



Soil seed banks in successional stages of forest ecosystems in the Belém, Pará, Brazil, metropolitan region

Banco de sementes do solo em ecossistemas florestais em estágios sucessionais na região metropolitana de Belém, PA

Fernanda Pantoja Souza¹, Walmer Bruno Rocha Martins*², Richard Pinheiro Rodrigues³, Vanda Maria Sales de Andrade⁴, Nayara Nazare Arraes Araujo¹, Francisco de Assis Oliveira⁵

Abstract: The seed bank is essential for the initiation of natural forest regeneration, especially in ecosystems in the early stages of development, where there have been anthropogenic or natural disturbances. The objective of the current study was to evaluate seed bank dynamics in three forest ecosystems, two in Utinga State Park (PEUt) and one on the Federal Rural University of Amazonia (UFRA) campus, both in Belém, Pará, Amazonian Brazil. The ecosystems were: primary forest (PF), early successional forest (ESF), and late successional forest (LSF). For seed bank evaluation, five plots were installed in each forest ecosystem, and in each plot 5 soil samples were removed at a depth of 0-0.05 m. In the three ecosystems, the most abundant species in the seed bank were *Cecropia obtusa*, *Phyllanthus tenellus* and *Vismia guianensis*. Zoochoria was the dominant dispersion syndrome with 1,041 (67.8%) individuals. In the PF and LST ecosystems the predominant life form was tree, followed by shrub, whereas in the ESF the shrub life form predominated, followed by tree. Thirty-one species were recorded in PF, 26 in ISF, and 32 in LSF. In general, pioneers were most frequent ecological group, with 289 individuals (93.2%) in PF, 288 individuals (88.7%) in LSF, and 188 (75.06%) in ESF. Thus, all ecosystems possessed a high potential for resilience in case of possible forest disturbances, and the PF seed bank was considered the most diverse in terms of arboreal species.

Key words: Eastern Amazon. Seed germination. Resilience. Conservation unit.

Resumo: O banco de sementes é essencial para a regeneração natural de ecossistemas em estágios de desenvolvimento inicial, quando ocorrem distúrbios antrópicos ou naturais. Com isso, o propósito deste estudo foi avaliar a dinâmica do banco de sementes de três ecossistemas florestais, dois localizados no parque estadual do Utinga (PEUt) e um na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), ambos em Belém, PA. Os ecossistemas foram: floresta primária (FP), floresta em estágio inicial de sucessão (FIS) e floresta em estágio tardio de sucessão (FTS). Para a avaliação do banco de sementes, foram instaladas 5 parcelas em cada ecossistema florestal; em cada parcela, retirou-se 5 amostras de solos na profundidade de 0-0,05 m. Nos três ecossistemas, as espécies mais abundantes no banco de sementes foram *Cecropia obtusa*, *Phyllanthus tenellus* e *Vismia guianensis*. A síndrome de dispersão predominante foi a zoocórica com 1.041 (67,8%) indivíduos. Nos ecossistemas FP e FTS, a forma de vida predominante foi a arbórea, seguida de arbustiva; já no FIS, predominou a forma de vida arbustiva seguida de arbórea. Foram registradas 31 espécies na FP, 26 na FIS e 32 na FTS. No geral, ocorreu maior número de indivíduos pertencentes ao grupo ecológico das pioneiras, com 289 indivíduos (93,2%) na FP, 288 indivíduos (88,7%) na FTS e 188 (75,06%) FIS. Com isso, todos os ecossistemas mostraram elevado potencial de resiliência em caso de possíveis distúrbios na floresta. O banco de sementes da FP foi considerado o mais diverso em relação às espécies de hábito arbóreo.

Palavras-chave: Amazônia Oriental. Germinação de sementes. Resiliência. Unidade de conservação.

*Corresponding author

Submitted for publication on 25/04/2018 and approved 24/10/2018

¹Engenheira Florestal, Mestra em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), CEP: 66077-830, Belém, PA, Brasil. fernandap_souza@yahoo.com.br

²Engenheiro Florestal, Doutorando em Ciências Florestais, UFRA, Belém, PA. walmerbruno@gmail.com

³Engenheiro Florestal, Mestre em Ciências Florestais, UFRA, Belém, PA, Brasil. richard.rodrigues22@hotmail.com

⁴Meteorologista, Pós doutoranda em Ciências Florestais, UFRA, Belém, PA, Brasil. vandaandrade.ufra@gmail.com

⁵Engenheira Florestal, Mestra em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), CEP: 66077-830, Belém, PA, Brasil. nayaraarraes@gmail.com

INTRODUCTION

The Amazon biome consists of a set of ecosystems that are important for the maintenance of the global ecological balance and ecosystem function (LU *et al.*, 2010). However, forest fragmentation has been increasing and, consequently, causing major changes in the composition, structure and dynamics of populations and communities, reducing the habitats and ecological niches of forest-inhabiting species (CHAZDON, 2016).

The metropolitan area of Belém is located in northeastern state of Pará, eastern Brazilian Amazonia, and has been affected by this city's disordered urban growth, which even now, is catalysing the demise of the few remaining forest remnants within and around the city (AMARAL *et al.*, 2009). Among the processes involved in regeneration are those associated with seed bank dynamics, which play a key role in germplasm storage, and which contribute to the perpetuation of species, and so allow formation of new secondary forests and the restoration of areas altered by anthropic actions (KASSAHUN *et al.*, 2009).

A seed bank is part of a natural regeneration mechanism that also gives an insight into the past vegetation of an area and represents the structure of future populations, while favoring the maintenance of the current plant community (MARTINS *et al.*, 2008). For this reason, from the studies of seed bank dynamics allow a determination of the numbers and types of species with propagules currently present in the soil and those that will comprise a new forest (DOUH *et al.*, 2014).

According to Ma *et al.* (2015), for effective planning of assessment goals and to inform future actions aimed at environmental restoration, it is important to investigate the nature and extent of variation in ecosystem structure and biodiversity responses. In this context, it is clear that seed shortage is detrimental to the process of restoration when native vegetation has been previously removed, since seed banks provide supplementary propagules for the initial succession process (JACQUEMYN *et al.*, 2011). This may be especially important in ecosystems where forest remnants are widely separated and heavily fragmented, so that natural regeneration is compromised because dispersal by wild fauna is itself reduced (KANO *et al.*, 2013).

Lack of knowledge about the seed bank of a particular forest can potentially result in incorrect survival predictions for individual species, underestimations of diversity and false conclusions about coexistence mechanisms in plant communities (HAVRDOVÁ *et al.*, 2015). It is, then, important to understand the patterns of forest establishment and growth, and the interactions between different species.

INTRODUÇÃO

O bioma amazônico é constituído por um conjunto de ecossistemas importantes para o estabelecimento do equilíbrio ecológico global e para a melhoria dos ambientes (LU *et al.*, 2010). O processo de fragmentação florestal vem crescendo e ocasionando consequentemente grandes modificações na composição, estrutura e dinâmica das populações e comunidades, reduzindo os habitats e o nicho ecológico das espécies (CHAZDON, 2016).

A região metropolitana de Belém está localizada ao Nordeste do estado do Pará e vem sendo afetada com o crescimento urbano desordenado, que provoca a diminuição contínua dos últimos remanescentes florestais no entorno da cidade (AMARAL *et al.*, 2009). Entre os processos que envolvem a regeneração, tem-se a dinâmica do banco de sementes, que desempenha papel fundamental no armazenamento de germoplasma, que colabora para a perpetuação de espécies e permite, assim, a formação de novas florestas secundárias e o restabelecimento de áreas alteradas por ações antrópicas (KASSAHUN *et al.*, 2009).

O banco de sementes consiste em um mecanismo de regeneração natural que possibilita conhecer a vegetação passada e representa a estrutura de populações futuras, favorecendo a manutenção da comunidade vegetal (MARTINS *et al.*, 2008). Por esse motivo, a partir do estudo da dinâmica do banco de sementes, é possível determinar o número destas e as espécies presentes no solo (DOUH *et al.*, 2014) que irão compor a uma nova floresta.

De acordo com Ma *et al.* (2015), é necessário investigar a variação na resposta tanto na estrutura quanto na biodiversidade do ecossistema para planejar metas de avaliação e informar futuras ações que visem a restauração ambiental. Por esse motivo, pode-se afirmar que a falta de sementes é prejudicial para restauração da vegetação que foi anteriormente retirada, pois são elas que fornecem subsídios para o processo de sucessão inicial (JACQUEMYN *et al.*, 2011), principalmente em ecossistemas onde os remanescentes florestais se encontram distantes e fragmentados, nos quais a regeneração natural é comprometida por meio da dispersão realizada pela fauna silvestre (KUANO *et al.* 2013).

A falta de conhecimento sobre o banco de sementes de uma floresta pode levar a previsões de sobrevivência incorretas para espécies individuais, subestimar a diversidade e conduzir a falsas conclusões sobre coexistência de mecanismos nas comunidades de plantas (HAVRDOVÁ *et al.*, 2015). Assim, é importante o entendimento dos padrões de estabelecimento e crescimento da floresta e da interação das suas diferentes espécies.

In this context, the current research sought to answer the following question: does the density and richness of the seed bank differ according to the successional stage of a forest ecosystem? The hypothesis to be tested was: higher density and lower seed diversity will occur in those ecosystems at the initial and late succession stages, respectively. Consequently, the purpose of this study was to analyse the soil seed bank stock in three forest ecosystems located in the metropolitan area of Belém, Pará state, eastern Amazonian Brazil, and test the above predictions.

MATERIALS AND METHODS

Study sites

The study was carried out in three ecosystems located two sites in the municipality of Belém, Pará, Brazil: Utinga State Park and the campus of the Federal Rural University of Amazonia (UFRA). According to Köppen classification system, the regional climate is “Am”: warm and humid, with an average temperature of 26.7° C (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2013). Average annual regional precipitation is around 2,859 mm, with a single rainy season that runs from December to May (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2012).

Ecosystem characteristics

Three forest ecosystems were investigated, each at a different successional stage, classified as: primary forest, initial secondary forest and late secondary forest.

a) Primary forest (PF)

A site located in the Terra Firme Forest of Utinga State Park (PEUt), also called Mocambo (1°28'S and 48°29'W). This 506 ha reserve is located on the left bank of the Guamá River and has 5.7 ha of terra firme, 400 ha of várzea and 100 ha of igapó (PIRES, SALOMÃO, 2000).

b) Early Secondary Forest (ESF)

An ecosystem within the Utinga State Park (PEUt), located in the municipalities of Belém and Ananindeua. The study area (1° 22'S and 48° 20'W) is close to a park trail used for daily recreational walks by the local population. At the time of the study the forest was 15 years old.

Neste contexto, a pesquisa buscou responder a seguinte questão científica: a densidade e a riqueza do banco de sementes diferem em função do estágio sucessional dos ecossistemas florestais? A hipótese a ser testada é: maior densidade e menor diversidade de sementes ocorrem nos ecossistemas em estágio de sucessão inicial e tardio, respectivamente. Com isso, o propósito deste estudo foi avaliar o estoque do banco de sementes do solo de três ecossistemas florestais localizados na região metropolitana de Belém, PA.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado em três ecossistemas localizados no Parque estadual do Utinga e no campus da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), ambos localizados no município de Belém, Pará. Segundo a classificação de Köppen, a região apresenta um clima quente e úmido “Am”, com temperatura média de 26,7 °C (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2013). A precipitação média anual da região gira em torno de 2.859 mm, sendo o período mais chuvoso aquele que vai de dezembro a maio (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2012).

Caracterização dos Ecossistemas

Foram avaliados três ecossistemas florestais em diferentes estágios de sucessão classificados como: floresta primária, floresta sucessional inicial e floresta secundária tardia.

a) Floresta primária (FP)

Situada na Floresta de Terra Firme do Parque Estadual do Utinga (PEUt), também denominada Mocambo (1°28'S e 48°29'W). Essa Reserva está localizada à margem esquerda do Rio Guamá e apresenta 506 ha, sendo 5,7 ha de terra firme, 400 ha de várzea e 100 ha de igapó (PIRES; SALOMÃO, 2000).

b) Floresta em estágio inicial de sucessão (FIS)

Ecossistema localizado no Parque Estadual do Utinga (PEUt), situado nos municípios de Belém e Ananindeua. A área de estudo está próxima a uma trilha utilizada para passeios diários pela população no parque (1°22'S e 48°20'W). A floresta apresenta atualmente 15 anos de idade.

c) Late Secondary Forest (LSF)

Ecosystem located in the Federal Rural University of Amazonia (UFRA), Belém campus (01°27'18" S and 48°26'43"). The area has a flat relief and the vegetation cover is dominated by broadleaf plants and grass species. The forest is approximately 60 years old.

Seed bank analysis

In each ecosystem 5 plots of 25 x 25 m, located 30 m apart, were installed during a floristic survey of the ecosystems, during which all arboreal individuals with diameter at breast height (DBH) ≥ 10 cm were identified, and their respective DBHs and total heights measured.

To assay the seed bank, 5 soil samples were collected in each plot with the aid of a 0.25 x 0.25 m metal box driven into the soil, totaling 25 samples per ecosystem. Samples were removed at 5 cm depth, hard litter was manually removed and samples packed in plastic bags. In a greenhouse, and covered with 50% sombrite, samples were transferred to 12 L (0.50 x 0.30 x 0.08 m) trays, and moistened regularly to favor seed germination.

Monthly, for 5 sequential months, all seeds that germinated were quantified and, later, the resulting plants were classified as: 1) tree; 2) bush; 3) herb; 4) liana; 5) grass, and 6) indeterminate (adapted from FONT-QUER, 1989). Species were also classified as: pioneers, early secondary and climatic (late secondary) species (following LEITÃO FILHO, 1993); and species dispersion syndromes as: zoochoric, anemochoric, barochoric and autochoric, according to Pijl (1982). In addition, density, Shannon diversity index (H') and Pielou equability (J') were calculated for each ecosystem.

DATA ANALYSIS

The experimental design was completely randomized, with three treatments (ecosystems) and 25 replicates. Descriptive statistics were performed, to analyse germination percentage. To test for the key determinants of an analysis of variance (BANZATTO and KRONKA, 2006), experimental data were initially tested for normality of residues with a D'Agostinho test ($p > 0.05$), homogeneity of variances and independence between the experimental units with a Bartlett test ($p > 0.05$). Data were then tested with analysis of variance using Past software, with averages for each ecosystem being compared with a Tukey test ($p \leq 0.05$).

c) Floresta em estágio tardio de sucessão (FTS)

Ecosystema situado no campus da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, campus Belém (01°27'18" S e 48°26'43"). A área apresenta relevo plano e uma cobertura vegetal com predominância de espécies latifoliadas e gramíneas. A floresta possui aproximadamente 60 anos de sucessão.

Avaliação do banco de sementes

Em cada ecossistema foram instaladas 5 parcelas de 25 x 25 m, distantes 30 m entre si, para o levantamento florístico dos ecossistemas nos quais todos os indivíduos arbóreos com diâmetro à altura do peito (DAP ≥ 10 cm) foram identificados, medidos seus respectivos DAP e altura total.

Para avaliação do banco de sementes foram coletadas 5 amostras de solo, em cada parcela, com auxílio de um gabarito metálico de 0,25 x 0,25 m, totalizando assim 25 amostras por ecossistema. As amostras foram retiradas a 5 cm de profundidade, desprezando a serapilheira dura e acondicionadas em sacos plásticos. Em casa de vegetação coberta com sombrite 50%, as amostras foram transferidas para bandejas de 12 L (0,50 x 0,30 x 0,08 m) e umedecidas para favorecer a germinação das sementes.

Mensalmente, durante 5 meses, todas as sementes que germinaram foram quantificadas e, posteriormente, a planta foi classificada em: 1) arbórea; 2) arbusto; 3) erva; 4) cipó; 5) gramíneo e 6) indeterminado (Adaptado de FONT-QUER, 1989). As espécies também foram classificadas quanto ao grupo em: pioneiras, secundárias iniciais e climáticas (secundárias tardias) (LEITÃO FILHO, 1993); e quanto à síndrome de dispersão em: zoocóricas, anemocóricas, barocóricas e autocóricas segundo Pijl (1982). Além disso, calculou-se a densidade, o índice de diversidade de Shannon (H') e a equabilidade de Pielou (J') para cada ecossistema.

ANÁLISE DOS DADOS

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com três tratamentos (ecossistemas) e 25 repetições. Para a percentagem de germinação, realizou-se estatística descritiva. Os dados experimentais foram, inicialmente, submetidos a normalidade dos resíduos pelo teste de D'Agostinho ($p > 0,05$), homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett ($p > 0,05$), sendo também verificada a independência entre as unidades experimentais, assim atendendo às condicionantes básicas da análise de variância (BANZATTO; KRONKA, 2006). Os dados foram submetidos à análise de variância, através do software Past, e, havendo diferenças significativas entre os ecossistemas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

RESULTS AND DISCUSSION

Vegetational composition

Vegetation inventories (DBH \geq 10 cm) recorded 40, 43 and 31 species were found in the primary forest, late successional forest, and early succession forest, respectively. Species considered most representative for each ecosystem (based on importance value index, IVI), are given in Table 1.

When an early successional stage forest has a low number of species in comparison to forests at other successional stages, this is an indicator that the ecosystem has recently been impacted by natural or anthropic disturbances. At this stage dominant species are likely to be short-lived pioneers. Over time, individuals of such species will be gradually replaced by more long-lived species, thus increasing richness (CHAZDON, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Florística da vegetação

No inventário diagnóstico da vegetação (DAP \geq 10 cm) foram encontradas 40, 43 e 31 espécies na floresta primária, floresta em estágio sucessional tardio e floresta em estágio inicial de sucessão, respectivamente. As espécies consideradas mais representativas para cada ecossistema, de acordo com o índice de valor de importância (IVI), estão descritas abaixo (Tabela 1).

O menor número de espécies na floresta em estágio de sucessão inicial em relação aos demais é um indicador que o ecossistema passou recentemente por distúrbios naturais ou antrópicos, ocorrendo assim o predomínio de um grupo de espécies no ambiente. Apesar disso, com o tempo, os indivíduos dessas espécies serão gradativamente substituídos por espécies mais longevas, aumentando, portanto, a riqueza (CHAZDON, 2012).

Table 1 - Summary of phytosociological analysis of primary forest, early successional forest and late successional forest, in the metropolitan region of Belém, Pará, Brazil

Tabela 1 - Resumo da análise fitossociológica dos ecossistemas de floresta primária, floresta em estágio sucessional inicial e floresta em estágio sucessional tardio, na região metropolitana de Belém, PA

Primary forest – PF					
Botanical family	Species	RDden (%) ^{1/}	RDdom (%) ^{2/}	RF (%) ^{3/}	IVI (%) ^{4/}
Lecythidaceae	<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A. Mori	13.79	16.28	13.27	14.45
Burseraceae	<i>Protium giganteum</i> Engl.	8.13	10.95	3.54	7.54
Burseraceae	<i>Protium pallidum</i> Cuatrec	9.47	1.64	10.62	7.24
Vochysiaceae	<i>Qualea paraensis</i> Ducke	0.32	20.04	0.88	7.08
Lecythidaceae	<i>Vochysia guianensis</i> Aubl.	5.40	8.36	4.42	6.06
Early Successional Forest – ESF					
Botanical family	Species	RDden (%) ^{1/}	RDdom (%) ^{2/}	RF (%) ^{3/}	IVI (%) ^{4/}
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	10.71	9.09	25.00	14.93
Bignoniaceae	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	4.76	24.64	11.67	13.69
Fabaceae	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J. F. Macbr.	2.38	31.58	1.67	11.84
Arecaceae	<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	10.71	1.84	16.67	9.74
Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp.	5.95	2.26	11.11	6.44
Late Successional Forest - LSF					
Botanical Family	Species	RDden (%) ^{1/}	RDdom (%) ^{2/}	RF (%) ^{3/}	IVI (%) ^{4/}
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	17.38	1.01	17.61	12.00
Burseraceae	<i>Trattinnickia burseraefolia</i> Mart.	10.89	0.05	10.69	7.20
Mimosaceae	<i>Abarema jupunba</i> (Willd.)	10.39	4.24	6.91	7.18
Caryocaraceae	<i>Caryocar microcarpum</i> Ducke	1.60	13.92	1.89	5.80
Malvaceae	<i>Sterculia speciosa</i> K. Schum.	6.39	0.91	10.06	5.79

^{1/}RDden (%): Relative Density; ^{2/}RDdom (%): Relative Dominance; ^{3/}RF (%): Relative Frequency and; ^{4/}IVI (%): Importance Value Index - (RDden + RDdom + RF)/3.

^{1/}DR (%): Densidade relativa; ^{2/}DoR (%): Dominância relativa; ^{3/}FR (%): Frequência relativa e; ^{4/}IVI (%): Índice de Valor de Importância - (DR + DoR + FR)/3.

Eschweilera coriacea (DC.) S.A. Mori, commonly known as white matamatá, had the highest IVI in the primary forest ecosystem (Table 1). This species is considered a climax species, reaching up to 35 m in height and 90 cm in diameter (LORENZI, 1998), and is considered an indicator of an ecosystem in a good state of conservation. In ecosystems at the early and late stages of succession, *Cecropia pachystachya* Trécul and *Tapirira guianensis* Aubl. were, respectively, the predominant species. Both are common in both anthropic environments in general, and in forest remnants within the metropolitan area of Belém (AMARAL *et al.*, 2009).

Seed bank contente

After five months of study, 1,559 individuals had emerged, from 49 species, 42 genera and 26 botanical families (Table 2).

A *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A. Mori, conhecida vulgarmente como matamatá branco, apresentou o maior IVI no ecossistema de floresta primária (Tabela 1). Essa espécie é considerada climax, podendo atingir até 35 m de altura e 90 cm de diâmetro (LORENZI, 1998) e ser considerada um indicador de que o ecossistema se encontra em bom estado de conservação. Já nos ecossistemas em estágio inicial e tardio de sucessão, *Cecropia pachystachya* Trécul e *Tapirira guianensis* Aubl. foram, respectivamente, as espécies predominantes. Essas espécies são comuns em ambientes antropizados ou em remanescentes florestais localizados na região metropolitana de Belém, Pará (AMARAL *et al.*, 2009).

Estoque do banco de sementes

Após cinco meses de estudo, emergiram 1.559 indivíduos, distribuídos em 49 espécies, 42 gêneros e 26 famílias botânicas (Tabela 2).

Table 2 - Total for species and individuals germinated from seeds collected from soil in three forest ecosystems in a sample area of 18.75 m², in the metropolitan region of Belém, Pará, Brazil

Tabela 2 - Total de espécies e indivíduos germinadas nos três ecossistemas florestais em uma área amostral de 18,75 m², na região metropolitana de Belém, Pará

Species	Family	Ecosystems			Total		
		PF	ESF	LSF	Nº ind.	(%)	DS
<i>Cecropia obtusa</i> Trécul	Urticaceae	164	129	202	495	31.75	Zoo
<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb	Euphorbiaceae	83	181	14	278	17.83	Aut
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	Hypericaceae	109	48	48	205	13.15	Zoo
<i>Mabea caudata</i> Pax & K. Hoffm.	Euphorbiaceae	43	52	15	110	7.06	Bar
<i>Miconia surinamense</i> Gleason	Melastomataceae	49	19	11	79	5.07	Zoo
<i>Banara guianensis</i> Aubl.	Salicaceae	24	9	41	74	4.75	Zoo
<i>Solanum paniculatum</i> Linn.	Solanaceae	28	10	9	47	3.01	Zoo
<i>Borreria</i> sp.	Rubiaceae	18	14	14	46	2.95	Aut
<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.	Salicaceae	34	2	1	37	2.37	Zoo
<i>Homolepis aturensis</i> (Kunth) Chase	Poaceae	19	2	2	23	1.48	Ane
<i>Lacistema</i> sp.	Lacistemaceae	0	4	17	21	1.35	Zoo
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	Bignoniaceae	2	2	14	18	1.15	Ane
<i>Passiflora nitida</i> Kunth	Passifloraceae	4	4	8	16	1.03	Zoo
<i>Olyra lancifolia</i> Mez	Poaceae	10	3	1	14	0.90	Aut
<i>Myrcia</i> sp.	Myrtaceae	9	2	0	11	0.71	Zoo
<i>Costus spicatus</i> (Jacq.) Sw.	Costaceae	0	1	6	7	0.45	Zoo
<i>Cecropia polystachya</i> Trécul	Urticaceae	0	0	6	6	0.38	Zoo
<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Rottb. Ex Retz	Cyperaceae	0	1	5	6	0.38	Ane
Indeterminada 1	----	3	0	3	6	0.38	----
<i>Ischonosphon arouma</i> (Aubl.) Korn.	Marantaceae	2	1	2	5	0.32	Zoo
<i>Philodendron</i> sp.	Araceae	2	2	1	5	0.32	Zoo
<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	Urticaceae	2	3	0	5	0.32	Zoo
<i>Inga edulis</i> Mart.	Fabaceae	0	1	2	3	0.19	Zoo

<i>Uncaria tomentosa</i> (Willd.) DC.	Rubiaceae	0	0	3	3	0.19	Zoo
<i>Abarema jupunba</i> (Willd.) Britton & Killip	Fabaceae	0	0	2	2	0.13	Aut
<i>Arrabidaea</i> sp.	Bignoniaceae	1	1	0	2	0.13	Ane
<i>Cecropia palmata</i> Willd.	Urticaceae	2	0	0	2	0.13	Zoo
<i>Inga alba</i> Willd.	Fabaceae	1	0	1	2	0.13	Zoo
Indeterminada 2	Malpighiaceae	0	0	2	2	0.13	----
<i>Pariana radiceflora</i> Sagot ex Doll	Poaceae	0	0	2	2	0.13	Ane
<i>Parkia pendula</i> Benth. ex Walp	Fabaceae	2	0	0	2	0.13	Aut
<i>Piper edurum</i> Trécul	Piperaceae	1	0	1	2	0.13	Zoo
<i>Beluccia</i> sp.	Melastomataceae	1	0	0	1	0.06	Zoo
<i>Crudia oblonga</i> Benth.	Fabaceae	0	1	0	1	0.06	Zoo
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	0	1	0	1	0.06	Ane
<i>Faramea capillipes</i> Mull. Arg	Rubiaceae	1	0	0	1	0.06	Zoo
<i>Laetia procera</i> (Poepp.) Eichler	Salicaceae	0	1	0	1	0.06	Zoo
<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) A. Chev.	Sapotaceae	1	0	0	1	0.06	Zoo
<i>Mimosa pudica</i> L.	Fabaceae	0	0	1	1	0.06	Aut
<i>Parahancornia amapa</i> (Huber) Ducke	Apocynaceae	1	0	0	1	0.06	Zoo
<i>Pueraria phaseoloides</i> (Roxb.) Benth	Fabaceae	0	0	1	1	0.06	Zoo
<i>Salacia insignis</i> A. C. Sm.	Celastraceae	1	0	0	1	0.06	Zoo
<i>Senna tapajozensis</i> (Ducke) H. S. Irwin & Barneby	Fabaceae	0	0	1	1	0.06	Aut
<i>Tapura guianensis</i> Aubl.	Vochysiaceae	0	1	0	1	0.06	Zoo
<i>Trema micantha</i> Blume	Cannabaceae	0	0	1	1	0.06	Zoo
<i>Virola michelii</i> Heckel	Myristicaceae	1	0	0	1	0.06	Zoo
<i>Virola surinamensis</i> (Rol. Ex Rottb.) Warb	Myristicaceae	1	0	0	1	0.06	Zoo
Total		623	495	441	1.559	100,00	

PF = Primary forest; ESF = early successional forest; LSF = Late successional forest; N° ind. = Number of germinated individuals; Dispersal syndrome (DS): Zoo = Zoochória; Aut = Autochória; Bar = Barochória; Ane = Anemochória.

FP = Floresta primária; FIS = Floresta em estágio inicial de sucessão; FTS = Floresta em estágio tardio de sucessão; N° ind. = Número de indivíduos germinados; Síndrome de dispersão (SD): Zoo = Zoocórica; Aut = Autocórica; Bar = Barocórica; Ane = Anemocórica.

The majority of seeds that germinated (65.7%) did so in the first two months. Germination of seeds from the primary forest ecosystem was the slowest, with the first seedlings emerging 11 days after transfer of seed bank material to the greenhouse. This is most likely due to differences in luminosity between the greenhouse and the environment in which the seeds would naturally occur. For the greenhouse was covered only by transparent plastic, and consequently receiving light from practically all directions, while within the forest the sun's rays are blocked by the canopy, full intensity light does not reach the seed bank, and therefore does not stimulate seedling germination and emergence.

Foi observado que 65,7% das sementes germinaram nos dois primeiros meses. A germinação das sementes do ecossistema de floresta primária foi a mais lenta, com as primeiras plântulas emergindo 11 dias após a transferência do banco de sementes para a casa de vegetação. Isso pode ser explicado em função da diferença na intensidade luminosa entre a casa de vegetação e o ambiente de ocorrência natural das sementes. Pois a casa de vegetação é coberta apenas por plástico transparente, recebendo luz de praticamente todas as direções, enquanto na floresta os raios solares são bloqueados pelas copas das árvores, não chegando até o banco de sementes e, portanto, não estimulando a germinação e emergência das plântulas.

Four species of the family Urticaceae were recorded in the seed bank, representing 32.65% of total (Table 2). Species of this family are often among the first to colonize altered neotropical ecosystems. Young trees may cover the soil rapidly, so playing an important ecological role, as they provide shade for the development of more shade-tolerant forest species in the newly-created understory (WILLIAMSON *et al.*, 2012; CORREIA; MARTINS, 2015).

Cecropia obtusa had the greatest number of germinating seeds in all three ecosystems, though numbers were highest in more disturbed habitats (Table 2). This is not unexpected, since species in the genus *Cecropia* generally have high soil seed densities, and are among the first to appear after a natural or anthropic disturbance. Similar results were reported by Quatz *et al.* (2012) from the municipality of Paragominas, where *C. obtusa* showed the highest number of individuals in the soil seed bank (mean, 189 individuals per m²).

Vismia guianensis was also one of the most abundant species in the three studied ecosystems (Table 2), a situation also reported by both Araújo *et al.* (2001) and Leal Filho *et al.* (2013), in eastern and western Brazilian Amazonia, respectively. This species is also common in abandoned pastures, where it often inhibits the establishment of other forest species (WILLIAMSON *et al.*, 2012).

For dispersion syndromes, 1,041 (67.8%) individuals were zoochorous, 348 (22.3%) were autochorous, 113 were barochorous (7.2%) and 57 (3.7%) were anemochorous (Table 2). According to Franco *et al.* (2012), the high proportion of zoochorous species in the initial phases of succession is important for maintaining dispersing animal species. However, since the reciprocal is also true, this result has interesting consequences as it underscores the need to preserve the fauna responsible for seed-dispersal, especially in more metropolitan areas, where such animals may be rarer than in more isolated and rural forests. In consequence, it is necessary to preserve not only the flora of a metropolitan forest, but also its fauna.

Variation in germinated seed density between studied ecosystems was significant ($p \leq 0.05$) (Table 3), with the primary forest having the highest density and greatest floristic diversity, as measured by the Shannon-Weaver index (Table 3).

Foram registradas quatro espécies da família Urticaceae no banco de sementes, o que representa 32,65% do total (Tabela 2). Espécies dessa família são as primeiras a se estabelecer em ecossistemas alterados, cobrindo rapidamente o solo e desempenhando, portanto, uma função ecológica importante, pois fornecem sombreamento para o desenvolvimento de espécies florestais no sub-bosque (WILLIAMSON *et al.*, 2012; CORREIA; MARTINS, 2015).

A *Cecropia obtusa* foi considerada a espécie com maior importância neste estudo, destacando-se o ecossistema de floresta em estágio inicial de sucessão e floresta primária, com maior e menor densidade, respectivamente (Tabela 2). Esses resultados eram esperados, pois espécies do gênero *Cecropia*, conhecidas vulgarmente como embaúbas, apresentam uma grande densidade de sementes no solo e são as primeiras a ocuparem a floresta após um distúrbio natural ou antrópico. Resultados semelhantes foram encontrados por Quatz *et al.* (2012) no município de Paragominas, onde *Cecropia obtusa* foi a que apresentou maior número de indivíduos no banco de sementes do solo (média de 189 indivíduos por m²).

A *Vismia guianensis* também foi uma das espécies mais abundantes nos três ecossistemas (Tabela 2), corroborando com os resultados encontrados por Araújo *et al.* (2001) e por Leal Filho *et al.* (2013), na Amazônia Oriental e Ocidental, respectivamente. Essa espécie, denominada vulgarmente em algumas regiões por “lacre”, é comum também em pastagens abandonadas, dificultando o estabelecimento de outras espécies florestais (WILLIAMSON *et al.*, 2012).

Quanto as síndromes de dispersão, 1.041 (67,8%) indivíduos foram zoocóricos, 348 (22,3%) autocóricos, 113 barocórico (7,2%) e 57 (3,7%) anemocóricos (Tabela 2). Segundo Franco *et al.* (2012), a maior quantidade de dispersão de sementes zoocórica é importante para a manutenção da fauna dispersora no início da regeneração da floresta, além de ser uma fonte de alimento. Esse resultado se mostra interessante por se tratar de uma região metropolitana, onde a presença de animais não é tão acentuada como em florestas mais isoladas, devendo-se, portanto, preservar não somente a flora, mas também a fauna.

Em relação à variável densidade de sementes germinadas entre os ecossistemas, verifica-se que ocorreu diferença significativa entre a densidade de sementes germinadas nos ecossistemas ($p \leq 0,05$) (Tabela 3). A floresta primária apresentou maior densidade e maior diversidade florística, de acordo com o índice de Shannon (Tabela 3).

Table 3 – Diversity of germinated seeds, Shannon-Weaver (H') Index and Pielou Equitability Index (J')**Tabela 3** - Densidade de sementes germinadas, índice de Shannon-Weaver (H') e Equilíbrio de Pielou (J')

Ecosystem	Density (m ²)	H'	J'
PF	93.5 ± 44.8 a	2.37	0.69
ESF	65.5 ± 34.9 ab	1.92	0.59
LSF	57.1 ± 36.2 b	2.18	0.63

Averages with standard deviation followed by the same letter do not differ statistically (Tukey Test, $p < 0.05$). PF = Primary forest; ESF = Early successional forest; LSF = Late successional forest.

Médias com desvio padrão seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). FP = Floresta primária; FIS = Floresta em estágio inicial de sucessão; FTS = Floresta em estágio tardio de sucessão.

The Shannon-Weaver index values (Table 3) are close to those reported by Araújo *et al.* (2001), who obtained 2.23; 1.90 and 1.12 for 6; 17 and 30 year-old forests, respectively. Longhi *et al.* (2005) consider that the greater species diversity in mature forests occurs because of the more equitable distribution of both individuals and species between the ecological groups, so increasing soil seed diversity. In the current study recorded seed density was lower than that reported by other studies carried out in the Amazonian biome (ARAÚJO *et al.*, 2001; LEAL FILHO *et al.*, 2013), which has negative implications for the speed of natural forest recovery following natural disturbances or anthropic disturbance in more urban situations (JOSÉ, GARCIA, 2015).

In general, seed density tends to decrease as forest succession progresses, as the pioneer species are gradually replaced by species that use a seedling bank, rather than a seed bank, as their survival strategy, so reducing the volume of seeds stored in the soil (HARPER, 1977).

The late successional stage forest ecosystem studied was dominated by trees, with shrubs as the second most common form. This contrasts with the early stage forest, where the inverse occurred (Figure 1). Leal Filho *et al.* (2013) also found the shrub life form (55.46%) as predominant, while Araújo *et al.* (2001) who recorded a greater number of arboreal individuals. The presence of other life forms, such as herbs, vines and grasses, is ecologically important, especially in ecosystems in the process of forest restoration, since this increases the complexity and number of interactions between floral and faunal ecosystem components (BRANCALION *et al.*, 2015; FERREIRA *et al.*, 2015).

In the primary forest, 31 species were recorded, 26 in early successional forest, and 32 in late successional forest (Figure 2). As a result of the maturity of this ecosystem, tree species were more predominant in the primary forest. This pattern observed in primary forest is due to the presence of a transient or temporary bank of tree species seeds, the short viability period of each (GARDWOOD, 1989) happening to coincide with the time of field sampling.

Os resultados para os valores de índice de Shannon-Weaver (Tabela 3) estão próximos aos encontrados por Araújo *et al.* (2001), que obtiveram 2,23; 1,90 e 1,12 para florestas de 6; 17 e 30 anos, respectivamente. Longhi *et al.* (2005) argumentam que a maior diversidade em florestas maduras ocorre pela maior distribuição dos indivíduos entre as espécies nos grupos ecológicos, aumentando a diversidade de sementes no solo. A densidade de sementes registrada neste estudo foi considerada inferior a outros trabalhos realizados no bioma Amazônico (ARAÚJO *et al.*, 2001; LEAL FILHO *et al.*, 2013), o que implica negativamente na velocidade do processo de restauração florestal em casos de distúrbios naturais ou antrópicos (JOSÉ; GARCIA, 2015).

A densidade de sementes tende a diminuir conforme o avanço sucessional da floresta, pois as espécies pioneiras passam a ser substituídas gradativamente por espécies secundárias iniciais e tardias que apresentam como estratégia de sobrevivência o banco de plântulas, diminuindo, desse modo, as sementes estocadas no solo (HARPER, 1977).

Nos ecossistemas de floresta primária e floresta em estágio tardio de sucessão, a forma de vida predominante foi arbórea, seguida de arbustiva, diferente da floresta em estágio inicial de sucessão, em que ocorreu o inverso, com predomínio da forma de vida arbustiva, seguida de arbórea (Figura 1). Leal Filho *et al.* (2013) também encontraram a forma de vida arbustiva (55,46%) como predominante, diferente de Araújo *et al.* (2001), que registraram maior quantidade de indivíduos arbóreos. A presença de outras formas de vida, como ervas, cipós e gramíneas, é importante, sobretudo em ecossistemas em processo de restauração florestal, pois aumenta a complexidade e interação dos componentes vegetais com a fauna silvestre (BRANCALION *et al.*, 2015; FERREIRA *et al.*, 2015).

Na floresta primária foram registradas 31 espécies, 26 na floresta em estágio inicial de sucessão e 32 na floresta em estágio tardio de sucessão (Figura 2), sendo que o predomínio de espécies arbóreas foi maior na floresta primária devido à maturidade desse ecossistema. Esse padrão que ocorre na floresta primária pode ser explicado pela presença de banco de sementes transitório ou temporário de espécies arbóreas, com período de viabilidade curto (GARDWOOD, 1989), coincidindo assim com o período de coletas das amostras em campo.

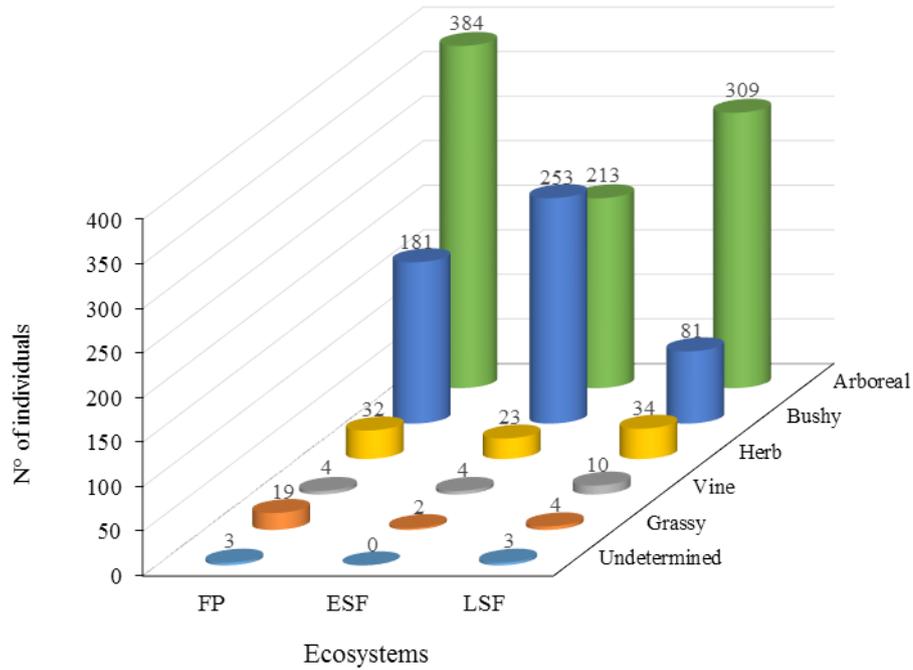


Figure 1 – Number of individuals recorded from the three studied ecosystems, organized by growth form. PF = Primary forest; ESF = Early successional forest; LSF = Late successional forest.

Figura 1 - Número de indivíduos catalogados de acordo com o hábito de vida nos ecossistemas estudados. FP = Floresta primária; FIS = Floresta em estágio inicial de sucessão; FTS = Floresta em estágio tardio de sucessão.

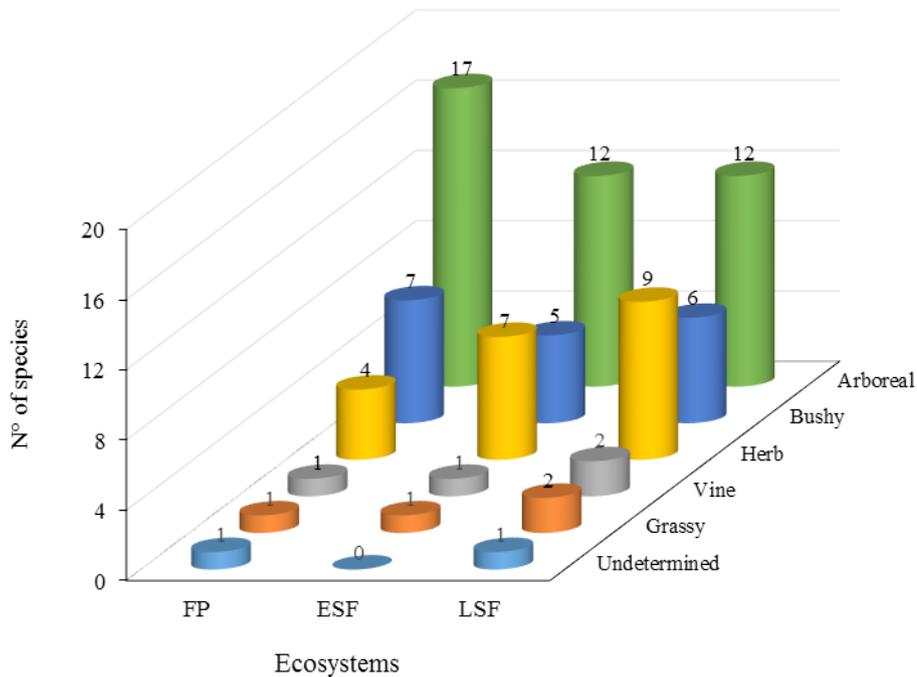


Figure 2 - Number of species recorded from the three studied ecosystems, organized by growth form. PF = Primary forest; ESF = Early successional forest; LSF = Late successional forest.

Figura 2 - Número de espécies encontradas de acordo com o hábito de vida nos ecossistemas estudados. FP = Floresta primária; FSI = Floresta em estágio inicial de sucessão; FST = Floresta em estágio tardio de sucessão.

For all three ecosystems, the greater number of individuals in the seed bank belonged to the pioneer ecological group: 289 individuals (93.2%) in primary forest, 88.7% (288 individuals) in late successional stage forest, and 188 (75.06%) for early successional forest (Figure 3). These results show that all three ecosystems are disturbed by human activities. The individuals in the ecological group species characteristic of early secondary growth were most common in primary forest (89, 23.12%), while the climax species occurred only in LSF and PF ecosystems and even there were uncommon (Figure 3).

The greater number of individuals of pioneer species in the primary forest is an indicator of natural or anthropic impact, most likely resulting from disturbance caused by tree-fall clearings, features that, regionally, are naturally common after the rainy season or as a result of anthropic intervention.

According to Neto *et al.* (2010), a high number of pioneer individuals indicates that, in a few years, the vegetation will be replaced by other species characteristic of more advanced successional stages. However, according to the authors, if late secondary species are absent, this process may stagnate, indicating the need for enrichment planting to guarantee the reestablishment of species that originally occurred at a site.

No banco de sementes foi encontrado maior número de indivíduos pertencente ao grupo ecológico das pioneiras nos três ecossistemas, consistindo em 289 indivíduos (93,2%) na floresta primária, seguido da floresta em estágio tardio de sucessão, com 288 indivíduos (88,7%), e floresta em estágio inicial de sucessão, com 188 (75,06%) (Figura 3). Esses resultados mostram que ambos os ecossistemas estão perturbados pelas ações humanas. Os indivíduos do grupo ecológico das secundárias iniciais obtiveram maior quantidade na floresta primária com 89 (23,12%), enquanto que as climáticas apresentaram menor porcentagem de indivíduos nos três ecossistemas em estudo (Figura 3).

O maior número de indivíduos das espécies pioneiras na floresta primária é um indicador de distúrbio natural ou antrópico, ocasionado pela abertura de clareiras por queda natural das árvores, o que é comum após o período chuvoso na região, ou por intervenção antrópica.

De acordo com Neto *et al.* (2010), a maior quantidade de indivíduos pioneiros demonstra que em poucos anos a vegetação será substituída por outras espécies de estágios mais avançados de sucessão. Entretanto, ainda segundo os autores, devido à ausência de espécies secundárias tardias, esse processo pode ser estagnado, o que revela a necessidade de plantios de enriquecimento de forma a garantir o restabelecimento de espécies que ocorriam originalmente no local.

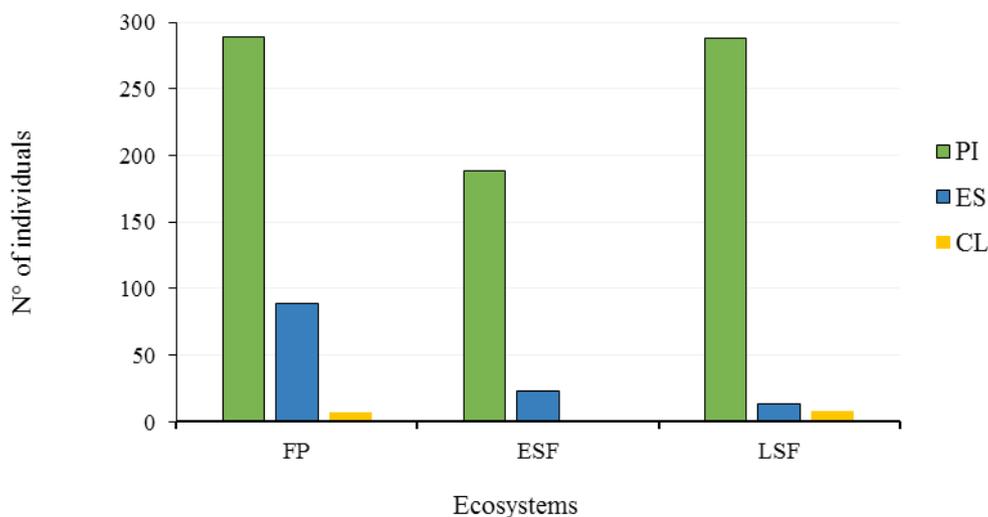


Figure 3 - Number of germinating individuals recorded from the three studied ecosystems, organized by ecological group. PI = Pioneer; ES = Early Secondary; CL = Climax; PF = Primary forest; ESF = Early successional forest; LSF = Late successional forest.

Figura 3 - Número de indivíduos que germinaram de acordo com o grupo ecológico a que pertencem. PI = Pioneira, SI = Secundária Inicial e, CL = Clímax. FP = Floresta primária; FIS = Floresta em estágio inicial de sucessão; FTS = Floresta em estágio tardio de sucessão.

Overall, the seed bank consists mainly of individuals of forest species from the pioneer ecological group. However, such species are gradually replaced by long-lived species or those with extended life cycles (LOUGHY *et al.*, 2005). For Dalling (2002), the presence of pioneer species in the seed bank occurs due to their extended viability and voluminous seed production, as well as efficient dispersion mechanisms.

CONCLUSIONS

The primary forest and the forest at early succession stage had greater seed bank densities, supporting the hypothesis that ecosystems at the initial stage of succession have high seed bank densities. In general, most of the species that germinated were from the ecological group of the pioneers;

The primary forest showed a greater diversity of species with arboreal growth habits, with predominantly zoocoric dispersion syndrome.

AGRADECIMENTOS

To the National Council of Scientific and Technological Development (CNPq) for the grant of masters scholarship the first author. To the Laboratory for Management of Ecosystems and Hydrographic Basins (LABECOS) for all logistic support for the execution of the work.

O banco de sementes é constituído principalmente por indivíduos de espécies florestais do grupo ecológico das pioneiras. No entanto, essas espécies passam a ser substituídas gradativamente por espécies longevas ou de ciclo de vida longo (LOUGHY *et al.* 2005). Para Dalling (2002), a presença de espécies pioneiras no banco de sementes ocorre devido à longa viabilidade e à grande produção de sementes, além de mecanismos eficientes de dispersão.

CONCLUSÕES

A floresta primária e a floresta em estágio inicial de sucessão apresentaram maior densidade de sementes. Assim, a hipótese de que o ecossistema em fase inicial de sucessão apresenta maior densidade é verdadeira. De modo geral, a maioria das espécies que germinaram foi do grupo ecológico das pioneiras;

A floresta primária apresentou maior diversidade de espécies de hábito arbóreo, com síndrome de dispersão predominantemente zoocórica.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de mestrado a primeira autora. Ao Laboratório de Manejo de Ecossistemas e Bacias Hidrográficas (LABECOS) por todo suporte logístico para execução do trabalho.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

AMARAL, D. D.; VIEIRA, I. C. G.; ALMEIDA, S. S.; SALOMÃO, R. P.; SILVA, A. S. L.; JARDIM, M. A. G. Checklist da flora arbórea de remanescentes florestais da região metropolitana de Belém e valor histórico dos fragmentos, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciência Natural**, v. 4, n. 3, p. 231-289, 2009.

ARAÚJO, M. M.; OLIVEIRA, F. A.; VIEIRA, I. C. G.; BARROS, P. L. C.; LIMA, C. A. T. Densidade e composição florística do solo de florestas sucessionais na região do Baixo Rio Guamá, Amazônia Oriental. **Scientia Forestalis**, n. 59, p. 115-130, 2001.

BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração florestal**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 428p.

CHAZDON, R. L. Regeneração de florestas tropicais. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais**, v. 7, n. 6, p. 195-218, 2012.

CHAZDON, R. L. **Renascimento de florestas: regeneração na era do desmatamento**. Viçosa: Oficina de Textos, 2016. 432p.

CORREIA, G. G. S.; MARTINS, S. V. Banco de sementes do solo de Floresta Restaurada, Reserva Natural Vale, ES. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1 p. 79-87, 2015.

BAHIA, V. E.; LUIZ, J. G.; LEAL, L. R. B.; FENZL, N.; MORALES, G. P. Diagnóstico sobre contaminação das águas subterrâneas na área do Parque Estadual do Utinga, Belém - PA, pelos métodos elétrico e eletromagnético. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 29, n. 4, p. 1-18, 2011.

- DALLING, J. W. Ecología de semillas. In: GUARIGUATA, M. R.; KATTAN, G. H. **Ecología y conservación de bosques neotropicales**. Cartago: Libro Universitario Regional, 2002. Cap.2. p. 345-375.
- DOUH, C.; DAÏNOU, K.; LOUMET, J. J.; FAYOLLE, A.; DOUCET, J-L. Explorer la banque de graines du sol pour mieux comprendre la dynamique de régénération des forêts tropicales africaines (synthèse bibliographique). **Biotechnology, Agronomy, Society and Environment**, v. 18, n. 4, p. 558-565, 2014.
- FERREIRA, M. C.; WALTER, B. M. T.; VIEIRA, D. L. M. Topsoil translocation for brazilian savana restoration: propagation of herbs, shrubs, and trees. **Restoration Ecology**, v. 23, n. 6, p. 723-728, 2015.
- FRANCO B. K. S, MARTINS, S. V, FARIA, P. C. L, RIBEIRO, G. A. Densidade e composição florística do banco de sementes de um trecho de floresta estacional semidecidual no campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. **Revista Árvore**, n. 3, v. 36, p. 423-432. 2012.
- FONT QUER, P. Dicionário de Botânica. Barcelona. Labor. P. 1244. 1989.
- GARDWOOD, N. C. Tropical soil seed banks: a review. In: LECK, M.; PARKER, V.; SIMPSON, R. **Ecology of soil seed banks**. San Diego: Academic Press, Cap. 9, 149-209, 1989.
- HARPER, J. L. **Population biology of plants**. London: Academic Press, 1977. 892p.
- HAVRDOVÁ, A.; DOUDA, J.; DOUDOVÁ, J. Local topography affects seed bank successional patterns in alluvial meadows. **Flora**, v. 217, p. 155-163, 2015.
- JACQUEMYN, H.; MECHELEN, C. V.; BRYNS, R.; HONNAY, O. Management effects on the vegetation and soil seed bank of calcareous grasslands: An 11-year experiment. **Biological Conservation**, v. 144, n. 1, p. 416-422, 2011.
- JOSÉ, A. C.; GARCIA, P. O. Estudo do banco de sementes nos processos de restauração ecológica. In: DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. **Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais**. Lavras: UFLA, 2015, Cap. 7. p.325-368.
- KASSAHUN, A.; SNYMAN, H. A.; SMIT, G. N. Soil seed bank evaluation along a degradation gradient in arid rangelands of the Somali region, eastern Ethiopia. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 129, n. 4, p.428-436, 2009.
- KAUANO, E. E.; CARDOSO, F. C. G.; TOREZAN, J. M. D.; MARQUES, M. C. M. Micro- and meso-scale factors affect the restoration of Atlantic Forest. **Natureza & Conservação**, v. 11, n. 2, p. 145-151, 2013.
- LEAL FILHO, N.; SENA, J. S.; SANTOS, G. R. Variações espaço-temporais no estoque de sementes do solo na floresta amazônica. **Acta amazonica**, v. 43, n. 3, p. 305-314, 2013.
- LONGHI, J. S.; BRUN, E. J.; OLIVEIRA, D. M.; FIALHO, L. E. B.; WOJCIECHOWSKI, J. C.; VACCARO, S. Banco de sementes do solo em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual em Santa Tereza, RS. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 4, p. 359-370, 2005.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**, v.2. 1 ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 1998. 352p.
- LU, H. F.; WANG, Z. H.; CAMPBELL, D. E.; REN, H.; WANG, J. Emergy and eco-exergy evaluation of four forest restoration modes in southeast China. **Ecological Engineering**, v. 37, n. 2, p. 277-285. 2010.
- MA, H.; YANG, H.; LIANG, Z.; OOI, M. K. J. Effects of 10-year management regimes on the soil seed bank in Saline-Alkaline Grassland. **Plos One**, v. 10, n. 4, p. 1-17, 2015.
- MARTINS, S. V.; ALMEIDA, D. P.; FERNANDES, L. V.; RIBEIRO, T. M. Banco de sementes como indicador de restauração de uma área degradada por mineração de caulim em Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, v. 32, n. 6, p. 1081-1088, 2008.
- NETO, M. A.; KUNZ, S. H.; MARTINS, S. V.; SILVA, A. S. A.; SILVA, D. A. Transposição do banco de sementes do solo como metodologia de restauração florestal de pastagem abandonada em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 34, n. 6, p. 1035-1043, 2010.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434p.
- PIJL, V.D.L. Principles of dispersal in higher plants. 3 ed. Springer Verlag, New York. 1982. 402p.
- PIRES, J. M.; SALOMÃO, R. P. Dinâmica da diversidade arbórea de um Fragmento de Floresta Tropical Primária na Amazônia Oriental - 1. Período: 1956 a 1992. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica**, v. 16, n. 1, p. 63-110, 2000.

QUATZ, B.; CARVALHO, J. O. P.; ARAUJO, M. M.; FRANCEZ, L. M. B.; SILVA, U. S. C.; PINHEIRO, K. A. O. Exploração florestal de impacto reduzido não afeta a florística do banco de sementes do solo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 55, n. 3, p. 204-211, 2012.

SILVA JÚNIOR, J. A.; COSTA, A. C. L.; PEZZUTI, J. C. B.; COSTA, R. F.; GALBRAITH, D. Análise da Distribuição Espacial do Conforto Térmico na Cidade de Belém, PA no Período Menos Chuvoso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 2, p. 218-232, 2012.

SILVA JÚNIOR, J. A.; COSTA, A. C. L.; PEZZUTI, J. C. B.; COSTA, R. F. Variabilidade espacial do conforto térmico e a segregação social do espaço urbano na cidade de Belém, PA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 4, p. 419-428, 2013.

WILLIAMSON, G. B.; BENTOS, T. V.; LONGWORTH, J. B.; MESQUITA, R. C. G. Convergence and divergence in alternative successional pathways in Central Amazonia. **Plant Ecology & Diversity**, v. 7, n. 1, p. 1-8, 2012.