seca. Já os da macrofauna foram mais expressivos na época seca.

Na mesofauna, o grupo mais dominante foi Diptera, Hymenoptera, Acarina. Da Macrofauna, foram Hymenoptera e Coleoptera. Essas dominâncias foram confirmadas pelos menores índices de Shannon e Pielou, indicando maior densidade de indivíduos.

Em relação aos estágios sucessionais, o estágio inicial foi o que apresentou maior número de indivíduos da meso e macrofauna, contudo para mesofauna, apresentaram, juntamente com o estágio médio de regeneração, os menores índices de Shannon e Pielou. O estágio avançado apresentou mais diversidade e equabilidade pelo maior índice de Shannon e Pielou.

Quanto ao comportamento da macrofauna, o maior índice de diversidade foi registrado no estágio médio de regeneração e o menor no estágio avançado, pois registrou maior dominância dos grupos Hymenoptera, Araneae, Orthoptera, e menor equabilidade.

Quanto à biomassa da macrofauna, em todos os estágios Hymenoptera foi o grupo que apresentou as maiores biomassas, representando em média cerca de 40% da biomassa total. E o estágio médio de regeneração apresentou a maior biomassa da macrofauna.

Alguns atributos químicos do solo tiveram correlação positiva e negativa entre os grupos da meso e macrofauna, mas, no geral, as correlações foram fracas.

Em condições semiáridas ainda são necessárias às pesquisas quanto à fauna edáfica, por isso, sugere-se a continuidade de estudos dessa natureza para estimular a conservação dos solos, garantindo a manutenção dos organismos fundamentais na reabilitação da funcionalidade do solo.

REFERÊNCIAS

- ABREU, R. R. *et al.* Fauna edáfica sob diferentes níveis de palhada em cultivo de cana de açúcar. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 409-416, out./dez. 2014.
- ALMEIDA, M. A.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. S. Composição e sazonalidade da mesofauna do solo do semiárido paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 8, n. 4, p. 214-222, out/dez. 2013.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **MeteorologischeZeit**, Stuttgart, Alemanha, v.22, n.6, 711-728p. 2014. Disponível em: http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_et_al_2014.pdf. Acesso em: 12 Jun. 2019.
- ALVES, A. F. L. *et al.* Caracterização da macro e mesofauna edáfica sobre um fragmento remanescente de “mata atlântica” em Areia-PB. **Gaia Scientia**, João Pessoa, v. 8, n. 1, p. 384-391, jan/dez. 2014.
- ARAÚJO, J. L. *et al.* Mudanças na abundância e diversidade de artrópodes do solo no cultivo de fruteiras. **Rev. Ciênc. Agron.**, Fortaleza, v. 49, n. 4, pág 537-546, dezembro de 2018. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-66902018000400537&lng=en&nrm=iso>. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180061>
- ARAÚJO, K. D. *et al.* Dinâmica da mesofauna edáfica em função das estações seca e chuvosa em áreas de caatinga sob pastejo. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, Ituiutaba, v. 4, n. 2, p. 663-679, jul./dec. 2013
- BARETTA, D. *et al.* **FAUNA EDÁFICA E QUALIDADE DO SOLO**. 2011.
- BARROSO, R. F. **Características morfológicas e carbono orgânico do solo em áreas de caatinga no semiárido da Paraíba**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural – Patos, 2017. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/3649/1/ROBERTO%20FERREIRA%20BARROSO%20-%20DISSERTA%C3%87%C3%83O%20PPGCF%202017..pdf>. Acesso em 10 jun. 2019.
- BERUDE, M. C. *et al.* A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 22, p. 14-28, jan/dez. 2015.
- CARNEIRO, R. G. *et al.* Variabilidade da temperatura do solo em função da liteira em fragmento remanescente de mata atlântica. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.18, n. 1, p. 99-109, 2014.
- CASARIL, C. E. *et al.* Fauna edáfica em sistemas de produção de banana no Sul de Santa Catarina **Rev. Bras. Cienc. Agrar.**, Recife, v.14, n.1, e5613, 2019
- CORTE, A. C. D. *et al.* Avaliação da fauna edáfica associada à serapilheira em três formações florestais, no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul. **Ambiência Guarapuava**, v.10 n.1 p. 159 – 170. Disponível em: DOI:10.5935/ambiencia.2014.01.13nt

- COSTA, T. C. C. *et al.* Análise da degradação da Caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.961-974, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13s0/v13s0a20.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2019.
- DAMASCENO, J.; SOUTO, J.S. Indicadores biológicos do núcleo de desertificação do seridó ocidental da Paraíba. **Revista de Geografia (UFPE)**, v. 31, n. 1, p. 100–132, 2014.
- DIAS, D. S. *et al.* Mesofauna invertebrada na interface solo+serapilheira, em Maceio-Alagoas. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 4, Suplemento, e9562, 2019.
- FERNANDES, M. M. Influência de diferentes coberturas florestais na Fauna do solo na flona mário xavier, no município de Seropédica, RJ. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 41, n. 3, p. 533-540, jul./set. 2011.
- FERREIRA, C. D. *et al.* Florística do banco de sementes no solo em diferentes estágios de regeneração natural de Caatinga. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. V.9, n.4, p.562-569, UFRPE, Recife, PE, 2014. disponível em: http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v9i4a4497. Acesso em: 14 jun. 2019.
- FREIRE, L. R. Tempo de Captura de Organismos da Mesofauna do Solo e seus Reflexos na Interpretação de Índices da Comunidade Edáfica. **R. Bras. Ci. Solo**, 39:1282-1291, 2015.
- LIMA, C. S. *et al.* Macrofauna edáfica e sua relação com sazonalidade em sistema de uso do solo, bioma cerrado. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.2, março, 2020.
- MACHADO, D. L. *et al.* Fauna edáfica na dinâmica sucessional da Mata Atlântica em Floresta Estacional Semidecidual na Bacia do Rio Paraíba do Sul- RJ. **Ciencia Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 91-106, 2015.
- MEDEIROS, W. P. **Ciclagem da serrapilheira e fauna edáfica em áreas de caatinga com diferentes estágios sucessionais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2015.
- NASCIMENTO, A. M. A. *et al.* Amostragem da macrofauna edáfica na Caatinga de Santana do Ipanema, Semiárido Alagoano. **Revista Craibeiras de Agroecologia**. v. 1, n. 1 (2017)
- OLIVEIRA, D. **Efeitos das variáveis ambientais locais sobre a abundância, a riqueza e a biomassa da macrofauna de solo em um ecossistema semiárido no Rio Grande do Norte**. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Ecologia - UFRN. 2012.
- PASQUALIN, L. A. *et al.* Macrofauna edáfica em lavouras de cana-de-açúcar e mata no noroeste do Paraná - Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 7-18, 2012.
- PINHEIRO, F. J. *et al.* Caracterização da macrofauna edáfica na interface solo-serapilheira em uma área de caatinga do nordeste brasileiro. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer. Goiânia, v. 10, n. 19; p. 2964. 2014.

POMPEO, P.N. *et al.* Diversidade de Coleoptera (Arthropoda: Insecta) e atributos edáficos em sistemas de uso do solo no Planalto Catarinense. **Scientia Agraria**, v.17, n.1, p.16-28, 2016. <https://doi.org/10.5380/rsa.v17i1.46726>.

ROCHA, W.O. *et al.* Formigas (Hymenoptera: Formicidae) bioindicadoras de degradação ambiental em Poxoréu, Mato Grosso, Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n.1, p.88-98, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.0049>.

RODRIGUES, K. M. *et al.* Fauna do solo ao longo do processo de sucessão ecológica em Voçoroca revegetada no município de pinheiral – RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 355-364, abr.-jun., 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1980-50982016000200355&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 20 jun. 2019.

SANTOS, G R. Invertebrados da macrofauna e mesofauna do solo em ambiente de caatinga arbóreo-arbustiva, em Santana do Ipanema, Semiárido Alagoano. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 894-903, 27 out. 2016.

SANTOS, G R.; ARAUJO, K. D.; SILVA, F. G Macrofauna edáfica na ecológica na Estação Ecológica Curral do Meio, Caatinga Alagoana. **Revista de Geociências do Nordeste**, Vol. 4, Nº 2. 2018. Disponível em: <http://www.periodicos.ufrn.br/revistadoregne>. Acesso em: 21 jun. 2019.

SANTOS, J. E. B *et al.* Mesofauna do solo em remanescente de caatinga, Santana do Ipanema, Alagoas. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 15, número suplementar, p. 13-17, 2017.

SILVA, A. C. F. *et al.* Macrofauna Edáfica em Resposta à Adubação Orgânica em três diferentes plantios florestais. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer. Goiânia, v. 10, n. 18; p. 2123. 2014a.

SILVA, A. C. F. *et al.* Macrofauna edáfica em três diferentes usos do solo. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer. Goiânia, v. 10, n. 18; p. 2131. 2014b.

SILVA, C. F. *et al.* Fauna Edáfica em Área Periodicamente Inundável na Restinga da Marambaia, RJ. **R. Bras. Ci. Solo**, 37:587-595, 2013

SILVA. D. A. A. *et al.* Bioindicadores de qualidade edáfica em diferentes usos do solo. **Enciclopédia Biosfera, centro científico Conhecer**, v.11; n. 22; p. 3738. Goiânia, 2015.

SOUTO, P. C. **Acumulação e decomposição da serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de caatinga na Paraíba, Brasil**. 2006.146 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

SOUZA, M. H. *et al.* Macrofauna do solo. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.22; p. 2015. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015E/Macrofauna.pdf>

VARGAS, A. B. *et al.* Diversidade de Artrópodes da Macrofauna Edáfica em diferentes Usos da Terra Em Pinheiral, RJ. **ACTA SCIENTIAE & TECHNICA**, v. 1, n. 2, dezembro, 2013.

VEIGA, J. B. *et al.* Avaliação rápida da riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) em fragmentos de floresta ombrófila na região de Alta Floresta, MT. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.12, n.2, p.13-18, 2015.

ZAGATTO, M. R. G. **Fauna edáfica em sistemas de uso do solo no município de Ponta Grossa - PR**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, p. 76. 2014.