

**AMANDA FERREIRA CARNAUBA**

**ANÁLISE DA RESTAURAÇÃO PASSIVA POR MEIO DE INDICADORES  
ECOLÓGICOS EM FLORESTA TROPICAL, ALAGOAS – BRASIL**

RECIFE  
Pernambuco – Brasil  
Fevereiro – 2020

AMANDA FERREIRA CARNAUBA

ANÁLISE DA RESTAURAÇÃO PASSIVA POR MEIO DE INDICADORES  
ECOLÓGICOS EM FLORESTA TROPICAL, ALAGOAS – BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais, Área de Concentração: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Florestais.

**Orientador:** Prof. Dr. Luiz Carlos Marangon

**Coorientadores:** Prof<sup>a</sup>.Dr<sup>a</sup>. Maria da Penha Moreira Gonçalves  
Prof. Dr. Henrique Costa Hermenegildo da Silva

RECIFE  
Pernambuco – Brasil  
Fevereiro – 2020

Dados Internacionais de Catalogação na  
Publicação Universidade Federal Rural  
de Pernambuco Sistema Integrado de  
Bibliotecas

---

Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a)

- C288a      Carnauba, Amanda Ferreira  
              ANÁLISE DA RESTAURAÇÃO PASSIVA POR MEIO DE INDICADORES ECOLÓGICOS  
              EM FLORESTA TROPICAL, ALAGOAS – BRASIL / Amanda Ferreira Carnauba. - 2020.  
              79 f. : il.
- Orientador: Luiz Carlos Marangon.  
              Coorientador: Maria da penha Moreira Goncalves Henrique Costa Hermenegildo da  
              Silva. Inclui referências.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-  
              Graduação em Ciências Florestais, Recife, 2020.
1. Regeneração Natural. 2. Composição Florística. 3. Ecossistema de Referência. 4.  
              Monitoramento. I. Marangon, Luiz Carlos, orient. II. Silva, Maria da penha Moreira Goncalves  
              Henrique Costa Hermenegildo da, coorient. III. Título

CDD 634.9

---

AMANDA FERREIRA CARNAUBA

ANÁLISE DA RESTAURAÇÃO PASSIVA POR MEIO DE INDICADORES  
ECOLÓGICOS EM FLORESTA TROPICAL, ALAGOAS - BRASIL

Aprovado em: **19 de fevereiro de 2020.**

**ORIENTADOR**

---

Prof. Dr. Luiz Carlos Marangon  
(Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE/PPGCF)

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Carolina Borges Lins e Silva  
(Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE)  
Membro Titular

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>o</sup> Ricardo Gallo  
(Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE)  
Membro Titular

RECIFE  
Pernambuco – Brasil  
Fevereiro – 2020

**DEDICO**

*Aos meus pais, Elisabete Ferreira Carnauba e Gilvan Nunes Carnauba, por sempre  
me apoiarem e serem o meu porto seguro!*

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por iluminar meu caminho, me dar a saúde e o discernimento para que eu pudesse seguir sempre em frente, a quem devo e sou grata pela minha existência e por todas as lutas, vitórias e aprendizados dessa vida.

A meus pais, meus maiores incentivadores, Gilvan Nunes e Elisabete Carnauba, que se dedicaram tanto para que eu alcançasse meus objetivos.

Aos meus irmãos, Anderson, Camyla e Ariany, que sempre estiveram ao meu lado, me motivando e vibrando a cada conquista.

Agradeço aos colegas do PPGCF/UFRPE, em especial a turma de 2018.1, que compartilharam comigo essa experiência de grande aprendizado ao longo desses dois anos.

Agradeço aos amigos do Laboratório de Dendrologia/UFRPE, Marília, Nailson, Diogo, Nathan, Lucidalva, Weydson pela amizade e pelos muitos momentos de descontração e aprendizado. Ao meu amigo Anderson Mago pela disponibilidade de seu tempo e paciência em me ajudar na análise dos dados.

Agradeço as minhas amigas (Clube das Lulus) pelo apoio nos momentos difíceis, pela descontração e resenhas durante esses anos.

Agradeço ao pessoal do laboratório NEETEC-UFAL, em especial aos companheiros que tanto me ajudaram em campo: Wagner, Emilly, Lívia, Mayane, Osman.

Agradeço ao meu orientador, Professor Dr. Luiz Carlos Marangon, pela confiança, por todas as valiosas sugestões e por tantos ensinamentos (acadêmicos e sobre a vida) que levarei comigo para sempre. Aos meus coorientadores, Professora Dra. Maria da Penha e Professor Dr. Henrique Costa Hermenegildo, pelo apoio.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da UFRPE por todo suporte oferecido para realização do mestrado e ao CNPQ pela concessão da bolsa.

De modo geral, a todos que, de alguma forma, contribuíram para conclusão desta etapa...

**OBRIGADA!**

CARNAUBA, AMANDA FERREIRA. **Análise da restauração passiva por meio de indicadores ecológicos em floresta tropical, Alagoas – Brasil.** 2020. Orientador: Luiz Carlos Marangon. Coorientadores: Maria da Penha Moreira Gonçalves e Henrique Costa Hermenegildo da Silva.

## RESUMO

A restauração florestal pode ser conduzida por meio de iniciativas passivas, como a regeneração natural, ou ativas, com intervenção humana. Ou seja, trata-se de um processo que envolve a reconstrução gradual da floresta, atuando na recuperação da biodiversidade, no funcionamento ecossistêmico e sustentável, incluindo outras formas de vida além de árvores, em conjunto ou de forma isolada. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo geral avaliar a Restauração Passiva analisando indicadores ecológicos em uma Floresta Estacional Semidecidual, no estado de Alagoas. Foram selecionadas duas áreas, uma em processo de restauração passiva (AR) e um fragmento de floresta nativa como Ecossistema de Referência, as áreas estudadas pertencem a uma comunidade próxima ao município de Arapiraca. Os indicadores ecológicos avaliados foram: regeneração natural, aporte de serapilheira, chuva de sementes, fauna edáfica e polinização, além da análise fitossociológica da vegetação arbórea. Para a análise destes indicadores, foram instaladas em cada área 20 parcelas permanentes de 250 m<sup>2</sup>, contendo em seu interior uma subparcelas de 100 m<sup>2</sup> para avaliar o processo de regeneração natural. Para análise da serapilheira e da chuva de sementes fez-se uso de um coletor de 1m<sup>2</sup>. Ao final, toda serapilheira (folhas, frutos, ramos e flores) presente nas caixas coletoras foi coletada, embalada em sacos de polietileno identificados e esses sacos levados ao Laboratório de Biologia da UFAL. Os dados de fauna edáfica foram obtidos por meio da armadilha PROVID, onde enterrou-se uma garrafa no solo até que suas bordas ficassem enterradas. Os organismos coletados foram triados e identificados a nível de ordem. As duas áreas apresentaram padrões semelhantes em relação a diversidade de ordens de polinizadores e a quantidade de indivíduos. Como resultado principal, observou-se que a AR se diferenciou do ER apenas na diversidade de espécies, tanto do estrato arbóreo como do estrato regenerante na quantidade de sementes aportadas. Quanto aos indicadores aporte de serapilheira e fauna edáfica, estes não diferiram em relação ao ecossistema de referência. Diante dos resultados obtidos, verificou-se que os processos avaliados estão se restabelecendo na área em restauração de forma rápida, apresentando uma trajetória que pode levá-la ao sucesso da restauração passiva.

**Palavras-chave:** Regeneração natural, composição florística, ecossistema de referência, monitoramento.

CARNAUBA, AMANDA FERREIRA. **Analysis of passive restoration through ecological indicators in the tropical forest in Alagoas-Brazil.** 2020. Adviser: Luiz Carlos Marangon. Comit e: Maria da Penha Moreira Gonçalves and Henrique Costa Hermenegildo da Silva.

## ABSTRACT

Forest restoration can be conducted through passive initiatives, such as natural regeneration, or active, with human intervention. In other words, it is a process that involves the gradual reconstruction of the forest, acting in the recovery of biodiversity, in the ecosystem and sustainable functioning, including other forms of life besides trees, together or in isolation. Thus, the present study had the general objective of evaluating Passive Restoration by analyzing ecological indicators in a Seasonal Semideciduous Forest, in the state of Alagoas. Two areas were selected, one in the process of passive restoration (AR) and a fragment of native forest as a Reference Ecosystem, the areas studied belong to a community close to the municipality of Arapiraca. The ecological indicators evaluated were: natural regeneration, litter supply, seed rain, edaphic fauna and pollination, in addition to the phytosociological analysis of tree vegetation. For the analysis of these indicators, 20 permanent plots of 250 m<sup>2</sup> were installed in each area, containing a sub-plot of 100 m<sup>2</sup> inside to evaluate the natural regeneration process. For the analysis of litter and seed rain, a 1m<sup>2</sup> collector was used. At the end, all litter (leaves, fruits, branches and flowers) present in the collection boxes was collected, packed in identified polyethylene bags and these bags were taken to the UFAL Biology Laboratory. The edaphic fauna data were obtained using the PROVID trap, where a bottle was buried in the soil until its edges were buried. The collected organisms were screened and identified at the order level. As a main result, it was observed that the AR differed from the ER only in the diversity of species, both from the arboreal stratum and from the regenerating stratum in the quantity of seeds contributed. As for the litter and edaphic fauna indicators, these did not differ in relation to the reference ecosystem. In view of the results obtained, it was found that the evaluated processes are recovering quickly in the area under restoration, presenting a trajectory that can lead it to the success of passive restoration.

**Keywords:** Natural regeneration, floristic composition, reference ecosystem and monitoring.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de localização da área em processo de restauração e ecossistema de referência, no município de Arapiraca - AL. ....	25
<b>Figura 2.</b> Esquema das parcelas e subparcelas locadas na área em processo de restauração (AR) e no ecossistema de referência (ER), localizadas no município de Arapiraca - AL. ....	28
<b>Figura 3.</b> Esquema de armadilha PROVID colocada na área em processo de restauração (AR) e no ecossistema de referência (ER), localizadas no município de Arapiraca - AL. ....	30
<b>Figura 4.</b> Percentual de espécies arbóreas nativas e exóticas encontradas na área em restauração (AR) e no Ecossistema de Referência (ER), localizadas no município de Arapiraca - AL. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>Figura 5.</b> Percentual das Síndromes de Dispersão das espécies encontradas no estrato arbóreo da área em restauração (AR) e Ecossistema de Referência (ER), localizadas no município de Arapiraca - AL (sendo: Ane: Anemocórica; Aut: Autocórica; Zoo: Zoocórica e Sc: Sem classificação).....	38
<b>Figura 6.</b> Percentual de espécies regenerantes nativas e exóticas encontradas na área em restauração (AR) e no ecossistema de referência (ER), localizadas no município de Arapiraca - AL. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>Figura 7.</b> Percentual das Síndromes de Dispersão das espécies encontradas no estrato regenerante da área em processo de restauração (AR) e no ecossistema de referência (ER), localizadas no município de Arapiraca - AL, (sendo: Ane: Anemocórica; Aut: Autocórica; Zoo: Zoocórica e Sc: Sem classificação). ....	44
<b>Figura 8.</b> Peso ( $Mg\ ha^{-1}$ ) da serapilheira produzida na área restaurada (AR) e no ecossistema de referência (ER), localizadas no município de Arapiraca - AL. ....	55
<b>Figura 9.</b> Quantidade de sementes produzidas na área em restauração (AR) e no ecossistema de referência (ER), localizadas no município de Arapiraca - AL.....	57
<b>Figura 10.</b> Exemplares dos insetos capturados nas armadilhas PROVID na AR e no ER no município de Arapiraca-AL: (a) Ordem Díptera, (b) Hymenoptera, (c) Coleoptera, (d)Anura, (e) Araneae, (f) Blattodea e (g) Myriápoda.....	59
<b>Figura 11.</b> Distribuição mensal da quantidade de indivíduos em relação a pluviosidade nas duas áreas em estudo. ....	60

<b>Figura 12.</b> Exemplos dos polinizadores encontrados na AR e ER no município de Arapiraca-AL: (a) Lepidoptera, (b), (c) e (f) Hemíptera; (d) Coleoptera e (e) Díptera. ....	64
<b>Figura 13.</b> Distribuição mensal dos insetos capturados por <i>PanTraps</i> , em uma área em restauração (AR) no município de Arapiraca-AL. ....	66
<b>Figura 14.</b> Abundância de insetos capturados por <i>PanTraps</i> , em um ecossistema de referência (ER) no município de Arapiraca – AL. ....	68

**Erro! Indicador não definido.**

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Características da área em processo de restauração (AR) e do ecossistema de referência (ER), localizadas no município de Arapiraca - AL. ....26
- Tabela 2.** Lista das espécies presentes na área em restauração (AR) e no ecossistema de referência (ER), localizada no município de Arapiraca - AL (sendo: OR: Origem; Nat: Nativas; Exo: Exóticas; SD: Síndrome de dispersão; Ane: Anemocórica; Aut: Autocórica; Zoo: Zoocórica; Sc: Sem caracterização). ....34
- Tabela 3.** Índices de diversidade estimados para a área em restauração (AR) e o ecossistema de referência (ER), localizadas no município de Arapiraca-AL. ....36
- Tabela 4.** Parâmetros fitossociológicos do componente arbóreo da área em processo de restauração (AR) localizado no município de Arapiraca - AL (sendo: NI: Número de indivíduos; DA: Densidade absoluta; DR: Densidade relativa; FA: Frequência absoluta; Fr: Frequência relativa; DoA: Dominância absoluta; DoR: Dominância relativa e VI: Valor de importância).....39
- Tabela 5.** Parâmetros fitossociológicos do componente arbóreo do Ecossistema de Referência (ER) localizado no município de Arapiraca - AL (sendo: NI: Número de indivíduos; DA: Densidade absoluta; DR: Densidade relativa; FA: Frequência absoluta; Fr: Frequência relativa; DoA: Dominância absoluta; DoR: Dominância relativa e VI: Valor de importância). ....40
- Tabela 6.** Lista das espécies regenerantes presentes na área em restauração (AR) e no ecossistema de referência (ER), localizada no município de Arapiraca - AL (sendo: OR: Origem; Nat: Nativas; Exo: Exóticas; SD: Síndrome de dispersão; Ane: Anemocórica; Aut: Autocórica; Zoo: Zoocórica; Sc: Sem caracterização). ....42
- Tabela 7.** Parâmetros fitossociológicos do estrato regenerante da área em restauração (AR) localizada no município de Arapiraca - AL (sendo: NI: Número de indivíduos; DA: Densidade absoluta; DR: Densidade relativa; FA: Frequência absoluta; Fr: Frequência relativa; DoA: Dominância absoluta; DoR: Dominância relativa e VI: Valor de importância). ....44
- Tabela 8.** Parâmetros fitossociológicos do estrato regenerante do ecossistema de referência (ER) localizada no município de Arapiraca-AL (sendo: NI: Número de indivíduos; DA: Densidade absoluta; DR: Densidade relativa; FA: Frequência absoluta; Fr: Frequência relativa; DoA: Dominância absoluta; DoR: Dominância relativa e VI: Valor de importância). ....46

<b>Tabela 9.</b> Estimativa da Regeneração Natural (RN) por classe de altura das 20 unidades amostrais lançadas na área em restauração no município de Arapiraca-AL, listadas em ordem decrescente de acordo com maior valor da RN (sendo: DR = Densidade Relativa das classes de altura 1, 2 e 3; FR = Frequência Relativa das classes de altura 1, 2 e 3 e RN = Regeneração Natural das classes de altura 1, 2 e 3).....	50
<b>Tabela 10.</b> Estimativa da Regeneração Natural (RN) por classe de altura das 20 unidades amostrais lançadas no ecossistema de referência (ER) no município de Arapiraca-AL, listadas em ordem decrescente de acordo com maior valor da RN (sendo: DR = Densidade Relativa das classes de altura 1, 2 e 3; FR = Frequência Relativa das classes de altura 1, 2 e 3 e RN = Regeneração Natural das classes de altura 1, 2 e 3).....	52
<b>Tabela 11.</b> Número de indivíduos (Ni), Frequência absoluta (FA), Frequência relativa (Fr) das diferentes ordens coletados na área em restauração (AR) e no ecossistema de referência (ER) no município de Arapiraca - AL.....	58
<b>Tabela 12.</b> Número de indivíduos pôr ordem na área em processo de restauração (AR) e no ecossistema de referência (ER), no município de Arapiraca - AL.....	61
<b>Tabela 13.</b> Quantidade de insetos (em ordem) capturados por <i>PanTraps</i> , entre julho e outubro/2019 em uma área em restauração (AR) no município de Arapiraca-AL. .	65
<b>Tabela 14.</b> Quantidade de insetos (em ordem) capturados por <i>PanTraps</i> , entre Julho e Outubro/2019 no ecossistema de referência (ER) no município de Arapiraca-AL.	67

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>14</b>
2.1 Restauração Florestal .....	14
2.2 Avaliação e monitoramento da restauração florestal.....	15
2.3 Ecossistemas de referência na Restauração Florestal .....	16
2.4 Indicadores Ecológicos da Restauração .....	17
2.4.1 Regeneração Natural .....	18
2.4.2 Serrapilheira.....	20
2.4.3 Chuva de sementes .....	21
2.4.4 Fauna Edáfica: Macrofauna .....	22
2.4.5 Polinização.....	23
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>25</b>
3.1 Caracterização da área de estudo .....	25
3.2 Indicadores ecológicos .....	27
3.2.1 Regeneração natural.....	28
3.2.2 Serapilheira e Chuva de Sementes.....	29
3.2.3 Fauna Edáfica .....	29
3.2.4 Polinização.....	30
3.3 Análise de dados.....	31
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>33</b>
4.1 Componente arbóreo adulto.....	33
4.2 Regeneração natural.....	41
4.3 Serapilheira .....	54
4.4 Chuva de sementes .....	56
4.5 Fauna edáfica: Macrofauna.....	58
4.6 Polinização.....	63
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>70</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>70</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A demanda global pela restauração de ecossistemas cresceu significativamente nos últimos anos, devido às perdas de serviços ecossistêmicos e a integração da restauração ecológica às principais políticas internacionais relacionadas à biodiversidade (ARONSON; ALEXANDER, 2013; MENZ et al., 2013; JORGENSEN, 2015). Com isso, bastante esforço tem sido destinado à restauração.

A restauração florestal define-se como uma atividade intencional que inicia ou acelera a recuperação de um ecossistema em relação à sua integridade ecológica e sustentabilidade (SER, 2004). Em síntese, trata-se de um processo que envolve a reconstrução gradual da floresta, atuando na recuperação da biodiversidade, no funcionamento ecossistêmico e sustentável, incluindo outras formas de vida além de árvores, em conjunto ou de forma isolada (MAGNAGO et al., 2012; FONSECA, 2013).

Essa reconstrução pode ser conduzida por meio de iniciativas passivas, como a regeneração natural, ou ativas, com intervenção humana (HOLL; AIDE, 2011; CHAZDON; URIARTE, 2016). A restauração passiva consiste em um método aplicado quando há baixo recurso financeiro e o local não apresenta alto nível de degradação. Sendo assim, se faz necessária a proteção da área de qualquer tipo de distúrbio exógeno, permitindo a ocorrência, de forma natural, dos processos de colonização e sucessão, alcançando a regeneração novamente (MARTINS, 2012).

Comparar a situação atual com o ecossistema de referência, servirá para corrigir o rumo da restauração, caso o processo esteja caminhando a uma situação indesejada. Esta avaliação, feita entre o início e o final do projeto, chama-se monitoramento (DURINGAN, 2011). Sendo assim, é necessário avaliar e monitorar a fim de verificar se os objetivos propostos foram ou estão sendo alcançados progressivamente (DURINGAN, 2011; BRANCALION et al., 2012).

A avaliação, uma das etapas principais de todo o processo de restauração, permite refletir e analisar como a área degradada está reagindo aos estímulos que lhe são impostos (BRANCALION et al., 2012). O processo de avaliação da restauração deve ser realizado por meio do uso de indicadores ecológicos que permitam constatar a ocupação gradual e crescente da área (RODRIGUES, 2013).

Indicadores ecológicos são uma ferramenta que possibilita o levantamento de informações sobre a real situação da área, tendo como característica principal a

síntese de informações complexas retendo apenas o significado essencial dos aspectos analisados (MITCHELL, 2013).

A escolha de um indicador baseia-se nos objetivos propostos e nos custos de avaliação desse indicador. Geralmente, os escolhidos são aqueles mais eficientes, fáceis de medir, que sejam claros e passíveis de mudança ao longo do processo (DURIGAN, 2011; BRANCALION et al., 2015). Regeneração natural, formação de serapilheira, fauna edáfica, chuva de sementes, dentre outros, são alguns indicadores ecológicos utilizados no processo de avaliação da restauração florestal, segundo Brancalion et al. (2012).

Sendo assim, nota-se que a comparação entre a área restaurada e o ecossistema de referência é possibilitada através dos indicadores ecológicos, utilizados para fornecer informações sobre como os processos ecológicos estão se restabelecendo na área em processo de restauração.

No contexto deste projeto, é esperado que a área em processo de restauração passiva siga uma trajetória sucessional progressiva e convergente, verificando o retorno de sua estrutura original, composição e funcionamento. Dessa forma, selecionar os indicadores adequados para avaliar a sustentabilidade do ecossistema restaurado é fundamental para entender o processo da restauração florestal.

Assim, o presente estudo teve como objetivo principal avaliar a Restauração Passiva analisando indicadores ecológicos em uma Floresta Estacional Semidecidual, no estado de Alagoas. Como objetivos específicos buscou-se: 1) avaliar a estrutura e composição florística entre os componentes arbóreo e regenerantes da área em estudo; 2) analisar a regeneração natural e compará-la com o ecossistema de referência; 3) avaliar os indicadores (aporte de serapilheira, chuva de sementes, macrofauna e polinização) comparando-os com o ecossistema de referência.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Restauração Florestal

O ambiente está sujeito a ações degradantes cada vez mais intensas, resultando em distúrbios provenientes de ações naturais ou antrópicas. Estes distúrbios resultam em alterações ambientais de diferentes e variados graus. De acordo com o grau de alteração e distúrbios ocasionados, o ambiente apresenta capacidade de se regenerar naturalmente, caso contrário necessita do auxílio do homem para buscar o seu reequilíbrio (MARCUIZZO et al., 2014). Com isso, é preciso intervenções de ações humanas para auxiliarem na reversão deste processo

Restauração é um termo definido pela lei 9.985/2000 instituída pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) como: “Restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da condição original” (BRASIL, 2000). Restaurar é o “processo de assistência à recuperação de um ecossistema que foi degradado ou perturbado”, de acordo com a Sociedade Internacional de Restauração Ecológica (*Society for Ecological Restoration* – SER, 2004).

De modo geral, a restauração abrange a reconstrução gradual da floresta, recuperando sua biodiversidade, função ecossistêmica e sustentabilidade, acarretada devido ao uso de várias espécies diferentes, incluindo outras formas de vida além de árvores, em conjunto ou de forma isolada (RODRIGUES et al., 2007).

As intervenções humanas devem ser realizadas com métodos de restauração, buscando a restituição do ambiente degradado, através do aceleração e direcionamento da sucessão natural, sempre trabalhando com projetos pré-elaborados de acordo com as necessidades apresentadas por cada situação (KLATT et al., 2014)

Por isso, é de fundamental importância a restauração florestal para o reestabelecimento dos ecossistemas degradados (MARCUIZZO et al., 2014), uma vez que, tem por objetivo expandir as possibilidades de ocorrência da sucessão natural, e gerar condições favoráveis para uma maior biodiversidade, a mais semelhante possível das comunidades naturais (SOUZA et al, 2016).

Enfim, qualquer ação para restaurar um ecossistema florestal deve ser tomada no sentido de acelerar a sucessão, propiciando o aumento da biodiversidade (MORAES et al., 2010).

## **2.2 Avaliação e monitoramento da restauração florestal**

Em ações conservacionistas de restauração, a avaliação e o monitoramento do ecossistema tornam-se inseparáveis do processo de planejamento, manejo e tomada de decisões (ENGEL & PARROTTA, 2003), com o objetivo de verificar o sucesso das atividades implementadas na área.

Brançalion et al. (2009) afirmam que a avaliação é um retrato da sequência dos estados em que se encontra a área restaurada, permitindo concluir se o projeto alcançou os objetivos definidos no planejamento, uma vez que a implantação de um projeto de restauração, por mais bem elaborado que seja, não dá garantia que a área restaurada conseguirá se estabelecer, que atinja uma cobertura florestal com capacidade de regeneração (MARTINS, 2013). Monitoramento é uma mensuração de indicadores ambientais ou populacionais, obtidos por meio das diversas avaliações realizadas a fim de verificar o funcionamento da dinâmica da área restaurada (MARTINS, 2013).

Muitos são os benefícios da realização de um monitoramento em uma área em processo de restauração. São eles: auxilia na avaliação do seu desenvolvimento; na identificação de perturbações; na definição de medidas de manejo, condução ou replantio; na verificação da eficiência dos métodos e espécies empregadas e no aperfeiçoamento dos modelos, podendo embasar estudos sobre o desenvolvimento das comunidades implantadas e dos processos ecológicos e hidrológicos relacionados (SCHIEVENIN et al., 2012).

No Brasil, infelizmente, são poucos os trabalhos que avaliam os projetos de restauração e a eficiência das técnicas utilizadas (BASTOS, 2010; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015). Inclusive, a avaliação e o monitoramento de áreas já restauradas são fundamentais para a qualificação das melhorias das metodologias aplicadas em outros projetos (BASTOS, 2010; MARTINS, 2012).

Sendo assim, a avaliação e o monitoramento tornam-se uma das etapas essenciais de todo o processo de restauração, por meio de análises de como a área

degradada está reagindo aos tratamentos que lhe são impostos (BRANCALION et al., 2012).

### **2.3 Ecossistemas de referência na Restauração Florestal**

Embora muitos estudos tratem da restauração florestal, raramente são avaliadas as trajetórias sucessionais de uma área em restauração e comparadas a ecossistemas de referência (SUGANUMA; DURIGAN, 2015). Ruiz–Jaen; Aide (2005) destacaram ser fundamental a existência de áreas de referência em projetos que avaliam o sucesso da restauração em diversas regiões, para que sirvam como referenciais de comparação.

De acordo com a SER (2004), os ecossistemas de referência podem ser considerados como modelo para iniciar o planejamento da restauração, servindo de parâmetro para avaliar o sucesso de todo processo, a partir da análise da trajetória desenvolvida nas áreas restauradas. Os ecossistemas de referência são o alvo principal a ser atingido por qualquer projeto de restauração, representando o estado final desejado quando se restauram áreas (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

Considerando que os ecossistemas de referência devem representar metas factíveis de serem atingidas, alguns autores (DURIGAN, 2011; MARON et al., 2012; BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015) consideram que os remanescentes florestais mais conservados da paisagem não devem ser o alvo das referências, e sim, fragmentos que permitam avaliar diferentes trajetórias sucessionais que a área restaurada possa estar seguindo.

É essencial que esses ecossistemas de referência estejam na mesma paisagem e próximos às áreas em restauração, e que seja exposto às mesmas perturbações naturais, só assim, esses locais de referência servirão como possíveis modelos eficientes de planejamento e avaliação da restauração, a partir da comparação entre as áreas (SER, 2004; SOUZA, 2014).

Para caracterizar um fragmento florestal como ecossistema de referência, várias informações devem ser utilizadas, tais como: levantamentos florísticos e fitossociológicos de fragmentos conservados e em diferentes níveis de degradação inseridos na paisagem local, descrições físicas e bióticas de trechos do ecossistema que não foram destruídos, listas de espécies obtidas de ecossistemas similares e

relatos históricos das populações que vivem na área do projeto (SER, 2004; BRANCALION et al., 2012).

Porém, só é possível conhecer se um determinado ecossistema restaurado pode igualar-se ou se aproximar de um ecossistema de referência, mediante o monitoramento (DARONCO; MELO; DURIGAN, 2013).

Sendo assim, existem vários atributos-chave que possibilitam inferir se um dado ecossistema pode ser considerado restaurado, de acordo com a *Society of Ecological Restoration* (SER, 2004). Dentre eles: diversidade, similaridade e estrutura de comunidades em comparação com áreas de referência; ambiente físico capaz de sustentar a reprodução das populações; presença de todos os grupos funcionais; ameaças à resiliência e à integridade do ecossistema, eliminadas ou reduzidas, entre outros.

Com a análise destes atributos é possível compreender se uma área restaurada pode apresentar uma trajetória semelhante às áreas de referência.

## **2.4 Indicadores Ecológicos da Restauração**

No âmbito da restauração ecológica, considera-se um indicador qualquer variável avaliada que forneça informações sobre determinado critério que se monitora dentro do projeto de restauração (RODRIGUES, 2013). No processo de monitoramento analisam-se variáveis que permitem verificar a ocupação gradual da área por diferentes espécies (RODRIGUES, 2013; SILVA, 2017). Estes indicadores podem ser classificados de acordo com o objetivo da avaliação em: ecológico, social e econômico.

Os indicadores ecológicos têm como objetivo, além da recuperação da fitofisionomia garantir a reconstituição dos processos ecológicos, confirmando a sua perpetuação e funcionalidade para conservação da biodiversidade local (RODRIGUES; GANDOLFI, 2004; FONSECA, 2013).

A escolha desses indicadores ecológicos deve contemplar os atributos básicos de um ecossistema, sendo eles: composição, estrutura e processos ecológicos (SER, 2004; RUIZ-JAEN; AIDE, 2005). Além desses, outros atributos podem ser considerados, como perturbações antrópicas e atributos da paisagem (MACHADO et al, 2008).

Informações sobre composição, estrutura e diversidade de espécies lenhosas que compõem o povoamento são frequentemente usados como indicadores de áreas em processo de restauração, por serem importantes indicadores do nível de conservação de uma floresta e de alterações causadas pela mudança no uso do solo (GRAY; AZUMA, 2005; MORAES; CAMPELLO; FRANCO, 2010).

Em relação aos indicadores de estrutura podem-se destacar: densidade de indivíduos, estrutura do sub-bosque, altura média do dossel, número de estratos, entre outros (BRANCALION et al., 2012). De acordo com os mesmos autores os indicadores de composição que se destacam são: riqueza e a diversidade de espécies, percentual de espécies exóticas, grupos sucessionais das espécies vegetais, síndromes de dispersão, entre outras. Por fim, destacam também os indicadores ecológicos, que são: regeneração natural, formação de serapilheira, recomposição da fauna, chuva de sementes, banco de sementes, ciclagem de nutrientes, acúmulo de biomassa, etc.

Sendo assim, os indicadores ecológicos se destacam, pois permitem avaliar o reestabelecimento dos processos ecológicos essenciais na manutenção da dinâmica da sucessão vegetal, e assim confirmar a sua perpetuação e funcionalidade para a conservação da diversidade local (FONSECA, 2013; RIGUEIRA; MARIANO-NETO. 2013).

#### 2.4.1 Regeneração Natural

A regeneração natural é um processo de grande importância, extremamente complexo e dinâmico, essencial para o desenvolvimento de florestas (GRIZ, MACHADO, 2001; HOLL et al., 2011) é resultado da ação de diferentes processos e compõe as fases iniciais do estabelecimento e desenvolvimento do ciclo de crescimento natural da floresta (MARANGON et al., 2008; FONSECA, 2013). Apresenta-se como um conjunto de indivíduos com capacidade de serem recrutados pelos estágios futuros da vegetação (LAGOS et al., 2012).

A regeneração é considerada a base do equilíbrio e da demografia das populações vegetais, uma vez que ela garante a renovação e a permanência das espécies no ecossistema (PINHEIRO, 2014). Segundo o autor um dos fatores importante para o processo de regeneração são as clareiras que sucedem a uma perturbação natural. Além disso, o termo regeneração natural pode ser interpretado

como um dos estratos da floresta, formado pelo banco de plântulas e indivíduos jovens, e como o processo em que as florestas se regeneram após distúrbios (MARTINS et al., 2014; CHAZDON, 2012)

Os estudos sobre a regeneração natural permitem inferir sobre o comportamento e desenvolvimento futuro da floresta, pois fornecem a relação e a quantidade de espécies que constituem a sua flora e como estão distribuídas na área (FREITAS, DAMBROS, CAMARGOC, 2013).

Para que a regeneração natural ocorra, é preciso que o processo de sucessão tenha iniciado, caracterizado pela sequência de comunidades vegetais, animais e microrganismos que sucessivamente vão ocupando uma área ao longo do tempo (KREMEN et al, 2004; MARTINS et al., 2014). As trajetórias sucessionais e as taxas de alteração variam amplamente, conforme a natureza do uso anterior da terra, a proximidade da floresta primária e a disponibilidade de fauna (CHAZDON et al., 2007).

A capacidade de regeneração florestal depende dos elos do processo regenerativo (herbívoros vertebrados, chuva de sementes, fatores físicos) e/ou vários atributos diretos da regeneração (densidade, riqueza, crescimento, recrutamento, mortalidade de plantas) (SOUZA et al, 2006). Além disso, a regeneração vai ainda depender das condições alelopáticas encontradas em cada local.

Os fatores e condições que influenciam na regeneração natural são muito variados e difíceis de enumerar. O processo envolve vários componentes da comunidade, como por exemplo: a chuva, o banco e a dispersão de sementes, e os fatores do ambiente físico como, umidade do solo, intensidade de luz, fertilidade, acidez do solo e a espessura da serrapilheira (PEREIRA, 2011).

Segundo Hardesty e Parker (2002) podem-se inferir alguns fatores e condicionantes que afetam a regeneração natural: a fonte de sementes, a dispersão de sementes, germinação e sobrevivência das plântulas). Uma adequada regeneração natural indica que todas estas fases tiveram algum grau de sucesso (SWIFT et al, 2010). Cada um desses fatores é importante na estruturação da comunidade regenerante e a interação entre eles determinará as características florísticas e estruturais da comunidade adulta futura (GIANNINI et al., 2015).

Sendo assim, a regeneração natural apresenta-se de forma fundamental para a manutenção das populações florestais, sendo representada por um elevado

número de indivíduos e espécies. O estudo da regeneração natural é uma ferramenta para analisar o estabelecimento das espécies arbóreas nos fragmentos florestais, permitindo a obtenção de dados sobre como se encontra a estrutura da comunidade, aumentando e conservando a biodiversidade no remanescente florestal (BASTOS, 2010).

#### 2.4.2 Serrapilheira

Serapilheira consiste em uma camada encontrada sobre o solo, constituída por matéria orgânica morta (MOM) como galhos, folhas, cascas, frutos, flores, sementes e resíduos animais depositados acima do solo com o passar do tempo, sendo as folhas seu principal constituinte (MARTINS, 2009; SOUZA et al., 2017).

É um componente fundamental dos ambientes florestais, por ser a principal rota do ciclo biogeoquímico onde é realizada a transferência de nutrientes através do sistema solo-planta-solo, proporcionando um estoque de matéria orgânica e nutrientes no solo, garantindo assim a fertilidade e a produtividade do sítio (SILVA et al., 2016; MARTINS, 2009).

A serapilheira é a responsável também por gerenciar uma gama de processos físicos ocorrentes nas florestas (COSTA et al., 2010), destacando a proteção física contra impactos de chuvas e processos erosivos, regulação da temperatura do solo, além de ser contribuinte para os processos de lixiviação de nutrientes e compactação.

Esta camada é essencial por abrigar um banco rico de sementes e uma grande diversidade de microrganismos, responsáveis pela degradação e decomposição da MOM (SOUZA et al., 2017).

A produção, o acúmulo e a decomposição da serapilheira são alterados diretamente pelo seu contexto ambiental. Dentre os fatores que podem influenciar na quantidade e na qualidade da serapilheira acumulada destacam-se: fatores climáticos, temperatura, ventos, tipo de vegetação, estágios sucessionais, tipos de uso do solo, dentre outros (SOUZA et al., 2017; MACHADO et al., 2008).

Sendo assim, a serapilheira consiste em um importante indicador ecológico, por ser muito sensível as alterações no meio, influenciando nos processos de deposição e decomposição de serapilheira. Em áreas em processo de restauração, a análise de tal indicador proporciona respostas eficazes quanto a sustentabilidade

do ecossistema restaurado (MARTINS, 2009). Quanto ao processo de avaliação é realizada por meio de quantificação, atuando como um instrumento de avaliação de áreas restauradas (MOREIRA; SILVA, 2004).

#### 2.4.3 Chuva de sementes

A dispersão consiste em um processo ecológico, em que os indivíduos liberam seus diásporos, tais como: sementes, frutos ou propágulos. Esta liberação contribui para a chegada de sementes em locais favoráveis ao estabelecimento de plântulas, como ao transporte de sementes para outras áreas, etapas essenciais para a compreensão da organização e diversidade de comunidades vegetais (ADENA, SANTOS, NOLL, 2012).

A chuva de sementes é caracterizada pelas sementes que chegam ao solo pelas diferentes formas de dispersão, que podem chegar da própria área ou de áreas mais distantes, dependendo da espécie e do tipo de dispersão (BARBOSA et al., 2012; ARAÚJO et al., 2009).

O estudo da chuva de sementes é essencial para entender os processos de colonização, e conseqüentemente o processo de regeneração natural de uma área.

Sementes provenientes de outras áreas (alóctones) podem aumentar a riqueza de espécies e a variabilidade genética das populações, enquanto que, as sementes que são provenientes do local de origem (autóctone) promovem a regeneração natural do ecossistema mantendo as características da vegetação estabelecida (CAMPOS et al., 2009; LAGOS et al., 2012).

Chuva de sementes trata-se de um mecanismo de regeneração natural, uma vez que proporciona várias informações de como a floresta responderá as alterações ambientais, sendo considerado um dos componentes mais importantes na dinâmica e recomposição da floresta (CAMPOS et al., 2009; LAGOS et al., 2012). bem como na fase inicial da organização da estrutura da floresta, em que, sua dinâmica determina o potencial demográfico da vegetação futura (HARDESTY; PARKER, 2002; PINHEIRO et al., 2014).

Alguns fatores acabam influenciando a chuva de sementes, como por exemplo, a vegetação local, áreas adjacentes, agentes dispersores, estando ainda relacionada com a fenologia reprodutiva das espécies existentes no local (CAMPOS et al., 2009). O estudo desse indicador está relacionado a diferentes fatores, tais

como: histórico de perturbação da área, estádios sucessionais da floresta, variação temporal, tamanho do fragmento e graus de conectividade na paisagem em que estão inseridos, avaliação de borda e interior (PESSOA, 2011; PIÑA-RODRIGUES; AOKI, 2014; SANTOS, 2014; BRAGA; BORGES; MARTINS, 2015).

No Brasil, a maioria dos trabalhos desenvolvidos em relação a avaliação da chuva de sementes têm sido desenvolvidos no Sul, Sudeste e Centro-Oeste (CAMPOS et al., 2009; AVILA et al., 2013; CAMPOS, 2014), pouquíssimos são os desenvolvidos no Nordeste (TABARELLI, 2006; SILVA, 2008; PESSOA, 2011).

#### 2.4.4 Fauna Edáfica: Macrofauna

A maioria dos processos biológicos responsáveis para a manutenção da biodiversidade ocorrem no solo. Dentre eles, destacam-se a decomposição da matéria orgânica, a formação de húmus, controle biológico de pragas, ciclagem de nutrientes, decomposição de resíduos tóxicos e a purificação da água. Todos esses processos são mediados pelos organismos dos solos (BIGNELL et al., 2011; KORASAKI et al., 2013).

A fauna edáfica compreende os organismos invertebrados que se classificam de acordo com as funções ecológicas, hábitos alimentares, dimensões corporais e mobilidade (BARETTA et al., 2011; FRANCO, 2016). Os microrganismos do solo e a fauna edáfica são considerados agentes indispensáveis na ciclagem dos nutrientes essenciais bem como na estrutura físico-química do solo verificadas na interface solo-planta em decorrência da fragmentação, mineralização e decomposição da matéria orgânica (TEIXEIRA, 2012; SANTOS et al., 2011)

De acordo com o tamanho do corpo dos organismos que a constituem, a fauna do solo é caracterizada em: macrofauna (moluscos, anelídeos e artrópodes), mesofauna (ácaros e colêmbolos) e microfauna (protozoários e nematóides) (SWIFT et al., 2010). Os invertebrados que apresentam mais de 10mm de comprimento e/ou 2mm de diâmetro constituem a macrofauna (AQUINO et al., 2008; BROWN et al., 2009; MELO et al., 2009; BARETTA et al., 2011).

A abundância e a diversidade da fauna edáfica são influenciadas por diferentes fatores. Dentre eles estão o tipo de solo, o clima, a vegetação (LAVELLE; PASHANASI, 2012), a temperatura e a umidade (LAVELLE; SPAIN, 2008), a

disponibilidade e a qualidade do alimento (BARETTA et al., 2003; MOÇO et al., 2010; BARETTA et al., 2011).

Entre os componentes da fauna edáfica, os insetos são considerados bons indicadores dos níveis de impacto ambiental, devido a sua grande diversidade de espécies e habitat, além da sua importância nos processos biológicos dos ecossistemas naturais. A classe Insecta, segundo Gallo et al. (2012), é considerada como a mais evoluída do filo Arthropoda, abrangendo cerca de 70% das espécies de animais, sendo que para Filho (1995), os insetos são os organismos de maior ocorrência em ambientes florestais. Com isso, o número de ordens, famílias e espécies destes diminuem com a elevação do nível de antropização do ambiente (THOMANZINI; THOMANZINI, 2002).

As intervenções na cobertura vegetal promovem alterações na densidade e na diversidade da fauna do solo (AZEVEDO et al., 2010) gerando o desaparecimento de determinados grupos em função da relação interdependente da fauna edáfica e da diversidade de recursos, indicando a ocorrência de problemas ambientais (BROWN, 2001).

Portanto, o conhecimento da fauna edáfica contribui para avaliar um sistema natural que recebeu ações antrópicas e serve como indicador da sustentabilidade, degradação e recuperação de uma área, além de avaliar as interações biológicas no sistema solo/planta (TEIXEIRA et al., 2012)

#### 2.4.5 Polinização

Os ecossistemas se sustentam nos processos ecológicos e, sendo assim, os ambientes naturais e os restaurados necessitam que estes processos funcionem de maneira equilibrada para a garantia da autorrenovação e perpetuação (OLLERTON et al., 2011). A polinização é um destes processos fundamentais pois garante a reprodução sexual das espécies vegetais e a manutenção do fluxo genético entre populações.

Polinização é a transferência de grãos de pólen entre órgãos masculinos e femininos das flores, um processo importante para a reprodução das plantas que resulta na formação de frutos e sementes. A maioria das plantas, cultivadas ou nativas, é polinizada por animais e depende destes para sua reprodução (KLEIN et al., 2015; OLLERTON et al., 2011; ROUBIK, 2018).

A polinização é considerada um serviço ecossistêmico, sendo uma interação ecológica que fornece muitos benefícios aos seres humanos (PIRES et al., 2014). Estes incluem a manutenção e a variabilidade genética de populações de plantas nativas que sustentam a biodiversidade e as funções ecossistêmicas, a garantia do fornecimento confiável e diversificado de frutos, sementes, mel, entre outros, e a promoção de valores culturais relacionados ao conhecimento tradicional (PIRES et al., 2014; COSTANZA et al., 1997).

Nas comunidades tropicais, 94% das plantas são polinizadas por animais (OLLERTON et al., 2011). Temos polinizadores vertebrados (aves, morcegos, pequenos mamíferos e répteis); invertebrados (vários tipos de abelhas, moscas, mariposas, borboletas, besouros, entre outros). Os animais polinizadores são em sua maioria insetos, tais como abelhas, moscas, borboletas, mariposas, vespas, besouros (GIANNINI et al., 2015; KLATT et al., 2014). As abelhas visitam 90% das culturas agrícolas, as moscas 30%, os vertebrados cerca de 6% (VIANA et al., 2015).

As interações entre plantas e polinizadores devem ser contempladas em qualquer tipo de manejo ou recuperação de áreas degradadas (AGUIAR et al., 2008). A polinização tem papel decisivo no processo de restauração ecológica (WHITE, 1997; DEVOTO et al., 2012; NATHAN, 2000). A incapacidade de entender e promover polinizadores pode levar a um colapso na restauração ecológica (MARTINS; ANTONINI, 2017). Segundo Dixon (2009) ecossistemas com altos níveis de interações especiais de plantas e polinizadores apresentam riscos substanciais na obtenção de sucesso na restauração.

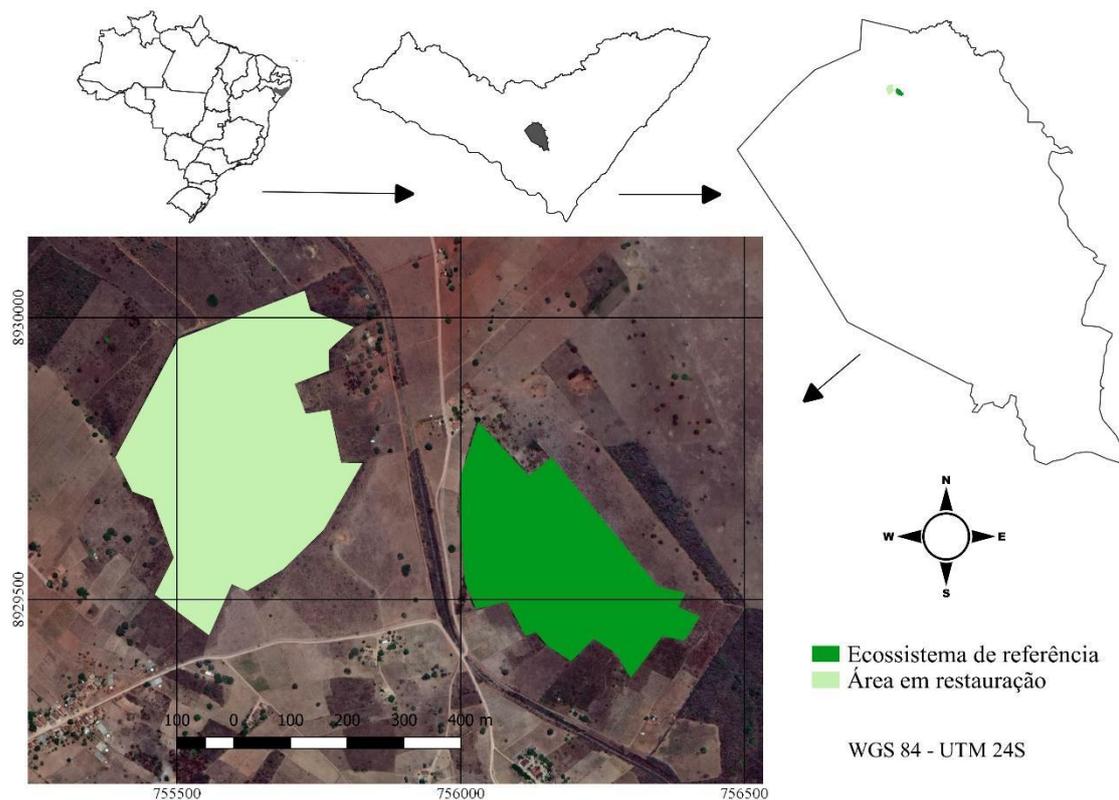
Enfim, considerando que a biodiversidade é essencial para a conservação do mecanismo de polinização (KREMEN et al., 2012), o papel da restauração florestal deve ser destacado: a recuperação da vegetação nativa proporciona locais de nidificação e recursos florais para polinizadores, permitindo assim a manutenção da polinização em ecossistemas nativos, restaurados e manejados.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

O presente trabalho foi realizado em duas áreas na comunidade Carrasco, situada na cidade de Arapiraca-AL, localizada entre os municípios de Igaci, São Sebastião e Coité do Nóia. Para o estudo, foram selecionadas uma área em processo de restauração (AR) e um fragmento que serviu como ecossistema de referência (ER), mostrados na Figura 1.

O complexo vegetacional da região é classificado como Floresta Tropical Seca. Esta fitofisionomia é caracterizada principalmente em função de dois diferentes períodos de influência climática (chuvas e secas), uma vez que na estação seca (4-6 meses) as árvores perdem parcialmente as folhas (GRAY,2005)



**Figura 1.** Mapa de localização da área em processo de restauração e ecossistema de referência, no município de Arapiraca - AL.

De acordo com a classificação de Köppen, a região apresenta clima do tipo BShs, clima tropical com verão seco e inverno chuvoso (ALVARES et al., 2013), com temperatura média anual de 26,2° C (INMET, 2020) e pluviosidade média anual de 1.052 mm. A estação seca ocorre entre os meses de outubro a março e os períodos de maior índice pluviométrico são de abril a setembro. Os solos que predominam na região são do tipo Latossolo Vermelho Escuro e Argissolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2016).

O ecossistema de referência, com 9,43 ha, foi escolhido baseado nas recomendações da Sociedade Internacional para Restauração Ecológica (SER, 2004), definindo-o como um remanescente inserido no mesmo contexto local, com condições ambientais semelhantes sujeito às mesmas pressões antrópicas, demonstrando uma menor perturbação da paisagem. O ER está localizado a cerca de 520m da área restaurada, e segundo relatos dos moradores da comunidade local este fragmento encontra-se conservado há mais de cinquenta anos.

A área em restauração estudada (Figura 1), apresenta 15,28 ha e encontra-se em processo de regeneração natural há vinte anos (1998 – 2018), estando com todo perímetro cercado. É interessante ressaltar que, segundo os moradores da comunidade, por volta da década de setenta, houve uma retirada da vegetação para a atividade de monocultura do fumo (PESSOA, 2013).

As principais informações das áreas que compõem o presente estudo estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características da área em processo de restauração (AR) e do ecossistema de referência (ER), localizadas no município de Arapiraca - AL.

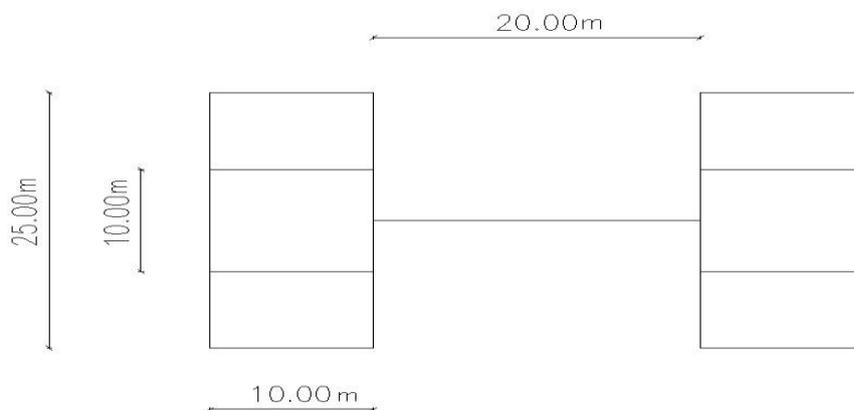
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>AR</b>	<b>ER</b>
Coordenadas geográficas	09°40'31.79" S	9°40'32.29" S
	36°40'15.47" W	36°39'59.52" W
Histórico de uso	Monocultura (fumo)	Indeterminado
Idade (anos)	20	50
Área total (ha)	15,28	9,43
Área amostrada (m <sup>2</sup> )	5000	5000

### 3.2 Indicadores ecológicos

Para avaliar as áreas de estudo foram selecionados indicadores ecológicos que se baseiam nos três atributos básicos de um ecossistema: composição (riqueza e diversidade), estrutura (parâmetros fitossociológicos) e funcionamento (regeneração natural, síndrome de dispersão, serapilheira, chuva de sementes, macrofauna dos solo e polinização) (BRANCALION et al., 2012; FONSECA, 2011; TOPPA et al., 2004; SER, 2004), a fim de verificar a real situação da área em restauração.

Os indicadores selecionados foram: regeneração natural, serapilheira, chuva de sementes, macrofauna do solo e polinização. Estes foram aplicados na área em processo de restauração (AR) e no ecossistema de referência (ER), utilizando a mesma metodologia nas duas áreas, conforme sugerido por Brancalion; Gandolfi; Rodrigues (2015).

Para a análise destes indicadores, foram instaladas, em cada uma das áreas, 20 parcelas permanentes de 10m x 25m (250 m<sup>2</sup>), de forma sistemática, distanciando 20 metros uma da outra. No interior de cada parcela foi instalada uma subparcela de 100 m<sup>2</sup> (10m X 10m) para avaliar a regeneração natural. De acordo com Silva (2018), a dimensão de 10m x 10m é mais eficiente para a amostragem do estrato regenerante. Os indivíduos encontrados nas parcelas, com CAP  $\geq$  10 cm, foram etiquetados e numerados com placas de alumínio e tiveram as circunferências mensuradas e altura estimada.



**Figura 2.** Esquema das parcelas e subparcelas locadas na área em processo de restauração (AR) e no ecossistema de referência (ER), localizadas no município de Arapiraca - AL.

O material botânico dos indivíduos foi coletado e levado ao Herbário Arapiraca (HARA/UFAL) para a devida identificação, sendo os férteis depositados. O sistema de classificação adotado foi o APG IV (BYNG, 2016), para a confirmação dos autores e dos nomes científicos foi consultada a Lista de Espécies da Flora do Brasil (<<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>).

Em cada área, foram analisados indicadores de composição (riqueza, diversidade, presença de espécies exóticas ou nativas), estrutura (parâmetros fitossociológicos) e função (regeneração natural, síndrome de dispersão, serapilheira, chuva de sementes, macrofauna do solo, polinização).

### 3.2.1 Regeneração natural

No interior das subparcelas foram mensurados os indivíduos regenerantes que apresentaram altura igual ou maior que um metro e com menos de 10 cm de circunferência à altura do peito (CAP a 1,30 m). Estimou-se a altura, fez-se a mensuração da circunferência à altura da base (CAB 0,30 m do solo) e a identificação taxonômica dos espécimes.

Em seguida foram avaliados os seguintes parâmetros: densidade absoluta e relativa; frequência absoluta e relativa, dominância absoluta e relativa, riqueza e diversidade.

Avaliou-se também:

- **Síndrome de dispersão:** as espécies foram categorizadas quanto as síndromes de dispersão de sementes utilizando os critérios e categorias propostas por Pijl (1982): autocóricas (espécies que possuem mecanismos próprios de dispersão), anemocóricas (espécies que apresentam estruturas que facilitam a dispersão pelo vento) e zoocóricas (espécies que apresentam atributos relacionados a dispersão por animais).
- **Classes de altura:** os indivíduos também foram agrupados em três classes de altura (H), de acordo com a metodologia proposta por Marangon et al. (2008).

### 3.2.2 Serapilheira e Chuva de Sementes

Para estimar a quantidade de serrapilheira e o total de sementes produzidas nas áreas foram realizadas coletas mensais, durante 10 meses, buscando abranger as variações sazonais do clima (tempo seco e chuvoso). As caixas coletoras tiveram dimensões de 1,0 m<sup>2</sup>, com 15,0 cm de altura e o fundo de tela de náilon com malha de 1,0 mm<sup>2</sup>, suspensa a 100,0 cm acima da superfície do solo. Foram instalados 40 coletores no total, sendo 20 por área.

Ao final, toda serapilheira (folhas, frutos, ramos e flores) presente nas caixas coletoras foi coletada, embalada em sacos de polietileno identificados e esses sacos levados ao Laboratório de Biologia da UFAL, juntamente com as sementes. A serrapilheira foi acondicionada em sacos de papel e levados para secar na estufa a 70° C, durante 48 horas, até atingir peso constante. Em seguida, foram feitas pesagens do material utilizando uma balança analítica de precisão. Com os dados obtidos estimou-se as médias mensais de serapilheira produzida (kg ha<sup>-1</sup>).

As sementes foram separadas manualmente de outros materiais eventualmente encontrados e verificado a quantidade de sementes no coletor, de acordo com a metodologia usada por Araújo (2002). A análise foi feita por meio da contagem das sementes.

### 3.2.3 Fauna Edáfica

Para a análise da fauna edáfica, fez-se uso da metodologia PROVID (ANTONIOLLI et al., 2006), que é composta por: uma garrafa de plástico, com quatro aberturas no formato de janela a uma altura de 20cm da sua base (Figura 3).

O interior destas garrafas conteve uma solução de 200ml de formol a 10% juntamente com 3 - 5 gotas de detergente neutro. As armadilhas foram colocadas em campo, enterradas até que as bordas das aberturas laterais ficassem ao nível do solo, onde se mantiveram por oito dias, geralmente no final de cada mês. Em cada área de estudo foram distribuídas 20 armadilhas, sempre no centro da parcela para uniformizar as distâncias.



**Figura 3.** Esquema de armadilha PROVID colocada na área em processo de restauração (AR) e no ecossistema de referência (ER), localizadas no município de Arapiraca - AL.

Em seguida, o material coletado foi levado ao Laboratório de Biologia da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, para a triagem manual. Posteriormente, os indivíduos foram armazenados em álcool 70% para conservação, quantificação e identificação dos mesmos a nível de ordem.

### 3.2.4 Polinização

Para a amostragem dos polinizadores, foram utilizados pratos- armadilhas, também conhecidos como *pan traps*, que consistem em recipientes plásticos contendo 200 ml de água e gotas de detergente, com o objetivo de quebrar a tensão superficial. Esses recipientes ficaram depositados em cima de uma tábua de madeira, suspensa à 1 m do solo por uma barra.

Para a amostragem foram utilizados *pan traps* nas cores: branca, azul e amarela fluorescente, formando um conjunto de três cores por ponto amostral. Os *pan traps* atraem os insetos em função da cor e os aprisionam ao entrarem em contato com a solução de água e detergente. O grau de atração para uma cor ou uma série de cores é provavelmente o maior determinante da quantidade de insetos alados que podem ser capturados por essas armadilhas que, na essência, atuam como modelos florais neste tipo de coleta (COSTA et al., 2010). As cores das armadilhas foram avaliadas em relação as suas propriedades colorimétricas, onde

as curvas de refletância espectral foram medidas usando um espectrômetro para refletância de contato.

A disposição das armadilhas nas áreas, teve proximidade com os coletores de serapilheira, a fim de facilitar sua localização. As coletas foram realizadas mensalmente nas duas áreas, onde em cada parcela continha uma armadilha. As armadilhas permaneceram expostas em campo durante o período de 24 horas em cada período de coleta, geralmente no final de cada mês.

Os insetos aprisionados nas armadilhas foram transferidos para potes plásticos contendo álcool 70% para conservação e encaminhados para o laboratório. No laboratório realizou-se a triagem dos insetos, sendo secos em papel absorvente, montados em alfinetes entomológicos, etiquetados e identificados. Para identificação foram utilizadas chaves de identificação disponíveis na literatura, comparações com coleções entomológicas e consultas a especialistas, quando possível.

### 3.3 Análise de dados

Para avaliar a similaridade entre a composição florística das áreas foi estimado o Índice de Similaridade de Jaccard para os ambientes. Os valores dos índices de Shannon e Simpson foram comparados quanto à significância pelo teste-t de Hutcheson (1970), ao nível de 95% de probabilidade de confiança. Este, testa a diferença entre o índice de diversidade de duas amostras, a fim de detectar diferenças significativas entre elas (MAGURRAN, 1988).

As análises de Riqueza, diversidade de Shannon e dominância de Simpson para a vegetação foram realizadas com auxílio do *software Microsoft Office Excel for Windows™* 2010 e o *software* Mata Nativa (CIENTEC, 2016). Bem como os parâmetros fitossociológicos e estrutura horizontal.

Após testada a normalidade, a partir da Análise da Variância (ANOVA) foi avaliada a comparação dos dados de regeneração natural juntamente com os dados de serrapilheira. Quando os resultados apresentaram diferenças significativas (5%), aplicou-se o teste de Tukey para comparação das médias, utilizando o *software Assistat*.

As classes de alturas propostas por Marangon et.al. (2008) e utilizadas neste estudo foram as seguintes:

Classe 1 = indivíduos com  $1,0 \text{ m} \geq H$  até  $2,0 \text{ m}$ ;

Classe 2 = indivíduos com 2,0 m > H até 3,0 m;

Classe 3 = indivíduos com H > 3,0 m e CAP < 10,0 cm.

Obteve-se assim a regeneração natural (RN) que envolve os parâmetros de densidade e frequências absoluta e relativa de cada espécie em cada classe de tamanho de indivíduos. A partir destes parâmetros estimou-se a regeneração natural por classe de altura e regeneração natural total, por meio das seguintes expressões:

$$RNC_{ij} \frac{DR_{ij} + FR_{ij}}{2} \quad RNT_{ij} \frac{\sum_{i=1}^n (RNC_{ij})}{3}$$

e

Em que:

RNC<sub>ij</sub> = estimativa da regeneração natural da i-ésima espécie na j-ésima classe de altura de indivíduo, em percentagem;

DR<sub>ij</sub> = densidade relativa para a i-ésima espécie na j-ésima classe de altura de regeneração natural;

FR<sub>ij</sub> = frequência relativa de i-ésima espécie, em percentagem, na j-ésima classe de regeneração natural;

RNT<sub>i</sub> = regeneração natural total da i-ésima espécie.

As médias de serapilheira produzida foram estimadas para Mg ha<sup>-1</sup>. Tais dados foram analisados por meio dos softwares R *Core Team* (2017) e *Microsoft Office Excel for Windows*<sup>™</sup> 2010 e submetidos ao teste de Tukey ao nível de 95% de confiança.

Na avaliação do comportamento ecológico dos organismos nas áreas, foi mensurado a abundância (número total de indivíduos) através do Teste Qui-quadrado e o Teste-t para analisar a média de indivíduos.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Componente arbóreo adulto

A partir do componente arbóreo pode-se conhecer a quantidade de espécies ocorrentes nas áreas, bem como a diversidade florística e outros aspectos importantes da vegetação presente nas áreas em estudo.

Ao analisar a composição das áreas em estudo, foi constatado que a AR apresentou 11 famílias botânicas, compostas por 19 espécies (16 identificadas a nível de espécie e três indeterminadas); no ER foram registradas 17 famílias botânicas compostas por 29 espécies (23 espécies identificadas e 6 indeterminadas) (Tabela 2).

Observando a riqueza de espécies do estrato arbóreo nas áreas em estudo observou-se que o ER apresentou um quantitativo de 29 espécies, resultado este superior a área em restauração que apresentou 19 espécies. Estes resultados encontram-se dentro dos padrões observados em outros estudos, uma vez que o ecossistema de referência se encontra em estágio mais avançado de sucessão e está adaptado as condições da paisagem.

É natural que a riqueza encontrada no ecossistema de referência tenha sido maior de que na área em processo de restauração, afinal, o ER teve longo tempo para evoluir na paisagem e suas espécies se adaptarem às condições, sendo a AR ambiente em restauração passiva há apenas 20 anos. Por isso, o uso de uma única área para caracterizar o ecossistema de referência deve ser entendido com ressalva, uma vez que essa área teve uma trajetória histórica que não necessariamente se repetirá para as áreas em processo de restauração (WHITE; WALKER, 1997), mesmo estando estarem inseridas na mesma paisagem.

Nos estudos realizados por Benevides et al. (2017) e Araújo et al. (2012) em áreas degradadas, foram registradas riquezas de 27 e 43 espécies, respectivamente. Desta forma esperava-se que a riqueza da área em restauração deste estudo pudesse ser maior. Uma maior riqueza de espécies em áreas em restauração é essencial, pelo fato de que, quanto maior o número de espécies, maior será a quantidade de micro-habitat que propiciarão o auto sustento da floresta (BRANCALION et al., 2010).

De acordo com Martins (2014) a presença de poucas espécies em áreas de restauração, em um cenário com baixa resiliência, pode ser preocupante, uma vez que, se houverem ataques sucessivos de pragas, as áreas são dominadas por gramíneas e trepadeiras agressivas e perderão grande parte de seus indivíduos arbóreos.

**Tabela 2.** Lista das espécies presentes na área em restauração (AR) e no ecossistema de referência (ER), localizada no município de Arapiraca - AL (sendo: SD: Síndrome de dispersão; Ane: Anemocórica; Aut: Autocórica; Zoo: Zoocórica; Sc: Sem caracterização).

Família/Espécie	AR	ER	SD
<b>Apocynaceae</b>			
<i>Aspidosperma pyriforme</i> Mart.		47	Ane
<b>Bignoniaceae</b>			
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	184	53	Ane
<b>Capparaceae</b>			
<i>Capparis cynophallophora</i> L.		41	Zoo
<i>Neocalyptrocalyx longifolium</i> (Mart.) Cornejo Sutip		75	Zoo
<b>Erythroxylaceae</b>			
<i>Erythroxylum pauferrense</i> Plowman	71	88	Zoo
<b>Euphorbiaceae</b>			
<i>Croton heliotropiifolius</i> Kunth.	21	29	Aut
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	35	77	Aut
<b>Fabaceae</b>			
<i>Bauhinia cheilantha</i> Bong		32	Aut
<i>Pytyrocarpa obliqua</i> (Pers.) Brenan	1	102	Zoo
<i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul) L.P. Queiroz	38	68	Aut
<i>Senegalia bahiensis</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	179	80	Aut
<b>Malvaceae</b>			
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	47	60	Zoo
<i>Luehea ochrophylla</i> Mart.	93	78	Ane
<b>Moraceae</b>			
<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	8	44	Zoo
<b>Myrtaceae</b>			
<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	141	75	Zoo
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.		96	Zoo
<b>Nyctaginaceae</b>			
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell.	114	74	Zoo
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	71	67	Zoo
<b>Polygonaceae</b>			
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.		26	Zoo
<b>Rhamnaceae</b>			
<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	28	16	Zoo
<b>Rutaceae</b>			
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	35	98	Aut

<b>Salicaceae</b>			
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	136	75	Zoo
<b>Solanaceae</b>			
<i>Solanum paniculatum</i> L.		56	Zoo
<b>Indeterminadas</b>			
Indeterminada 1	159	78	Sc
Indeterminada 2		30	Sc
Indeterminada 3	23	55	Sc
Indeterminada 4	14	35	Sc
Indeterminada 5		32	Sc
Indeterminada 6		18	Sc

Dentre as famílias registradas, Fabaceae foi a que apresentou o maior número de espécies na AR e no ER, com três e quatro espécies, respectivamente. A segunda família mais representativa foi a Euphorbiaceae, com duas espécies presente nas duas áreas. O mesmo ocorreu nos estudos de Campos et al. (2009) e Braga, Borges e Martins (2015), ambos realizados em Viçosa-MG, também em Florestas Estacionais Semidecíduas. Esse mesmo resultado foi observado por Costa et al. (2010) em uma área de transição urbana entre Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semidecidual no norte do estado do Rio Grande do Sul.

A família Fabaceae é uma das responsáveis pela grande diversidade vegetal das florestas, tendo papel de destaque como elemento florístico nas principais formações vegetacionais brasileiras. É composta por espécies básicas para a recuperação de ecossistemas perturbados ou degradados, por apresentar crescimento rápido, mesmo em áreas em situações adversas (BRANCALION et al., 2010).

Com relação as espécies, a que apresentou maior número de indivíduos na AR foi o *Handroanthus heptaphyllus* (n=184) e no ecossistema de referência a *Pityrocarpa obliqua* (n=102), demonstrando que as espécies mais abundantes nas comunidades são diferentes em cada uma das áreas. A espécie arbórea *Handroanthus heptaphyllus* é conhecida principalmente como “Ipê-roxo” (GROSE; OLMSTEAD, 2007; LORENZI, 1992). A madeira pode ser utilizada para vários fins e a planta é recomendada para uso da paisagem e recuperação de áreas degradadas (LORENZI, 2014; SANTOS et al., 2009). A *Pityrocarpa obliqua*, conhecida popularmente como Carrasco, é considerada ainda de alto valor apícola, indicada para recuperação de solos, combate a erosão e para a primeira fase de restauração florestal, ajudando no crescimento de outras espécies, inclusive de madeiras nobres.

Ao mesmo tempo, fornece madeira, lenha, carvão e forragem (LORENZI, 2014; MELO et al, 2009).

De todas as espécies encontradas, dez estiveram presentes apenas no ER: *Solanum paniculatum*, *Capparis cynophallophora*, *Neocalyptocalyx longifolium*, *Myrcia splendens*, *Aspidosperma pyrifolium*, *Bauhinia cheilantha*, *Coccoloba mollis* e três indeterminadas. Isso mostra que algo está ocorrendo na área impedindo a disseminação de propágulos dessas espécies na AR, dificultando assim a sua distribuição na paisagem.

Dentre as espécies em comum entre a AR e o Ecossistema de Referência dez são nativas da região, mostrando que a área em restauração apresenta semelhança florística com o ER. Este fato pode ser explicado pela proximidade entre essas áreas, como mostra o mapa (Figura 1), facilitando a chegada de novos propágulos e conseqüentemente o estabelecimento de novas espécies na área.

Corroborando com o que foi observado em relação às espécies que compõem as áreas, o índice de similaridade de Jaccard entre as duas áreas foi alto (0,28), sabendo-se que apenas as comunidades com valores acima de 0,25 podem ser consideradas similares.

Em termos de diversidade, o ecossistema de referência apresentou índice de Shannon igual a 2,95 nats/ind. e a AR com 2,12 nats/ind. conforme apresentado na Tabela 6. Quando submetidas ao teste de Hutcheson, observa-se que o valor do índice de Shannon da AR é considerado inferior e estatisticamente diferente do ER, com 95% de probabilidade de confiança. Essa análise permite inferir que a diversidade na AR é diferente do ecossistema de referência, corroborando com os dados de similaridade. Se comparados a outros estudos, nota-se que os valores de  $H'$  estimados neste estudo são inferiores ao encontrado por Franco (2016) com 3,29 nats/ind. e próximos ao que foi observado por Ollerton (2011), que obteve índices entre 2,56 a 3,69 nats/ind. em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual.

**Tabela 3.** Índices de diversidade estimados para a área em restauração (AR) e o ecossistema de referência (ER), localizadas no município de Arapiraca-AL.

Índices	AR	ER
Índice de diversidade de Shannon ( $H'$ )	2,12 a	2,95 b
Índice de dominância de Simpson (C)	0,81 a	0,88 b
Índice de uniformidade de Pielou ( $J'$ )	0,67	0,79

\* Valores seguidos da mesma letra na linha, não diferem entre si ( $\alpha < 0,05$ ) pelo teste t de Hutcheson.

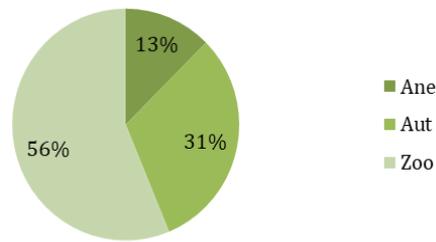
O índice de dominância de Simpson é utilizado também para conhecer a diversidade de uma área, de forma que, quanto mais próximo de 1, maior é a diversidade, logo, a dominância de espécies é menor, seguindo o mesmo padrão dos outros índices. Avaliando os valores de Simpson (C) a partir do teste de Hutcheson observa-se que ambos diferem significativamente entre si, logo, pelo índice de Simpson, a AR possui menor diversidade do que o ER.

A partir do índice de uniformidade de Pielou (J') observa-se que as AR apresentou valor próximo ao ER. Sabendo-se que o valor máximo a ser atingido por este índice é 1, e que quanto mais próximo de 0 há tendência de apenas uma espécie dominar a comunidade, infere-se que nas áreas de estudo não há dominância de determinadas espécies, uma vez que, os valores observados tendem a 1, apresentando-se de forma distribuída.

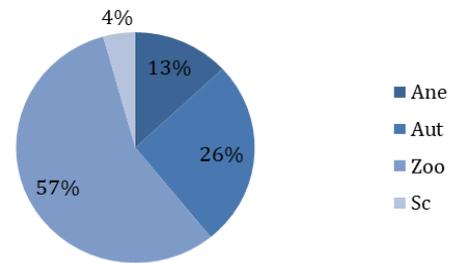
No geral, unindo os dados de diversidade, avaliados a partir dos índices apresentados, nota-se que a área em restauração encontra-se com diversidade menor que o ecossistema de referência. A maior diversidade do ER em relação a AR pode estar relacionada com as condições da área, uma vez que, além de apresentarem idades distintas, na AR observou-se que os fatores antrópicos e da paisagem podem dificultar o desenvolvimento naquele ambiente.

Quanto a Síndrome de dispersão, a mais expressiva foi a zoocórica nas duas áreas. Na AR além das zoocóricas, foram registradas espécies autocóricas e anemocóricas, enquanto que no ER todas as classes foram representadas (Figura 5).

Síndromes de dispersão - AR



Síndromes de dispersão - ER



**Figura 5.** Percentual das Síndromes de Dispersão das espécies encontradas no estrato arbóreo da área em restauração (AR) e Ecossistema de Referência (ER), localizadas no município de Arapiraca - AL (sendo: Ane: Anemocórica; Aut: Autocórica; Zoo: Zoocórica e Sc: Sem classificação).

A síndrome de dispersão zoocórica ter se sobressaído em relação as demais é um fato verificado comumente (BARBOSA, 2009; SILVA, 2016; SILVA, 2017). Alguns estudos mostram que há o predomínio de espécies zoocóricas (GRIZ; MACHADO, 2001; COSTA et al., 2004; ROCHA et al., 2004; TOPPA et al., 2004; NOGUCHI et al., 2009) e autocóricas (BARBOSA et al., 2003)

Os vetores abióticos (autocoria e anemocoria) também estiveram presentes na área em restauração e no ecossistema de referência, com 39% e 44% das espécies, respectivamente. De acordo com Silva (2009) esses tipos de vetores tornam-se de grande importância em localidades com baixa precipitação pluviométrica.

Em áreas em restauração a presença de espécies zoocóricas é importante para a atrair a fauna dispersora, facilitando a ampliação das áreas de ocorrência destas espécies. Os animais responsáveis pela dispersão destes propágulos são fundamentais na complexidade de interações ecológicas, sendo um fator importante para agilizar a sucessão florestal de áreas em restauração (BARBOSA et al., 2009).

As tabelas a seguir descrevem detalhadamente os parâmetros fitossociológicos de cada área com as espécies em ordem de densidade absoluta.

Analisando a AR (Tabela 3) foram encontrados 1529 indivíduos, sendo a densidade estimada em 3058 ind./ha. As cinco espécies com maior número de indivíduos, somando a maior densidade representaram 52,5 % do total amostrado, sendo elas: *Senegalia bahiensis*, *Handroanthus heptaphyllus*, *Poincianella pyramidalis*, Indeterminada 1 e *Eugenia puniceifolia*.

Analisando a frequência das espécies, observou-se que a AR é ocupada na maioria dos indivíduos por poucas espécies, sendo as mais frequentes em ordem decrescente: *Poincianella pyramidalis*, *Senegalia bahiensis*, Indeterminada 1, e *Eugenia puniceifolia*. Estas também foram as espécies com maiores valores de importâncias (VI), acrescentando a elas a espécie *Handroanthus heptaphyllus*.

Quanto à dominância na área em restauração, as espécies *Senegalia bahiensis*, *Handroanthus heptaphyllus*, Indeterminada 1 e *Poincianella pyramidalis* corresponderam a 56,06% da área basal total amostrada.

Ao analisar todos os parâmetros, observou-se que as espécies que apresentaram maiores valores foram, em sua maioria, espécies nativas. É interessante ressaltar que a espécie *P. pyramidalis* foi considerada a espécie mais freqüente nos levantamentos florísticos (SILVA et al., 2003; SILVA; MATOS, 2011).

**Tabela 4.** Parâmetros fitossociológicos do componente arbóreo da área em processo de restauração (AR) localizado no município de Arapiraca - AL (sendo: NI: Número de indivíduos; DA: Densidade absoluta; DR: Densidade relativa; FA: Frequência absoluta; Fr: Frequência relativa; DoA: Dominância absoluta; DoR: Dominância relativa e VI: Valor de importância).

Nome Científico	N	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI	VI (%)
<i>Senegalia bahiensis</i>	179	358	11,71	95	8,23	1,183	13,46	33,393	11,13
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	184	368	12,03	90	7,79	1,173	13,34	33,167	11,06
Indeterminada 1	159	318	10,4	95	8,23	0,879	10	28,625	9,54
<i>Poincianella pyramidalis</i>	132	264	8,63	100	8,66	0,963	10,95	28,245	9,42
<i>Eugenia puniceifolia</i>	141	282	9,22	95	8,23	0,644	7,32	24,768	8,26
<i>Casearia sylvestris</i>	136	272	8,89	70	6,06	0,73	8,3	23,26	7,75
<i>Guapira noxia</i> (Netto)	114	228	7,46	95	8,23	0,623	7,08	22,764	7,59
<i>Luehea ochrophylla</i>	93	186	6,08	65	5,63	0,544	6,18	17,894	5,96
<i>Guapira opposita</i>	71	142	4,64	85	7,36	0,342	3,9	15,899	5,3
<i>Erythroxylum paufferense</i>	71	142	4,64	70	6,06	0,391	4,45	15,151	5,05
<i>Guazuma ulmifolia</i>	47	94	3,07	40	3,46	0,281	3,19	9,73	3,24
<i>Sapium glandulosum</i>	35	70	2,29	50	4,33	0,166	1,89	8,512	2,84
<i>Piptadenia obliqua</i>	38	76	2,49	40	3,46	0,174	1,98	7,929	2,64
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	35	70	2,29	35	3,03	0,163	1,86	7,178	2,39
<i>Ziziphus joazeiro</i>	28	56	1,83	35	3,03	0,165	1,88	6,742	2,25
Indeterminada 2	23	46	1,5	25	2,16	0,125	1,43	5,094	1,7
<i>Croton heliotropiifolius</i>	21	42	1,37	30	2,6	0,089	1,01	4,986	1,66

Indeterminada 3	14	28	0,92	25	2,16	0,079	0,9	3,976	1,33
<i>Brosimum guianensis</i>	8	16	0,52	15	1,3	0,076	0,87	2,688	0,9
<b>***Total</b>	<b>1529</b>	<b>3058</b>	<b>100</b>	<b>1155</b>	<b>100</b>	<b>8,79</b>	<b>100</b>	<b>300</b>	<b>100</b>

No ecossistema de referência (ER) foram levantados 1719 indivíduos com uma densidade estimada em 3438 ind./ha uma quantidade superior a AR. As espécies com maior densidade foram *Piptadenia obliqua*, *Myrcia splendens*, *Zanthoxylum rhoifolium*, *Sapium glandulosum* e *Solanum paniculatum* representando 49% do total encontrado na área (Tabela 4).

**Tabela 5.** Parâmetros fitossociológicos do componente arbóreo do Ecossistema de Referência (ER) localizado no município de Arapiraca - AL (sendo: NI: Número de indivíduos; DA: Densidade absoluta; DR: Densidade relativa; FA: Frequência absoluta; Fr: Frequência relativa; DoA: Dominância absoluta; DoR: Dominância relativa e VI: Valor de importância).

Nome Científico	N	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI	VI (%)
<i>Solanum paniculatum</i>	56	112	3,26	80	3,57	1,226	8,09	14,922	4,97
<i>Piptadenia obliqua</i>	102	204	5,93	85	3,79	0,774	5,11	14,836	4,95
<i>Sapium glandulosum</i>	78	156	4,54	90	4,02	0,899	5,94	14,492	4,83
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	89	178	5,18	100	4,46	0,678	4,48	14,119	4,71
<i>Myrcia splendens</i>	96	192	5,58	90	4,02	0,674	4,45	14,054	4,68
Indeterminada 1	78	156	4,54	100	4,46	0,682	4,5	13,503	4,5
<i>Erythroxylum paufferense</i>	88	176	5,12	85	3,79	0,69	4,56	13,473	4,49
<i>Neocalyptocalyx longifolium</i>	75	150	4,36	90	4,02	0,753	4,97	13,355	4,45
<i>Senegalia bahiensis</i>	80	160	4,65	80	3,57	0,76	5,02	13,242	4,41
<i>Eugenia puniceifolia</i>	75	150	4,36	90	4,02	0,72	4,76	13,138	4,38
<i>Casearia sylvestris</i>	75	150	4,36	95	4,24	0,685	4,52	13,124	4,37
<i>Luehea ochrophylla.</i>	78	156	4,54	100	4,46	0,572	3,77	12,776	4,26
<i>Guapira opposita</i>	67	134	3,9	95	4,24	0,69	4,56	12,695	4,23
<i>Guapira noxia</i>	74	148	4,3	100	4,46	0,561	3,7	12,473	4,16
<i>Guazuma ulmifolia</i>	60	120	3,49	100	4,46	0,467	3,08	11,038	3,68
<i>Poincianella pyramidalis</i>	68	136	3,96	90	4,02	0,427	2,82	10,793	3,6
<i>Bauhinia cheilantha</i>	54	108	3,14	85	3,79	0,526	3,47	10,407	3,47
Indeterminada 2	55	110	3,2	80	3,57	0,443	2,93	9,697	3,23
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	53	106	3,08	70	3,13	0,416	2,75	8,958	2,99
<i>Aspidosperma pyriforme</i>	47	94	2,73	70	3,13	0,343	2,27	8,124	2,71
<i>Capparis cynophallophora</i>	41	82	2,39	75	3,35	0,333	2,2	7,929	2,64
<i>Brosimum guianense</i>	44	88	2,56	75	3,35	0,269	1,78	7,685	2,56
Indeterminada 3	35	70	2,04	60	2,68	0,246	1,63	6,341	2,11
<i>Croton heliotropiifolius</i>	29	58	1,69	70	3,13	0,167	1,11	5,917	1,97
Indeterminada 4	32	64	1,86	60	2,68	0,196	1,3	5,836	1,95

<i>Tabebuia aurea</i>	30	60	1,75	35	1,56	0,249	1,64	4,95	1,65
<i>Coccoloba mollis</i>	26	52	1,51	45	2,01	0,175	1,16	4,677	1,56
<i>Ziziphus joazeiro</i>	16	32	0,93	30	1,34	0,332	2,19	4,461	1,49
Indeterminada 5	18	36	1,05	15	0,67	0,191	1,26	2,981	0,99
<b>*** Total</b>	<b>1719</b>	<b>3438</b>	<b>100</b>	<b>2240</b>	<b>100</b>	<b>15,14</b>	<b>100</b>	<b>300</b>	<b>100</b>

As cinco espécies mais frequentes na amostragem do ER foram: *Zanthoxylum rhoifolium*, Indeterminada 1, *Luehea ochrophylla*, *Guapira noxia*, *Guazuma ulmifolia*. As dominantes foram: *Solanum paniculatum*, *Sapium glandulosum*, *Neocalyptocalyx longifolium*, *Senegalia bahiensis* e *Eugenia punicifolia*, que juntas somaram 30% da área basal total. As espécies com maior valor de importância no ER foram *Solanum paniculatum*, *Piptadenia obliqua*, *Sapium glandulosum*, *Zanthoxylum rhoifolium* e *Myrcia splendens* as quais estão representadas na densidade, dominância e frequência.

#### 4.2 Regeneração natural

Ao analisar a riqueza de espécies do estrato regenerante na área em restauração e no ecossistema de referência, foi observado que não apresentou diferenças entre a quantidade de espécies do estrato arbóreo, permanecendo 19 espécies na AR e 29 espécies no ER.

Quanto a composição do estrato regenerante nas áreas estudadas, na AR foram registradas 11 famílias botânicas, compostas por 19 espécies (16 identificadas a nível de família e 3 indeterminada) e no ER registrou-se 17 famílias botânicas, compostas por 29 espécies (24 identificadas a nível de espécies e 5 indeterminadas) (Tabela 6).

**Tabela 6.** Lista das espécies regenerantes presentes na área em restauração (AR) e no ecossistema de referência (ER), localizada no município de Arapiraca - AL (sendo: SD: Síndrome de dispersão; Ane: Anemocórica; Aut: Autocórica; Zoo: Zoocórica; Sc: Sem caracterização).

Família/Espécie	AR	ER	SD
<b>Apocynaceae</b>			
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.		137	Ane
<b>Bignoniaceae</b>			
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos		125	Ane
<i>Tabebuia aurea</i>		115	Ane
<b>Capparaceae</b>			
<i>Capparis cynophallophora</i> L.		85	Zoo
<i>Neocalyptocalyx longifolium</i> (Mart.) Cornejo Sutip	510	139	Zoo
<b>Erythroxylaceae</b>			
<i>Erythroxylum paufferense</i> Plowman	680	183	Zoo
<b>Euphorbiaceae</b>			
<i>Croton heliotropiifolius</i> Kunth.	112	224	Aut
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	167	126	Aut
<b>Fabaceae</b>			
<i>Bauhinia cheilantha</i> Bong		126	Aut
<i>Piptadenia obliqua</i> (Pers.) J. F. Macbr	147	124	Zoo
<i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul) L.P. Queiroz	408	111	Aut
<i>Senegalia bahiensis</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	577	182	Aut
<b>Malvaceae</b>			
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.		89	Zoo
<i>Luehea ochrophylla</i> Mart.	385	159	Ane
<b>Moraceae</b>			
<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	130	113	Zoo
<b>Myrtaceae</b>			
<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	895	201	Zoo
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.		101	Zoo
<b>Nyctaginaceae</b>			
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell.	617	123	Zoo
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	261	78	Zoo
<b>Polygonaceae</b>			
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.		126	Zoo
<b>Rhamnaceae</b>			
<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	202	122	Zoo
<b>Rutaceae</b>			
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	141	114	Aut
<b>Salicaceae</b>			
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	298	146	Zoo
<b>Solanaceae</b>			
<i>Solanum paniculatum</i> L.		113	Zoo
<b>Indeterminadas</b>			
Indeterminada 1	1105	154	Sc
Indeterminada 2	105	104	Sc
Indeterminada 3	86	145	Sc
Indeterminada 4		92	Sc
Indeterminada 5		9	Sc

Dentre as famílias registradas, na AR as famílias predominantes foram a Fabaceae com quatro espécies, seguida pelas famílias Euphorbiaceae,

Capparaceae, Bignoniaceae, Malvaceae e Nyctaginaceae com duas espécies cada. As famílias Fabaceae e Euphorbiaceae destacam-se com frequência em estudos realizados na caatinga (RIGUEIRA et al., 2013; AMORIM et al, 2009).

A grande representatividade de Fabaceae e a reconhecida importância das espécies dessa família para o rápido estabelecimento, incorporação de fitomassa e fixação biológica de nitrogênio (AMORIM et al, 2009) apontam o grande potencial da família para a recuperação de áreas degradadas (AMORIM et al, 2009). Comparando as famílias, percebe-se que o estrato regenerante está seguindo o padrão do estrato arbóreo, o que significa que as espécies predominantes do estrato arbóreo apresentam estoque que garante a presença das mesmas nos estágios sucessionais futuros.

Analisando o ER, quanto ao estrato regenerante, percebe-se que as famílias predominantes deste estrato são as mesmas encontradas no estrato arbóreo, cenário comum onde a sucessão ecológica já se encontra em um estágio mais avançado.

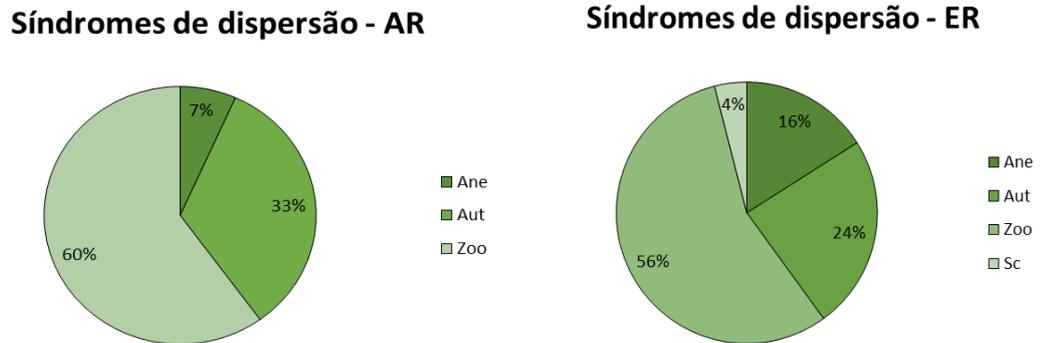
Em relação as espécies com os maiores números de indivíduos, para a AR foram as espécies *Erythroxylum pauferrense*, *Eugenia puniceifolia*, *Guapira noxia* e Indeterminada 1, em que somente a espécie *Erythroxylum pauferrense* está entre as espécies com um número maior de indivíduos no estrato arbóreo. As demais espécies também foram registradas no estrato arbóreo, porém com um número razoável de indivíduos, demonstrando que as espécies arbóreas estão sendo representadas também no processo de regeneração natural, contribuindo para os estágios futuros da sucessão nessa área.

No estrato regenerante observou-se um total de 19 espécies em comum com o ecossistema de referência, o que pode ser explicado pelo fato de que boa parte dessas espécies apresentam dispersão zoocórica, uma vez que os animais, por meio dos seus hábitos, podem atuar como dispersores em grandes distâncias, além da proximidade com o ER.

A composição florística e a diversidade do estrato regenerante assemelharam-se com a do estrato adulto. A presença de muitas espécies do ecossistema de referência na área em restauração responde à similaridade entre ambas.

Quanto as síndromes de dispersão (Figura 7), a mais expressiva foi a Zoocórica nas duas áreas, assim como no estrato adulto. A dominância dessa

síndrome de dispersão é um fator bastante positivo, pois contribui para o progresso do processo de restauração considerando a importância da relação planta-animal na sucessão florestal, principalmente em florestas secas (VITAL et al, 2004).



**Figura 7.** Percentual das Síndromes de Dispersão das espécies encontradas no estrato regenerante da área em processo de restauração (AR) e no ecossistema de referência (ER), localizadas no município de Arapiraca - AL, (sendo: Ane: Anemocórica; Aut: Autocórica; Zoo: Zoocórica e Sc: Sem classificação).

Em regiões tropicais, a dispersão de sementes por animais é mais frequente que as outras formas de dispersão. De acordo com Tabarelli; Peres (2002), na Floresta Atlântica, de 53 a 98% das espécies arbóreas apresentam mecanismos que permitem a dispersão de suas sementes por vertebrados. Para outros autores o predomínio da zoocoria tem sido considerada como a principal forma de dispersão em matas ciliares de florestas tropicais, uma vez que, esses ambientes possibilitam a manutenção da fauna que busca alimento, água e refúgio.

Assim, os resultados encontrados condizem com o citado na literatura, estando próximo ao encontrado por Viani et al. (2015) que, avaliando a síndrome de dispersão em três fases da sucessão florestal em ambiente de floresta estacional semidecidual, encontrou um percentual de riqueza de 82% para zoocoria.

Analisando os parâmetros fitossociológicos da AR (Tabela 7), foram encontrados 2951 indivíduos, sendo a densidade igual a 13902 ind./ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 7.** Parâmetros fitossociológicos do estrato regenerante da área em restauração (AR) localizada no município de Arapiraca - AL (sendo: NI: Número de indivíduos; DA: Densidade absoluta; DR: Densidade relativa; FA: Frequência

absoluta; Fr: Frequência relativa; DoA: Dominância absoluta; DoR: Dominância relativa e VI: Valor de importância).

Nome Científico	N	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI	VI (%)
Indeterminada 1	1105	2210	15,9	90	6,08	0,651	11,86	33,84	11,28
<i>Eugenia puniceifolia</i>	895	1790	12,88	100	6,76	0,593	10,81	30,44	10,15
<i>Erythroxylum paufferense</i>	680	1360	9,78	75	5,07	0,432	7,87	22,717	7,57
<i>Guapira noxia</i>	617	1234	8,88	95	6,42	0,392	7,15	22,441	7,48
<i>Senegalia bahiensis</i>	577	1154	8,3	85	5,74	0,379	6,9	20,946	6,98
<i>Neocalyptrocalyx longifolium</i>	510	1020	7,34	90	6,08	0,363	6,61	20,033	6,68
<i>Poincianella pyramidalis</i>	408	816	5,87	90	6,08	0,341	6,21	18,159	6,05
<i>Luehea ochrophylla</i>	385	770	5,54	90	6,08	0,339	6,16	17,784	5,93
<i>Guapira opposita</i>	261	522	3,75	85	5,74	0,287	5,23	14,728	4,91
<i>Casearia sylvestris</i>	298	596	4,29	75	5,07	0,268	4,88	14,235	4,74
<i>Piptadenia obliqua</i>	147	294	2,11	80	5,41	0,198	3,61	11,129	3,71
<i>Sapium glandulosum</i>	167	334	2,4	75	5,07	0,191	3,48	10,953	3,65
<i>Ziziphus joazeiro</i>	202	404	2,91	60	4,05	0,207	3,76	10,721	3,57
Indeterminada 2	105	210	1,51	85	5,74	0,161	2,93	10,182	3,39
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	125	250	1,8	70	4,73	0,134	2,44	8,971	2,99
<i>Brosimum guianensis</i>	130	260	1,87	60	4,05	0,162	2,96	8,881	2,96
<i>Croton heliotropiifolius</i>	112	224	1,61	60	4,05	0,14	2,56	8,223	2,74
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	141	282	2,03	55	3,72	0,132	2,4	8,148	2,72
Indeterminada 3	86	172	1,24	60	4,05	0,12	2,18	7,471	2,49
<b>***Total</b>	<b>6951</b>	<b>13902</b>	<b>100</b>	<b>1480</b>	<b>100</b>	<b>5,491</b>	<b>100</b>	<b>300</b>	<b>100</b>

Em relação ao número de indivíduos, as cinco espécies com maiores densidades representaram 56,7% do total amostrado, sendo elas: *Eugenia puniceifolia*, *Erythroxylum paufferense*, Indeterminada 1, *Guapira noxia* e *Senegalia bahiensis*. Estas corresponderam a 45% da área basal total amostrada.

Quanto a densidade, dominância e VI, as espécies foram as mesmas no estrato adulto, porém as espécies *Erythroxylum paufferense* e a *Guapira noxia* demonstraram um quantitativo menor em relação ao estrato arbóreo.

Em relação à frequência, as cinco espécies mais representativas na AR, foram: *Eugenia puniceifolia*, *Guapira noxia*, Indeterminada 1, *Neocalyptrocalyx longifolium* e *Poincianella pyramidalis*. Um aspecto importante destas espécies, é que todas elas, exceto a *Guapira noxia*, são nativas da região e são encontradas no ecossistema de referência. Apresentam também uma frequência elevada em outros ecossistemas naturais da região (SILVA et al., 2012; PEREIRA et al., 2013).

**Tabela 8.** Parâmetros fitossociológicos do estrato regenerante do ecossistema de referência (ER) localizada no município de Arapiraca-AL (sendo: NI: Número de indivíduos; DA: Densidade absoluta; DR: Densidade relativa; FA: Frequência absoluta; Fr: Frequência relativa; DoA: Dominância absoluta; DoR: Dominância relativa e VI: Valor de importância).

Nome Científico	N	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI	VI (%)
<i>Croton heliotropiifolius</i>	224	448	6,14	85	3,43	0,272	4,95	14,527	4,84
<i>Erythroxylum paufferense</i>	183	366	5,02	95	3,84	0,267	4,86	13,719	4,57
<i>Eugenia puniceifolia</i>	201	402	5,51	100	4,04	0,224	4,09	13,642	4,55
<i>Senegalia bahiensis</i>	182	364	4,99	90	3,64	0,241	4,39	13,017	4,34
Indeterminada 1	154	308	4,22	90	3,64	0,229	4,18	12,036	4,01
<i>Luehea ochrophylla</i>	159	318	4,36	85	3,43	0,222	4,05	11,848	3,95
<i>Casearia sylvestris</i>	146	292	4	90	3,64	0,196	3,58	11,218	3,74
Indeterminada 3	145	290	3,98	85	3,43	0,208	3,79	11,197	3,73
<i>Coccoloba mollis.</i>	126	252	3,45	85	3,43	0,228	4,16	11,05	3,68
<i>Neocalyptrocalyx longifolium</i>	139	278	3,81	95	3,84	0,185	3,36	11,012	3,67
<i>Pityrocarpa obliqua</i>	124	248	3,4	95	3,84	0,204	3,71	10,948	3,65
<i>Aspidosperma pyriformium</i>	137	274	3,76	90	3,64	0,183	3,33	10,722	3,57
Indeterminada 2	104	208	2,85	95	3,84	0,207	3,77	10,46	3,49
<i>Ziziphus joazeiro</i>	122	244	3,35	85	3,43	0,194	3,54	10,315	3,44
<i>Sapium glandulosum</i>	126	252	3,45	95	3,84	0,164	2,99	10,287	3,43
<i>Tabebuia aurea</i>	115	230	3,15	80	3,23	0,205	3,73	10,118	3,37
<i>Solanum paniculatum</i>	113	226	3,1	85	3,43	0,194	3,54	10,07	3,36
<i>Bauhinia cheilantha</i>	126	252	3,45	85	3,43	0,172	3,14	10,029	3,34
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	114	228	3,13	85	3,43	0,177	3,23	9,793	3,26
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	106	212	2,91	95	3,84	0,163	2,96	9,706	3,24
<i>Myrcia splendens</i>	101	202	2,77	90	3,64	0,177	3,23	9,634	3,21
<i>Brosimum guianensis</i>	113	226	3,1	85	3,43	0,17	3,1	9,633	3,21
<i>Guapira opposita</i>	78	156	2,14	95	3,84	0,199	3,62	9,598	3,2
<i>Guapira noxial</i>	123	246	3,37	90	3,64	0,14	2,55	9,556	3,19
<i>Poincianella pyramidalis</i>	111	222	3,04	85	3,43	0,157	2,87	9,345	3,11
Indeterminada 4	92	184	2,52	80	3,23	0,17	3,1	8,852	2,95
<i>Guazuma ulmifolia</i>	89	178	2,44	75	3,03	0,168	3,05	8,525	2,84
<i>Copparis cynophallophora</i>	85	170	2,33	80	3,23	0,161	2,94	8,498	2,83
Indeterminada 5	9	18	0,25	5	0,2	0,011	0,2	0,646	0,22
<b>** Total</b>	<b>3647</b>	<b>7294</b>	<b>100</b>	<b>2475</b>	<b>100</b>	<b>5,487</b>	<b>100</b>	<b>300</b>	<b>100</b>

Analisando os parâmetros fitossociológicos do ER, com base na Tabela 8, foram encontrados 3645 indivíduos e uma densidade de 7294 ind./ha<sup>-1</sup>. As espécies regenerantes com maior densidade foram *Croton heliotropiifolius*, *Erythroxylum*

*paufferrense*, *Eugenia puniceifolia*, *Senegalia bahiensis* e *Luehea ochrophylla*, representando um total de 26% do total.

Quanto a frequência relativa, as espécies regenerantes mais representativas foram: *Eugenia puniceifolia*, *Erythroxylum paufferrense*, *Neocalyptocalyx longifolium*, *Piptadenia obliqua* e *Sapium glandulosum*. As espécies regenerantes mais dominantes no ER foram: *Croton heliotropiifolius*, *Erythroxylum paufferrense*, *Senegalia bahiensis* e *Eugenia puniceifolia*. As cinco espécies regenerantes com maior valor de importância (VI) no ER foram: *Croton heliotropiifolius*, *Erythroxylum paufferrense*, *Senegalia bahiensis*, *Eugenia puniceifolia* e *Luehea ochrophylla*.

De fato, o ecossistema de referência apresentou resultados superiores à área em restauração, em função da sua trajetória sucessional ser bem mais longa, aproximadamente 50 anos.

Avaliar a regeneração natural (RN) possibilita uma melhor interpretação de como está atuando o processo de regeneração natural. Quando a regeneração natural total (RNT) é analisada é possível perceber que as espécies que ocorrem nas três classes de altura na regeneração natural são aquelas que teoricamente possuem um maior potencial de estabelecimento, podendo compor o dossel futuro do ecossistema, caso não haja eventos naturais ou antrópicos que venham a mudar esse tipo de processo (KNORR et al., 2012; SILVA et al., 2007). Assim sendo, procurou-se avaliar a regeneração nas áreas de estudo a partir da RNT, conforme apresentado na tabela 9.



As estimativas da regeneração natural por classe de altura (RNC1, RNC2 e RNC3), e seus parâmetros de densidade e frequência relativas e regeneração natural total (RNT), todos expressos em porcentagem, encontram-se na Tabela 9.

Em relação a distribuição dos indivíduos regenerantes nas classes de altura, observou-se que todas as áreas estudadas apresentaram indivíduos nas três classes de altura avaliadas. Na AR, a maioria dos indivíduos estão inseridos na terceira classe de altura, no entanto as classes 2 e 3 também foram bastantes representativas (Tabela 9).

As espécies que apresentaram os maiores percentuais, para a RN foram *Eugenia puniceifolia*, *Erythroxylum pauferrense*, *Senegalia bahiensis*, *Guapira noxia* e Indeterminada 1. Essas espécies apresentaram bons resultados nas três classes, evidenciando que o componente regenerante não se encontra mais na fase inicial, mostrando que essa área não está tendo tanta interferência de ações antrópicas, contribuindo para avanços no que se refere a sucessão ecológica.

As espécies com maior RN apresentam boa capacidade de regeneração natural, pois a maioria das espécies pertencem aos estágios iniciais da sucessão ecológica, portanto tem um bom potencial de regeneração (MOÇO et al., 2005). As espécies que se destacam com as maiores estimativas de regeneração natural podem ser consideradas bem adaptadas na comunidade, apresentando boa eficiência no estabelecimento e desenvolvimento de novos indivíduos (PIETRO-SOUZA et al., 2014).

**Tabela 10.** Estimativa da Regeneração Natural (RN) por classe de altura das 20 unidades amostrais lançadas no ecossistema de referência (ER) no município de Arapiraca-AL, listadas em ordem decrescente de acordo com maior valor da RN (sendo: DR = Densidade Relativa das classes de altura 1, 2 e 3; FR = Frequência Relativa das classes de altura 1, 2 e 3 e RN = Regeneração Natural das classes de altura 1, 2 e 3).

<b>Espécies ER</b>	<b>DR1</b>	<b>FR1</b>	<b>RNC1</b>	<b>DR2</b>	<b>FR2</b>	<b>RNC2</b>	<b>DR3</b>	<b>FR3</b>	<b>RNC3</b>	<b>RN</b>
<i>Erythroxylum pauferrense</i> Plowman	4,98	4,75	4,86	3,27	3,89	3,58	4,61	4,88	4,74	4,39
<i>Senegalia bahiensis</i> (Benth.)	4,74	4,07	4,40	4,28	3,89	4,08	4,61	4,07	4,34	4,27
<i>Aspidosperma pyriformium</i> Mart.	3,55	3,73	3,64	4,03	4,59	4,31	4,34	4,07	4,20	4,05
Indeterminada 1	3,79	3,39	3,59	4,28	4,59	4,44	4,07	3,66	3,86	3,96
<i>Neocalyptocalyx longifolium</i> (Mart.) Cornejo	5,69	5,08	5,39	3,78	4,24	4,01	2,44	2,44	2,44	3,94
<i>Croton heliotropiifolius</i> Kunth	2,84	3,39	3,12	2,27	4,59	3,43	5,69	4,88	5,28	3,94
<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	4,03	3,73	3,88	5,29	2,83	4,06	3,79	3,66	3,73	3,89
Indeterminada 3	3,79	4,41	4,10	4,03	3,53	3,78	2,98	4,07	3,52	3,80
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	2,13	2,71	2,42	4,79	4,59	4,69	4,07	4,07	4,07	3,73
<i>Bauhinia cheilantha</i> Bong	3,08	3,39	3,24	3,53	3,53	3,53	4,34	4,07	4,20	3,66
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	4,03	4,07	4,05	3,53	3,18	3,35	3,79	3,25	3,52	3,64
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	4,98	4,07	4,52	3,27	3,53	3,40	2,71	3,25	2,98	3,64
<i>Piptadenia obliqua</i> (Pers.) J.F. Macbr	4,27	3,73	4,00	3,27	3,18	3,23	3,25	3,66	3,46	3,56
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC	3,79	3,73	3,76	3,27	3,89	3,58	2,98	3,66	3,32	3,55
<i>Brosimum guianensis</i> (Aubl.) Huber	2,61	3,05	2,83	3,78	4,24	4,01	3,52	4,07	3,79	3,54
<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	5,21	4,07	4,64	1,51	1,77	1,64	4,07	4,47	4,27	3,52
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	2,37	2,03	2,20	6,55	3,89	5,22	2,98	3,25	3,12	3,51
<i>Solanum paniculatum</i> L.	2,37	3,05	2,71	3,53	3,53	3,53	3,79	4,47	4,13	3,46
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	3,55	4,07	3,81	3,78	4,24	4,01	2,17	2,85	2,51	3,44
<i>Luehea ochrophylla</i> Mart.	3,08	2,71	2,90	3,27	3,18	3,23	5,15	3,25	4,20	3,44
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	4,27	3,73	4,00	2,02	2,47	2,24	3,52	3,66	3,59	3,28
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	4,27	3,73	4,00	3,53	3,18	3,35	2,44	2,03	2,24	3,20



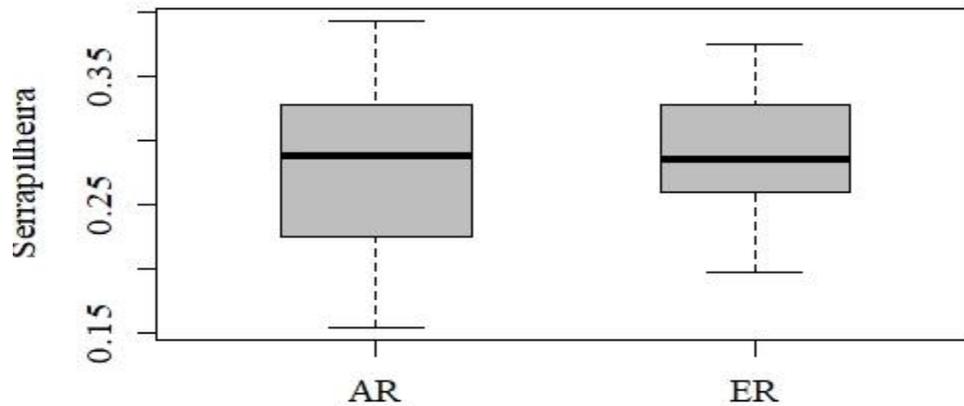
O ER apresentou-se de forma mais uniforme em relação a distribuição dos indivíduos das espécies nas três classes de altura, ou seja, diferentemente da área em restauração, a maioria das espécies apresentaram indivíduos nas três classes de altura. (Tabela 10). Isto indica, de acordo com Pessoa (2011), que as espécies que se encontram nas três classes, possivelmente, terão maiores chances de estabelecimento na futura estrutura adulta da comunidade, além de possibilitar maior riqueza e diversidade de espécies em longo prazo.

Além de apresentarem uma distribuição uniforme das espécies na Regeneração Natural, entretanto, as espécies que apresentaram maiores percentuais de RNT foram *Erythroxylum pauferrense*, *Senegalia bahiensis*, *Aspidosperma pyriformium*, *Neocalyptocalyx longifolium* e Indeterminada 1. Barbosa (2012) trabalhando com regeneração natural observou resultados semelhantes a este estudo, onde houve um predomínio de indivíduos nas primeiras classes de altura, atribuindo esses resultados a uma fase inicial da sucessão ecológica, em que no início da sucessão há muitos indivíduos pertencentes a poucas espécies, concentrados nas menores classes de altura.

No geral, ao avaliar a regeneração natural como um indicador, levando em consideração os aspectos mais importantes (composição e estrutura), pôde-se perceber que a avaliação da composição e estrutura do estrato regenerativo possibilitou verificar que a regeneração em ambas as áreas se apresentou de forma estabelecida, apresentando indivíduos nas três classes de altura. O estrato regenerante é o estoque para as fases seguintes da sucessão ecológica (BRANCALION, 2012), é o que irá garantir sustentabilidade a estas áreas.

### 4.3 Serapilheira

Analisando o peso da serrapilheira (Figura 8) produzida nos dez meses de coleta, o ER apresentou um peso médio (0,28 Mg/ha), enquanto que a AR apresentou resultado pouco maior (0,29 Mg/ha), demonstrando que não houve diferença significativa entre as áreas, pelo teste de Tukey ao nível de 95% de confiança. Com isso, este padrão revela que, apesar de haver outras diferenças entre as áreas, o aporte de serapilheira que chega ao solo não apresentou diferenças.



**Figura 8.** Peso ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) da serapilheira produzida na área restaurada (AR) e no ecossistema de referência (ER), localizadas no município de Arapiraca - AL.

De acordo com alguns autores, o aporte de serapilheira pode variar em decorrência de fatores como o grau de perturbação da área, o tipo de vegetação e o estágio sucessional da formação florestal (MARTINS; RODRIGUES, 1999; MOREIRA; SILVA, 2004; TURCHETTO; FORTES, 2014).

Entre os meses de julho a setembro ocorreram as maiores deposições de serapilheira em ambas as áreas, de forma que esse é o período de menor precipitação, no qual as espécies florestais perdem as folhas para reduzir a evapotranspiração. Esse comportamento está relacionado com a resposta da vegetação ao agravamento do estresse hídrico, sendo a queda de folhas medida preventiva à alta perda de água por transpiração (ANDRADE et al., 2000). Esses resultados corroboram com outros estudos em áreas de Floresta Estacional Semidecidual, em que as maiores produções ocorrem no fim do inverno. Martins e Rodrigues (1999) encontraram maiores produções entre agosto e novembro; Vital et al. (2004) evidenciaram a maior produção em setembro; e Pimenta et al. (2011) obtiveram picos de produções em setembro e outubro.

Ao comparar a deposição ocorrida nos coletores no presente estudo com outros trabalhos em floresta estacional semidecidual, observou-se aportes diferenciados, o que a princípio está relacionado com a estrutura da vegetação, em que, na Reserva Particular do Patrimônio Natural na Paraíba, Souza (2009), registrou uma média anual de  $2.266,89 \text{ kg ha}^{-1}$ . Na mesma RPPN, Pimenta et al. (2011) estimaram em 10 meses uma deposição de  $899,2 \text{ kg ha}^{-1}$ . Santana e Souto

(2011), na Estação Ecológica do Seridó (RN), estimaram a deposição de serapilheira em  $2.068,55 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

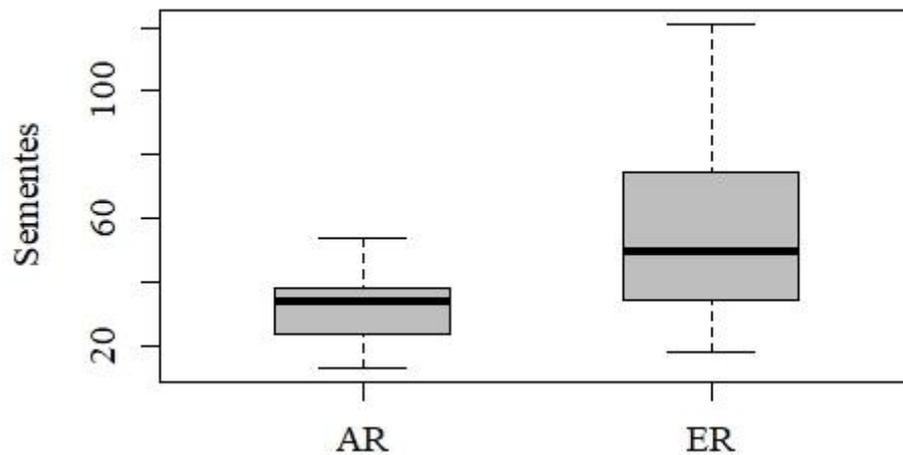
Ao analisar os dados percebe-se que, mesmo a AR com, aproximadamente, 20 anos já apresenta uma produção de serapilheira, este que é um processo essencial para o reestabelecimento de uma floresta. O seu reestabelecimento ameniza os impactos no solo, causados principalmente pela chuva, melhorando as condições físico-químicas do solo (ADENA et al., 2012).

Como observado, o aporte de serapilheira na área em restauração e no ecossistema de referência não diferiram estatisticamente entre si. Assim pode-se inferir que, apesar da diferença entre a quantidade de espécies presentes nas áreas, os indivíduos estão, de alguma maneira, contribuindo para a produção de serapilheira e, conseqüentemente, beneficiando todos os processos que ali ocorrem. Se levar em consideração o que foi sugerido por Darrault et al. (2005), que a evolução das plantas e seu crescimento aumentam os valores de deposição de serapilheira, pode-se pressupor que apesar de haver variações nas condições das áreas (AR e ER), estas não estão influenciando diretamente a produção de serapilheira.

Portanto, através deste indicador ecológico, aporte de serapilheira, percebe-se que a área em processo de restauração alcançou as condições do ecossistema de referência.

#### **4.4 Chuva de sementes**

A maior densidade de deposição no ER foi registrada em abril/2018 ( $17,6 \text{ sementes/m}^2$ ) e a menor em agosto/2018 ( $5,7 \text{ sementes/m}^2$ ). O maior intervalo de deposição ocorreu no período com menor índice pluviométrico, onde foram depositadas 53,2% de todas as sementes da área. Na AR a maior deposição se deu no mês de abril/2018 ( $8,8 \text{ sementes/m}^2$ ) e a menor em setembro/2018 ( $3,55 \text{ sementes/m}^2$ ), sendo depositadas 52% do total de sementes da área (Figura 9).



**Figura 9.** Quantidade de sementes produzidas na área em restauração (AR) e no ecossistema de referência (ER), localizadas no município de Arapiraca - Al.

Em relação à abundância de sementes ( $n^{\circ}$  de sementes/ $m^2$ ) houve diferença significativa entre as áreas para a quantidade média aportada. A densidade média de sementes foi de  $179 \pm 68$  sementes/ $m^2$ , situando-se na faixa obtida em outros estudos. Empregando o mesmo tipo de coletores, Araújo et al. (2009) obtiveram de  $128 \pm 36$  sementes/ $m^2$  a  $208 \pm 98$  sementes/ $m^2$  em um fragmento de floresta estacional.

De acordo com alguns autores, essa inconstância no número de sementes deve-se à distintos fatores, como a composição e estrutura florística da comunidade, a quantidade de frutos e sementes produzidos por tais espécies, a atividade de agentes dispersores de sementes e ao estágio sucessional que a vegetação estudada se encontra (LAGOS; MARIMON, 2012; AVILA et al., 2013; PIETRO-SOUZA; SILVA; CAMPOS, 2014; TOSCAN et al. 2014)

Este indicador apresentou diferenças significativas entre a área em restauração e o ecossistema de referência. O alto quantitativo de sementes no ER, pode ser explicado pela densidade da espécie *Piptadenia obliqua* presente nesta área, uma vez que no momento da triagem foi perceptível que a maioria das sementes aportadas era de *Piptadenia obliqua*. Esta espécie apresentou 102 indivíduos no ER, enquanto que na AR, apenas 38. De acordo com Lorenzi (2002) esta espécie produz anualmente abundante quantidade de sementes, o que pode ter influenciado no quantitativo de sementes da área.

Os resultados da chuva de sementes refletem basicamente a estrutura da vegetação como atestam os dados de estrutura coletados por Andrade et al. (2000) no hectare.

Então, observou-se que o ER produziu mais sementes em relação a AR, pelo fato de apresentar um quantitativo de indivíduos maior, a idade ser maior em relação a área em restauração, indivíduos maduros, com um ciclo de floração já estabelecidos, entre outras variáveis.

#### 4.5 Fauna edáfica: Macrofauna

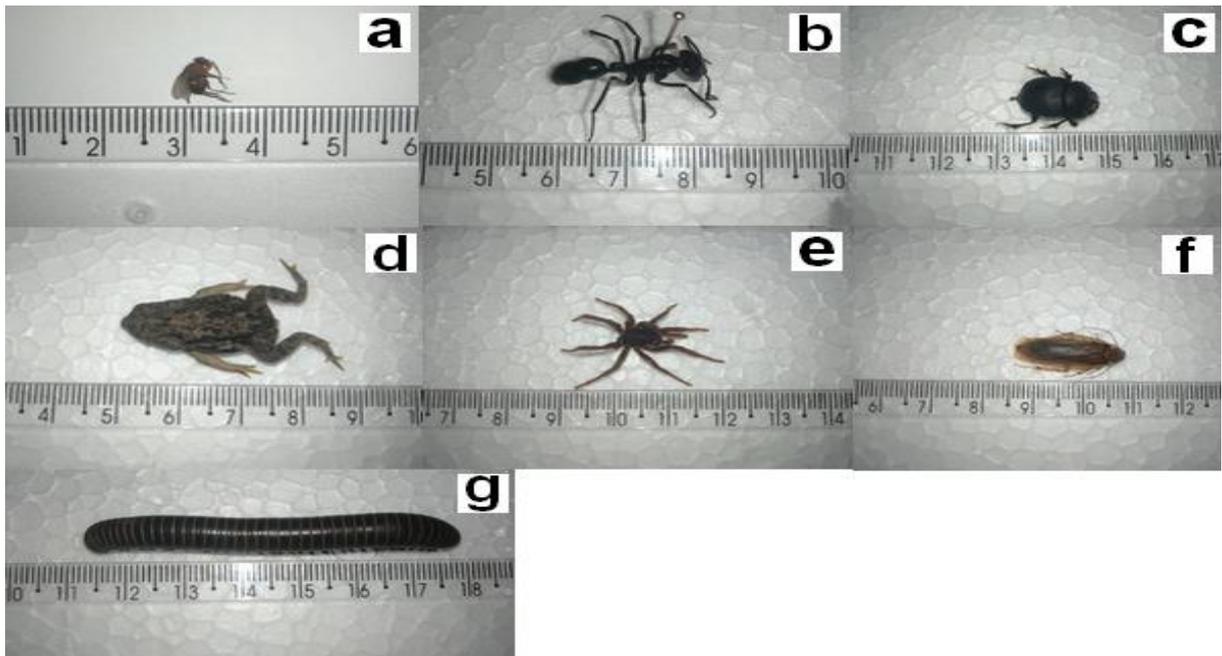
Mediante observação com e sem o auxílio de microscópio estereoscópico, foram identificados organismos pertencentes a diversos grupos faunísticos (ordens). Embora nem todos os grupos da macrofauna de solo tenham sido encontrados em todas as unidades amostrais, alguns foram coletados com mais frequência (Tabela 8) conforme análises quantitativas apresentadas na sequência.

**Tabela 11.** Número de indivíduos (Ni), Frequência absoluta (FA), Frequência relativa (Fr) das diferentes ordens coletados na área em restauração (AR) e no ecossistema de referência (ER) no município de Arapiraca - AL.

Ordens	AR			Ordens	ER		
	Ni	FA	FR (%)		Ni	FA	FR (%)
Orthoptera	19	95	1,78	Orthoptera	74	370	6,82
Isoptera	1	5	0,09	Isoptera	5	25	0,46
Coleoptera	709	3545	66,26	Coleoptera	760	3800	70,05
Hymenoptera	256	1280	23,93	Hymenoptera	156	780	14,38
Hemiptera	5	25	0,47	Hemiptera	12	60	1,11
Araneae	37	185	3,46	Araneae	28	140	2,58
Anura	17	85	1,59	Anura	18	90	1,66
Lepidoptera	1	5	0,09	Lepidoptera	4	20	0,37
Diptera	7	35	0,65	Diptera	6	30	0,55
Myriapoda	7	35	0,65	Myriapoda	8	40	0,74
Blattodea	7	35	0,65	Blattodea	9	45	0,83
Dermaptera	3	15	0,28	Dermaptera	5	25	0,46
Escorpionidae	1	5	0,09	-			
<b>TOTAL</b>	<b>1070</b>	<b>5350</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1085</b>	<b>5425</b>	<b>100</b>

Foram coletados um total de 2155 organismos nas áreas estudadas, distribuídos em 13 ordens: Ortoptera, Isoptera, Coleoptera, Hymenoptera, Hemiptera, Aranae, Anura, Lepidoptera, Díptera, Myriápoda, Blattodea, Dermaptera

e Escorpionidae (Tabela 11) (Figura 10), demonstrando que as áreas apresentam uma quantidade e variedade faunística razoável, quando comparado com outros ambientes, em relação à riqueza e abundância de grupos faunísticos, conforme destacado no trabalho de Pinheiro et al. (2014) em uma Floresta Estacional Semidecidual, que detectaram 847 indivíduos, distribuídos em 23 ordens.

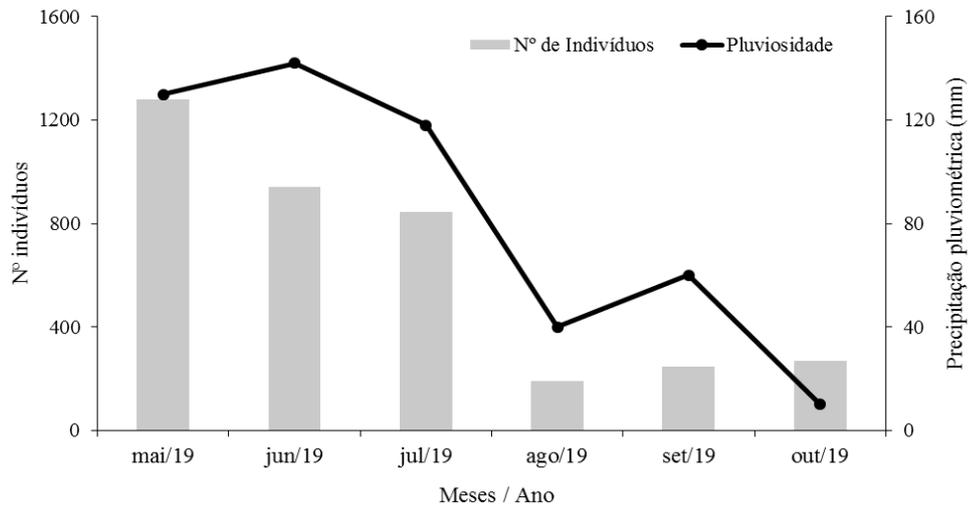


**Figura 10.** Exemplos dos insetos capturados nas armadilhas PROVID na AR e no ER no município de Arapiraca-AL: (a) Ordem Díptera, (b) Hymenoptera, (c) Coleoptera, (d) Anura, (e) Araneae, (f) Blattodea e (g) Myriápoda.

Em relação a quantidade de indivíduos mensal, obteve-se: 1280 na amostragem de maio/2019, 940 em junho/2019, 843 em julho/2019, 190 em agosto/2018, 247 em setembro e 270 no mês de outubro. O maior número de organismos presentes foi no ER, 2301 (55,16%) indivíduos, seguido pela AR com 1469 (44,84%) indivíduos, indo de encontro com o estudo de Freitas et al. (2006), ao considerarem que as diferenças entre o número de indivíduos de áreas perturbadas e conservadas podem ser muito tênues.

O mês de maior índice pluviométrico (maio) apresentou um maior quantitativo de indivíduos capturados, enquanto que nos meses mais secos houve uma queda no número de indivíduos. Dados semelhantes foram encontrados por Sperandio et al (2011) ao constatar que, no período onde foram registrados os maiores índices

pluviométrico, foram capturadas maiores quantidades de indivíduos. O autor atribuiu esses resultados às condições favoráveis no microclima do solo na estação úmida, uma vez que os elementos meteorológicos e/ou climáticos são fatores limitantes para crescimento da população de organismos do solo (FRANCO, 2016).



**Figura 11.** Distribuição mensal da quantidade de indivíduos em relação a pluviosidade nas duas áreas em estudo.

Dentre as 13 ordens registradas nos levantamentos da fauna edáfica (Tabela 11), destacaram-se a Coleoptera, representada exclusivamente por besouros, com a maior abundância de organismos (68%), sendo constatada elevada frequência no ecossistema de referência. A ordem Hymenoptera projetou-se como a segunda mais expressiva, com 19,11% do total de espécimes catalogados, cuja incidência resumiu-se a área em processo de restauração.

Considerando-se a distribuição das frequências (Tabela 8), observou-se que Hymenoptera e Aranae foram as únicas ordens que apresentaram um quantitativo de indivíduos maior na AR em relação ao ecossistema de referência.

As ordens Coleoptera, Hymenoptera e Ortoptera foram as mais expressivas nas seis coletas realizadas na área em restauração e no ecossistema de referência (Figura 15). Em relação a composição da fauna, grande parte das espécies que se destacaram em relação a frequência, apresentaram resultados semelhantes em outros estudos (MACHADO et al., 2008; FRANCO, 2016).

A ordem Coleoptera bem como as demais ordens, por exemplo, não diferiram significativamente nas duas áreas estudadas, como observa-se na Tabela 9. A razão

para tal afirmação pode estar no fato dessas ordens serem os mais diversos grupos taxonômicos de todos os táxons animais (RODRIGUES et al.,2013), possibilitando a existência de gêneros ou espécies com padrões distintos de mobilidade.

**Tabela 12.** Número de indivíduos pôr ordem na área em processo de restauração (AR) e no ecossistema de referência (ER), no município de Arapiraca - AL.

<b>Ordens</b>	<b>AR</b>	<b>ER</b>
Anura	0,85	0,90 <sup>ns</sup>
Aranae	1,85	1,40 <sup>ns</sup>
Blattodea	0,35	0,45 <sup>ns</sup>
Coleoptera	35,45	38,00 <sup>ns</sup>
Dermaptera	0,15	0,25 <sup>ns</sup>
Escorpionidae	0,05	-
Hemiptera	0,25	0,60 <sup>ns</sup>
Hymenoptera	12,8 a	7,8 b
Isoptera	0,05	0,25 <sup>ns</sup>
Lepidoptera	0,05	0,20 <sup>ns</sup>
Myriapoda	0,35	0,40 <sup>ns</sup>
Orthoptera	0,95	3,70 <sup>ns</sup>

\* médias com letras diferentes entre si, pelo teste de T ( $p < 0,05$ ).

Percebe-se que a macrofauna edáfica, como indicador ecológico, não diferiu significativamente as áreas estudadas. Apenas a ordem Hymenoptera apresentou significância quanto ao número de indivíduos entre a AR e o ER.

O alto número de indivíduos no caso específico da ordem Hymenoptera corresponde, conforme também evidenciado por LAVELLE et al. (2012), à típica situação de que possa ter ocorrido algum processo anterior de degradação. Machado (2012) também afirma que a reduzida riqueza de grupos faunísticos, dentre os quais somente Hymenoptera apresenta um quantitativo considerável, é possivelmente uma decorrência da capacidade de tais organismos sobreviverem em locais com elevados níveis de perturbação.

As formigas representaram a maioria de todos os tipos de insetos coletados. A predominância deste grupo pode ser atribuída à socialidade destes animais, que geralmente exibem recrutamento em massa, além de exibir colônias numerosas, podendo conter até dezenas de milhares de indivíduos. Além disso, as formigas são comumente associadas a diversos tipos de interações ecológicas, desempenhando

várias funções, tais como detritívoros, predadores, granívoros e herbívoros (KATSANEVAKIS et al., 2014).

Estudos de Hutcheson (1990) e Lorenzi (2014) demonstraram que coleópteros predominam em áreas degradadas em início de regeneração, enquanto algumas das demais ordens apresentaram maior ocorrência em áreas conservadas. Esses insetos também são sensíveis às mudanças nos índices de precipitação de determinadas regiões, sendo mais abundantes nos meses de chuva.

A presença de alguns grupos de predadores nas armadilhas como por exemplo, Aranae, Anura e Escorpionidae, deve-se ao fato da presença de possíveis presas nas áreas, principalmente no interior das armadilhas – Blattodea e Hymenoptera, respectivamente.

Nos meses de maiores índices pluviométricos (Maio, Junho e Julho/2019) houve uma proliferação dos indivíduos das classes Coleoptera e Hymenoptera. Essa ampla distribuição espacial e elevada abundância dessa ordem, para Oliveira et al. (2009), deve estar relacionada diretamente com a temperatura ambiental, uma vez que em estudo, esses mesmos autores detectaram que as médias de variações térmicas de um ano para outro interferem na abundância de determinadas famílias dessa ordem.

No entanto, nos meses com baixos índices pluviométricos, Agosto e Outubro, houve uma diminuição no quantitativo dos indivíduos. Este fato, também foi comprovado por Pinheiro et al. (2014) ao observarem que a redução da precipitação pluvial provocou a diminuição do número de organismos do solo. Dados semelhantes foram constatados também por Santilli et al. (2014), ao verificarem que esses elementos influenciaram diretamente a densidade populacional dos grupos.

Esse comportamento deve-se ao fato, provavelmente, de que na área haja maior aporte e diversidade de material orgânico, sobretudo, troncos e detritos vegetais, importantes fontes energéticas para a proliferação e geração de habitat para cupins xilófagos e humívoros (VITAL et al., 2004).

Vários estudos realizados sobre o comportamento da fauna edáfica na caatinga, ressaltam que a riqueza e variabilidade das famílias de Hymenoptera contribuem exponencialmente para que esta ordem tenha destaque no contexto da fauna do solo, independente dos ecossistemas encontrados nos domínios vegetacionais brasileiros.

Amorim et al (2009), avaliando o comportamento e padrão sazonal da fauna entomológica, concluíram que, além das condições climáticas, a oferta de alimentos é também um fator primordial e determinante para os representantes da fauna edáfica no ambiente.

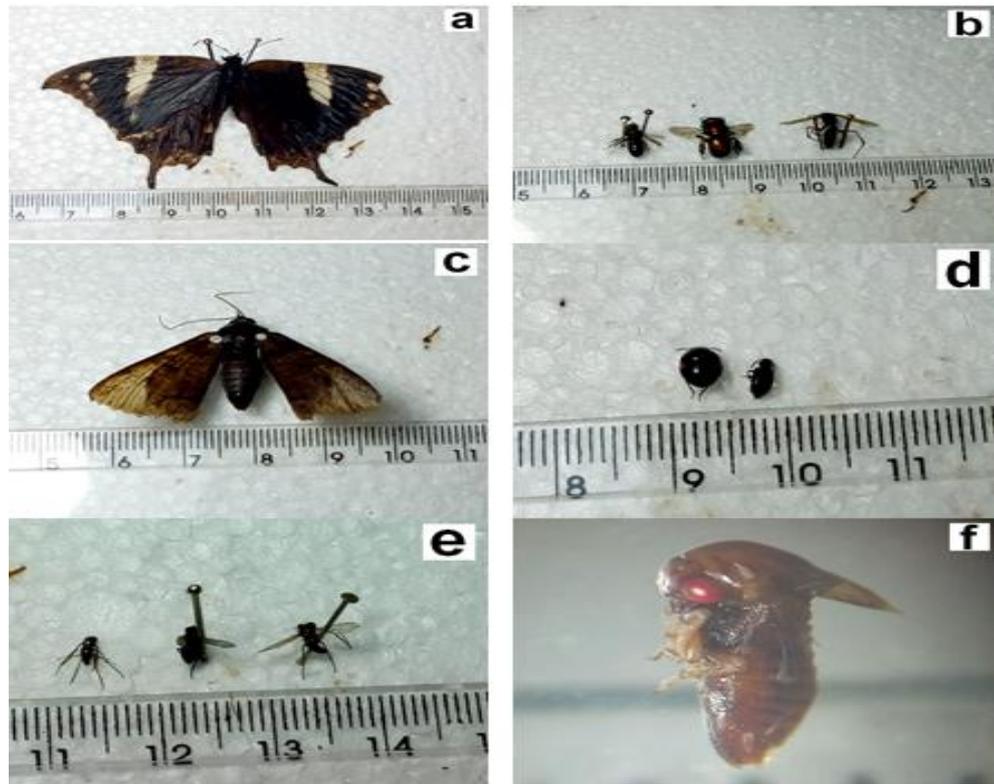
Observou-se a ocorrência de poucos indivíduos em alguns grupos (Isoptera, Lepidoptera, Díptera). Informações semelhantes foram verificadas por Souto (2006) em trabalho realizado em área de caatinga que encontraram a seqüência: Díptera, Acarina e Isoptera, com um baixo quantitativo de abundância. Amorim et al (2009) cita que esse comportamento é característico de climas tropicais com estações bem definidas, sendo uma seca e outra úmida.

Segundo Souza (2016) os indivíduos ou espécies das ordens Orthoptera, Hemiptera, Díptera, Lepidoptera, Hymenoptera e Coleoptera constituem os mais importantes bioindicadores. Estas ordens de insetos contêm subgrupos importantes adaptados para testar níveis de poluição, redução de predadores, aumento de plantas invasoras e inibição da decomposição.

Sendo assim, os insetos podem ser utilizados em estudos que objetivem o levantamento da diversidade e o monitoramento de alterações ambientais causadas por ações naturais e antrópicas e que ameaçam a integridade dos ecossistemas (MOURÃO et al., 2011; AMORIM et al, 2009).

#### **4.6 Polinização**

Foram capturados 234 indivíduos nas duas áreas, distribuídos em 5 ordens (Hymenoptera, Díptera, Coleoptera, Lepidoptera e Hemiptera) (Figura 12). Do total, 88 (38%) dos insetos foram caracterizados como polinizadores pertencentes as ordens Hymenoptera e Lepidoptera.



**Figura 12.** Exemplos dos polinizadores encontrados na AR e ER no município de Arapiraca-AL: (a) Lepidoptera, (b), (c) e (f) Hemíptera; (d) Coleoptera e (e) Díptera.

O quantitativo total das duas áreas em estudo apontou a cor amarela como a mais expressiva, com uma diferença significativa na abundância de insetos ( $\chi^2=84,27$ ; GL=1;  $p < 0.01$ ). Para a soma dos pratos por área, houve uma diferença significativa na abundância de insetos o que indicou que o ecossistema de referência (ER) teve mais insetos capturados ( $\chi^2= 132,18$ ; GL= 1;  $p < 0.01$ ). A maior quantidade de insetos no ER pode ter sido influenciado pelo fato de que a vegetação mais densa possui uma disponibilidade de recursos maior do que a área em restauração. Ambientes que possuem uma maior diversidade de espécies vegetais atraem mais hospedeiros e conseqüentemente um número maior de insetos (AMORIM et al, 2009).

Na área em restauração foram coletados 102 insetos distribuídos em 4 ordens (Tabela 12). Houve uma diferença na abundância total de indivíduos, indicando que o prato amarelo coletou mais insetos que os demais pratos (Figura 12). Ao total de todos os indivíduos coletados nas armadilhas a ordem Díptera foi a mais representativa (n=56).

**Tabela 13.** Quantidade de insetos (em ordem) capturados por *PanTraps*, entre julho e outubro/2019 em uma área em restauração (AR) no município de Arapiraca-AL.

<b>Ordens</b>	<b>Amarelo</b>	<b>Branco</b>	<b>Azul</b>	<b>Total</b>
Hymenoptera	11	14	05	30
Lepidoptera	07	02	01	10
Diptera	45	04	07	56
Coleoptera	04	02	00	06
Total	67	22	11	102

Em todo o mundo, cerca de 90% das plantas que apresentam flores são dependentes de polinizadores, entre eles abelhas, mariposas, borboletas, besouros, e moscas, sendo, portanto, a classe dos insetos, constituinte dos principais polinizadores na maioria dos ecossistemas (OLLERTON et al. 2011). Portanto, não é possível realizar ações de restauração florestal sem levar em consideração a manutenção dos polinizadores, já que esses influenciaram diretamente na sustentabilidade dessas ações a médio e longo prazo.

Entre os insetos considerados como os mais eficientes na polinização, estão as abelhas, que pertencem a ordem Hymenoptera. Aproximadamente 73% das espécies vegetais cultivadas no mundo são consideradas de polinização melitófilas, ou seja, por abelhas e vespas (FREITAS, 2013), tendo extraordinária contribuição na polinização das espécies nativas, e considerada de fundamental importância na manutenção da diversidade genética dos remanescentes florestais (ADENA et al., 2012; FREITAS, 2013). Assim, a expressiva quantidade de polinizadores da ordem Hymenoptera (29, 41%), evidencia que a área em restauração está conseguindo manter seus agentes polinizadores, o que poderá garantir a sustentabilidade dos processos ecológicos e sua continuidade sucessional.

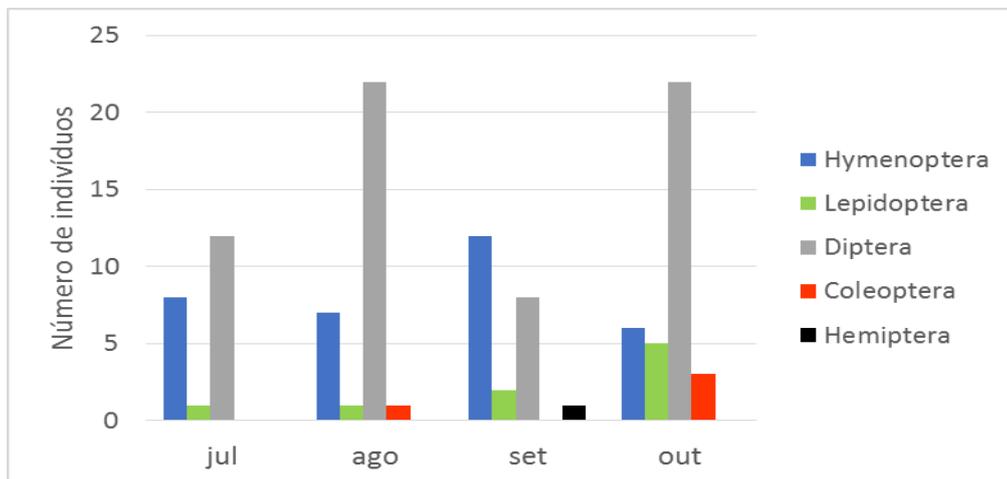
Os dípteros são apontados por vários trabalhos como insetos pouco eficientes na polinização, sendo considerados coletores, quando apenas realizam a coleta de recursos nas flores sem tocar seus órgãos reprodutivos, e pilhadores, estes últimos realizam visitas ilegítimas, abordando a flor por outros orifícios (SILVA; PINHEIRO, 2007; SOUSA et al., 2015). Gray et al. (2005) ressalta que as moscas, por utilizarem várias outras fontes distintas de alimentos, sendo considerados generalistas, pode apresentar sua atividade de polinização irregular. Algumas pesquisas em Mata Atlântica observaram a ordem Diptera como polinizadores ocasionais, onde tocavam

nas estruturas reprodutivas das flores somente ocasionalmente quando, por exemplo, se deslocavam na inflorescência de uma flor para outra.

Apesar de os dípteros não serem considerados, de uma forma geral, como polinizadores eficientes, a grande quantidade de indivíduos encontrados, tanto na área em restauração quanto na área conservada, pode sugerir que estes possuem papel importante nos processos ecológicos da área, devendo maiores estudos acerca da contribuição efetiva na polinização desta ordem para as espécies de Mata Atlântica, serem realizados para conclusões mais assertivas a respeito.

Espécies de Lepidoptera são muito utilizadas como modelos ecológicos em diversos estudos, sendo consideradas ótimas bioindicadoras (UEHARA-PRADO et al., 2009) por serem sensíveis a alterações no ambiente, por possuírem ciclos de vida curto, pela taxonomia bem conhecida e pela facilidade na amostragem em qualquer período do ano (FREITAS, 2013; MACHADO, 2008).

O quantitativo de indivíduos em cada mês na AR foi diversificado, conforme Figura 13, onde o mês de julho foram capturados a menor quantidade de insetos, 21 indivíduos, e outubro a maior quantidade 36 indivíduos, com o maior quantitativo de Hymenoptera e Lepidoptera, que são polinizadores considerados mais eficientes, registrados em setembro e outubro, meses do período seco.



**Figura 13.** Distribuição mensal dos insetos capturados por *PanTraps*, em uma área em restauração (AR) no município de Arapiraca-AL.

De acordo com Freitas (2013) vários estudos relacionados a sazonalidade de insetos polinizadores na região neotropical evidenciaram que na estação chuvosa a ocorrência da maior atividade dos polinizadores. Porém, em ambientes semiáridos,

Oliveira et al., (2012), observou atividades constantes de abelhas nativas tanto no período chuvoso, quanto no período seco, podendo este fato estar relacionado a fenologia da floração do ambiente, onde várias espécies nativas possuem seu pico de floração ainda no período seco e dispersão ao final deste.

No ecossistema de referência foram coletados 132 insetos distribuídos em 5 ordens (Tabela 13). Houve uma diferença significativa na abundância total de indivíduos entre os pratinhos indicando que o prato amarelo coletou mais insetos que o prato azul e o branco (Figura 13) e na soma deles, a ordem Díptera foi a mais representativa (n=57).

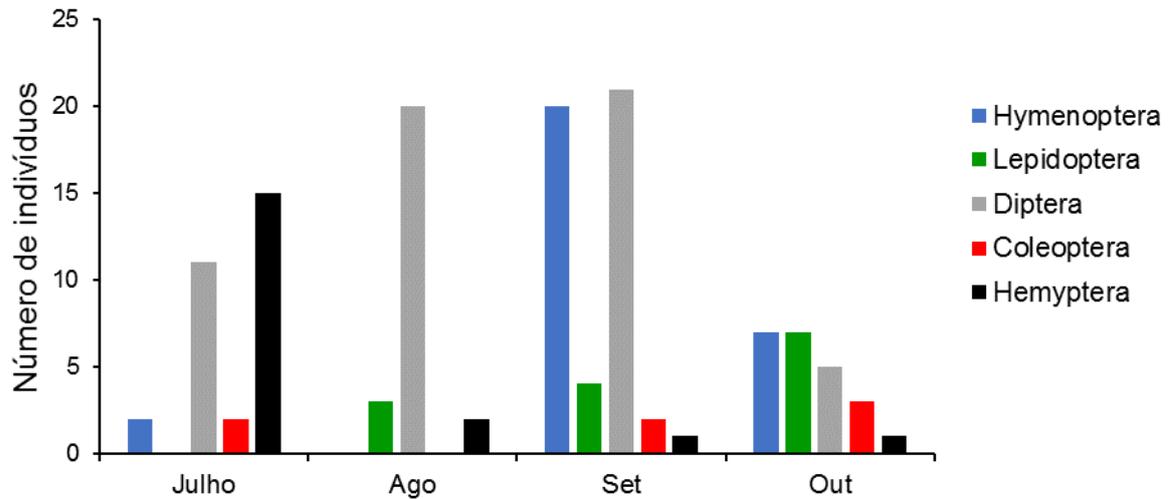
**Tabela 14.** Quantidade de insetos (em ordem) capturados por *PanTraps*, entre Julho e Outubro/2019 no ecossistema de referência (ER) no município de Arapiraca-AL.

<b>Ordem</b>	<b>Amarelo</b>	<b>Azul</b>	<b>Branco</b>	<b>Total</b>
Hymenoptera	27	04	01	32
Lepidoptera	09	03	01	22
Díptera	47	12	07	57
Coleoptera	02	08	03	13
Total	87	33	12	132

Em Rio Claro/SP, Souza (2006) avaliou a composição da fauna de Dípteros e Hymenopteros associados a uma área agrícola utilizando apenas bandejas amarelas. Além de muitos hymenópteros parasitóides Souza (2006) coletou 456 abelhas pertencentes a 22 espécies de três famílias (Andrenidae, Apidae e Halictidae). Semelhante ao presente estudo, em Rio Claro grande percentagem da fauna capturada era composta por dípteros e hymenopteros.

As ordens Diptera e Hymenoptera têm grande importância ecológica, sendo a sua presença no ambiente uma proteção para a planta por diminuir os ataques, sendo um grupo que se sobressai até mesmo em áreas com altos índices de degradação (AQUINO, 2008; AMORIM et al, 2005). Metodologias semelhantes à utilizada pelo presente trabalho apresentam bons resultados, inclusive para a composição de himenópteros em áreas cultiváveis (ADENA, 2012).

O quantitativo de indivíduos em cada mês no ER pode ser observado na Figura 14, onde se destacaram os meses Julho, com a menor quantidade de insetos e Setembro com a maior quantidade, sendo neste último constituído por 20 Hymenoptera.



**Figura 14.** Abundância de insetos capturados por *PanTraps*, em um ecossistema de referência (ER) no município de Arapiraca – AL.

Percebe-se que o mês de Julho/2019, o mês que apresentou um índice pluviométrico mais acentuado que os demais, foi o mês que apresentou um baixo quantitativo de indivíduos capturados nas duas áreas. Porém, há contradições a respeito da interferência da sazonalidade nas populações e comunidades de polinizadores.

Muitos estudos evidenciaram maior atividade dos polinizadores na estação chuvosa (abelhas, vespas e moscas): Alvares (2013), Silveira et al. (2011); borboletas: Devries et al. (1997), Anselmo et al. (2014); Souza-Silva et al. (2001). Isso ocorre provavelmente em resposta à maior disponibilidade de recursos florais decorrente dos maiores índices de precipitação pluviométrica nessa estação e é congruente com dados indicando maior intensidade de floração para muitas espécies vegetais, como no caso de plantas na Mata Atlântica (AGUIAR, BARBOSA, LIMA, 2008)

Maior atividade de polinizadores na estação seca foi descrito para insetos como abelhas (SILVA et al., 2009), e borboletas (AQUINO, 2008). Estes dados divergentes estariam relacionados a fatores intrínsecos das populações de insetos ou plantas, ou ainda diferenças microclimáticas entre locais de estudo (FRANCO et al., 2016).

Os *PanTraps* (pratos-armadilha) da cor amarela foram os que mais atraíram abelhas, com 67% (155 indivíduos) do total de polinizadores capturados, seguido

pela cor branca com 22% (33 indivíduos) e a cor azul com 11% (24 indivíduos). Em relação a eficiência da cor das armadilhas, a cor amarela foi a que mais atraiu indivíduos em todas as ordens nas duas áreas. Estudos mostram que a cor amarela, quando comparada com outras cores, apresenta um maior número de insetos capturados, sendo armadilhas amarelas viáveis para a captura de insetos de diferentes grupos e em diferentes áreas (GRIZ et al., 2001). Para Franco et al (2016) e Fernandes et al (2009) a armadilha amarela é eficiente para a captura de insetos da ordem Hymenoptera, Diptera e Coleoptera.

Sendo assim, as duas áreas em estudo apresentaram padrões semelhantes em relação a diversidade de ordens de polinizadores e a quantidade de indivíduos, corroborando com os demais indicadores (aporte de serapilheira, fauna edáfica).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado nos indicadores ecológicos utilizados, a área em restauração e o ecossistema de referência apresentam semelhanças entre si. Os atributos ecológicos avaliados nas duas áreas demonstram que mesmo tendo diferença entre as idades, a área em processo de restauração mostrou um bom desempenho no reestabelecimento dos processos ecológicos avaliados.

A área em processo de restauração passiva possui uma trajetória ecológica que através de indicadores ecológicos indicam que a restauração está evoluindo para o sucesso, com base nas comparações com o ecossistema de referência.

A composição florística da área em restauração não diferiu do ecossistema de referência tanto no estrato arbóreo como no regenerante. Houve diferença apenas na riqueza de espécies, bem como, nos índices de diversidade. As características estruturais não foram diferentes entre as áreas, com a maioria dos indivíduos regenerantes da área em restauração presentes nas três classes de altura.

O aporte de serapilheira no ecossistema de referência foi superior ao encontrado na área em restauração. Porém, a área em restauração apresentou resultado satisfatório por apresentar uma produção de serapilheira de aproximadamente 0,28 Mg/ha. Um fato importante é que as duas áreas estudadas apresentaram esse componente importante para a proteção do solo, da fauna e ciclagem de nutrientes, processos estes que auxiliam na sustentabilidade dos ecossistemas em geral.

A chuva de sementes foi um outro indicador utilizado e que diferiu entre as áreas. A produção de sementes no ecossistema de referência se sobressaiu devido a densidade das espécies na área, o período de floração de determinadas espécies, a quantidade de indivíduos maduros, o tipo de síndrome de dispersão presente na área.

A fauna edáfica e o processo de polinização demonstraram um cenário típico, onde o ecossistema de referência apresentou melhores resultados que a área em restauração no que diz respeito ao número de indivíduos. Entretanto as ordens presentes nas duas áreas estudadas são predominantes também em outros estudos que envolvem o uso da fauna edáfica como bioindicador de qualidade de ecossistemas.

Apesar de alguns indicadores diferirem do ecossistema de referência, os resultados mostram que a área em processo de restauração passiva, com vinte anos, tem potencial para alcançar o ecossistema de referência com aproximadamente cinquenta anos.

## REFERÊNCIAS

- ADENA, S. R.; SANTOS, E. F.; NOLL, F. B. Taxonomie Diversity, Niche Width And Similarity In The Use Of Plant Resources By Bees (Hymenoptera: Anthophila) in a cerrado área. **Jornal of Natural History**. 2012.
- AGUIAR, D. C. A., BARBOSA, M. C. A.; LIMA, L. C. M. Fenologia de espécies lenhosas da Caatinga. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. C. M. (Eds.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife, PE: Universidade Federal de Pernambuco. 2008. 657 – 693 p.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AMORIM, A. M. et al. Angiospermas em remanescentes de floresta montana no sul da Bahia, Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas – SP, v. 9, n. 3, p. 313 – 348, jul./set., 2009.
- AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Flora e estrutura da vegetação arbustivo/arbórea de uma área de caatinga do Seridó, RN, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte – MG, v. 19, n. 3, p. 615 – 623, 2005.
- ANDRADE, A. G.; COSTA, G. S.; FARIAS, S. M. Deposição e decomposição da serrapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth, *Acácia mangium* e *Acácia holosericea* com quatro anos de idade em planosolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v. 34, n. 4, p. 777 – 785, 2000.
- ANTONIOLLI, Z. I. et al. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 16, n. 4, p. 407 – 417, 2006.
- AQUINO, A. M. Fauna do solo e sua inserção na regulação funcional do agrossistema, In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. **Processos ecológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2008. 380 p.
- ARAÚJO, K. D. et al. Levantamento florístico do estrato arbustivo-arbóreo em áreas contíguas de Caatinga no cariri paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró – RN, v. 23, n. 1, p. 63 – 70, 2009.
- ARAÚJO, R. S. **Chuva de sementes e deposição de serrapilheira em três sistemas de revegetação de áreas degradadas na reserva biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ**. 2012. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2012.
- ARONSON, J; ALEXANDER, S. Ecosystem restoration is now a global priority: time to roll up our sleeves. **Restoration Ecology**, v. 21, p. 293 – 296, 2013.

AVILA, A. L. D.; ARAUJO, M. M.; GASPARIN, E.; LONGHI, S. J. Mecanismos de regeneração natural em remanescente de Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil. *Cerne*, Lavras, v. 19, n. 4, p. 621-628, 2013.

AZEVEDO, A. C. de. Funções ambientais do solo. In: AZEVEDO, A. C. de.; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. de A. (Org.). **Fórum Solos e ambiente**, v. 1., 2010, Santa Maria, RS: Pallotti, 2010. 7 – 22 p.

BARBOSA, D. C. A., BARBOSA, M. C. A.; LIMA, L. C. M. Fenologia de espécies lenhosas de Caatinga. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Eds.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife, PE: Editora Universitária da UFPE, 2003. 657 – 694 p.

BARBOSA, J. M. et al. Ecologia da dispersão de sementes em florestas tropicais. In: MARTINS, S. V. (Ed.). **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 52 – 73 p.

BARETTA, D. et al. Fauna edáfica avaliada por armadilhas e catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. **Revista de ciências agroveterinárias**, Lages – SC, v. 2, n. 2, p. 97 – 106, 2003.

BASTOS, S. C. **Aplicação de indicadores de avaliação e monitoramento em um projeto de restauração florestal, Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN Fazenda Bulcão, Aimorés, MG**. 2010. 118f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, 2010.

BENEVIDES, D. S. et al. Estudo da flora herbácea da Caatinga no município de Caraúbas – RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal – PB, v. 2, n. 1, p. 33 – 44, 2017.

BIGNELL, D. E; MOREIRA, F. M. S.; HUISING, E. J.; **Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade**. Lavras, MG: UFLA, 2011. 368 p.

BRAGA, A. J. T.; BORGES, E. E. L.; MARTINS, S. V. Chuva de sementes em estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 39, n. 3, p. 475 – 485, 2015.

BRANCALION, P. H. S. et al. **Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração**. Viçosa, MG: Editora UFV, p. 262 – 293, 2012.

BRANCALION, P. H. S. et al. Fase 2: plantio de árvores nativas brasileiras fundamentado na sucessão florestal. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. (Org.). **Pacto para a restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. 3ª ed. São Paulo, SP: ESALQ, LERF e Instituto BioAtlântica, 2009. p. 15 – 90.

BRANCALION, P. H. S. et al. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 34, n. 3, p. 455 – 470, 2010.

BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração florestal**. São Paulo, SP: Oficina de textos, 2015. 432 p.

BRANDÃO, C. F. L. S. **Estrutura do componente arbóreo e da regeneração natural em fragmentos de floresta atlântica de diferentes tamanhos, em Sirinhaém, Pernambuco**. 2014. 108f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2014.

BRASIL. **Lei nº 9985, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**, 2000. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=322>>. Acesso em 05 set 2019.

BROWN, G. G. Diversidade e função da macrofauna no sistema edáfico agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28, 2001, Londrina. **Anais...**Londrina: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2001. p.56.

BROWN, G. G. et al. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v. 34, n. 1, p. 39 – 43, jan./abr., 2009.

BYNG, J. W. et al. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, 181, n. 1, p. 1 – 20, mai., 2016

CAMPOS, E. P. et al. Chuva de sementes em Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Belo Horizonte – MG, v. 23, n. 2, p. 451 – 458, 2009

CHAZDON, R. L.; CERVI, A. C.; HATSCHBACH, G. G.; VON LINSINGEN, L. Composição florística de um trecho de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (Floresta Atlântica) na Reserva Ecológica de Sapitanduva (Morretes, Paraná, Brasil). **Fontqueria**, v. 55, n. 52, p. 423 – 438, 2007

CHAZDON, R. L. Regeneração de florestas tropicais. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais**, Belém – PA, v. 7, n. 3, p. 195 - 218, set./dez., 2012.

CHAZDON, R. L.; URIARTE, M. Natural regeneration in the context of large-scale forest and landscape restoration in the tropics. **Biotropica**, Washington, v. 48, n. 6, p. 709 – 715, nov. 2016.

COSTA C. C. A. et al. Análise comparativa da produção de serapilheira 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.

COSTA, I. R.; ARAÚJO, F. S.; LIMA-VERDE, L. W. Flora e aspectos auto-ecológicos de um enclave de Cerrado na Chapada do Araripe, Nordeste do Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, Belo Horizonte – MG, v. 18, n. 4, p. 759 – 770, 2004.

- COSTA, K. C. et al. Flora vascular e formas de vida em um hectare de caatinga no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife – PE, v. 4, n. 1, p. 48 – 54, jan./mar., 2009.
- COSTA, R. C.; ARAÚJO, F. S. Densidade, germinação e flora do banco de sementes no solo, no final da estação seca, em uma área de Caatinga, Quixadá, CE. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte – MG, v. 17, n. 2, p. 259 – 264, 2003. (Silva, RC; ARAUJO, F. S. 2008)
- COSTA, W. A. J. M.; SANGAKKARA, U. R. Agronomic regeneration of soil fertility in tropical Asian smallholder uplands for sustainable food production. **Journal of Agricultural Science**, v. 144, n. 2, p. 111 – 133, 2006.
- COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, n. 6630, p. 253 – 260, 1997.
- DARONCO, C.; MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Ecosistema em restauração versus ecossistema de referência: estudo de caso da comunidade vegetal de mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo – SP, v. 40, n. 3, p. 485 – 498, 2013.
- DARRAULT, R. O.; SCHLINDWEIN, C. Limited fruit production in *Hancornia speciosa* (Apocynaceae) and pollination by nocturnal and diurnal insects. **Biotropica**, v. 37, n. 3, p. 381 – 388, 2005.
- DEVOTO, C. B.; FREITAS, B. M. Introducing nest of the oil-collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini) for pollination of acerola (*Malpighia emarginata*) increases yield. **Apidologie**, v. 44, p. 234 – 239, 2013.
- DURIGAN, G. O uso de indicadores para monitoramento de áreas em recuperação. In: UEHARA, T. H. K; GANDARA, F. B. (Orgs.). **Cadernos da Mata Ciliar**. São Paulo, SP: CETESB - Biblioteca, n. 4, p. 11 – 29, 2011.
- ecosystems**. Oxford: Blackwell, 2010.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação – SPI; Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. (Eds.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu, SP: FEPAF, 2003. 340 p.
- FONSECA, F. (Coord.). **Manual de restauração florestal: um instrumento de apoio à adequação ambiental de propriedades rurais do Pará**. Belém, PA: TNC, 2013. 128 p.
- FRANCO, R. **Fauna edáfica sob modelos em estágio inicial de restauração de floresta subtropical**. 2016. 139f. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

FREITAS, A. V. L.; FRANCINI, R. B.; BROWN JUNIOR, K. S. Insetos como indicadores ambientais. In: CULLEN JUNIOR, L.; VALLADARES-PADUA, C.; RUDRAN, R. **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. 2. ed. Curitiba: Editora da UFPR, 2006. p. 125-151.

FREITAS, C. G.; DAMBROS, C.; CAMARGO, J. L. C. Changes in seed rain across Atlantic Forest fragments in Northeast Brazil. **Acta Oecologica**, v. 53, p. 49 – 55, 2013.

GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba, SP: FEALQ, 2012. 920 p.

GANDOLFI, S.; LEITAO FILHO, H. D. F.; BEZERRA, C. L. F. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, São Paulo – SP, v. 55, n. 4, p. 753 – 767, 1995.

GIANNINI, T.C. et al. Crop pollinators in Brazil: a review of reported interactions. **Apidologie**, v. 46, n. 2, p. 209 – 223, 2015.

GILBERT, B.; LEVINE, J. M. Plant invasions and extinction debts. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. Washington, v. 110, n. 5, p. 1744 – 1749, jan., 2013.

GRAY, A. N.; AZUMA, D. L. Repeatability and implementation of a forest vegetation indicator. **Ecological Indicators**, v. 5, p. 57 – 71, 2005.

GRIZ, L. M. S.; MACHADO, I. C. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the Northeast of Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 17, p. 303 – 321, 2001.

GROSE, S. O.; OLMSTEAD, R. G. Taxonomic revisions in the polyphyletic genus *Tabebuia* s. l. (Bignoniaceae). **Systematic Botany**, Laramie, v. 32, n. 3, p. 660 – 670, 2007.

HARDESTY, B. D.; PARKER, V. T. Community seed rain patterns and a comparison to adult community structure in a West African tropical forest. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 164, n. 1, p. 49 – 64, 2002.

HOLL, K. D.; AIDE, T. M. When and where to actively restore ecosystems? **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 261, n.10, p. 1558 – 1563, mai., 2011.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Dados históricos**. 2020. Disponível: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 10 de março de 2020.

JORGENSEN, D. Ecological restoration as objective, target, and tool in international biodiversity policy. **Ecology and Society**. v. 20, n. 4, 2015.

KAISER-BUNBURY, C. N. et al. 2017. Ecosystem restoration strengthens pollination network resilience and function. **Nature**, v. 542, p. 223 – 227, 2017.

- KATSANEVAKIS, S. et al. Impacts of invasive alien marine species on ecosystem services and biodiversity: a panEuropean review. **Aquatic Invasions**, Helsinki, v. 9, n. 4, p. 391 – 423, 2014.
- KLATT, B. K. et al. Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 281, n. 1775, p. 20132440, 2014.
- KLEIN, D. et al. Delivery of crop pollination services is an insufficient argument for wild pollinator conservation. **Nature Communications**, v. 16, n. 6, jun., 2015.
- KNÖRR, U. C.; GOTTSBERGER, G. Differences in seed rain composition in small and large fragments in the northeast Brazilian Atlantic Forest. **Plant Biology**, Stuttgart, Alemanha, v. 14, n. 5, p. 811 – 819, 2012.
- KREMEN, C. et al. The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. **Ecology Letters**, v. 7, p. 1109 – 1119, 2004.
- LAGOS, M. D. C. C.; MARIMON, B. S. Chuva de sementes em uma floresta de galeria no Parque do Bacaba, em Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil. *Revista Árvore*, v. 36, n. 2, p.311-320, 2012.
- LAVELLE, P.; PASHANAS, A. Impact of soil macrofauna on the properties of soils in the humid tropics. In: **Myths and science of soils of the tropics**. Madison: SSSA, 2012. Special publication no. 29.
- LAVELLE, P.; SPAIN, A. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics. **Biotropica**, v. 25, n. 2, p. 130 – 150, jun., 1993.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 6ª ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2014, 384 p.
- LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**. 4ª ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2014. 640 p.
- LYRA-JORGE, M. C.; CIOCHETI, G.; PIVELLO, V. R. Carnivore mammals in a fragmented landscape in northeast of São Paulo State, Brazil. **Biodiversity Conservation**, v. 17, p. 1573 – 1580, 2008.
- MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada extinção**. 1. ed. Brasília: MMA; Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2014. 1420 p.
- MACHADO, M. R.; RODRIGUES, F. C. M.; PEREIRA, M. G. Produção de serapilheira como bioindicador de recuperação em plantio adensado de revegetação. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 32, n. 1, p. 143 – 151, 2008.

- MAGNAGO, L. F. S. et al. Os processos e estágios sucessionais da mata atlântica como referência para a restauração florestal. In: MARTINS, S. V. (Ed.). **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**, Viçosa, MG: Editora UFV, p. 69 – 100, 2012.
- MARANGON, L. C. et al. Regeneração natural em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 32, n. 1, p. 183 – 191, 2008.
- MARCUZZO, S. B. et al. Comparação entre áreas em restauração e área de referência no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 38, n. 6, p. 961 – 972, 2014.
- MARIMON, B. S.; FELFILI, J. M. Chuva de sementes em uma floresta monodominante de *Brosimum rubescens* Taub. e em uma floresta mista adjacente no Vale do Araguaia, MT, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte – MG, v. 20, n. 2, p. 423 – 432. 2006.
- MARON, M. et al. Faustian bargains? Restoration realities in the context of biodiversity offset policies. **Biological Conservation**, Kidlington, v. 155, p. 141 – 148, out., 2012.
- MARTINS, I.C.S. & ANTONINI; MACHADO, I. C.; SAZIMA, M. Pollination and breeding system of *Melochia tomentosa* L. (Malvaceae), a keystone floral resource in the Brazilian Caatinga. **Flora**, v. 203, n. 6, p. 484 – 490, 2017).
- MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração**. 3ª ed. Viçosa, MG: Editora Aprenda Fácil, 2013. 264 p.
- MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares: no contexto do Novo Código Florestal**. 3ª ed. Viçosa, MG: Editora Aprenda Fácil, 2014. v. 1. 220 p.
- MARTINS, S. V. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Viçosa, MG: Editora Aprenda Fácil, p. 262 – 93, 2012.
- MELO, C. A. B. et al. Coopplantar: a Brazilian initiative to Integrate Forest Restoration with Job and Income Generation in Rural Areas. **Ecological Restoration**, v. 28, n. 2, p. 199 – 207, 2009.
- MENZ, M. H. M.; DIXON, K. W.; HOBBS, R. J. Hurdles and opportunities for landscape-scale restoration. **Science**, v. 339, p. 526 – 527, 2013.
- MITCHELL, G. Problems and fundamentals of sustainable development indicators. In: SICHE, R. et al. **Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países**. Ambiente e Sociedade, Campinas, v. 5 n. 2, p.137 – 148, dez. 2013.
- MOÇO, M. K. D. S. et al. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v. 29, n. 4, p. 555 – 564, 2005.

MORAES, L. F. D.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. Restauração florestal: do diagnóstico de degradação ao uso de indicadores ecológicos para o monitoramento das ações. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro – RJ, v. 14, n. 2, p. 437 – 451, junho, 2010.

MOREIRA, P. R.; SILVA, O. A. Produção de serapilheira em área reflorestada. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 28, n. 1, p. 49 – 59, 2004.

MOURÃO, S. A.; KARAM, D.; SILVA, J. A. **Uso de Leguminosas no Semiárido Mineiro**. Sete Lagoas, MG: Embrapa, 2011. 91p.

NATHAN, R.; MULLER-LANDAU, H. C. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 15, n. 7, p. 278 – 285, jul., 2000.

NOGUCHI, D. K.; NUNES, G. P.; SARTORI, A. L. B. Florística e síndromes de dispersão de espécies arbóreas em remanescentes de Chaco de Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro – RJ, v. 60, n. 2, p. 353 – 365, 2009.

OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, v. 120, p. 321 – 326, 2011.

PEREIRA, F. J.; POLO, M. Growth and ion accumulation in seedlings of *Handroanthus heptaphyllus* (VAHL.) cultivated in saline solution. **Scientia Forestalis**, Piracicaba – SP, v. 39, n. 92, p. 441 – 446, dez., 2011.

PESSOA, C. C. F; **Etnomapeamento na comunidade rural do Carrasco, Arapiraca-Alagoas, Brasil**. Alagoas, 2013.

PESSOA, L. M. **Fenologia e chuva de sementes em um fragmento urbano da floresta Atlântica em Pernambuco**. 2011. 104 f. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2011.

PIETRO-SOUZA, W.; SILVA, N. M.; CAMPOS, E. P. Chuva de sementes em remanescentes florestais de Campo Verde, MT. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 38, n. 4, p. 689 – 698, jul./ago., 2014.

PIJL, L.V.D. **Principles of dispersal in higher plants**. 3ª ed. New York: Springer-Verlag, 1982.

PIMENTA, J. A. et al. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de um reflorestamento e de uma Floresta Estacional Semidecidual no sul do Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, Belo Horizonte, v. 25, n. 1, p. 53-57, 2011.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; AOKI, J. Chuva de sementes como indicadora do estágio de conservação de fragmentos florestais em Sorocaba – SP. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 24, n. 4, p. 911 – 923, 2014.

PINHEIRO, F. J. et al. Caracterização da macrofauna edáfica na interface solo-serapilheira em uma área de Caatinga do Nordeste Brasileiro. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia – GO, v. 10, n. 19, p. 2964 – 2974, 2014.

PIRES, E. Z. et al. Biologia reprodutiva de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) em remanescente de Floresta Ombrófila Mista Altomontana. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages – SC, v. 13, n. 2, p. 171 – 180, 2014.

RIGUEIRA, D. M. G.; MARIANO-NETO, E. Monitoramento: uma proposta integrada para avaliação do sucesso em projetos de restauração ecológica em áreas florestais brasileiras. **Revista Caititu**, Salvador – BA, v. 1, n. 1, p. 73 – 88, 2013.

ROCHA, P. L. B., QUEIROZ, L. P.; PIRANI, J. R. Plant species and habitat structure in a sand dune field in the Brazilian Caatinga: a homogeneous habitat harbouring an endemic biota. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo - SP, v. 27, n. 4, p. 739 – 755, out./dez., 2004.

RODRIGUES, R. R. (Coord.) - PACTO PELA RESTAURAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA. **Protocolo de monitoramento para programas e projetos de restauração florestal**. São Paulo, SP: Pacto Pela Restauração da Mata Atlântica, v. 2, 2013. 260 p.

RODRIGUES, R. R. et al. Atividades de adequação ambiental e restauração florestal do LERF/ESALQ/USP. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo – PR, v. 55, p. 7 – 21, jul./dez., 2007.

ROUBIK, D. W. **The pollination of cultivated plants: a compendium for practitioners**. Roma: Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO). v. 1, 2018. 324 p.

RUIZ-JAEN, M. C.; AIDE, M. Restoration Success: How is it being measured? **Restoration Ecology**, Tucson, v. 13, n. 3, p. 569 – 577. 2005.

SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Diversidade e estrutura fitossociológica da caatinga na Estação Ecológica do Seridó-RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, São Cristóvão – SE, v. 6, n. 2, p. 233 – 242, 2006.

SANTILLI, C.; DURIGAN, G. Do alien species dominate plant communities undergoing restoration? A case study in the Brazilian savanna. **Scientia Forestalis**, Piracicaba – SP, v. 42, n. 103, p. 371 – 382, set. 2014.

SANTOS, N. L. et al. As interações entre solo, planta e animal no ecossistema pastoril. **Ciência Animal**, Fortaleza – CE, v. 21, n. 1, p. 65 – 76, 2011.

SANTOS, P. S. **Avaliação da chuva de sementes em um fragmento Urbano de floresta atlântica em Pernambuco, Brasil**. 2014. 80 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2014.

SCCOTI, M. S. V. et al. Mecanismos de regeneração natural em remanescente de floresta estacional decidual. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 21, n. 3, p. 459 – 472, jul., 2011.

SCHIEVENIN, D. F. et al. Monitoramento de indicadores de uma área de restauração florestal em Sorocaba – SP. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça – SP, v. 19, n. 1, p. 95 – 108, 2012.

SER - SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL SCIENCE & POLICY WORKING GROUP. **The SER International Primer on Ecological Restoration**. Tucson: Society for Ecological Restoration International, 2004.

SILVA, K. A. et al. Restauração florestal de uma mina de bauxita: Avaliação do desenvolvimento das espécies arbóreas plantadas. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro – RJ, v. 23, n. 3, p. 309 – 319, 2016.

SILVA, M. C. N. A.; RODAL, M. J. N. Padrões das síndromes de dispersão de plantas em áreas com diferentes graus de pluviosidade, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte – MG, v. 23, n. 4, p. 1040 – 1047, 2009.

SILVA, M. I. O. **Avaliação ecológica de áreas ciliares em processo de restauração florestal na Zona da Mata Norte**. 2017. 97f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2017.

SILVA, R. R.; SILVESTRE, R. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em Seara, oeste de Santa Catarina. **Biotemas**, Florianópolis – SC, v. 13, n. 2, p. 85 – 105, 2000.

SOUZA, B. V. **Avaliação da sazonalidade da deposição de serapilheira em RPPN no semi-árido da Paraíba – PB**. 2009. 39 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Campina Grande, 2009

SOUZA, B. V. et al. Avaliação da sazonalidade da deposição de serapilheira em área de preservação da Caatinga na Paraíba, Brasil. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos – PB, v. 12, n. 3, p. 325 – 331, 2016.

SOUZA, L. M. **A regeneração natural como indicador de sustentabilidade em áreas em processo de restauração**. 2014. 128f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

SOUZA, P. B.; SOUZA, A. L.; MEIRA NETO, J. A. A. Estrutura diamétrica dos estratos e grupos ecológicos de uma área de floresta estacional semidecidual, em Dionísio, MG. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 36, n. 1, p.151 – 160, 2012.

SPERANDIO, M. V. L. et al. Isoforms of plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase in rice root and shoot are differentially induced by starvation and resupply of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> or NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. **Plant Science**, v. 180, n. 2, p. 251 – 258, 2011.

SUGANUMA, M. S.; DURIGAN, G. Indicators of restoration success in riparian tropical forests using multiple reference ecosystems. **Restoration ecology**, Tucson, v. 23, n. 3, p. 238 – 251, 2015.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial**

TABARELLI, M.; PERES, C. A. Abiotic and vertebrate seed dispersal in Brazilian Atlantic forest: implications for forest regeneration. **Biological Conservation**, Kidlington, v. 106, n. 2, p. 165 – 176, 2002.

TEIXEIRA, M. B. et al. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. **Idesia**, v. 30, n. 1, p. 55 – 64, 2012.

THOMANZINI, M. J.; THOMANZINI, A. P. B. W. **Levantamento de insetos e análise entomofaunística em floresta, capoeira e pastagem no Sudeste Acreano**. Rio Branco, AC: EMBRAPA Acre, 2012. 41p. Circular Técnica, 35.

TOPPA, R. H., PIRES, J. S. R.; DURIGAN, G. Flora lenhosa e síndromes de dispersão nas diferentes fisionomias da vegetação da Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, São Paulo. **Hoehnea**, São Paulo – SP, v. 32, n. 1, p. 67 – 76, 2004.

TOSCAN, M. A. G.; TEMPONI, L. G.; GUIMARÃES, A. T. B.; CÂNDIDO JUNIOR, J. F. Litter production and seed rain in semideciduous forest fragments at different successional stages in the western part of the state of Paraná, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 28, n. 3, p. 392-403, 2014.

TURCHETTO, F.; FORTES, F. O. Aporte e decomposição de serapilheira em Floresta Estacional Decidual na região do Alto Uruguai, RS. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo – PR, v. 34, n. 80, p. 391 – 397, out./dez., 2014.

UEHARA-PRADO, M. et al. Selecting terrestrial arthropods as indicators of small-scale disturbance: a first approach in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, Washington, v. 142, n. 6, p. 1220-1228, 2009.

VIANA, B. F. et al. **Plano de manejo para polinização de macieiras (*Malus domestica*) da variedade Eva**: conservação e manejo de polinizadores para agricultura sustentável, através de uma abordagem ecossistêmica. Rio de Janeiro, RJ: FUNBIO. 2015. 59 p.

VIANI, R. A. G., DURIGAN, G.; MELO, A. C. G. A regeneração natural sob plantações florestais: desertos verdes ou redutos de biodiversidade? **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 20, n. 3, p. 533 – 552, 2010.

VITAL, A. R. T. et al. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma Floresta Estacional Semidecidual em zona ripária. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.

WANG, B. C.; SMITH, T. B. Closing the seed dispersal loop. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 17, n. 8, p. 379 – 386, ago., 2002.

WHITE, P.S.; WALKER, J.L. Approximating nature's variation: selecting and using reference information in restoration ecology. **Restoration Ecology**, Tucson, v. 5, n. 4, p. 338 – 349, 1997.