



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Florística de Espécies Ocorrentes em Área sob Influência de Mineração de Bauxita na Amazônia, Paragominas, Brasil

Matheus Marques Bitencourt^{1*}, Fabiane Barral Sampaio², João Paulo da Silva Reis³, Marlúcia Bonifácio Martins⁴, & Roberta Macedo Cerqueira⁵

¹Biólogo. Mestre. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Av. Júlio César, 7060, CEP 66617-420, Belém (PA), Brasil. matheusmbitencourt98@gmail.com. ORCID 0000-0002-1767-6512

²Bióloga. Mestranda. Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa, 1, CEP 66.075-110, Belém (PA), Brasil. fabianebsampaio@gmail.com. ORCID 0009-0005-1788-2411

³Biólogo. Mestrando. Programa de Pós-graduação em Botânica Tropical, Convênio Museu Paraense Emílio Goeldi e Universidade Federal Rural da Amazônia, Estr. Principal da Ufra, 2150 - Curió-Utinga, Belém - PA, Belém (PA), Brasil. pauloreisj0@gmail.com. ORCID 0009-0007-3547-8265

⁴Bióloga. Doutora. Pesquisadora Titular da Coordenação de Zoologia, Museu Paraense Emílio Goeldi, Avenida Gov. Magalhães Barata, 376, CP 399, CEP 66040-170, Belém (PA), Brasil. marlucia@museu-goeldi.br. ORCID 0000-0003-4171-909X

⁵Ecóloga. Doutora. Professora Adjunta II do Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa, 1, CEP 66.075-110, Belém (PA), Brasil. romacer30@gmail.com. ORCID 0000-0002-5976-7228

*Autor correspondente

Artigo recebido em 23/07/2024 e aceito em 20/02/2025

RESUMO

A região amazônica é conhecida pela grande diversidade florística. Isso deve-se, entre outras razões, aos variados fatores ambientais que promovem diversas associações entre os componentes bióticos de cada ecossistema. A floresta densa de terra firme é a tipologia vegetal mais presente nessa região, ocorrendo em áreas mais altas do relevo. A mineração é uma das atividades antrópicas que mais alteram os ecossistemas, devido à retirada das camadas superficiais do solo, o que leva à supressão de vegetação e outros. Nosso objetivo foi fazer um levantamento florístico nas áreas de influência de mineração de bauxita, amostrando espécies vegetais em as áreas de Floresta Natural (FN) e de Regeneração Natural (RN) em Programas de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) de propriedade da empresa Hydro, no município de Paragominas, Pará. Na área de influência de mineração de bauxita encontramos 453 espécies, distribuídas em 261 gêneros e 84 famílias. Desse total, 323 espécies foram encontradas em áreas de FN, 83 em áreas de RN, 17 em ambas as áreas. As áreas de RN ainda estão em processo de formação, portanto, contém menor riqueza de espécies e, consequentemente, menos espécies vegetais do que em áreas de floresta natural. O gênero mais diverso foi *Pouteria*, com 17 espécies, seguido por *Inga* (14), *Protium* (14) e *Solanum* (7). Levantamentos de florística são extremamente importantes, seja para o conhecimento da biodiversidade local, seja para processos de regeneração mais eficientes à diversidade natural.

Palavras-chaves: Regeneração Natural, Restauração, *Pouteria*, *Solanum*.

Floristics of Species Occurring in an Area Influenced by Bauxite Mining in the Amazon, Paragominas, Brazil

ABSTRACT

The Amazon region is known for its great floristic diversity. This is due, among other reasons, to the various environmental factors that promote diverse associations between the biotic components of each ecosystem. The dense terra firme forest is the most common plant type in this region, occurring in higher areas of the relief. Mining is one of the human activities that most alters ecosystems, due to the removal of the surface layers of the soil, which leads to the suppression of vegetation and other factors. Our objective was to conduct a floristic survey in the areas influenced by bauxite mining, sampling plant species in the areas of Natural Forest (FN) and Natural Regeneration (RN) in Degraded Area Recovery Programs (PRAD) owned by the company Hydro, in the municipality of Paragominas, Pará. In the area influenced by bauxite mining, we found 453 species, distributed in 261 genera and 84 families. Of this total, 323 species were found in FN areas, 83 in RN areas, and 17 in both areas. The RN areas are still in the process of formation, therefore,

they contain less species richness and, consequently, fewer plant species than in natural forest areas. The most diverse genus was *Pouteria*, with 17 species, followed by *Inga* (14), *Protium* (14) and *Solanum* (7). Floristic surveys are extremely important, both for knowledge of local biodiversity and for more efficient regeneration processes of natural diversity.
Keywords: Natural Regeneration, Restoration, *Pouteria*, *Solanum*.

Introdução

A região amazônica é caracterizada por uma série contínua de formações vegetais que são distintas floristicamente, resultado de fatores ambientais variados que promovem diferentes associações entre os componentes bióticos de cada ecossistema (Giles et al., 2024; Pimentel et al., 2023; Stouffer & Rutt, 2025). Essa diversidade de condições ambientais sustenta uma flora excepcionalmente rica e complexa (Ferreira et al., 2023; Neto et al., 2023; Silva et al., 2024), com destaque para a Floresta Ombrófila Densa e suas faciações, as tipologias vegetais mais predominantes na região, que ocorrem em áreas elevadas do relevo (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2012; Pimentel et al., 2023). No entanto, essa biodiversidade está sob grave ameaça, devido ao aumento acelerado do desmatamento e outras perturbações antrópicas (Torres-Amaral et al., 2024).

Entre 2019 e 2020, a taxa de desmatamento na Amazônia cresceu 9,5% (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais [INPE], 2020), resultando não apenas na perda de biodiversidade (Torres-Amaral et al., 2024), mas também em impactos negativos no ciclo hidrológico, nos serviços ecossistêmicos, que podem afetar outras regiões da América do Sul (Zemp et al., 2014), gerando resultados negativos em vários setores, como o econômico (Norris et al. 2022).

Dentre as atividades humanas que mais contribuem para a degradação ambiental na Amazônia, a mineração se destaca por causar alterações irreversíveis no solo, na vegetação e nos recursos hídricos (Doria et al., 2023). A extração de bauxita, em particular, envolve a remoção das camadas superficiais do solo, a supressão da vegetação e a alteração da hidrologia local, além de gerar poluição do ar e da água (Fernandes et al., 2025; Ribeiro et al., 2023). Esses impactos reduzem drasticamente a atividade biológica do solo e comprometem sua capacidade de regeneração (Barbosa et al., 2022; Carneiro et al., 2008), criando um desafio significativo para a recuperação dessas áreas.

Nesse contexto, a empresa Hydro, líder na produção de alumínio primário e reciclagem, atua na mineração de bauxita em Paragominas, Pará. Em sua área de 18.763,98 hectares, a empresa mantém 3.246,9 hectares como reserva legal e

2.486,4 hectares em processo de recuperação pós-mineração (Hydro, 2021). Essas áreas foram submetidas à extração seletiva de madeira e corte raso antes do início das operações de mineração em 2007. Atualmente, a empresa utiliza três técnicas de restauração: plantio direto, nucleação e regeneração natural. Este estudo foca na regeneração natural, método no qual as áreas exploradas são cobertas com solo e isoladas para regeneração sem intervenção humana direta (Cerqueira et al., 2022; Martins et al., 2018).

Para minimizar os impactos na flora e na fauna, as empresas mineradoras devem elaborar o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), com o objetivo de recuperar as áreas afetadas após a extração do minério (Sánchez, 2010), utilizando levantamentos florísticos de bases na escolha das espécies que já ocupavam a área antes da supressão (Fernandes et al., 2023). A realização do levantamento florístico na área antes da implantação do empreendimento e após a implantação do PRAD visa a recuperação ao máximo possível das características florísticas e estruturais da área suprimida, assim como o monitoramento contínuo dessas espécies, maior efetividade no sistema de restauração e das ações de cuidado (Fernandes et al., 2023; Fonseca et al. 2024).

Levantamento florísticos visam contribuir com o entendimento da diversidade da flora em cada área, fornecendo informações de base para estudos ecológicos, taxonômicos e etnobotânicos (Barbosa et al., 2022; Chaves & Lima, 2024; Pimentel et al. 2023). Contribuem também para o aprimoramento das informações de distribuição e conservação dessas espécies, para o embasamento de estratégias de recuperação e definição de áreas prioritárias para preservação e a dispersão das populações (Chaves & Lima, 2024).

Áreas que sofreram perturbações menos intensas tendem a apresentar uma biodiversidade mais próxima daquela encontrada em áreas de floresta, quando restauradas pelo sistema de regeneração natural (Latawiec et al., 2016). Embora possua uma matriz circundante de vegetação nativa, áreas com sistema de restauração por regeneração natural pós mineração de bauxita possuem um imenso desafio para recomposição de suas espécies, considerando a intensidade da perturbação e alteração ambiental ocasionada na

paisagem local (Fernandes et al., 2025). O solo dessas áreas apresenta textura, composição e hidrologia alteradas (König et al., 2023), o que interfere diretamente no processo sucessional e no estabelecimento das espécies vegetais ao longo do tempo.

Diante deste cenário, nossa hipótese é que a riqueza florística seja maior nas áreas de Floresta Natural (FN) em comparação com as áreas de Regeneração Natural (RN), devido à maior complexidade e estabilidade do ecossistema nativo, que se encontra em estágios mais avançados de sucessão ecológica. Além disso, esperamos que as áreas em regeneração natural apresentem um conjunto distinto de táxons do apresentado na floresta natural, com predominância de espécies pioneiras e de crescimento rápido, adaptadas a condições ambientais mais instáveis, como os rejeitos da mineração e um solo pobre em minerais e biodiversidade. Quanto ao hábito das espécies, acreditamos que as áreas de FN serão dominadas por espécies arbóreas e palmeiras, enquanto as áreas de RN terão maior representatividade de ervas e arbustos, refletindo um estágio sucessional inicial, assim como o tempo (período) em que estas áreas estão em processo de regeneração. Estas diferenças na composição florística e na estrutura da vegetação podem fornecer insights valiosos sobre a eficácia da regeneração natural na restauração de ecossistemas degradados pela mineração, fornecendo um arcabouço teórico para melhorias e adaptações nos sistemas implantados pelas empresas mineradoras na Amazônia brasileira.

O objetivo deste trabalho é inventariar a riqueza florística das espécies vegetais nas áreas de influência da mineração de bauxita, amostrando a riqueza florística em áreas de FN e em áreas de RN, inseridas no Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) da empresa Hydro, localizadas no município de Paragominas, estado do Pará. Como objetivos específicos, buscamos: i) avaliar a diferença na riqueza florística entre os dois ambientes amostrados (FN e RN); ii) verificar

quais táxons são mais representativos nas áreas de FN e RN; e iii) analisar a representatividade de cada hábito vegetal nos ambientes estudados, relacionando-os ao estado de preservação de cada ambiente.

Material e Métodos

Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada no município de Paragominas, nordeste do estado do Pará, em uma propriedade que pertence à empresa Hydro, que tem como principal atividade econômica a extração de bauxita (Figura 1). Localiza-se no platô Miltônia 3 em latitude aproximada 02°59'45"S e longitude de 47°21'10"W, distante 70 km da sede do município (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2015). O clima predominante na região, segundo a classificação de Köppen-geiger, é do tipo quente úmido (Aw), com estações chuvosas e secas. A temperatura média anual é de 26,3 °C e umidade relativa do ar em torno de 81%, com precipitação média anual de 1.800 milímetros, sendo os meses de dezembro a maio os mais chuvosos, e de junho a novembro os mais secos (Pinto et al., 2009). Os solos predominantes no município são classificados como Latossolo Amarelo, Argissolo Amarelo, Plintossolo, Gleissolo e Neossolo com baixa concentração de cálcio, magnésio, fósforo, nitrogênio e alta saturação de alumínio (Rodrigues et al., 2003).

Levantamento Florístico

A coleta de dados foi realizada do ano de 2018 até o ano de 2022, com intervalo apenas nos anos de 2020 e 2021, devido a pandemia do coronavírus. Foram estudados dois tipos de ambientes distintos: um ambiente em floresta natural, com vegetação secundária, que já sofreu interferência antrópica e corte raso de espécies madeireiras (FN); e um ambiente em restauração, onde após a retirada da bauxita e reconstrução da paisagem, o sistema de restauração através da regeneração natural foi conduzido desde o ano de 2014 até o presente (RN).

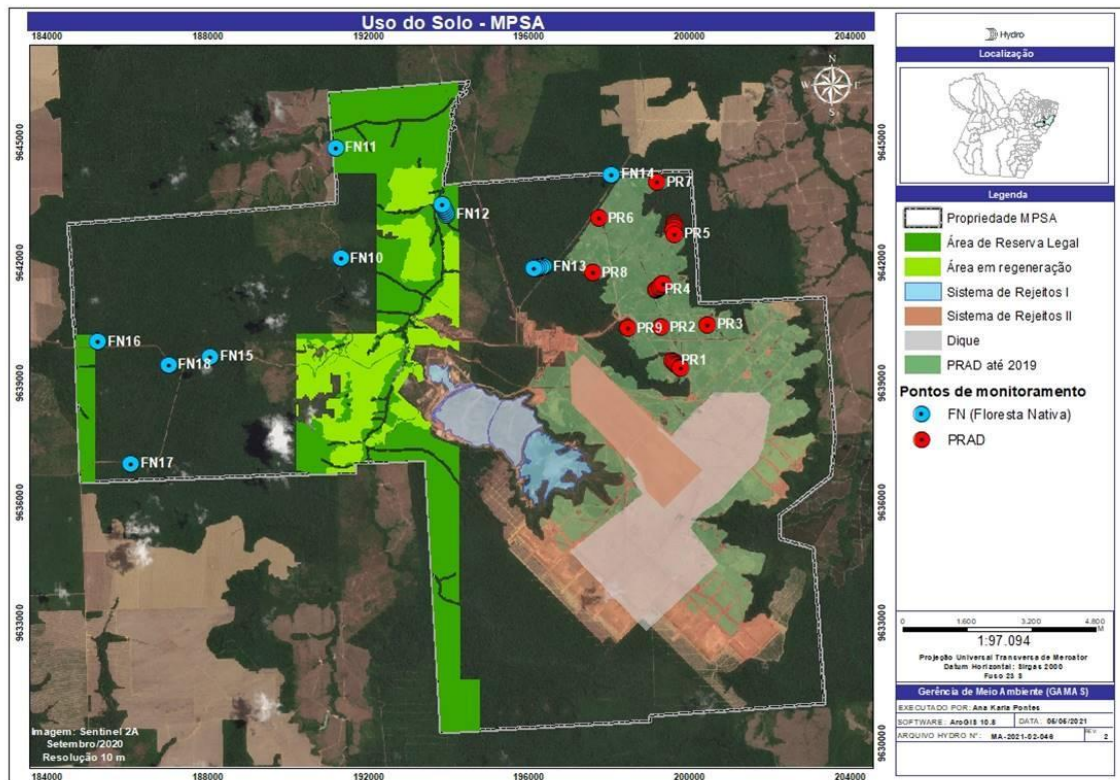


Figura 1: Localização da propriedade pertencente à empresa Hydro, no município de Paragominas, nordeste do estado do Pará.

Algumas espécies foram coletadas por equipes de projetos parceiros dentro das áreas estudadas, mas não tiveram sua localização exata anotada e não foram classificadas quanto à localidade (FN ou RN).

A identificação botânica foi realizada em campo, com auxílio de pesquisadores do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e pesquisadores da Universidade Federal do Pará (UFPA). Os resultados da fitossociologia estão publicados em Cerqueira et al. (2021; 2022). As espécies do levantamento florístico foram todas coletadas para posterior identificação e inclusão em acervo na Universidade Federal do Pará (Herbário HF Profa. Normélia Vasconcelos). As espécies que não puderam ser identificadas diretamente por chaves de identificação foram levadas para comparação com material depositado no herbário “João Murça Pires” no MPEG. A atualização taxonômica das espécies e de seus autores ocorreu mediante consulta ao banco de dados do Missouri Botanical Garden (2020), a Lista de Espécies da Flora e Funga do Brasil (2024) e a organização sistemática das famílias ocorreu de acordo com APG IV (2017) para as angiospermas.

Resultados e Discussão

Na área de influência de mineração de bauxita encontramos 453 espécies (RN e FN),

distribuídas em 261 gêneros e 84 famílias (Tabela 1; Figuras 2, 3, 4 e 5). Desse total, 323 espécies foram encontradas apenas em áreas de FN, 83 espécies somente em áreas de RN, 17 espécies em ambas as áreas e 47 espécies não tiveram a localidade identificada (Figura 2). Essa alta riqueza de espécies vegetais corrobora outros resultados encontrados em florestas de terra firme da amazônia, sugerindo que essa seja uma característica comum em ambientes florestais, também conhecidos como florestas de platô e vertente (Ferreira et al., 2023; Lau et al., 2020; Lima et al., 2018; Pimentel et al., 2024).

A maior riqueza de espécies nas áreas de FN em relação às áreas RN já era esperada, uma vez que a RN ainda está em processo de reestruturação do solo e vegetação, consequentemente, possui um menor número de espécies vegetais (Figura 2). A mineração, ao remover todas as espécies e camadas do solo, destrói habitats inteiros (Talukder et al., 2024). A deposição de material inerte (rejeito) seguida pela cobertura com *topsoil* para recompor a paisagem e a biodiversidade cria ambientes de baixa resiliência, que precisam ser regenerados do zero (Talukder et al., 2024). A regeneração natural é uma solução eficaz e baseada na natureza para ajudar na recuperação na rápida recuperação da riqueza de espécies, juntamente com a rápida

recuperação da biomassa existente (Chazdon et al., 2023). Em média, são necessárias cinco décadas para recuperar totalmente a riqueza de espécies nas florestas neotropicais, e vários séculos para a recomposição das espécies, sem considerarmos a inclusão das espécies raras (Elsy et al., 2024; Rozendaal et al., 2019), possibilitando a recuperação de todos os serviços ecossistêmicos, dinâmica e conformação de floresta madura.

Tabela 1: Lista das espécies encontradas nas áreas de influência da mineração de bauxita em Paragominas, Pará, Brasil. *espécies cujo local específico não foi anotado no momento da coleta.

As famílias mais ricas na área de estudo foram Fabaceae Lindl., com 80 espécies; Sapotaceae Juss., com 28 espécies; e Rubiaceae Juss., com 19 espécies. Juntas, essas três famílias correspondem a aproximadamente 28% da riqueza de espécies no local ($n = 127$) (Figura 6). As famílias Fabaceae e Sapotaceae são citadas frequentemente como algumas das famílias mais diversas em estudos de florística em áreas de floresta de Terra Firme na Amazônia (Ferreira et al., 2023; Lau et al., 2020; Neto et al., 2023; Pimentel et al., 2024).

Nas áreas de FN, as famílias mais ricas foram Fabaceae (62 espécies), Sapotaceae (27 espécies) e Burseraceae Kunth (14 espécies), representando 30,29% da riqueza da FN e 22,73% da riqueza de toda área de estudo (FN e RN). Nas áreas de RN, as famílias mais ricas foram: Fabaceae (11 espécies), Rubiaceae Juss., Poaceae Barnhart e Asteraceae Bercht. & J. Presl (sete espécies cada) e Solanaceae A.Juss. (seis espécies), o que representa 45,78% da riqueza das áreas de RN e 8,39% da riqueza de toda área de estudo (FN e RN).

Fabaceae é a família mais rica em ambas as áreas (Figura 7), o que pode indicar sua capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais. Os levantamentos florísticos em

florestas de terra firme da Amazônia comumente mostram a dominância de riqueza da família Fabaceae em suas amostragens. Neste comparativo citam-se trabalhos como o de Batista et al. (2015) na Floresta Estadual (FLOTA) do Amapá, que encontrou 4.030 indivíduos, pertencentes a 37 famílias, 118 gêneros e 201 espécies, onde a família com maior número de espécies foi Fabaceae (46 espécies) correspondendo a 22,88% do total; Andrade et al., (2017) na Floresta sul-ocidental da Amazônia de Rondônia (28 espécies); Santos et al. (2017) na FLOTA do Amapá no município de Calçoene (17 espécies); Lima et al. (2018) na Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Uacari no Amazonas (25 espécies); Lau et al. (2020) no Bosque Rodrigues Alves em Belém no Pará (66 espécies); Cerqueira et al. (2021) no município de Paragominas no Pará (59 espécies); e Pimentel et al. (2024) no Parque Ecológico de Gunma no Pará (18 espécies).

Sendo uma das maiores famílias entre as angiospermas, Fabaceae tem cerca de 750 gêneros e 19.500 espécies, com ampla distribuição mundial, incluindo todo o território brasileiro (Azani et al., 2017; Flora e Funga do Brasil, 2024; Souza & Lorenzi, 2019). É frequentemente citada como uma família de alta riqueza devido às vantagens competitivas de suas espécies na comunidade vegetal. Essas vantagens incluem associações simbióticas com fungos micorrízicos e rizóbios, que melhoram a competitividade por água e nutrientes, sendo as principais responsáveis pela entrada do Nitrogênio nos ecossistemas terrestres. Também apresentam uma grande variedade de formas de vida (ervas, árvores, arbustos, lianas e plantas aquáticas) e na morfologia de suas estruturas, portanto, ocupam uma ampla diversidade de habitats, incluindo todos os domínios fitogeográficos do Brasil. Cerca de 50% das espécies são endêmicas do país e possuem seu centro de diversidade na Amazônia brasileira (Costa & Almeida, 2020; Flora e Funga do Brasil, 2024; Lima et al., 2021).

Família/Espécie	Forma de Vida	FN	PRAD
ACANTHACEAE			
<i>Mendoncia hoffmannseggiana</i> Nees	Liana	*	*
ANACARDIACEAE			
<i>Anacardium giganteum</i> W. Hancock ex Engl.	Árvore	X	-
<i>Anacardium parvifolium</i> Ducke	Arbusto/Árvore	X	-
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	Árvore	X	-
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Árvore	X	-
<i>Astronium urundeuva</i> (M.Allemão) Engl.	Árvore	*	*
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Árvore	X	-
<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.	Árvore	X	-
ANNONACEAE			
<i>Anaxagorea dolichocarpa</i> Sprague & Sandwith	Árvore	X	-
<i>Annona exsucca</i> DC. ex Dunal	Árvore	X	X
<i>Annona paludosa</i> Aubl.	Árvore	-	X
<i>Duguetia echinophora</i> R.E. Fr.	Árvore	X	-
<i>Duguetia riparia</i> Huber	Árvore	X	-
<i>Duguetia stelechantha</i> (Diels) R.E. Fr.	Árvore	X	-
<i>Fusaea longifolia</i> (Aubl.) Saff.	Árvore	X	-
<i>Guatteria punctata</i> (Aubl.) R.A. Howard	Árvore	X	-
<i>Guatteria schomburgkiana</i> Mart.	Arbusto/Árvore	X	-
<i>Xylopia nitida</i> Dunnal	Árvore	X	-
APOCYNACEAE			
<i>Ambelania acida</i> Aubl.	Árvore	X	-
<i>Aspidosperma album</i> (Vahl) Benoist ex Pichon	Árvore	X	-
<i>Aspidosperma auriculatum</i> Markgr.	Árvore	X	-

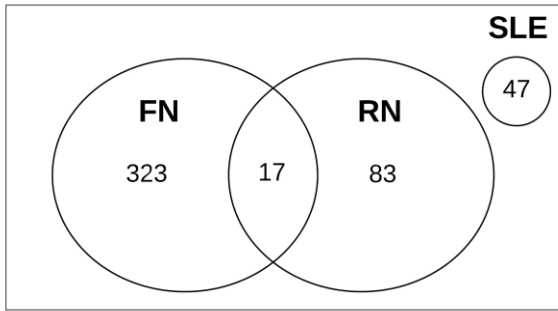


Figura 2: Diagrama de Venn apresentando o quantitativo de espécies nas áreas de influência da mineração de bauxita em Paragominas, Pará, Brasil: FN = Floresta Natural, RN = Regeneração Natural, SLE = Sem Localização Específica.

Espécies "localmente raras", definidas como aquelas encontradas na amostragem com apenas um indivíduo (Hordijk et al., 2024), são frequentes em estudos florísticos e fitossociológicos na Amazônia, representando geralmente entre 30% e 55% da comunidade total em um hectare (Dionísio et al., 2016; Hordijk et al., 2024). Pimentel et al. (2024) observaram essa ocorrência no Parque Ecológico de Gunma, Pará, encontrando 77 espécies, das quais 33 foram registradas com apenas um indivíduo (42,85%). Ferreira et al., (2023), na Floresta Nacional (FLONA) de Caxiuanã, também identificaram um total de 64 espécies (51,2%) com apenas um indivíduo. Além disso, das 84 famílias amostradas neste estudo, 33 apresentaram apenas uma espécie, correspondendo a 39,28% do total de famílias (Tabela 1). Embora não haja dados de abundância disponíveis, esses resultados são consistentes com o que é encontrado na literatura.

O gênero mais rico nas áreas de estudo foi *Pouteria* Aubl. (Sapotaceae), com 17 espécies; seguido por *Inga* Mill. (Fabaceae) e *Protium* Burm.f. (Burseraceae), com 14 espécies cada e *Solanum* L. (Solanaceae), com sete espécies, representando 11,47% da riqueza total (Figura 8). Os gêneros *Pouteria*, *Protium* e *Inga* ocorreram somente nas áreas de FN (Figura 9). Nas áreas de RN, os gêneros mais ricos foram *Solanum* (seis espécies), *Cecropia* Loebl. (quatro espécies) e *Borreria* G.Mey. (três espécies). Cento e setenta e quatro gêneros apresentaram apenas uma única espécie, caracterizando 38,41% da riqueza total. É possível verificar que há pouca sobreposição entre os gêneros que ocorrem nas áreas de FN e de RN (Figura 9). Este resultado já era esperado e corrobora nossa hipótese de que embora as áreas em restauração localizam-se próximas a

fragmentos de FN, a intensidade dos distúrbios e o tempo ocorrido do processo sucessional pós mineração de bauxita ainda não permite um compartilhamento de espécies entre os ambientes.

Os gêneros *Pouteria*, *Protium* e *Inga*, exclusivos da FN e mais ricos de todo estudo (Figura 8), são frequentemente citados como os gêneros mais ricos em estudos de florística na floresta de terra firme na Amazônia, possuindo grande importância na composição e estrutura do componente arbóreo da área de FN de Paragominas (Cerqueira et al., 2021; Pimentel et al., 2024). Estudos florísticos em florestas de Terra Firme demonstram *Pouteria*; *Eschweilera* Mart. ex DC. *Lecythis* Loebl.; *Protium*; *Inga*; *Licania* Aubl. e *Brosimum* como os mais representativos (Alarcón e Peixoto, 2007; Cerqueira et al., 2021) na Amazônia. Esses gêneros pertencem principalmente às famílias: Fabaceae, Sapotaceae, Burseraceae, Moraceae Gaudich., Lecythidaceae A.Rich. e Chrysobalanaceae, que também aparecem frequentemente como as mais diversas na Amazônia (Alarcón & Peixoto, 2007; Cerqueira et al., 2021; Ferreira et al., 2023; Lau et al., 2020; Neto et al., 2023; Pimentel et al., 2023).

O gênero *Pouteria* pertencente à família Sapotaceae, contém mais de 300 espécies, das quais 200 são encontradas na região neotropical. No Brasil, foram registradas 130 espécies, das quais 47 estão presentes no Pará e 54 são endêmicas do país (Flora e Funga do Brasil, 2024; Souza & Lorenzi, 2019). As espécies de *Pouteria* são utilizadas na alimentação, em construções civis e na medicina popular (Aleman-Ramirez et al., 2024; Corrêa et al., 2015; Lima et al., 2024).

O gênero *Protium*, pertencente à família Burseraceae, contém espécies consideradas agentes terapêuticos, sendo usadas como anti-inflamatório, analgésico, expectorante, cicatrizante e antibacteriano (Barata et al., 2020; Misiewicz et al., 2023; Santos et al., 2024; Silva et al., 2021). Esse gênero é caracterizado por produzir uma resina aromática transparente ou leitosa, popularmente denominada "breu", que quando seca apresenta-se em forma de uma massa cristalizada (Hiura & Watanabe, 2017). No Brasil, existem 85 espécies, das quais 19 são endêmicas. Na Amazônia, são encontradas 71 espécies, sendo 42 delas presentes no Pará (Flora e Funga do Brasil, 2024).

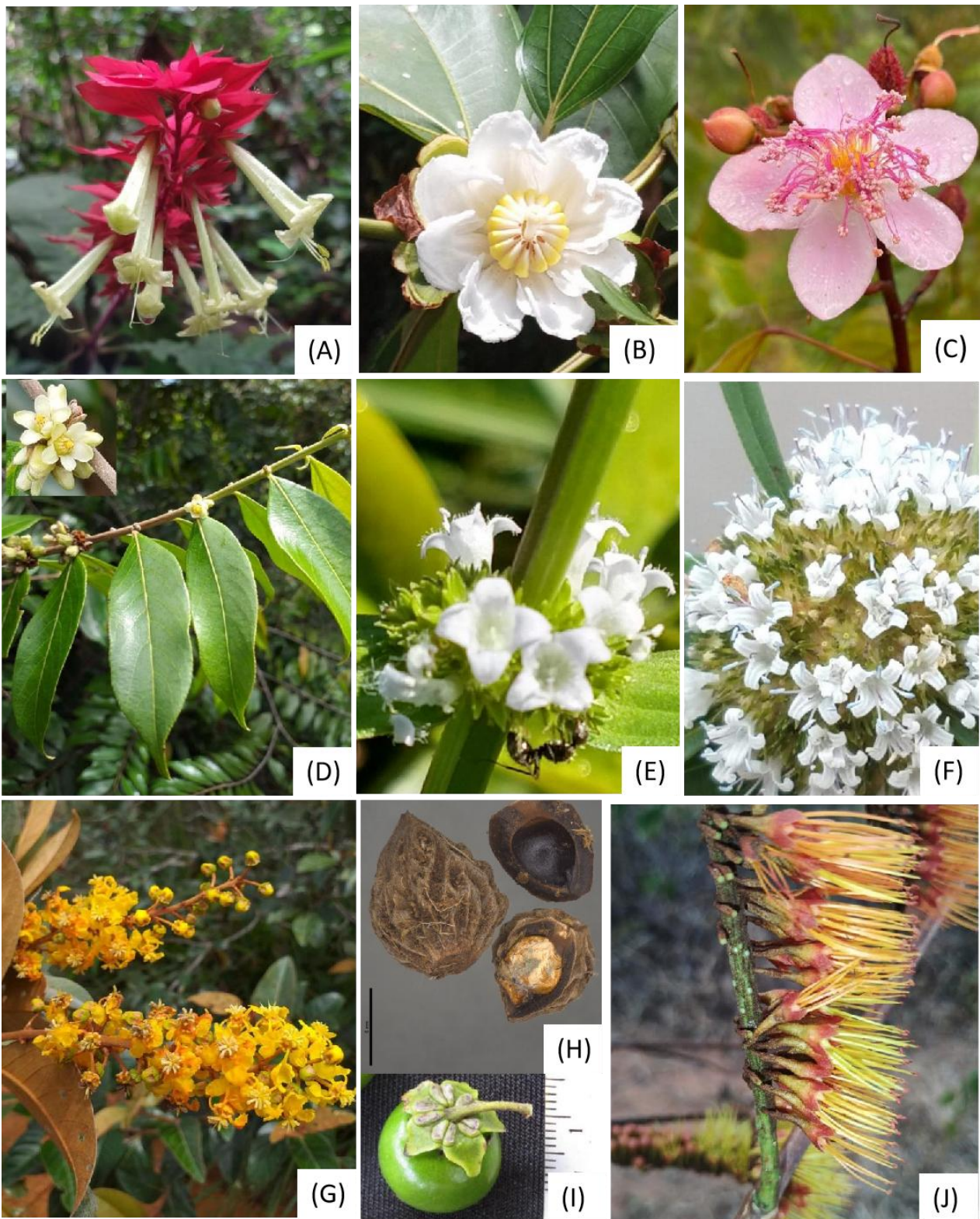


Figura 3: Espécies ocorrentes nas áreas de influência da mineração de bauxita em Paragominas, Pará, Brasil: A) *Amasonia lasiocaulis* Mart. & Schauer ex Schauer; B) *Bellucia grossularioides* (L.) Triana; C) *Bixa orellana*; D) *Casearia grandiflora* Cambess. (com destaque para a flor); E) *Borreria latifolia* (Aubl.) K.Schum.; F) *Borreria verticillata* (L.) G. Mey.; G) *Byrsonima crassiflora* (L.) Kunth (inflorescência); H) *Byrsonima crassiflora* (L.) Kunth (semente) Foto: Lia Amaral; I) *Byrsonima crassiflora* (L.) Kunth (fruto);

J) *Combretum cacoucia* Exell. *Byrsonima crassiflora* (L.) Kunth (semente) Foto: Lia Amaral; I) *Byrsonima crassiflora* (L.) Kunth (fruto); J) *Combretum cacoucia* Exell.



Figura 4: Espécies ocorrentes nas áreas de influência da mineração de bauxita em Paragominas, Pará, Brasil: A) *Cecropia obtusa* Trécul; B) *Dalechampia scandens* L.; C) *Fridericia ornithophila* (A.H.Gentry) L.G.Lohmann; D) *Dioclea virgata* (Rich.) Amshoff (com destaque para a flor); E) *Neoptychocarpus*

apodanthus (Kuhlm.) Buchheim (fruto inteiro); F) *Neoptychocarpus apodanthus* (Kuhlm.) (fruto em corte transversal); G) *Moutabea guianensis* Aubl.; H) *Moutabea guianensis* Aubl. (fruto aberto com sementes).

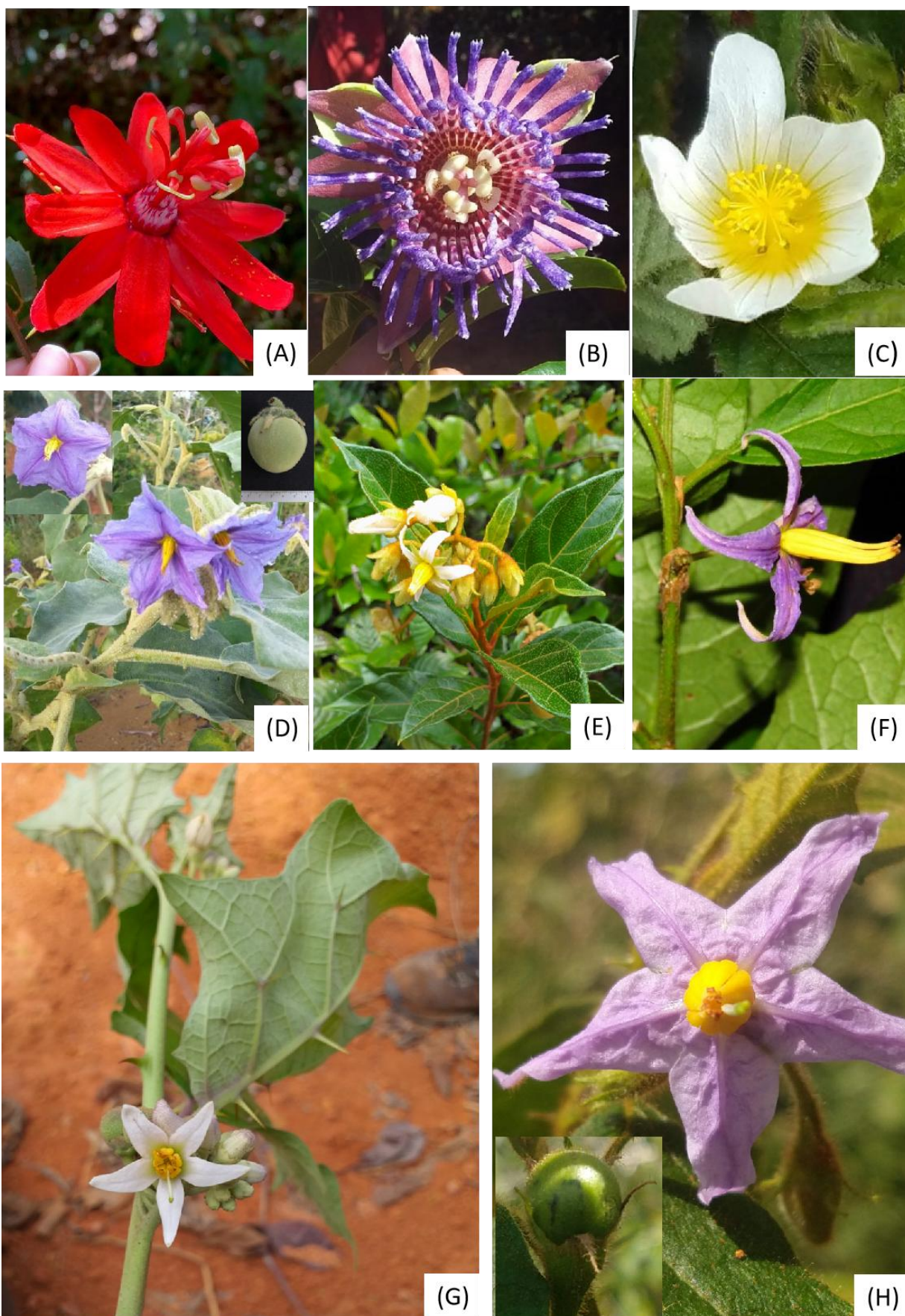


Figura 5: Espécies ocorrentes nas áreas de influência da mineração de bauxita em Paragominas, Pará, Brasil: A) *Passiflora coccinea* Aubl.; B) *Passiflora acuminata* DC.; C) *Sida* sp.; D) *Solanum crinitum* Lam. (com destaque para a flor e o fruto); E) *Solanum rubiginosum* Vahl; F) *Solanum subinerme* Jacq.; G) *Solanum tricuspidatum* Dunal; H) *Solanum velutinum* Dunal (com detalhe do fruto).

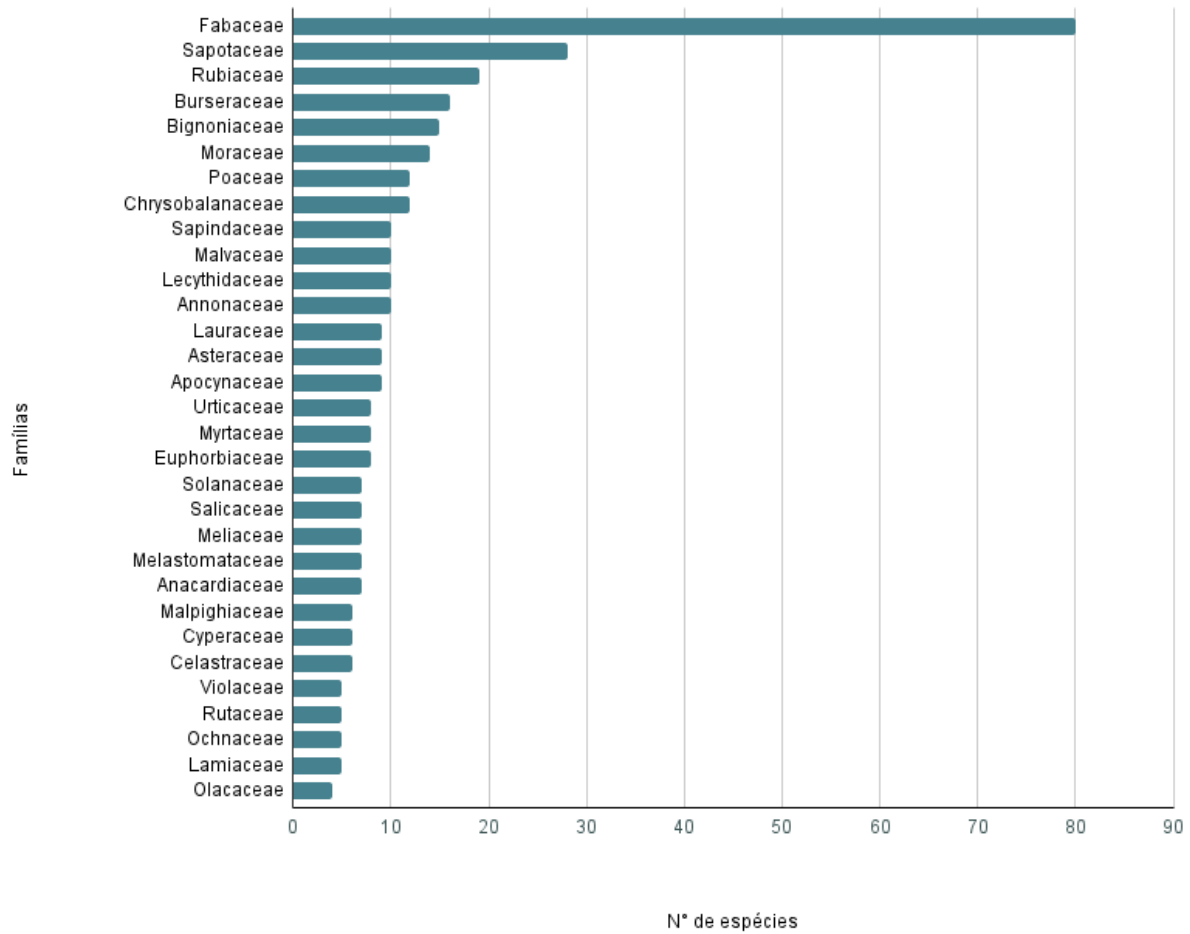


Figura 6: Riqueza de famílias nas áreas de influência da mineração de bauxita em Paragominas, Pará, Brasil.

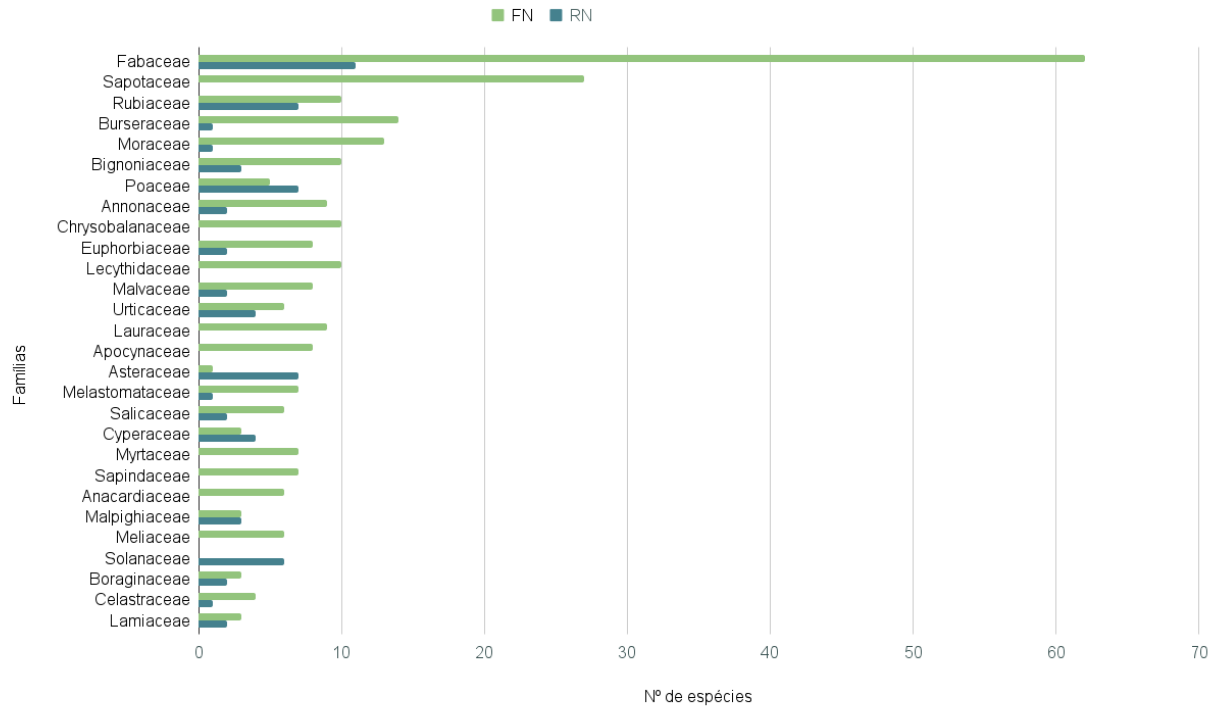


Figura 7: Comparação da riqueza de famílias entre as áreas de FN e RN nas áreas de influência da mineração de bauxita em Paragominas, Pará, Brasil.

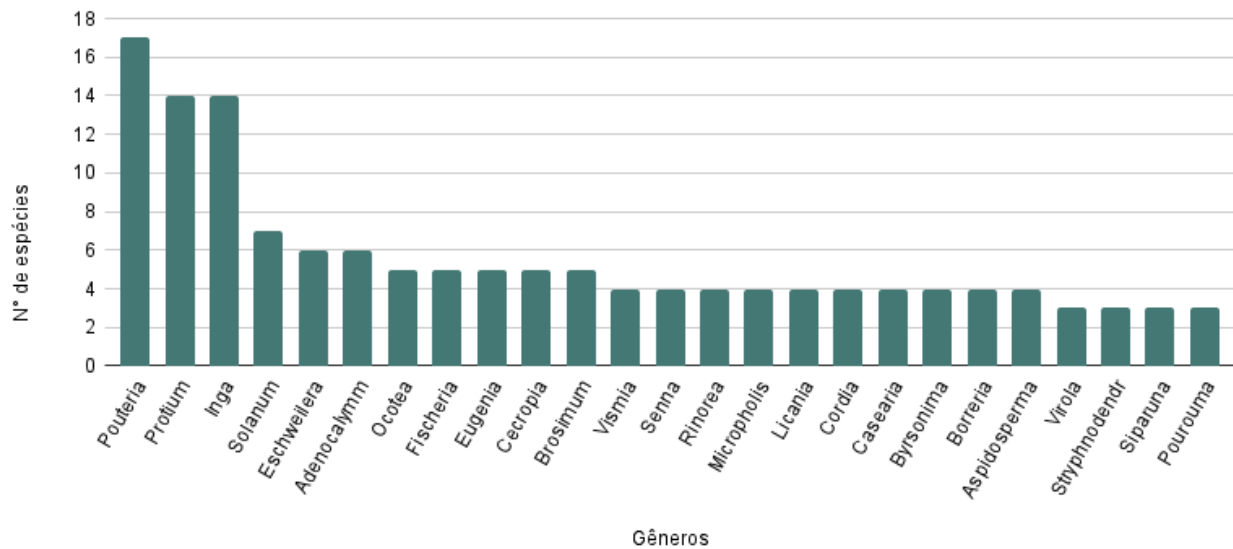


Figura 8: Riqueza de gêneros nas áreas de influência da mineração de bauxita em Paragominas, Pará, Brasil.

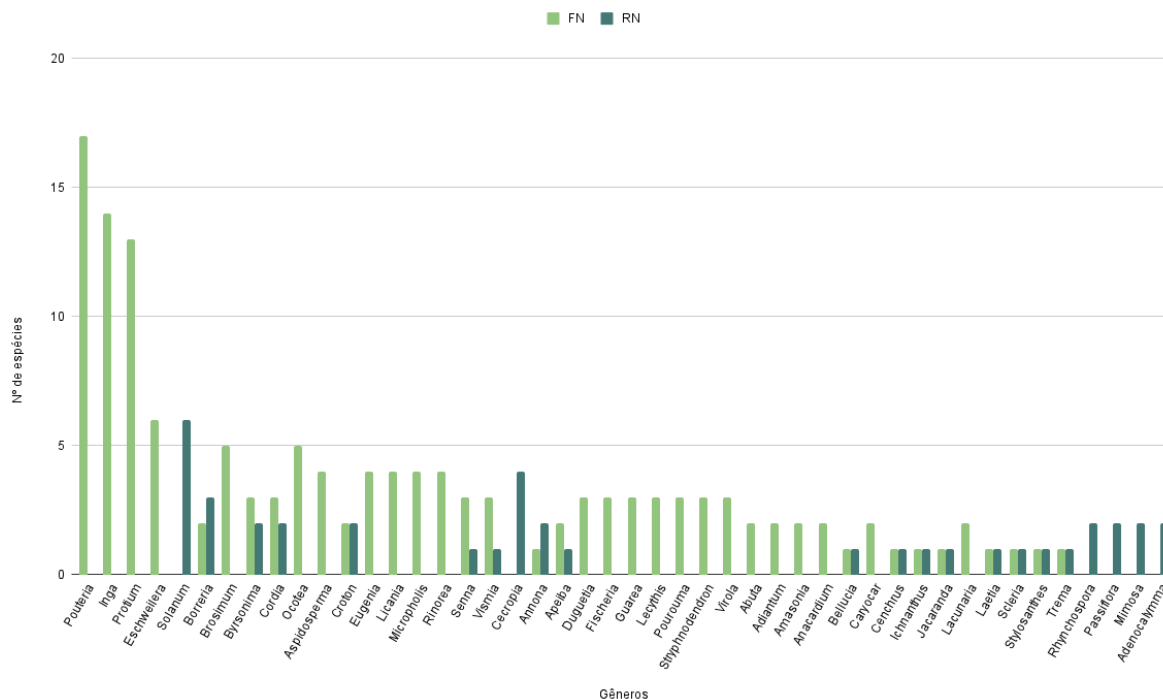


Figura 9: Comparação da riqueza de espécies por gênero entre as áreas de FN e RN nas áreas de influência da mineração de bauxita em Paragominas, Pará, Brasil.

O gênero *Inga* pertencente à família Fabaceae, contém espécies que apresentam sarcotesta, uma polpa branca adocicada que envolve as sementes, sustentando o grupo como monofilético (Richardson et al., 2001; Souza & Lorenzi, 2019). Sua distribuição é neotropical, abrangendo do México ao Uruguai. No Brasil, a maioria das espécies de *Inga* ocorre na Amazônia, com 99 espécies na região e 134 em todo o País, sendo 58 no estado do Pará. No entanto, o maior número de endemismos para o gênero foi encontrado na floresta atlântica (Andino et al., 2019; Fernandes & Garcia, 2021; Garcia & Bonadeu, 2024; Flora e Funga do Brasil, 2024). Este gênero possui grande importância ecológica, fornecendo alimento para a fauna e humanos com suas sementes, néctar e sarcotesta adocicada, além de produzir nódulos radicais que contêm bactérias fixadoras de nitrogênio do ar (Guillén-Sánchez et al., 2024; Possette & Rodrigues, 2010).

Solanum, *Cecropia* e *Borreria* (Figura 3, 4 e 5), os gêneros com maiores riquezas nas áreas de RN, são frequentemente encontrados em amostragem de ambientes menos conservados, degradados, em fragmentos de formação secundária e em bordas de florestas (Cerqueira et al., 2021; 2022; Narducci et al.,

2021; Scoti & Monteiro, 2023; Silva et al., 2020; Trindade et al., 2022). Além de apresentarem rápido crescimento e poucas exigências ambientais, contribuindo no processo de sucessão de áreas degradadas (Barbosa et al., 2022; Scoti & Monteiro, 2023).

O gênero *Solanum* (Figura 5) é o maior da família Solanaceae, com grande capacidade de colonizar diversos ambientes. No Brasil, este gênero é representado por 291 espécies, das quais 143 são endêmicas (Flora e Funga do Brasil, 2024; Gouvêa & Knapp, 2019; Souza & Lorenzi, 2019). Algumas espécies têm interesse na indústria farmacêutica devido à presença de flavonoides, flavonóis, glicosídeos e compostos esteroidais, como a solasodina, um alcalóide importante para a síntese de hormônios. Outras espécies são utilizadas como alimento por seres humanos e animais (Oliveira et al., 2020; Pigatto et al., 2015; Silva et al., 2003).

As espécies do gênero *Cecropia* (Figura 4) são plantas pioneiras na regeneração natural de áreas degradadas, integrando a vegetação inicial devido à sua rápida taxa de crescimento (Garate-Quispe et al., 2023; Souza & Lorenzi, 2019). De acordo com Flora e Funga do Brasil (2024), o gênero possui 20 espécies no Brasil, sendo 12 espécies registradas no Pará. A

maioria das espécies do gênero são mirmecófitas, vivendo em mutualismo com formigas, principalmente do gênero *Azteca*. Essas plantas desenvolvem estruturas especializadas que fornecem abrigo, alimento e espaço para as formigas, que em troca protegem as plantas contra inimigos naturais (Gomes et al., 2021; Reis et al., 2022; Zorzal et al., 2021). Além de abrigo para formigas, as *Cecropia* são espécies estruturantes de ambientes degradados, pois suas infrutescências carnosas (com milhares de frutos do tipo aquênio) amplamente produzidas ao longo do ano, servem como alimento para uma complexa rede de animais, desde pássaros, morcegos, roedores até os grandes mamíferos como as antas (Acevedo-Quintero et al., 2023; Alviz et al., 2023; Sánchez-Brenes & Monge-Meza, 2024).

As espécies do gênero *Borreria* (Figura 3) são plantas herbáceas, caracterizadas por serem rasteiras, de pequeno porte e perenes, que florescem no período chuvoso, com caules ramificados e resistentes a solos ácidos e com poucos nutrientes (Flora e Funga do Brasil, 2024). No Brasil, existem 69 espécies, sendo 35 endêmicas. No Pará, há 24 espécies, frequentemente encontradas em pastagens nativas ou áreas de terra firme, especialmente em áreas degradadas ou em fase de degradação (Flora e Funga do Brasil, 2024; Souza & Lorenzi, 2019). São importantes na estruturação das redes iniciais de interações ecológicas, pois fornecem néctar e pólen para um número variado de espécies, principalmente de abelhas (Cardoso et al., 2025), atraindo polinizadores e consequentemente aumentando a troca gênica e a eficiência reprodutiva das espécies nos ambientes em restauração.

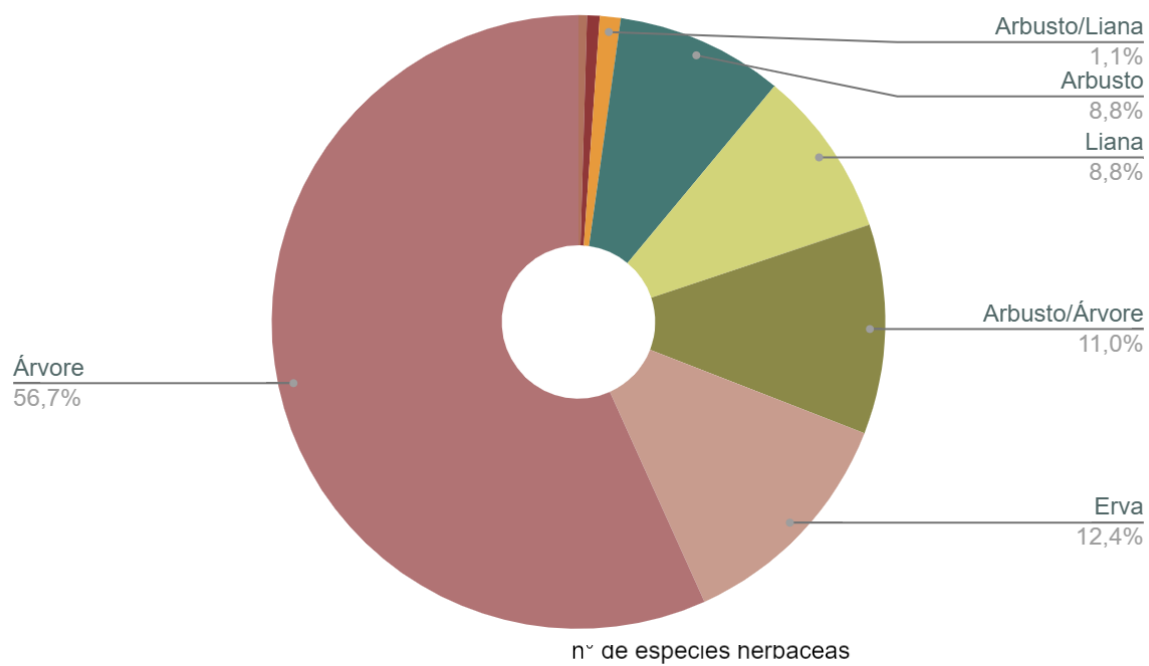
As plantas com hábito arbóreo predominam nessa região, correspondendo a 56,7% das espécies identificadas ($n = 257$), seguidas pelas espécies com hábitos arbustivas (19,8%; $n = 90$), herbáceas (12,4%; $n = 56$) e lianas (8,8%; $n = 40$), palmeiras e subarbustos juntos correspondem a 1% da riqueza ($n = 5$) (Figura 10a). A alta riqueza de espécies arbóreas em áreas florestais é esperada. Estudos mostram que espécies de forma de vida arbórea são responsáveis pela maior parte da riqueza das florestas tropicais maduras ou em estágio avançado de regeneração (Andrade et al., 2017; Ferreira et al., 2023; Martins, 2012).

Nas áreas de FN, a forma de vida mais comum foi a arbórea (236 espécies; 69,41%) (Figura 11). As famílias botânicas mais recorrentes entre as espécies arbóreas foram: Fabaceae (55 espécies; 19,92%), Sapotaceae (27 espécies; 9,78%), Burseraceae (14 espécies; 5,07%), Moraceae (12 espécies; 4,35%), Lecythidaceae (10 espécies; 3,62%) representando 42,75% das espécies arbóreas nas áreas de FN (Figuras 10b e 11). Esta predominância de espécies arbóreas pode ser atribuída ao papel crucial das árvores na estruturação do ecossistema florestal maduro, oferecendo suporte, alimento e habitat para uma vasta gama de organismos. Essas famílias possuem características ecológicas e funcionais distintas que contribuem para a resiliência e estabilidade do ecossistema florestal, destacando-se a importância de características adaptativas específicas, como a fixação de nitrogênio (Costa & Almeida, 2020; Lima et al., 2021), dispersão de sementes e produção de frutos nutritivos (Corrêa et al., 2015; Santos et al., 2024), que facilitam a sobrevivência e reprodução das espécies.

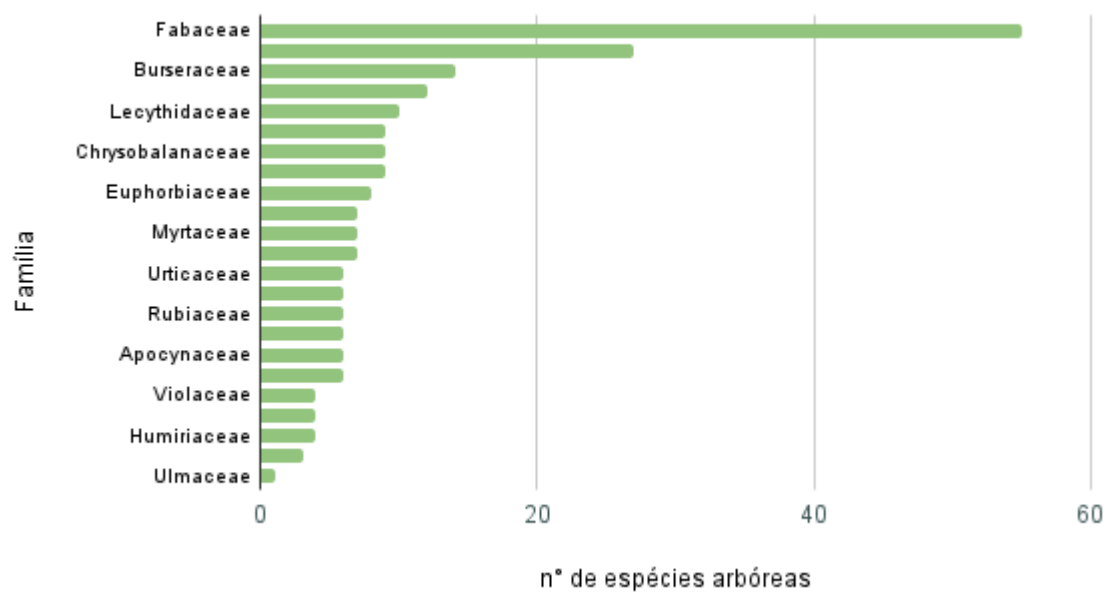
Nas áreas de RN, a forma de vida predominante foi a herbácea (27 espécies; 32,53%), com as famílias botânicas mais frequentes sendo Poaceae (7 espécies; 25,93%), Rubiaceae (5 espécies; 18,52%), Cyperaceae (4 espécies; 14,81%) e Asteraceae (4 espécies; 14,81%), indicando 74,08% das espécies herbáceas nas áreas de RN (Figuras 10c e 11). As espécies herbáceo-arbustivas costumam se beneficiar com abertura de dossel por conta da maior entrada de luz no sub bosque, sendo maior amostrada em áreas de borda, interior de clareiras ou entradas de trilhas (Araújo et al., 2021; Gallo et al., 2022; Silva et al., 2024).

Em áreas degradadas por mineração, as espécies herbáceas exercem grande influência nos processos de regeneração florestal, manutenção da diversidade de espécies e processos ecossistêmicos em todos os níveis da floresta, por promoverem a cobertura do solo, e posterior proteção contra a erosão, facilitar a adaptação de outras plantas, atuam como alimento e componente estrutural de microhabitats para os animais e contribuindo para a diversidade taxonômica (Araújo et al., 2021; Souza et al., 2022; Trindade et al., 2022).

a



b



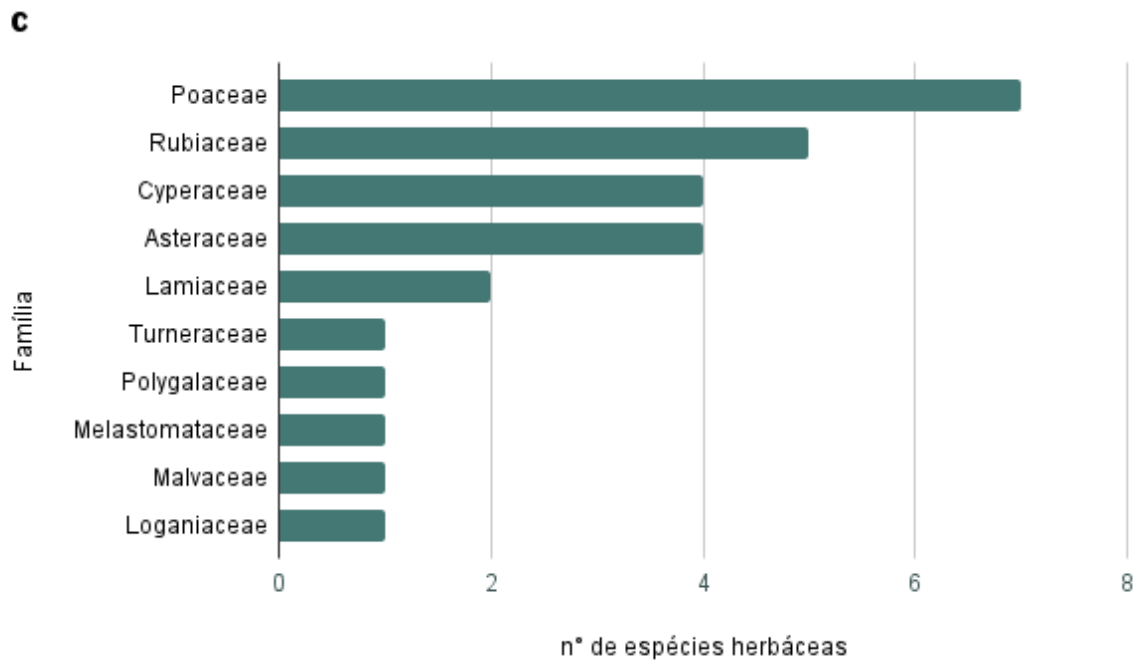


Figura 10: a) Distribuição das formas de vida das famílias encontrados nas áreas de influência da mineração de bauxita em Paragominas, Pará, Brasil. b) Distribuição das famílias de hábito arbóreo encontradas nas áreas de floresta natural da mineração de bauxita em Paragominas, Pará, Brasil. c) Distribuição das famílias de hábito herbáceo encontradas nas áreas de restauração natural da mineração de bauxita em Paragominas, Pará, Brasil.

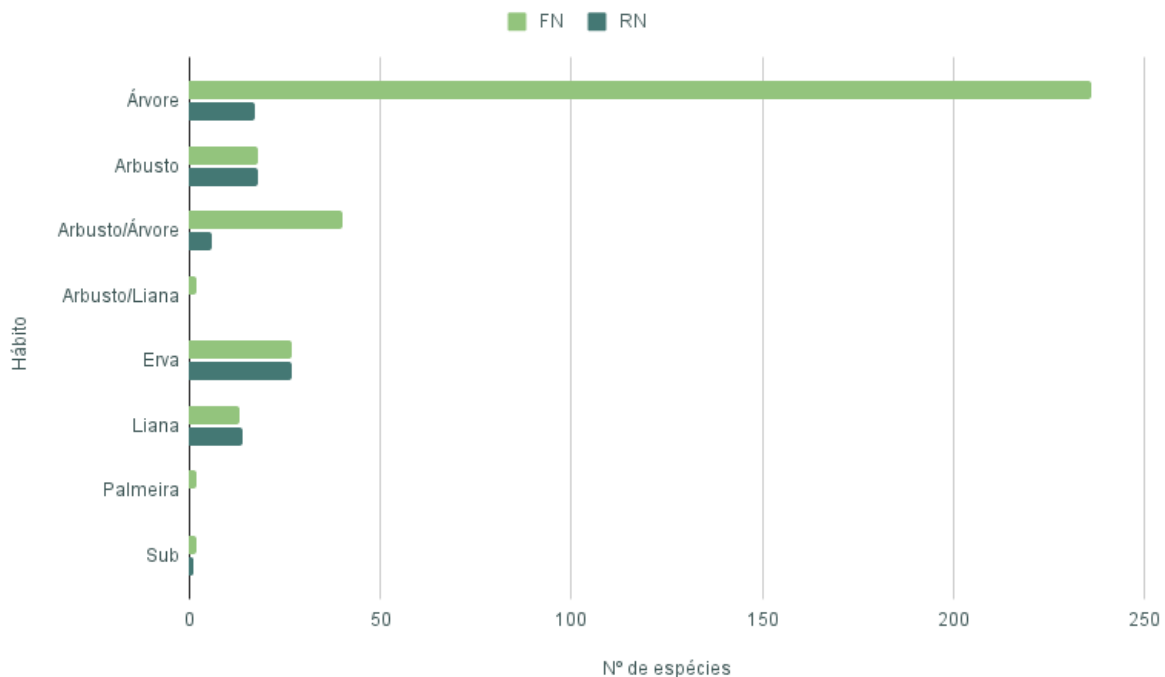


Figura 11: Comparação das formas de vida das famílias entre as áreas de FN e RN encontrados nas áreas de influência da mineração de bauxita em Paragominas, Pará, Brasil.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos no levantamento florístico realizado nas áreas sob influência da mineração de bauxita, foi possível concluir:

i. O levantamento florístico mostrou que as áreas de floresta nativa são muito mais diversas quando comparadas às áreas de restauração natural, principalmente por estas últimas ainda estarem em processo sucessional, no total foram encontrados um total de 453 espécies em toda área de influência de mineração.

i. O levantamento florístico evidenciou que as áreas de floresta nativa apresentam uma riqueza de espécies significativamente maior em comparação com as áreas de regeneração natural. Esse resultado está diretamente relacionado ao estágio sucessional mais avançado da FN, que possui maior complexidade e estabilidade ecológica. Nas RN, a menor diversidade reflete o estágio inicial de sucessão, com um total de 453 espécies registradas em toda a área de estudo.

ii. A análise das famílias botânicas destacou que, nas áreas de FN, as famílias Fabaceae, Sapotaceae e Burseraceae foram as mais diversas, representando 22,73% da riqueza total. Já nas áreas de RN, as famílias Fabaceae, Rubiaceae, Poaceae, Asteraceae e Solanaceae foram as mais representativas, correspondendo a 8,39% da riqueza total. Além disso, os gêneros *Pouteria*, *Inga* e *Protium* foram exclusivos das áreas de FN, enquanto *Solanum*, *Cecropia* e *Borreria* predominaram nas áreas de RN. Esses resultados demonstram que as áreas de RN apresentam um conjunto distinto de táxons, com maior representatividade de espécies pioneiras e de crescimento rápido do que as áreas de FN.

iii. A forma de vida predominante nas áreas de FN foi a arbórea, representada principalmente pelas famílias Fabaceae, Sapotaceae e Burseraceae, o que reflete um estágio sucessional mais avançado. Por outro lado, nas áreas de RN, a forma de vida predominante foi a herbácea, resultado da maior incidência de luz solar devido à abertura do dossel, característica de áreas degradadas ou em

estágios iniciais de regeneração. Esse padrão demonstra que o hábito vegetal varia conforme o estágio de preservação do ambiente.

Concluimos que os levantamentos florísticos são ferramentas essenciais para o entendimento da biodiversidade local e para o monitoramento de áreas degradadas. Eles permitem identificar os táxons mais frequentes e adaptados a ambientes perturbados, fornecendo subsídios para a seleção de espécies eficientes em processos de restauração ecológica. Além disso, os resultados deste estudo reforçam a importância de estratégias de recuperação que considerem as características ecológicas das espécies e os estágios sucessionais, visando maximizar a eficácia da restauração e a recuperação da diversidade natural em áreas impactadas pela mineração.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao L.C. Lobato pelo auxílio na identificação das espécies de plantas coletadas. Ao técnico R. Reis pela ajuda durante as atividades de campo. Ao Consórcio de Pesquisa em Biodiversidade Brasil-Noruega (BRC) pelo apoio e financiamento da pesquisa, ao Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e à Universidade Federal do Pará (UFPA) pela infraestrutura utilizada para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Acevedo-Quintero, J. F., Zamora-Abrego, J. G., Chica-Vargas, J. P., & Mancera-Rodríguez, N. J. (2023). Functional traits of fruits of particular importance for seed dispersers in the tropical dry forest. *Revista de Biología Tropical*, 71(1), e52288. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v71i1.52288>
- Alarcón, J. G. S., & Peixoto, A. L. (2007). Florística e fitossociologia de um trecho de um hectare de floresta de terra firme, em Caracará, Roraima, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais*, 2(2), 33-60. <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v2i2.702>
- Aleman-Ramirez, J. L., Okoye, P. U., Pal, U., & Sebastian, P. J. (2024). Agro-industrial residue of *Pouteria sapota* peels as a green heterogeneous catalyst to produce biodiesel from soybean and sunflower oils.

- Renewable Energy*, 224, 120163. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120163>
- Alviz, Á., González-González, P., & Pérez-Torres, J. (2023). Scientific and traditional knowledge meet: diet of the lowland tapir *Tapirus terrestris* in the Orinoquia region of Colombia. *Animal Biodiversity and Conservation*, 46(1), 87-97. <https://doi.org/10.32800/abc.2023.46.0087>
- Andrade, R. T., Pansini, S., Sampaio, A. F., Ribeiro, M. S., Cabral, G. S., & Manzatto, Â. G. (2017). Fitossociologia de uma floresta de terra firme na Amazônia Sul-Occidental, Rondônia, Brasil. *Biota Amazônia*, 7(2), 36-43.
- Andino, J. E. G., Pitman, N. C., Hernández, C., Valencia, R., Coley, P. D., Kursar, T. A., & Endara, M. J. (2019). A common but overlooked new species in the hyper-diverse genus *Inga* Mill. from the Northwestern Amazon. *Systematic Botany*, 44(3), 536-547. <https://doi.org/10.1600/036364419X15620113920680>
- APG IV. The Catalogue of Life Partnership (2017). Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/fzuaam>
- Araújo, E. A. A., Rodrigues, J. I. M., Martins, W. B. R., Santos Junior, H. B., Rangel-Vasconcelos, L. G. T., & Oliveira, F. A. (2021). Densidade e composição do banco de sementes do solo em ecossistema sucessional de floresta na Amazônia Oriental, Brasil. *Research, Society and Development*, 10(6), e23610615318-e23610615318. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15318>
- Azani, N., Babineau, M., Bailey, C. D., Banks, H., Barbosa, A. R., Pinto, R. B., ... & Zimmerman, E. (2017). A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny: The Legume Phylogeny Working Group (LPWG). *Taxon*, 66(1), 44-77. <https://doi.org/10.12705/661.3>
- Barbosa, R. S., Vale, R. S., Schwartz, G., Martins, W. B. R., Ribeiro, S. S., Matos Rodrigues, J. I., ... & Barbosa, V. M. (2022). Restoration of degraded areas after bauxite mining in the eastern Amazon: Which method to apply?. *Ecological Engineering*, 180, 106639. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106639>
- Barata, A. C., Antunes, N. T. B., Paiva, R. C., Nogueira, S. R. P., Nunes, J. S., & Freitas, O. D. S. P. (2020). Análise fitoquímica e potencial alelopático do extrato etanólico das folhas de *Protium calendulinum* (Burseraceae) na germinação de *Lactuca sativa*. *Diversitas Journal*, 5(4), 2660-2675. <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v5i4-1092>
- Batista, A. P. B., Aparício, W. C. S., Aparício, P. S., dos Santos, V. S., de Lima, R. B., & de Mello, J. M. (2015). Caracterização estrutural em uma floresta de terra firme no estado do Amapá, Brasil. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 35(81), 21-33. <https://doi.org/10.4336/2015.pfb.35.81.689>
- Cardoso, J. S., Silva, C. I., Silva, M. B., Bezerra, L. Á., Coelho, B. W. T., Santa-Brígida, R., .. & Maués, M. M. (2025). Impact of *Apis mellifera* on the bee-plant trophic interaction network in post-mining restoration areas in the Amazon. *Arthropod-Plant Interactions*, 19(1), 1-16. <https://doi.org/10.1007/s11829-024-10126-w>
- Carneiro, M. A. C., Siqueira, J. O., Moreira, F. M. D. S., & Soares, A. L. L. (2008). Carbono orgânico, nitrogênio total, biomassa e atividade microbiana do solo em duas cronossequências de reabilitação após a mineração de bauxita. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(2), 621-632. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832008000200017>
- Chazdon, R. L., Norden, N., Colwell, R. K., & Chao, A. (2023). Monitoring recovery of tree diversity during tropical forest restoration: lessons from long-term trajectories of natural regeneration. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 378(1867), 20210069. <https://doi.org/10.1098/rstb.2021.0069>
- Cerqueira, R. M., Jardim, M. A. G., Júnior, L. L. M. S., Paixão, L. P., & Martins, M. B.

- (2021). Fitossociologia do estrato arbóreo em floresta nativa e em áreas do programa de recuperação de áreas degradadas sob influência da mineração, Paragominas, Pará, Brasil. *Nature and Conservation*, 14 (3), 22-4.
- Cerqueira, R. M., Jardim, M. A. G., Bitencourt, M. M., & Martins, M. B. (2022). Fitossociologia do subosque de florestas nativas e PRAD sob influência da mineração, Paragominas, Pará, Brasil. *Nature and Conservation*, 15(2), 1-19.
- Chaves, R. C., & Lima, R. A. (2024). A importância dos inventários e monitoramentos para a conservação da flora brasileira. *Educamazônia-Educação, Sociedade e Meio Ambiente*, 17(2), 308-317.
- Corrêa, V. V., Gama, J. R. V., Ribeiro, R. B. D. S., Alves, A. F., Vieira, D. D. S., & Ximenes, L. C. (2015). Estrutura e uso potencial de espécies arbóreas em floresta manejada, PA Moju, Santarém-Pará. *Cerne*, 21, 293-300. <https://doi.org/10.1590/01047760201521021488>
- Costa, L. B. S., & Almeida, E. B. J. (2020). Checklist da flora fanerogâmica e mapeamento das áreas de fragmentos florestais urbanos em São Luís, Maranhão. *Revista Equador*, 9(3), 26-39. <https://doi.org/10.26694/equador.v9i3.10074>
- Dionísio, L. F. S., Bonfim Filho, O. S., de Souza Crivelli, B. R., Gomes, J. P., de Oliveira, M. H. S., & de Carvalho, J. O. P. (2016). Importância fitossociológica de um fragmento de floresta ombrófila densa no estado de Roraima, Brasil. *Revista Agro@mbiente on-line*, 10(3), 243-252. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i3.3381>
- Doria, C. R. D. C., Moretto, E., & Bohlman, S. (2023). Edição temática: Impactos Socioecológicos de Grandes Projetos de Infraestrutura e Energia na Amazônia. *Revista de Administração e Negócios da Amazônia*, 15(1), 1-5. <https://doi.org/10.18361/2176-8366/rara.v15n1p1-5>
- Elsy, A. D., Pfeifer, M., Jones, I. L., De Walt, S. J., Lopez, O. R., & Dent, D. H. (2024). Incomplete recovery of tree community composition and rare species after 120 years of tropical forest succession in Panama. *Biotropica*, 56(1), 36-49. <https://doi.org/10.1111/btp.13275>
- Fernandes, G. W., Ramos, L., de Souza Justino, W., Kenedy-Siqueira, W., Figueiredo, J. C. G.; Oki, Y., ... & Negreiros, D. (2025). Mining tailings severely impact plant communities in a rainforest watershed. *Anthropocene*, 100462. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2025.100462>
- Fernandes, J. M., & Garcia, F. C. P. (2021). *Inga ciatiformis* (Leguminosae): a new species from the Atlantic Forest, Brazil. *Phytotaxa*, 505(2), 213-220. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.505.2.7>
- Fernandes, T. N., Dos Santos, F. M. G., Gontijo, F. D., Silva Filho, J. A., Castilho, A. F., & Sánchez, L. E. (2023). Mainstreaming flora conservation strategies into the mitigation hierarchy to strengthen environmental impact assessment. *Environmental Management*, 71(2), 483-493. <https://doi.org/10.1007/s00267-022-01756-y>
- Ferreira, L. V., Maia, A. P. M., Sarmento, P. S. M., & Jardim, M. A. G. (2023). Florística e estrutura da floresta de terra firme como instrumento de gestão ambiental do Parque Estadual do Utinga, Belém, Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 16(3), 1419-1435. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.3.p1419-1435>
- Flora e Funga do Brasil. (2024). Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 10 Jun. 2024.
- Fonseca, W. da S., Martins, S. V., Dueñez, L. K. S., & Corrêa, F. D. D. (2024). Understanding the seasonal growth patterns of seedlings in forest restoration of post-bauxite mining area: insights for monitoring in the Atlantic Forest. *Revista delos*, 17(58), e1606. <https://doi.org/10.55905/rdelosv17.n58-005>

- Gallo, S. C., Cupertino-Eisenlohr, M. A., Silva, D. R. D., Munhoz, C. B. R., & Eisenlohr, P. V. (2022). Novelty from the herbaceous stratum in a key region for the conservation of the Southern Amazon. *Biota Neotropica*, 22(3), e20211313. <https://doi.org/10.1590/10.1590/1676-0611-BN-2021-1313>
- Garate-Quispe, J., Velásquez Ramírez, M., Becerra-Lira, E., Baez-Quispe, S., Abril-Surichaqui, M., Rodriguez-Achata, L., ... & del Castillo Torres, D. (2023). Influence of distance from forest edges on spontaneous vegetation succession following small-scale gold mining in the southeast Peruvian Amazon. *Diversity*, 15(6), 793. <https://doi.org/10.3390/d15060793>
- Garcia, F. C. P., & Bonadeu, F. (2024). *Inga* in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB22803>
- Giles, A. L., Schietti, J., Rosenfield, M. F., Mesquita, R. C., Vieira, D. L. M., Vieira, I. C., ... & Jakovac, C. C. (2024). Simple ecological indicators benchmark regeneration success of Amazonian forests. *Communications Earth & Environment*, 5(1), 780. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01949-9>
- Gouvêa, Y. F., & Knapp, S. (2019). *Solanum medusae* (Solanaceae), a new wolf-fruit from Brazil, and a key to the extra-Amazonian Brazilian Androcera/Crinitum Clade species. *PhytoKeys*, 118, 15-32. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.118.31598>
- Gomes, I. J. M. T., Solar, R., Blüthgen, N., Vasconcelos, H. L., Silva, L. E. B., Oliveira, K. N., Moreira, M. Z., Campos, R. I. (2021). Multiple effects of mutualistic ants improve the performance of a neotropical ant-plant: A long-term study with the *Cecropia-Azteca* system. *Basic and Applied Ecology*, 57, 78-90. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2021.09.004>
- Guillén-Sánchez, J. S., Rojas-Villacorta, W., & de Albuquerque, R. D. D. G. (2024). Andean Fabaceae Species with Pharmacological Potential: Exploration of Antioxidant, Anticarcinogenic, and Antimicrobial Properties. *Agriculture*, 14(12), 2337. <https://doi.org/10.3390/agriculture14122337>
- Hiura, A. L., & Watanabe, M. T. C. (2017). Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Burseraceae. *Rodriguésia*, 68, 921-923. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201768324>
- Hordijk, I., Bialic-Murphy, L., Lauber, T., Routh, D., Poorter, L., Rivers, M. C., ... & Parada-Gutierrez, A. (2024). Dominance and rarity in tree communities across the globe: Patterns, predictors and threats. *Global Ecology and Biogeography*, 33(10), e13889. <https://doi.org/10.1111/geb.13889>
- Hydro. Hydro Paragominas: Sobre a Hydro. (2021). Disponível em: <https://www.hydro.com.br/global/sobre-a-hydro/sobre-a-hydro/>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2012). Manual técnico da vegetação brasileira, Série manuais Técnicos em Geociências. Rio de Janeiro. ISSN 0103-9598
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2015). Coordenação De Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manual técnico de pedologia. 3ª Edição. Rio de Janeiro. ISSN 0103-9598
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2020). Projeto Prodes Digital: Mapeamento do desmatamento da Amazônia com imagens de satélite. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>
- König, L. A., Medina-Vega, J. A., Longo, R. M., Zuidema, P. A., & Jakovac, C. C. (2023). Restoration success in former Amazonian mines is driven by soil amendment and forest proximity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 378(1867), 20210086. <https://doi.org/10.1098/rstb.2021.0086>
- Latawiec, A. E., Crouzeilles, R., Brancalion, P. H., Rodrigues, R. R., Sansevero, J. B., Santos, J. S. D., ... & Strassburg, B. B. (2016). Natural regeneration and biodiversity: a global meta-analysis and

- implications for spatial planning. *Biotropica*, 48(6), 844-855. <https://doi.org/10.1111/btp.12386>
- Lau, A. V., & Ferreira, G. C. (2020). Fitossociologia e aspectos ecológicos da comunidade arbórea do Bosque Rodrigues Alves-Jardim Botânico da Amazônia, Belém, Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(2), 510-526. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.2.p510-526>
- Lima, R. B. A., Silva, J. A. A., Marangon, L. C., Ferreira, R. L. C., Silva, R. K. S., & Freire, F. J. (2018). Análises estruturais do componente arbóreo em floresta de terra firme, Carauari, Amazonas, Brasil. *Biodiversidade*, 17(1), 2-16.
- Lima, K. D. R., Correia, M. E. F., Campello, E. F. C., & de Resende, A. S. (2021). Regeneração natural após 13 anos de plantio com espécies arbóreas fixadoras de nitrogênio em Valença, no estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Ciencia Florestal*, 31(2), 830-846. <https://doi.org/10.5902/1980509844460>
- Lima, V. D. S., Silva, M. G. S. D., Menezes, G. C., Cunha, R. D. A., César, S. F., Pereira, A. F. S., & Dias, J. M. S. (2024). Physical-mechanical characterization of tuturubá wood (*Pouteria oblanceolate* Pires). *Matéria (Rio de Janeiro)*, 29, e20230270. <https://doi.org/10.1590/1517-7076-RMAT-2023-0270>
- Martins, S. V. (2012). *Restauração ecológica de ecossistemas degradados*. Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa.
- Martins, W. B. R., Ferreira, G. C., Souza, F. P., Dionísio, L. F. S., & Oliveira, F. A. (2018). Deposição de serapilheira e nutrientes em áreas de mineração submetidas a métodos de restauração florestal em Paragominas, Pará. *Floresta*, 48(1), 37-48.
- Misiewicz, T. M., Simmons, T., Carter, B. E., Fine, P. V., & Moore, A. J. (2023). Parallel evolution and cryptic diversification in a common and widespread Amazonian tree, *Protium subseratum*. *Molecular Ecology*, 32(9), 2301-2319. <https://doi.org/10.1111/mec.16889>
- Missouri Botanical Garden (2020). About the Garden. Disponível em: <https://www.missouribotanicalgarden.org/>. Acesso em: 10 Jun. 2024.
- Narducci, T. S., Yared, J. A. G., & Brienza Júnior, S. (2021). Banco de sementes do solo sob plantios de *Tachigali vulgaris* (L.G.Silva & H.C.Lima) em diferentes espaçamentos na região leste do Estado do Pará, Amazônia. *Scientia Forestalis*, 49(132), e3719. <https://doi.org/10.18671/scifor.v49n132.11>
- Neto, C. A. L. S., Ferreira, L. V., Neto, S. V. C., & Jardim, M. A. G. (2023). Florística e estrutura da comunidade arbórea na floresta de terra firme da FLONA de Caxiuanã, Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 16(01), 001-035. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.1.p001-035>
- Norris, D., Sabadini Carvalho, T., Guerrero, A. M., Sobral Escada, M. I., Alencar, A., Kimbrough, L., & Butler, R. A. (2022). Cutting down trees does not build prosperity: On the continued decoupling of Amazon deforestation and economic development in 21st century Brazil. *Tropical Conservation Science*, 15, 19400829221132193. <https://doi.org/10.1177/19400829221132193>
- Oliveira, M. D. L. B., França, T. A. R., Cavalcante, F. S. A., & Lima, R. A. (2020). Uso, classificação e diversidade de *Solanum* L.(Solanaceae). *Biodiversidade*, 19(3), 1-6. https://doi.org/10.1007/978-3-030-47254-2_96-1
- Pigatto, A. G., Blanco, C. C., Mentz, L. A., & Soares, G. L. (2015). Tropane alkaloids and calystegines as chemotaxonomic markers in the Solanaceae. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 87(4), 2139-2149. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201520140231>
- Pimentel, E., de Paula, M. T., & Viana, J. H. (2024). Florística, fitossociologia, estimativa de biomassa e sequestro de carbono em uma floresta de terra firme no Parque Ecológico de Gunma, Santa Bárbara, Pará, Brasil. *Scientia Plena*, 20(2).

<https://doi.org/10.14808/sci.plena.2024.022402>

- Pimentel, E. N. B., Viana, J. H., Pontes, A. N., & de Paula, M. T. (2023). Aspectos florísticos e fitossociológicos entre diferentes fitofisionomias florestais da região Amazônica, Brasil: uma revisão bibliográfica dos últimos 20 anos. *Caderno Pedagógico*, 20(10), 4755-4775. <https://doi.org/10.54033/cadpedv20n10-024>
- Pinto, A., Amaral, P., Souza Junior, C., Veríssimo, A., Salomão, R., Gomes, G., & Balieiro, C. (2009). *Diagnóstico socioeconômico e florestal do município de Paragominas*. Imazon.
- Possette, R. F. D. S., & Rodrigues, W. A. (2010). O gênero *Inga* Mill. (Leguminosae-Mimosoideae) no estado do Paraná, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 24, 354-368. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062010000200006>
- Reis, A. S., Sá-Neto, R. J., do Nascimento, I. C., Carneiro, M. A., Gaglioti, A. L., & Carvalho, K. S. (2022). Habitat as a conditionality factor of ant-plant mutualistic interaction in the *Cecropia-Azteca* system. *Arthropod-Plant Interactions*, 16(2), 275-284. <https://doi.org/10.1007/s11829-022-09894-0>
- Ribeiro, L. G., Silva, A. O., Vaz, K. A., Santos, J. V., Nunes, C. A., & Carneiro, M. A. C. (2023). Soil arthropod community responses to restoration in areas impacted by iron mining tailings deposition after Fundão dam failure. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195, 1299. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11843-0>
- Richardson, J. E., Pennington, R. T., Pennington, T. D., & Hollingsworth, P. M. (2001). Rapid diversification of a species-rich genus of neotropical rain forest trees. *Science*, 293(5538), 2242-2245. <https://doi.org/10.1126/science.1061421>
- Rodrigues, T. E., Silva, R. D. C., Silva, J. M. L., Oliveira Junior, R. C., Gama, J. R. N. F., & Valente, M. A. (2003). *Caracterização e classificação dos solos do município de Paragominas, Estado do Pará*. Embrapa Amazônia Oriental.
- Rozendaal, D. M., Bongers, F., Aide, T. M., Alvarez-Dávila, E., Ascarrunz, N., Balvanera, P., ... & Poorter, L. (2019). Biodiversity recovery of Neotropical secondary forests. *Science advances*, 5(3), eaau3114. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aau3114>
- Sánchez, L. E. (2018). Planejamento e gestão do processo de recuperação de áreas degradadas. Recuperação de áreas mineradas. a Visão dos Especialistas Brasileiros. *Embrapa Informação Tecnológica*, 2, 103-121.
- Sánchez-Brenes, R. J., & Monge-Meza, J. (2024). The role of wild mammals in seed dispersal and food chain in Costa Rican coffee agroecosystems. *Cuadernos de Investigación UNED*, 16(1), 192-204. <http://dx.doi.org/10.22458/urj.v16i1.5128>
- Santos, L., Araujo, J. S., Lorenço, E. S., Rosário, M. S., Vieira, B. B., Sales, S. B., ... & Mori, F. A. (2024). Characterization of the bark of *Protium tenuifolium* Engl. from the Amazonian biome as a source of natural antioxidants. *Holzforschung*, 78(1), 16-27. <https://doi.org/10.1515/hf-2023-0039>
- Santos, R. O., Lima, R. C., de Lima, R. B., Silva Aparício, P., & Abreu, J. C. (2017). Florística e estrutura de uma comunidade arbórea na floresta estadual do Amapá, Amazônia Oriental, Brasil. *Nativa*, 5, 529-539.
- Scoti, M. S. V., & Monteiro, J. F. (2023). Caracterização do banco de sementes do solo em floresta Ombrófila aberta na Amazônia Ocidental. *Biodiversidade Brasileira*, 13(1). <https://doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v13i1.2218>
- Silva, J. P. G. D., Marangon, L. C., Feliciano, A. L. P., & Ferreira, R. L. C. (2020). Banco de sementes no solo e ecologia morfofuncional de plântulas em remanescente de Floresta Tropical conectado com matriz agrícola. *Rodriguésia*, 71, e02002018. <https://doi.org/10.1590/2175-7860202071134>

- Silva, K. L., Cezarotto, G., Souza, R. R., Carvalho, C. E. G., Oliveira, J. P. R., Carvalho, C. M., & Marques, D. D. (2021). Composição química e atividade antibacteriana do óleo essencial da resina de *Protium hebetatum* Daly (Burseraceae). *South American Journal of Basic Education, Technical and Technological*, 8(2), 245-253.
- Silva, T., Conceição, M. E., Sousa, D., & Castro, L. (2024). Florística do estrato herbáceo-subarbustivo em capoeira na região do Xingu, Pará-Brasil. *Enciclopedia Biosfera*, 21(48), 101-111.
- Silva, T. M. S. D., Carvalho, M. G. D., Braz-Filho, R., & Agra, M. D. F. (2003). Ocorrência de flavonas, flavonóis e seus glicosídeos em espécies do gênero *Solanum* (Solanaceae). *Química Nova*, 26, 517-522. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422003000400014>
- Souza, M. P. D., Chaer, G. M., & Gonçalves, F. L. A. (2022). Efeito da transposição de topsoil e mulching de *Copernicia prunifera* (Mill.) HE Moore na revegetação de área degradada na Caatinga. *Scientia Forestalis*, 50, e3923. <https://doi.org/10.18671/scifor.v50.39>
- Souza, V. C., & Lorenzi, H. (2019). *Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG IV*. Nova Odessa: Jardim Botânico Plantarum.
- Stouffer, P. C., & Rutt, C. L. (2025). Partial recovery of primary rainforest bird communities in Amazonian secondary forests. *Biotropica*, 57(1), e13415. <https://doi.org/10.1111/btp.13415>
- Talukder, P., Ray, R., Sarkar, M., Das, A., & Chakraborty, S. (2024). Adverse effects of mining pollutants on terrestrial and aquatic environment and its remediation. *Environmental Quality Management*, 33(4), 595-610. <https://doi.org/10.1002/tqem.22121>
- Torres-Amaral, C., Anjos, LJSD, Souza, EBD, & Vieira, ICG (2024). Desmatamento restringe os refúgios climáticos na Amazônia. *Estudos Avançados*, 38 (112), 229-248. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.202438112.013>
- Trindade, J. R., Santos, J. U. M., & Gurgel, E. S. C. (2022). Estudos com plantas espontâneas no Brasil: uma revisão. *Research, Society and Development*, 11(7), e14111729700-e14111729700. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i7.29700>
- Zemp, D. C., Schleussner, C. F., Barbosa, H. M. J., Van Der Ent, R. J., Donges, J. F., Heinke, J., Sampaio, G., & Rammig, A. (2014). On the importance of cascading moisture recycling in South America. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 14(23), 13337-13359. <https://doi.org/10.5194/acp-14-13337-2014>
- Zorzal, G., Camarota, F., Dias, M., Vidal, D. M., Lima, E., Fregonezi, A., & Campos, R. I. (2021). The dear enemy effect drives conspecific aggressiveness in an Azteca-Cecropia system. *Scientific Reports*, 11(6158), 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85070-3>