



## Floristic and structure of the arboreal community of a regenerating fragment of Atlantic Forest, Igarassu, Pernambuco, Brazil

### *Florística e estrutura da comunidade arbórea de um fragmento em regeneração de Floresta Atlântica, Igarassu, PE*

Andréa de Vasconcelos Freitas Pinto<sup>1\*</sup>, Maria Amanda Menezes Silva<sup>2</sup>, Ana Virginia de Lima Leite<sup>3</sup>, Ladivania Medeiros do Nascimento<sup>4</sup>, Ana Carolina Borges Lins-e-Silva<sup>5</sup>, Maria Jesus Nogueira Rodal<sup>6</sup>

**Abstract:** Understanding secondary forest structure and functioning is essential for future planning of effective use and/or repositioning of such areas. The secondary succession process is influenced by the characteristics of component species, their interaction with other species and with abiotic components. Thus, the objective of the current study was to evaluate the vegetation structure, dispersion syndromes and pollination of a secondary forest fragment with 5 years of regeneration in the Atlantic Forest landscape of Pernambuco, northern Brazil. A total of 30 permanent 10 x 10 m plots with 10 m separations were used for canopy sampling (i.e., all woody individuals with stem diameter at 1.30 m (DBH) greater than 5 cm. Floristic composition analysis recorded 32 species from 21 families. Absolute density was 150 individuals with basal area of 4.787 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, and the Shannon-Weaver index (H') was 2.960. The family with the highest number of species was Melastomataceae, while those with greatest abundance were Malpighiaceae (26) and Cecropiaceae (14). Species with the highest Importance Values included *Byrsonima sericea* (49.28%), *Cecropia pachystachya* (38.49%) and *Bowdichia virgilioides* (37.19%). The predominant tree species dispersal syndrome was zoochory (72 species), and the predominant pollination syndrome was melitophilia. Arboreal individuals were mostly recorded in the initial diameter and height classes, indicating that the study area is in the initial stage of succession.

**Key words:** Secondary forest. Pollination. Dispersal. Phytosociology.

**Resumo:** O entendimento sobre o funcionamento e a estrutura das florestas secundárias é fundamental para o planejamento futuro da utilização ou recomposição de áreas. O processo de sucessão secundária é influenciado pelas características das espécies, sua interação com outras espécies e por interação com os componentes abióticos. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a estrutura vegetacional, síndromes de dispersão e polinização de um fragmento de floresta secundária com 5 anos de regeneração em uma paisagem de Mata Atlântica em Pernambuco. Foram alocadas 30 parcelas permanentes de 10 x 10 m com 10 m de distância entre si, para amostragem do dossel, isto é, todos os indivíduos lenhosos com diâmetro do caule a 1,30 m do solo (DAP) maior que 5 cm. A composição florística resultou em riqueza de 32 espécies distribuídas em 21 famílias. A densidade absoluta foi de 150 indivíduos com área basal de 4,787 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. O índice de Shannon-Weaver (H') foi 2,960. A família com maior número de espécies foi a Melastomataceae e as com maior abundância de indivíduos foram Malpighiaceae (26) e Cecropiaceae (14). Entre as espécies com maior valor de importância estão *Byrsonima sericea* (49,28%), *Cecropia pachystachya* (38,49%) e *Bowdichia virgilioides* (37,19%). A síndrome de dispersão predominante entre as espécies arbóreas foi a zoocoria, identificada em 72, e a síndrome de polinização que predominou foi a melitofilia. Os indivíduos arbóreos foram registrados em sua maioria nas classes iniciais de diâmetro e de altura, indicando que a área de estudo se encontra em estágio inicial de sucessão.

**Palavras-chave:** Floresta secundária. Polinização. Dispersão. Fitossociologia.

\*Corresponding author

Submitted for publication on 01/03/2018 and approved 16/05/2018

<sup>1</sup>Docente da Universidade Federal de Alagoas, BR-104, Rio Largo - AL, 57100-000; andrea.pinto@ceca.ufal.br

<sup>2</sup>Docente do Instituto Federal do Ceará; amandamenezesmsn@hotmail.com

<sup>3</sup>Docente da Universidade Federal Rural de Pernambuco; anavlmj@gmail.com

<sup>4</sup>Engenheira Florestal, Prefeitura da Cidade do Recife, Jardim Botânico do Recife; ladivania.nascimento@recife.pe.gov.br

<sup>5</sup>Docente da Universidade Federal Rural de Pernambuco; anacarolls@hotmail.com

<sup>6</sup>Docente da Universidade Federal Rural de Pernambuco; mrodal@terra.com.br

## INTRODUCTION

Forest regeneration is a process of secondary succession at the community and ecosystem level over a previously deforested area (CHAZDON, 2012). The successional process follows a stage-based progression during which forests show gradual species enrichment, and an increase in structural and functional complexity (CHAZDON, 2012; DENT *et al.*, 2012).

The secondary succession process is influenced by species characteristics, their interaction with other species (either between plants, or between plant and animals), and by interaction with abiotic components. All these factors have a strong influence on the structure, species abundance and community diversity of a given successional stage (GUREVITCH *et al.*, 2009). The significance and importance of secondary forests in the provision of ecosystem services such as rapid accumulation of biomass and nutrients, maintainance of biogeochemical cycles, and the promotion of soil, water and biodiversity conservation, is widely recognised, as is the fact that these processes may occur at levels comparable to those primary forests (CHAZDON, 2014; MUKUL; HERBOHN, 2016).

Successional trajectories are influenced by the scale, frequency and intensity of disturbances or previous use, texture and nutrient availability of soil, nature of the remaining vegetation and such post-disturbance conditions as types of management, invasive species colonization and seed-dispersal from adjacent forest areas (SANDOR, CHAZDON, 2014). While trajectories at environmentally similar sites usually converge (NASCIMENTO *et al.*, 2012, 2014), contrasting sites may follow divergent trajectories (HARVEY; HOLZMAN, 2013) as a result of habitat variation and landscape effects (del MORAL *et al.*, 2010).

In general, early secondary forests are, compared to the more advanced stages of the succession, characterized by high tree densities, low basal areas, reduced canopy height, often with a low richness and predominance of generalist species with wide geographic distributions (FINEGAN, DELGADO 2000). For structural characteristics, increase in biomass, volume, basal area, diameter and height all occur during successional process (OLIVEIRA FILHO *et al.*, 2004). Additionally, with increasing forest age, vertical stratification becomes more visible, increasing the structural complexity of the plant assemblage (OLIVEIRA FILHO *et al.*, 2004).

## INTRODUÇÃO

A regeneração florestal é um processo de sucessão secundária em nível de comunidade e de ecossistema, sobre uma área desmatada que anteriormente continha floresta (CHAZDON, 2012). O processo sucessional segue uma progressão de estádios durante os quais florestas apresentam um enriquecimento gradual de espécies e um aumento em complexidade estrutural e funcional (CHAZDON, 2012; DENT *et al.*, 2012).

O processo de sucessão secundária é influenciado pelas características das espécies, sua interação com outras espécies (seja entre plantas, ou entre a planta e os animais), e por interação com os componentes abióticos. Todos esses fatores possuem forte influência na estrutura, abundância de espécies e na diversidade da comunidade de uma determinada idade (GUREVITCH *et al.*, 2009). As florestas secundárias passaram a ter significativa valorização e reconhecimento pelo seu importante papel na produção de serviços ecossistêmicos, como: capacidade de acumular biomassa e nutrientes em taxas elevadas, manter os ciclos biogeoquímicos, promover a conservação do solo e da água, em níveis comparáveis às florestas primárias, e da biodiversidade (CHAZDON, 2014; MUKUL; HERBOHN, 2016).

As trajetórias sucessionais são influenciadas pela escala, frequência e intensidade de distúrbios ou usos anteriores, textura do solo e disponibilidade de nutrientes, natureza da vegetação remanescente e condições pós distúrbio, como tipos de manejo, colonização por espécies invasoras ou dispersão de sementes a partir de áreas florestais do entorno (SANDOR; CHAZDON, 2014). Enquanto trajetórias em locais ambientalmente similares normalmente convergem (NASCIMENTO *et al.*, 2012; 2014), os locais contrastantes podem seguir trajetórias divergentes (HARVEY; HOLZMAN, 2013) em resposta à variação do habitat e aos efeitos da paisagem (del MORAL *et al.*, 2010).

De maneira geral, florestas secundárias iniciais são caracterizadas por altas densidades de árvores, baixas áreas basais, menor altura do dossel, frequentemente apresentam baixa riqueza e domínio de espécies generalistas e de distribuição geográfica ampla, em comparação com os estágios mais avançados da sucessão (FINEGAN; DELGADO, 2000). Entre as características estruturais, o aumento de biomassa, volume, área basal, diâmetro e altura são indicados como as principais mudanças durante o processo sucessional (OLIVEIRA FILHO *et al.*, 2004). Com o aumento da idade das florestas, a estratificação vertical torna-se mais visível, aumentando a complexidade estrutural da comunidade (OLIVEIRA FILHO *et al.*, 2004).

The association between species reproductive characteristics and abundance patterns in tropical forests at different successional stages provides knowledge essential for understanding forest regeneration processes and the key functions that animals perform, for example, in pollination and seed dispersal (QUESADA *et al.*, 2009). A large part of the sustainability of natural environments is due to the presence of strong mutualistic relations between animals and plants (JORDANO *et al.*, 2011; DEVOTO *et al.*, 2012). This is particularly true in tropical forests, where most woody species depend on animal vectors for successful pollination and dispersion (SCHEMSKE *et al.*, 2009; HAGEN, KRAEMER, 2010). Thus, the objective of the current study was to evaluate floristics, pollination and dispersion syndromes and vegetative structure of a secondary forest fragment, that had been regenerating for 5 years in an Atlantic Forest landscape in Pernambuco State, north-eastern Brazil.

## MATERIALS AND METHODS

### Study area and selection of sites

The study area belongs to the Usina São José (USJ), and is located in the Northern Forest Zone of Pernambuco State. The native vegetation cover is Dense Ombrophylous Forest (IBGE, 1992). The property occupies 270 square kilometers, within which there are 202 patches of native vegetation (Atlantic Forest), 96 secondary forest areas (capoeira) and 106 remnants of mature forest. Most of the secondary forests (76%) were created between 1975 and 2005, as a result of fragmentation of existing mature forest areas, that often had irregular or very irregular forms. The remainder (24%) arose from natural succession in fallow areas (TRINDADE *et al.*, 2008). The research was carried out in one of the fragments of secondary forest, with an approximate area of 20 ha, with 5 years of regeneration following cultivation of sugarcane for 30 years.

The local climate is Köppen type As' (hot and humid), with annual average temperature of 24.9 °C and average rainfall of 1687 mm. The rainy season occurs from January to August and the dry season from September to December (SCHESSL *et al.*, 2008). The geology is dominated by continental terrigenous sedimentary Plio-Pleistocene age deposits of the Barreiras group. Soils are predominantly sandy, and the relief is strongly undulating (CPRH, 2003).

### Inventories of individuals

In the study area, 30 permanent 10 x 10 m plots were studied. All separated by 10 m from the nearest neighbor, and providing a total sample area of 0.30 ha. For canopy sampling, all woody individuals (trees, woody creepers and palm trees) with stem diameter at 1.30 m of soil (DAP) greater than 5 cm were sampled.

A associação de características reprodutivas das espécies com os padrões de abundância em florestas tropicais em diferentes estágios de sucessão nos fornece um conhecimento fundamental para a compreensão dos processos de regeneração da floresta e das funções essenciais que os animais desempenham, por exemplo, na polinização e na dispersão de sementes (QUESADA *et al.*, 2009). Grande parte da sustentabilidade dos ambientes naturais se deve ao restabelecimento das relações mutualísticas entre animais e plantas (JORDANO *et al.*, 2011; DEVOTO *et al.*, 2012). Isso é particularmente válido nas florestas tropicais, onde a maioria das espécies de plantas lenhosas depende de vetores animais para a reprodução e sucesso reprodutivo (SCHEMSKE *et al.*, 2009; HAGEN; KRAEMER, 2010). Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar a florística, síndromes de polinização, síndromes de dispersão e estrutura vegetacional de um fragmento de floresta secundária com 5 anos de regeneração em uma paisagem de Mata Atlântica em Pernambuco.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo e seleção das áreas

A propriedade onde foi selecionada a área de estudo ocupa 270 km<sup>2</sup>, onde existem 202 manchas de vegetação nativa (Floresta Atlântica), sendo 96 áreas de floresta secundária (capoeira) e 106 remanescentes de floresta madura. A maioria das florestas secundárias (76%) foi originada, entre 1975 e 2005, por fragmentação de áreas de florestas maduras, frequentemente com formas irregulares ou muito irregulares, enquanto que o restante (24%) surgiu por meio de sucessão em áreas em pousio (TRINDADE *et al.*, 2008). Essa área pertencente à Usina São José (USJ), situada na Zona da Mata Norte de Pernambuco, em domínio de Floresta Ombrófila Densa (IBGE, 1992). A pesquisa ocorreu em um dos fragmentos de floresta secundária, com área aproximada de 20 ha, com 5 anos de regeneração em sucessão ao cultivo de cana-de-açúcar por 30 anos.

O clima local é tipo As' (quente e úmido), com temperatura média anual de 24,9 °C e precipitação média de 1687 mm, estação chuvosa de janeiro a agosto e uma estação seca de setembro a dezembro (SCHESSL *et al.*, 2008). A formação geológica é do Grupo Barreiras, de idade plio-pleistocênica, com solos de textura predominantemente arenosa e relevo fortemente ondulado (CPRH, 2003).

### Levantamentos dos indivíduos

Na área de estudo foram alocadas 30 parcelas permanentes de 10 x 10 m com 10 m de distância entre si, totalizando uma área amostral de 0,30 ha. Para amostragem do dossel, isto é, todos os indivíduos lenhosos (árvores, trepadeiras lenhosas e palmeiras) com diâmetro do caule a 1,30 m do solo (DAP) maior que 5 cm.

The sampled species were identified with the help of experts and comparisons with collections deposited in the Herbarium Sergio Tavares (HST) and Dárdano de Andrade Lima (IPA). The list of species was constructed by family, with information on the habits and occurrence locations of plants, and herbarium collection numbers. Angiosperm family classification followed APG IV (2016) recommendations.

### Data Treatment and Analysis

Values for density and basal area were calculated to quantify sampled individual abundance. Shannon Diversity Index ( $H'$ ) and equability ( $J'$ ) were calculated with natural logarithms, using FITOPAC 2. In addition, the following were calculated: relative density (RD), relative frequency (RF), relative dominance (RD), from the basal area, calculated from the maximum tree height, and importance value (IV). Pollination syndromes were classified as: Chiroptophilea; Melitophilia; Ornitophilia; Diverse small insects; Spingophilia; Other insects (beetles, butterflies, flies, wasps); Anemophilia (FAEGRI; VAN DER PIJL, 1979). Following Van der Pijl (1982), dispersion syndromes were classified into three basic groups: 1) anemochoric - mechanisms present that facilitate wind dispersion; 2) zoochoric - those with characteristics related to dispersion by animals; and 3) auto-choric - species that disperse diaspores by gravity, or exhibit such self-dispersion mechanisms as explosive dehiscence.

## RESULTS

We encountered 150 individuals, from 32 species in 21 families. Total plant density was 500 ind ha<sup>-1</sup>, giving a total basal area of 4.787 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. The Shannon-Weaver ( $H'$ ) diversity index was 2.960, while the Equitabiloty ( $J'$ ) was 0.85 (Table 1).

As espécies amostradas foram identificadas com auxílio de especialistas e por comparações com coleções depositada no Herbário Sergio Tavares (HST) e Dárdano de Andrade Lima (IPA). A lista de espécies foi elaborada de acordo com a família, com informações sobre os hábitos de plantas, localidades de ocorrência e números de coleta de herbário. A classificação das famílias de angiospermas seguiu as recomendações do APG IV (2016).

### Análise e Tratamento de dados

Para caracterização da estrutura de abundância dos indivíduos amostrados foram calculados os valores de densidade e de área basal. Utilizando o FITOPAC 2, foram calculados o Índice de Diversidade de Shannon ( $H'$ ) e equabilidade ( $J'$ ) com a base logarítmica natural. Assim como a densidade relativa (DR), frequência relativa (FR), dominância relativa (DoR), a partir da área basal, calculado pela altura máxima da árvore, e valor de importância (VI). As síndromes de polinização foram classificadas em: Quiropterofilia; Melitofilia; Ornitofilia; Diversos pequenos insetos; Esfingofilia; Outros insetos (besouros, borboletas, moscas, vespas); Anemofilia (FAEGRI; VAN DER PIJL, 1979). De acordo com Pijl (1982), as síndromes de dispersão foram classificadas em três grupos básicos: 1) espécies anemocóricas - apresentam mecanismos que facilitam a dispersão pelo vento; 2) zoocóricas - aquelas que possuem características relacionadas à dispersão por animais; e 3) autocóricas - as espécies que dispersam os diásporos por gravidade ou apresentam mecanismos de auto-dispersão, como a deiscência explosiva.

## RESULTADOS

Foram encontrados 150 indivíduos (ind), distribuídos em 32 espécies e 21 famílias. A densidade total de plantas foi de 500 ind ha<sup>-1</sup>, que somaram uma área basal de 4,787 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. O índice de diversidade Shannon-Weaver ( $H'$ ) foi 2,960 nats por ind, enquanto que a equitabilidade ( $J'$ ) foi de 0,85 (Tabela 1).

**Table 1** - Physiognomic and structural descriptions of the canopy species present in 5 year regenerating secondary forest. Usina São José, Igarassu, Pernambuco, Brasil

**Tabela 1** - Descritores da fisionomia e estrutura do dossel das espécies presentes em floresta secundária, com 5 anos de regeneração. Usina São José, Igarassu, Pernambuco, Brasil

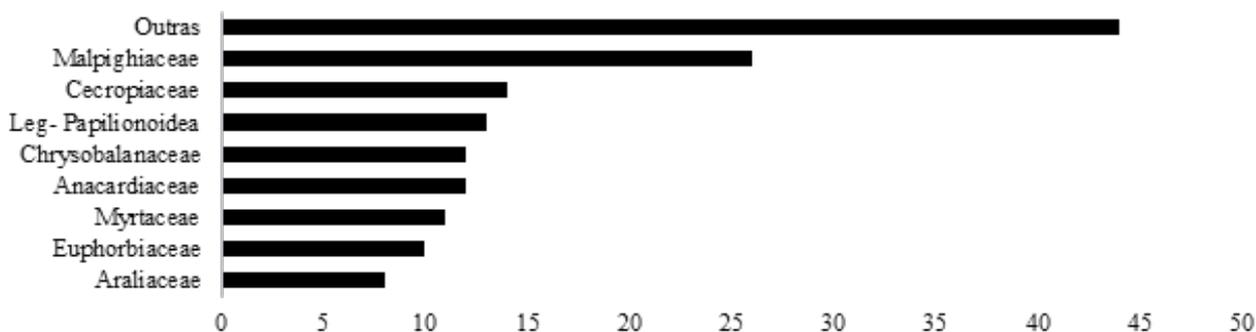
Descriptors	
Absolute Density (ind)	150
Basal Area (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	4.787
Mean Height (m)	5.42 ± 2.04
Mean Diameter (cm)	9.22 ± 5.73
Number of Families	21
Richness (n° of spp.)	32
Shannon-Wiener Index ( $H'$ )	2.96
Equatability ( $J'$ )	0.85

Malpighiaceae (26) and Cecropiaceae (14) had the greatest species richness (Figure 1).

Malpighiaceae (26) e Cecropiaceae (14) foram as famílias que apresentaram as maiores abundâncias (Figura 1).

Figure 1 - Distribution of species abundance per family for secondary forest regenerating for 5 years, Usina São José, Igarassu, Pernambuco, Brazil.

Figura 1 - Distribuição de abundância por famílias da floresta secundária de 5 anos de regeneração na Usina São José, Igarassu, Pernambuco, Brasil.



The species with highest Importance Values (IV) were: *Byrsonima sericea* (49.28%), *Cecropia pachystachya* (38.49%), *Bowdichia virgilioides* (37.19%), *Tapirira guianensis* (16.46%), *Pera ferruginea* (16.03%), *Campomanesia dichotoma* (15.85%), *Schefflera morototoni* (12.25%), *Xylopia frutescens* (10.61%) and *Licania tomentosa* (9.85%) (Table 2). For Relative Frequency (RF) *Byrsonima sericea* had the greatest number of individuals (26) and had the greatest occurrence, being present in 11 of the 30 sample plots.

For pollinization and dispersal syndromes, approximately 40% of species were bee-pollinated (melitophilia) and 72% had zoochoric dispersion (Table 2; Figure 2).

Individual DBH values ranged from 5 to 49.42 cm. Approximately 87% of individual values lay between 5.0 and 14.9 cm; 11.33% between 15.0 and 24.9 cm; and only 1.33% had stems equal to or greater than 35.0 cm (Figure 3). The highest diameter value was recorded for *Bowdichia virgilioides* (49.42 cm), followed by individuals of *Acrocomia sclerocarpa* and *Elaeis guineensis*, with diameters of 27.48 and 24.36 cm, respectively.

Individual tree heights in the study area ranged from 2 to 15 m, with an average height of 5.5 m (Figure 4). Species found in the lower stratum included *Aegiphila* sp., *Swartzia pickelii* and *Talisia esculenta*. Approximately 50% of the individuals sampled were in this stratum. In the middle stratum, *Cecropia pachystachya*, *Byrsonima sericea* and *Schefflera morototoni*. Had greatest representativeness. Among the species common in the upper stratum, *Bowdichia virgilioides* was notable, attaining 15 m.

As espécies que apresentaram o maior valor de importância (VI) foram *Byrsonima sericea* (49,28%), *Cecropia pachystachya* (38,49%), *Bowdichia virgilioides* (37,19%), *Tapirira guianensis* (16,46%), *Pera ferruginea* (16,03%), *Campomanesia dichotoma* (15,85%), *Schefflera morototoni* (12,25%), *Xylopia frutescens* (10,61%) e *Licania tomentosa* (9,85%) (Tabela 2). Com relação à frequência, *Byrsonima sericea* destacou-se pelo maior número de indivíduos (26) e apresentou maior ocorrência, estando presente em 11 das 30 unidades amostrais.

Com relação às síndromes de polinização e de dispersão, aproximadamente 40% das espécies apresentaram polinização por abelhas (melitofilia) e 72%, dispersão zoocórica (Tabela 2; Figura 2).

Os valores de diâmetro (DAP) variaram de 5 a 49,42 cm. Aproximadamente, 87% do total concentrou-se entre 5,0 e 14,9 cm; 11,33% entre 15,0 e 24,9 cm; e, apenas, 1,33% apresentou caules iguais ou superiores a 35,0 cm (Figura 3). O maior valor diâmetro foi obtido por *Bowdichia virgilioides* (49,42 cm), seguido por indivíduos de *Acrocomia sclerocarpa* e *Elaeis guineensis*, com 27,48 e 24,36 cm de diâmetro, respectivamente.

A altura dos indivíduos registrados na área de estudo variou de 2 a 15 m, com a altura média de 5,5 m (Figura 4). As espécies encontradas no estrato inferior foram *Aegiphila* sp., *Swartzia pickelii* e *Talisia esculenta*. Aproximadamente, 50% dos indivíduos amostrados encontraram-se no estrato inferior. No estrato médio, a maior representatividade deu-se pelos indivíduos *Cecropia pachystachya*, *Byrsonima sericea* e *Schefflera morototoni*. Entre as espécies que se concentraram no estrato superior, destacou-se a *Bowdichia virgilioides* com 15 m.

**Table 2** - Species and phytosociological parameters obtained in a secondary forest, regenerating for 5 years. Usina São José, Igarassu, Pernambuco, Brazil**Tabela 2** - Espécies e parâmetros fitossociológicos obtidos em floresta secundária, com 5 anos de regeneração. Usina São José, Igarassu, Pernambuco, Brasil

Species	N	AF	AD	ADo	IV	PS	DS
<i>Byrsonima sericea</i> A. DC.	26	37.93	86.67	0.09	49.28	Mel	zoo
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	14	31.03	46.67	0.09	38.49	UC	zoo
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	12	27.59	40.00	0.09	37.19	Mel	aut
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	12	10.34	40.00	0.02	16.46	Mel	zoo
<i>Pera ferruginea</i> (Schott) Müll. Arg.	10	20.69	33.33	0.01	16.03	VSI	zoo
<i>Campomanesia dichotoma</i> (O.Berg) Mattos	8	17.24	26.67	0.02	15.85	Mel	zoo
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Magari, Sleyrm & Frodim	8	10.34	26.67	0.02	12.25	Mel	zoo
<i>Xylopia frutescens</i> Aubl.	5	17.24	16.67	0.01	10.61	Cant	aut
<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	8	6.90	26.67	0.01	9.85	UC	zoo
<i>Elaeais guineensis</i> Jaquim	3	3.45	10.00	0.03	9.78	Ane	zoo
<i>Aegiphila</i> sp.	4	13.79	13.33	0	8.39	UC	UC
<i>Himatanthus phagedaenicus</i> (Mart.) Woodson	2	6.9	6.67	0.02	7.06	Sph	anem
<i>Abarema cochliocarpos</i> (Gomez) Barneby & Grimes	6	3.45	20.00	0.01	6.93	UC	UC
<i>Miconia minutiflora</i> (Bonpl.) DC.	3	10.34	10.00	0	6.43	Mel	zoo
<i>Maytenus obtusifolia</i> Mart.	6	3.45	20.00	0.01	6.26	UC	UC
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	1	3.45	3.33	0.02	6.16	Cant	zoo
<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	4	3.45	13.33	0.01	5.92	UC	zoo
<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Miers.	3	6.90	10.00	0.01	5.63	Mel	zoo
<i>Henriettea succosa</i> (Aubl.) DC.	2	3.45	6.67	0	3.16	UC	zoo
<i>Guatteria schomburgkiana</i> Mart.	1	3.45	3.33	0	2.43	Cant	zoo
<i>Ximenia americana</i> L.	1	3.45	3.33	0	2.34	UC	zoo
<i>Genipa americana</i> L.	1	3.45	3.33	0	2.34	Mel	zoo
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	1	3.45	3.33	0	2.22	Mel	anem
<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	1	3.45	3.33	0	2.21	Mel	zoo
<i>Psidium guineense</i> Sw.	1	3.45	3.33	0	2.17	Mel	zoo
<i>Cupania racemosa</i> (Vell.) Radlk.	1	3.45	3.33	0	2.16	UC	zoo
<i>Miconia albicans</i> (Benth.) Triana	1	3.45	3.33	0	2.16	UC	UC
<i>Inga cayennensis</i> Sagot ex Benth.	1	3.45	3.33	0	2.14	Chir	zoo
<i>Talisia esculenta</i> (A. St.-Hil.) Radlk.	1	3.45	3.33	0	2.04	UC	zoo
<i>Swartzia pickelii</i> Killip ex Ducke	1	3.45	3.33	0	2.02	Mel	zoo
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Pers.	1	3.45	3.33	0	2.02	Mel	zoo
<i>Myrcia</i> sp.	1	3.45	3.33	0	2.02	UC	UC

N = number of individuals, AF = Absolute Frequency (%); AD = Absolute Density (%); ADo = Absolute Dominance (%); IV = Importance Value (%); PS = Pollination Syndrome; DS = Dispersal Syndrome. Mel = Melitophilia, UC = Unclassified; VSI = Various Small Insects, Cant = Cantharophilia, Ane = Anemophilia, Esf = Sphingophilia, Chir = Chiroptophilia, zoo = zoochoria, aut = autochoria, anem = anemochoria.

N = número de indivíduos, FA = frequência absoluta (%); DA = densidade absoluta (%), DA = dominância absoluta (%), VI = valor de importância (%), SP = síndromes de polinização e SD = síndromes de dispersão. Mel = melitofilia, SC = sem classificação; DPI = diversos pequenos insetos, Cant = cantarofilia, Ane = anemofilia, Esf = esfingofilia, Quir = quiropterofilia, zoo = zoocoria, aut = autocoria, anem = anemocoria.

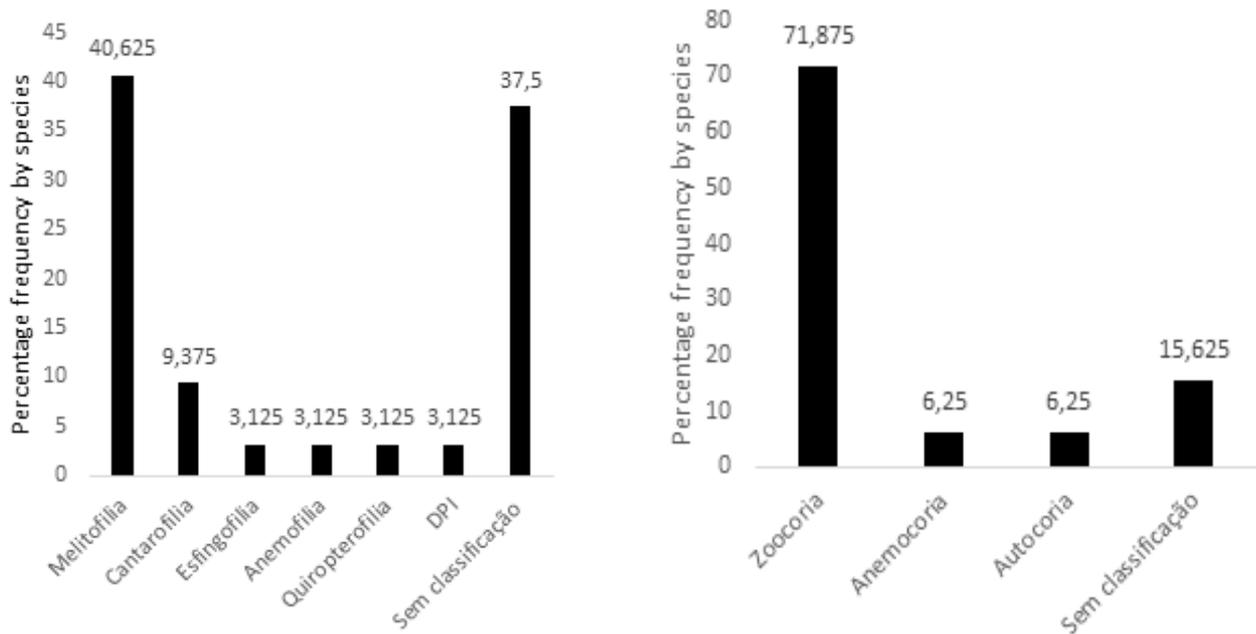


Figure 2 - Frequency of pollination (A) and (B) dispersal syndromes for tree species in a secondary forest, with 5 years of regeneration. Usina São José, Igarassu, Pernambuco, Brazil.

Figura 2 - Frequência de polinização (A) e da síndromes de dispersão (B) das espécies arbóreas em floresta secundária, com 5 anos de regeneração. Usina São José, Igarassu, Pernambuco, Brasil.

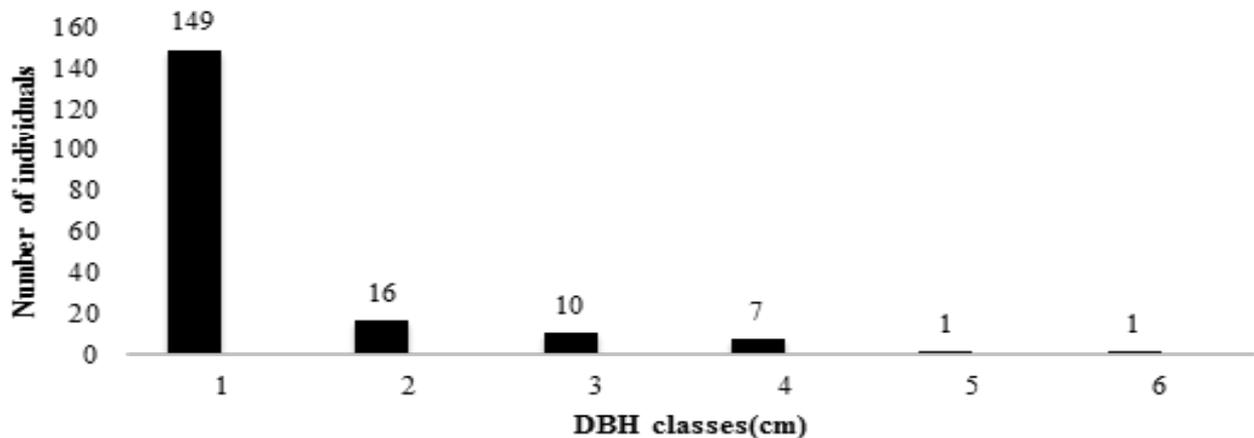
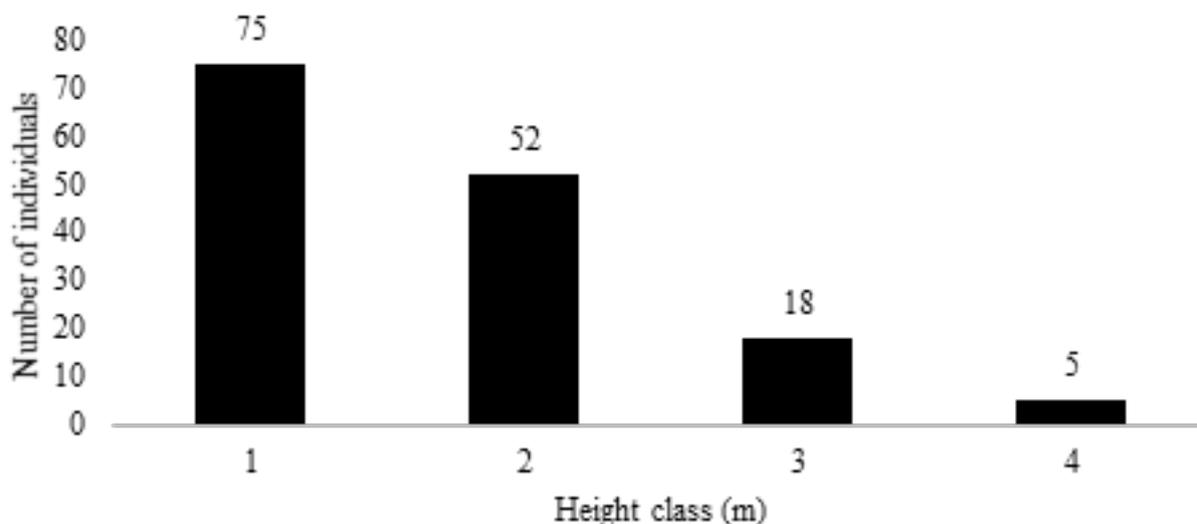


Figure 3 - Distribution of number of individual trees per diameter class, in secondary forest, after 5 years of regeneration. Usina São José, Igarassu, Pernambuco, Brazil. 1 = 5 – 9.9 cm; 2 = 10 – 14.9 cm; 3 = 15 – 19.9 cm; 4 = 20 – 24.9 cm; 5 = 25 – 29.9 cm; 5 = > 30 cm.

Figura 3 - Distribuição do número de indivíduos arbóreos por classe de diâmetro, em floresta secundária, com 5 anos de regeneração. Usina São José, Igarassu, Pernambuco, Brasil, em que 1 = 5 - 9,9 cm; 2 = 10 - 14,9 cm; 3 = 15 - 19,9 cm; 4 = 20 - 24,9 cm; 5 = 25 - 29,9 cm; 5 = > 30 cm.



**Figure 4** - Distribution of number of individual trees by height class, in secondary forest, at Usina São José, Igarassu, Pernambuco, Brazil; 1 = 2 – 2.4 m; 2 = 2.5 – 4.9 m; 3 = 5 – 7.4 m; 4 = > 7.5.

*Figura 4* - Distribuição do número de indivíduos arbóreos por classe de altura, na Floresta secundária, na Usina São José, Igarassu, Pernambuco, Brasil, sendo 1 = 2 - 2,4 m; 2 = 2,5 - 4,9 m; 3 = 5 - 7,4 m; 4 = > 7,5.

## DISCUSSION

The abundance of individual Malpighiaceae is a good indicator that, even in such a young forest, diversity maintenance and a variety of ecological interactions are being maintained, especially those involving animals and plants (CARIM *et al.*, 2007). In this family dispersion by animals is, being central in the successional process.

The Shannon-Weaver diversity index was 2.9, a value lower than those recorded for other Atlantic Forest fragments: 3.6 (ROCHA *et al.*, 2008); 3.4 (LINS-SILVA; RODAL, 2008); 5.32 (LOPES *et al.*, 2015). This low diversity reflects low heterogeneity, dethis prpbably being a fator of the time since regeneration time began. Although the study forest is less diverse than Atlantic forests where succession is more advanced, this is not always the case: for example, the 12-year old Atlantic Forest fragment studied by Nascimento *et al.* (2014) had an  $H'$  of 2.58.

For importance values, *Byrsonima sericea* was notable, as its population exhibited a large number of well-distributed individuals within the studied assembly, resulting in high frequency and density values (Table 2). Studies by Rocha *et al.* (2008) and Brandão *et al.* (2008), placed this species among the ten highest IVs. *Byrsonima sericea* is a pioneer species, typical of clearings and early regeneration stages, with rapid growth, interactions with animals and the ability to colonize environments with a variety of light conditions (SILVA *et al.*, 2010). In the initial phase of the succession, the light levels tend to be high, due to the lack of canopy of dominant plants (GUREVITCH *et al.*, 2009).

## DISCUSSÃO

A abundância de indivíduos de Malpighiaceae é um bom indicador da manutenção da diversidade e de várias interações ecológicas, especialmente as que envolvem animais e plantas (CARIM *et al.*, 2007). Esta família possui várias espécies disseminadas por animais, sendo fundamentais no processo sucessional.

O índice de diversidade de Shannon-Weaver para espécies foi de 2,9 nats por ind, valor este menor do que os registrados em outros fragmentos de floresta atlântica, em nats por ind, como: 3,6 (ROCHA *et al.*, 2008); 3,4 (LINS-SILVA; RODAL, 2008); 5,32 (LOPES *et al.*, 2015), demonstrando, dessa forma, menor diversidade, que proporciona baixa heterogeneidade, por ser uma floresta com pouco tempo de regeneração. Apesar de apresentar baixa diversidade, quando comparada a floresta mais avançada, como, por exemplo, mostra-se mais diversa do que a floresta secundária de 12 anos estudada por Nascimento *et al.* (2014), em fragmentos de Mata Atlântica, que exibiu 2,58 nats por ind.

Em relação ao valor de importância, a *Byrsonima sericea* destacou-se das demais, uma vez que a sua população exibiu grande número de indivíduos bem distribuídos na comunidade, acarretando em altos valores de frequência e densidade (Tabela 2). Nos trabalhos de Rocha *et al.* (2008) e Brandão *et al.* (2008), essa espécie é encontrada entre as dez com maior VI. A *B. sericea* é uma espécie pioneira típica de clareiras e estágio inicial de regeneração, possuindo rápido crescimento, interações com animais e a capacidade de se estabelecer em ambientes com diferentes condições luminosas (SILVA *et al.*, 2010). Na fase inicial da sucessão, os níveis de luz costumam ser altos, devido à falta de dossel de plantas dominantes (GUREVITCH *et al.*, 2009).

The small trees (*Cupania racemosa* and *Miconia minutiflora*) that occurred were species typical of forest edges and clearing (GOMES *et al.*, 2009), being frequently present in well-lit areas in young forests (NASCIMENTO *et al.*, 2012). That this is still a short-stature forest was emphasized by the fact that 87% of woody individuals had a DBH of less than 14 cm (Figure 2).

The value for estimated basal area was lower than that found by Neves and Peixoto (2008: 13.79m<sup>2</sup>/ha<sup>-1</sup>) for a 20-year old secondary forest in Poço das Antas Biological Reserve, local Rio de Janeiro - Brazil. This result is understandable, since the study forest is in the initial phase of succession and had been subject to severe anthropic intervention in the recent past.

In terms of dispersion, the majority of species were disseminated by animals, with values similar to those reported for other studies in tropical forests, where 50 to 90% of tree and shrub species are zoochorous (CHAZDON, 2012). The proximity of primary forest and availability of fauna influences forest species composition throughout the successional process. The dispersal of seeds from the primary to secondary forests depends on the presence of forest remnants, plant phenology and the presence of dispersers that move between such areas (MASSOCA *et al.*, 2012). Among the frugivorous vertebrates, bats and birds are the biotic agents that contribute most to the dispersal of seeds of trees and shrubs in the initial phase of succession in tropical regions (CHAZDON, 2012).

Pollination syndromes were dominated by melitophily (Table 2). Similarly, Ramirez (2004), studying tropical forests on the central plain of Venezuela, found melitophily to predominate in all successional stages, there being differences in the frequency of pollination during the succession. Similar results were also observed by KIMMEL *et al.* (2009), studying Atlantic forest fragments in the Igarassu municipality in Pernambuco. Pollination plays a key role in the plant colonization of disturbed forests, since successful pollination permits the formation of fruit and seeds, which are then dispersed in a manner appropriate to their syndrome (GALETTI *et al.*, 2003).

## CONCLUSIONS

The studied forest fragment had low floristic diversity, typical of the initial stage of succession. The presence of several species with dispersion carried out by animals and pollination by bees suggest that the forest is resilient;

As a result of high density and frequency values, *Byrsonima sericea* had the highest importance value, and can be considered as the main arboreal species in this fragment, with a number-rich population widely distributed throughout the forest;

As pequenas árvores que ocorreram tratam-se de espécies típicas de bordas e clareiras de florestas (GOMES *et al.*, 2009), estando presentes nas florestas jovens em áreas ensolaradas (NASCIMENTO *et al.*, 2012). Ficou claro que se trata de uma floresta de pequeno porte, visto que 87% dos indivíduos arbóreos apresentaram DAP médio inferior a 14 cm (Figura 2).

O valor estimado para área basal foi inferior aos encontrados por Neves e Peixoto (2008), que ao avaliar uma floresta secundária na Reserva Biológica de Poço das Antas, com 20 anos de regeneração, encontraram 13,79 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. Esse resultado é justificado por se tratar de uma área na fase inicial da sucessão e por ter sofrido forte intervenção antrópica no passado.

Em relação a dispersão, foi observado que a disseminação dos vegetais ocorreu em sua maioria facilitada por animais, semelhante ao que vem sendo encontrado em outros estudos em florestas tropicais, em que 50 a 90% das espécies de árvores e arbustos são oriundas da zoocoria (CHAZDON, 2012). A proximidade da floresta primária e a disponibilidade de fauna, influencia a composição de espécies ao longo de todo o processo sucessional. A dispersão de sementes da floresta primária para as florestas secundárias depende da presença de remanescentes florestais, da fenologia das plantas e da presença de dispersores transitando entre essas áreas (MASSOCA *et al.*, 2012). Dentre os vertebrados frugívoros, os morcegos e aves são os agentes bióticos que mais contribuem na dispersão de sementes de árvores e arbustos na fase inicial da sucessão na região tropical (CHAZDON, 2012).

Quanto a polinização, encontrou-se a predominância de espécies melitófilas (Tabela 2). Da mesma forma, Ramirez (2004), estudando a floresta tropical na Planície Central da Venezuela, verificaram melitofilia predominando em todos os estágios, havendo diferenças na frequência de polinização durante a sucessão. Resultados semelhantes também foram observados por Kimmel *et al.* (2009), estudando fragmentos de floresta atlântica, no município de Igarassu em Pernambuco. A polinização apresenta papel fundamental na colonização de florestas perturbadas, pois uma polinização bem-sucedida permite a formação do fruto e da semente, que posteriormente será dispersa a partir de suas características associadas ao modo de dispersão (GALETTI *et al.*, 2003).

## CONCLUSÕES

O remanescente de floresta possui diversidade florística baixa, típica de estágio inicial de sucessão. A presença de várias espécies com dispersão realizadas por animais e polinização por abelhas, sugerem que a floresta se apresenta resiliente;

A espécie *Byrsonima sericea*, por ter atingido o mais alto valor de importância, em razão de seus valores de densidade e frequência, pode ser enquadrada como a principal espécie arbórea desse fragmento, uma vez que a sua população exibiu grande número de indivíduos bem distribuídos na comunidade;

Understanding the structure, composition and ecological factors of secondary forests in tropical regions provides a solid foundation for the development of successful reforestation projects.

## ACKNOWLEDGEMENTS

To Usina São José/Grupo Cavalcanti Petribú for giving permission for the Project to occur on their property and assistance at all stages of the research; to the research group in the Phytosociology Lab at Pernambuco Rural Federal University for field assistance and to the Directorate for the Improvement of People in Higher-level Education for the grant to fund the doctorate of the first author. Adrian Barnett helped with the English.

A compreensão da estrutura, composição e fatores ecológicos das florestas secundárias em regiões tropicais constitui uma base sólida para o desenvolvimento de projetos exitosos de reflorestamento.

## AGRADECIMENTOS

À Usina São José/Grupo Cavalcanti Petribú por possibilitar o desenvolvimento da pesquisa em sua propriedade; ao grupo de pesquisa do Laboratório de Fitossociologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco pela assistência em campo e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de doutorado para a primeira autora.

## CITED SCIENTIFIC LITERATURE

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, p. 1-20, 2016.

BRANDÃO, C.F.L.S.; MARANGON, L.C.; FERREIRA, R.L.C.; SILVA, A.C.B.L. Estrutura fitossociológica e classificação sucessional do componente arbóreo em um fragmento de floresta atlântica em Igarassu-Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 1, p. 55-61, 2009.

CARIM, S.; SCHWARTZ, G.; SILVA, M. F. F. Riqueza de espécies, estrutura e composição florística de uma floresta secundária de 40 anos no leste da Amazônia. **Acta Botânica Brasilica**, v. 21, n. 2, p. 293-308, 2007.

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

CHAZDON, R.L. **Second growth: the promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation**. Chicago: Chicago Press, 2014. 449p.

CHAZDON, R. L.; LETCHER, M.S.G.; VAN BREUGEL, M.; MARTÍNEZ-RAMOS, F. BONGERS; B. FINEGAN. Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forests following major disturbances. **Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences**, v. 362, p. 273-289, 2007.

CPRH (Companhia Pernambucana do Meio Ambiente). **Diagnóstico socioambiental do litoral norte de Pernambuco**. Recife: CPRH, 2003.

DEL MORAL, R.; SAURA, J.M.; EMENEGGER, J.N. Primary succession trajectories on a barren plain, Mount St. Helens, Washington. **Journal of Vegetation Science**, v. 21, p. 857-867, 2010.

DENT, D. H.; De WALT, S. J.; DENSLOW, J. S. Secondary forests of central Panama increase in similarity to old-growth forest over time in shade tolerance but not species composition. **Journal of Vegetation Science**, v. 24, p. 530-542, 2012.

DEVOTO, M.; BAILEY, S.; CRAZE, P.; MEMMOTT, J. Understanding and planning ecological restoration of plant-pollinator networks. **Ecology Letters**, v. 15, p. 319-328, 2012.

FAEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. **The principles of pollination ecology**. 3rd ed. Germany, Pergamon Press, 1979. 244 p.

GALETTI, M.; COSTA C.; CAZETTA, E. Effects of forest fragmentation, anthropogenic edges and fruit color on the consumption of ornithochoric fruits. **Biological Conservation**, v.111, p. 269-293, 2003.

GOMES, J.S.; LINS-e-SILVA, A.C.B.; RODAL, M.J.N.; SILVA, H.C.H. Estrutura do sub-bosque lenhoso em ambientes de borda e interior de dois fragmentos de floresta atlântica em Igarassu, Pernambuco, Brasil. **Rodriguésia**, v. 60, p. 295-310, 2009.

GUREVITCH J.; SCHEINER, S.M.; FOX, G.A. **Ecologia vegetal**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 592 p.

HAGEN, M.; KRAEMER M. Agricultural surroundings support flower-visitor networks in an Afrotropical rain forest. **Biological conservation**. v. 143, n. 7, p. 1654-1663, 2010.

- HARVEY, B. J.; HOLZMAN, B. A. Divergent successional pathways of stand development following fire in a California closed-cone pine forest. **Journal of Vegetation Science**, v. 25, p. 88-99, 2014.
- IBGE – (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Manual técnico da vegetação brasileira**. Manuais técnicos em Geociências, 1. Rio de Janeiro: IBGE. 91p. 1992.
- KIMMEL, T.M.; NASCIMENTO, L.M.; PIECHOWSKI, D.; SAMPAIO, E.V.S.B.; RODAL, M.J.N.; GOTTSBERGER, G. Pollination and seed dispersal modes of woody species of 12-year-old secondary forest in the Atlantic Forest region of Pernambuco, NE Brazil. **Flora**, v. 205, p. 540-547, 2009.
- LINS-E-SILVA, A.C.B.; RODAL, M.J.N. Tree community structure in an urban Atlantic Forest remnant in Pernambuco, Brazil. In: Thomas W. W. (ed.), **The coastal forests of northeastern Brazil**. Memoirs of the New York Botanical Garden. p. 511-534, 2008.
- MASSOCA, P. E. S.; JAKOVAC, A.C.C. BENTOS, T.V.; WILLIARNSON, G. B. T.; MESQUITA, R. C. G. Dinâmica e trajetórias da sucessão secundária na Amazônia Central. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Belém, v. 7, n. 3, p. 235-250, 2012.
- NASCIMENTO, L.M.; SAMPAIO, E.V.S.B.; RODAL, M.J.N.; LINS-e-SILVA, A.C.B. Secondary succession in a fragmented Atlantic Forest landscape: evidence of structural and diversity convergence along a chronosequence. **Journal of Forest Research**, v. 19, n. 6, p. 501-513, 2014.
- NASCIMENTO, L.M.; SAMPAIO, E.V.S.B.; RODAL, M.J.N.; LINS-e-SILVA, A.C.B. Natural forest regeneration in abandoned sugarcane fields in northeastern Brazil: floristic changes. **Biota Neotropica**, v. 12, p. 1-14, 2012.
- NEVES, G.M.S.; PEIXOTO, A.L. Florística e estrutura da comunidade arbustivo-arbórea de dois remanescentes em regeneração de Floresta Atlântica secundária na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, Rio de Janeiro. **Pesquisas Botânicas**, v. 59, p. 71-112, 2008.
- QUESADA, M., SANCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; ALVAREZ-ANORVE, M.; STONER, AVILA-CABADILLA, J. CALVO-ALVARADO, K. E. L.; CASTILLO, A.; ESPÍRITO-SANTO, M. M.; FAGUNDES, M.; FERNANDES, J.G.; LOPEZARAIZA-MIKEL, M.; LAWRENCE, D. ; MORELLATO, L. P. C. ; POWERS, J. S.; NEVES, F. S.; ROSAS-GUERRERO, V.; SAYAGO, R.; SANCHEZ-MONTOYA, G. Succession and management of tropical dry forests in the Americas: Review and new perspectives. **Forest Ecology and Management**, v. 258, p. 1014–1024, 2009.
- RAMIREZ, N., Ecology of pollination in a tropical Venezuelan savanna. **Plant Ecology**, v. 173, n. 2, p. 171–189, ago. 2004.
- ROCHA, K. D.; BRANDÃO, C. F. L. S.; SILVA, J. T.; SILVA, M. A. V.; ALVES JÚNIOR, F. T.; MARANGON, L. C. Classificação sucessional e estrutura fitossociológica do componente arbóreo de um fragmento de Mata Atlântica em Recife, Pernambuco Brasil. **Magistra**, v. 20, n. 1, p. 46-55, 2008.
- SANDOR, M. E.; CHAZDON, R. L. Remnant trees affect species composition but not structure of tropical second-growth forest. **Plos One**, v.9, p. 1-12, 2014.
- SCHEMSKE, D.W.; MITTELBAACH, G.G.; CORNELL, H.V.; SOBEL, J.M.; ROY K. Is there a latitudinal gradient in the importance of biotic interactions? **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 40, p. 245–269, 2009.
- SCHESSEL, M.; SILVA W.L.; GOTTSBERGER, G. Effects of fragmentation on forest structure and litter dynamics in Atlantic rainforest in Pernambuco, Brazil. **Flora**, v. 203, n. 1, p. 215–228. 2008.
- SILVA, A. S.; OLIVEIRA, J. G.; CUNHA, M. DA AND VITORIA, ANGELA P. Photosynthetic performance and anatomical adaptations in *Byrsonima sericea* DC. under contrasting light conditions in a remnant of the Atlantic forest. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 22, n. 4, p. 245-254. 2010.
- TRINDADE, M.B.; LINS-e-SILVA, A.C.B.; SILVA, H.P.; FILGUEIRA, S.B.; SCHESSEL, M. Fragmentation of the Atlantic Rainforest in the northern coastal region of Pernambuco, Brazil: recent changes and implications for conservation. **Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability**, v. 2, p. 5-13, 2008.
- van der PIJL, L. Principles of dispersal in higher plants. 3.ed. New York: Springer-Verlag, 1982.
- MUKUL, S.A.; HERBOHN, J. The impacts of shifting cultivation on secondary forests dynamics in tropics: a synthesis of the key findings and spatio temporal distribution of research. **Environmental Science & Policy**, v. 55, p. 167-177, 2016.