

RELAÇÃO SOLO-VEGETAÇÃO EM UMA FLORESTA DE VÁRZEA: influência do gradiente aluvial do rio Matapi na composição florística

SOIL-VEGETATION RELATIONSHIP IN A FLOODPLAIN FOREST: influence of the matapi river alluvial gradient on floristic composition

Robson Matheus de Araujo Silva¹
Daimio Chaves Brito²
Arialdo Martins da Silveira Junior³
Robson Borges de Lima⁴
Jadson Coelho de Abreu⁵

¹ Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). E-mail: engflorestal.rmas@gmail.com

² Universidade do Estado do Amapá (UEAP). E-mail: daimio.brito@ueap.edu.br

³ Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). E-mail: arialdomartins@gmail.com

⁴ Universidade do Estado do Amapá (UEAP). E-mail: robson.lima@ueap.edu.br

⁵ Universidade do Estado do Amapá (UEAP). E-mail: jadson.abreu@ueap.edu.br

RESUMO: O estudo que embasou este artigo foi desenvolvido em uma área de vegetação inundável localizada às margens do rio Matapi (Amapá). Três parcelas de 80×240m (1,92 ha) foram demarcadas para a coleta de dados, abrangendo todos os indivíduos vegetais com diâmetro ≥ 5cm a 1,3m do solo. Foram coletadas quatro amostras simples de solo em cada subparcela. A diversidade florística foi analisada por meio dos índices de Shannon, Pielou e Números de Hill. Para avaliar a influência dos atributos químicos do solo e do gradiente de distância em relação ao rio na estrutura da vegetação, empregou-se a Análise de Componentes Principais. No total, foram registrados 3.836 indivíduos, distribuídos em 22 famílias botânicas e 45 espécies. A análise indicou maior concentração de nutrientes nas subparcelas mais próximas ao rio, enquanto níveis mais elevados de acidez ocorreram nas áreas mais distantes, evidenciando influência do gradiente aluvial na diferenciação da composição florística.

Palavras-chave: Análise da Vegetação. Recursos Naturais. Amapá.

ABSTRACT: The study that supported this article was conducted in a floodplain vegetation area located along the banks of the Matapi River (Amapá). Three plots measuring 80 × 240 m (1.92 ha) were established for data collection, including all plant individuals with a diameter ≥ 5 cm measured at 1.3 m above the ground. Four simple soil samples were collected in each subplot. Floristic diversity was analyzed using the Shannon, Pielou, and Hill numbers of indices. To assess the influence of soil chemical attributes and the distance gradient relative to the river on vegetation structure, Principal Component Analysis was applied. In total, 3,836 individuals were recorded, distributed among 22 botanical families and 45 species. The analysis indicated a higher concentration of nutrients in subplots closer to the river, while higher acidity levels occurred in more distant areas, evidencing the influence of the alluvial gradient on the differentiation of floristic composition.

Keywords: Vegetation Analysis. Natural Resources. Amapá.

Sumário: Introdução – 1 Material e Métodos – 1.1 Caracterização da Área de Estudo – 1.2 Amostragem e Coleta de Dados – 1.2.1 Inventário Florestal – 1.2.2 Coleta de Solo – 1.3 Análise dos Dados – 1.3.1 Estudos Fitossociológicos – 1.3.2 Diversidade Florística – 1.3.3 Relação Solo x Vegetação – 2 Resultados – 2.1 Composição Florística – 2.2 Fitossociologia – 2.3 Estrutura Diamétrica – 2.4 Análise de Componentes Principais da Vegetação – 2.5 Análise dos Componentes Principais do Solo – 3 Discussão – Considerações – Referências.

INTRODUÇÃO

Compreendendo cerca de 200.000 km², aproximadamente 3% do bioma Amazônia, as várzeas, também, classificadas como floresta ombrófila densa

aluvial, caracterizam-se pela entrada constante de águas do rio Amazonas, ricas em sedimentos orgânicos e minerais depositados nas áreas alagáveis devido aos efeitos da maré (Hamaguchi, 2009). Essas condições hidrossedimentares impõem pressões seletivas que resultam em adaptações físicas, anatômicas e morfológicas na vegetação (Junk et al., 1989).

Os solos dessas áreas são dominados por Neossolos Flúvicos e Gleissolos com elevados teores de argila. A presença de Terras Pretas Indígenas (TPI), horizontes superficiais escuros e férteis encontrados em diversas regiões de várzea, sugere que esses ambientes foram tradicionalmente utilizados como áreas de cultivo por povos originários (Schaefer et al., 2017; Segovia; Orellana; Kanzaki, 2020).

No estado do Amapá, a floresta de várzea constitui a segunda maior tipologia florestal, ficando atrás, apenas, da floresta densa de terra firme. Sua facilidade de acesso pelos rios possibilitou o estabelecimento de famílias tradicionais, muitas vezes descendentes de povos indígenas e de comunidades quilombolas, próximas a essas áreas (Pedrada, 2022; Santos Júnior et al, 2021). Nessas comunidades, atividades como agricultura, pesca, caça e extrativismo garantem a subsistência local, embora as várzeas sejam reconhecidas como ecossistemas frágeis do ponto de vista ambiental (Ferreira, 2019).

O estudo da composição florística e da fitossociologia das várzeas é essencial para compreender sua diversidade e estrutura vegetal, subsidiando ações de conservação e manejo. Enquanto a análise florística identifica as unidades taxonômicas presentes, a abordagem fitossociológica permite hierarquizar espécies e orientar programas de gestão ambiental (Hamaguchi, 2009; Santos et al, 2022). Deste modo, inventários florestais fornecem informações quantitativas e qualitativas dos indivíduos vegetais, sobretudo por meio das medidas de frequência, densidade e dominância (Cardoso, 2022), indicadores fundamentais para o monitoramento da dinâmica populacional (Santos et al, 2022).

O pulso de inundação, principal fator controlador dos processos ecológicos nas várzeas, influencia diretamente a composição florística, a estrutura e os padrões de distribuição da vegetação (Parolin et al., 2004). A heterogeneidade ambiental resultante está relacionada à duração e profundidade da inundação, à deposição de sedimentos e à dinâmica de nutrientes (Junk et al, 1989).

Áreas próximas ao canal principal tendem a sofrer inundações mais prolongadas, favorecendo espécies adaptadas ao alagamento e associadas a estágios iniciais de sucessão, enquanto setores mais distantes apresentam menor perturbação e são ocupados por espécies tardias (Assis et al, 2015). Assim, a vegetação se organiza segundo padrões estruturais marcantes ao longo do gradiente aluvial, com diferenças evidentes de densidade, diversidade e composição florística entre cotas mais baixas e mais altas (Wittmann et al., 2010; Moraes, 2016).

Apesar da reconhecida influência dos gradientes aluviais sobre a estrutura das florestas de várzea, pouco se sabe sobre como esses fatores afetam a vegetação na região do rio Matapi, no Amapá, especialmente quanto à relação entre atributos químicos do solo e a composição florística. Assim, o presente estudo busca responder ao seguinte problema: os atributos químicos do solo e a proximidade em relação ao rio Matapi influenciam a diversidade e a estrutura da vegetação arbórea em uma floresta de várzea?

Para isso, considerou-se como hipótese nula que tais fatores não exercem influência significativa sobre a composição florística e a diversidade da vegetação, e como hipótese alternativa que exercem influência significativa sobre esses parâmetros. Dessa forma, o objetivo deste estudo é avaliar a influência dos atributos químicos do solo e da proximidade do rio Matapi sobre a composição florística e a diversidade da vegetação em áreas de floresta ombrófila densa aluvial.

1 MATERIAL E MÉTODOS

1.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido em área de vegetação inundável situada em floresta ombrófila densa aluvial, às margens do rio Matapi, município de Santana (21km da capital Macapá), no estado do Amapá, com coordenadas 0°02'8,08"S e 51°12'11,89"W (Figura 1).

Figura 1 - Área de interesse onde foram realizados os inventários florestais

Fonte: Organizado e elaborado por Silva, 2025.

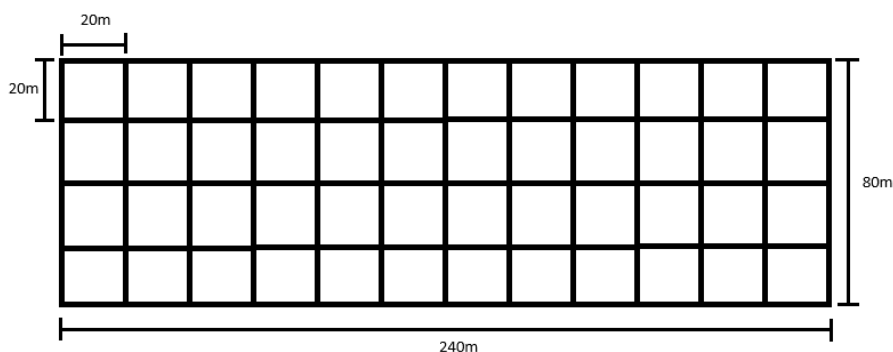
Conforme classificação de Köppen, a região do Matapi possui clima equatorial superúmido (Ami) com poucas variações de temperatura. O período mais frio apresenta elevados índices de pluviosidade, com precipitação anual de 2.500mm e temperatura média variando em torno de 25°C a 27°C.

1.2 AMOSTRAGEM E COLETA DE DADOS

1.2.1 Inventário Florestal

Foram demarcadas três parcelas equidistantes com 1,92 ha, subdivididas em 12 linhas compostas de quatro parcelas contínuas de 400m² (Figura 2), onde foram mensurados todos os indivíduos arbóreos e palmeiras com diâmetro ≥ 5 cm. Segundo o Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON, 2018), os espécimes que não permitiam essa metodologia, devido às situações anatômicas singulares, foram medidos 30 centímetros acima da irregularidade.

Figura 2 - Croqui das parcelas lançadas em uma floresta de várzea do Matapi



Fonte: Silva, 2024.

1.2.2 Coleta de Solo

Foram coletadas sistematicamente quatro amostras simples de solo, provenientes dos quatro vértices de cada parcela contínua, com o objetivo de caracterizar os atributos químicos ao longo das áreas próximas ao rio Matapi. As coletas foram realizadas com trado holandês, na profundidade de 0–10 cm, após a remoção da serrapilheira. Em seguida, as amostras foram homogeneizadas, compondo uma amostra composta por parcela, da qual aproximadamente 300g foram retirados, acondicionados em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados para análise laboratorial.

1.3 ANÁLISE DE DADOS

1.3.1 Estudo Fitossociológico

O estudo fitossociológico foi composto pelos seguintes parâmetros: frequência absoluta (FA) e relativa (FR), densidade absoluta (DA) e relativa (DR) e dominância absoluta (DoA) e relativa (DoR). A soma dos valores destes parâmetros indica as espécies com maior valor de importância (VI), obtido por meio das seguintes fórmulas:

$$FA_i = \frac{\mu_i}{\mu_t} * 100 \quad (1)$$

$$FR_i = \frac{FA_i}{\sum_{i=1}^p FA_i} * 100 \quad (2)$$

Em que FA_i é a frequência absoluta da i -ésima espécie; FR_i é a frequência relativa da i -ésima espécie; μ_i é o número de parcelas em que a i -ésima espécie ocorre; μ_t é o número de parcelas; e p é o número de espécies amostradas.

$$DA_i = \frac{n_i}{A} \quad (3)$$

$$DR_i = \frac{DA_i}{\sum_{i=1}^n DA_i} * 100 \quad (4)$$

Em que DA_i é a densidade absoluta da i-ésima espécie (em número de indivíduos por hectare); n_i é o número de indivíduos da i-ésima espécie na parcela; n é o número total de indivíduos amostrados; A é a área total inventariada (em hectares); DR_i é a densidade relativa da i-ésima espécie (em porcentagem).

$$DoA_i = \frac{AB_i}{A} \quad (5)$$

$$DoR_i = \frac{DoA_i}{\sum_{i=1}^p DoA_i} * 100 \quad (6)$$

Em que DoA_i é a dominância absoluta da i-ésima espécie (em m²/ha); AB_i é a área basal da i-ésima espécie (em m²); A é a área inventariada (em hectares); DoR_i é a dominância relativa da i-ésima espécie (em porcentagem).

$$VI_i = DR_i + DoR_i + FR_i \quad (7)$$

$$VI_i(\%) = \frac{VI_i}{3} \quad (8)$$

Em que VI_i é o valor de importância da i-ésima espécie.

1.3.2 Diversidade Florística

Para a análise da diversidade, foram utilizados: o Índice de Shannon (H'), que expressa o grau de incerteza na predição da espécie à qual pertence um indivíduo selecionado aleatoriamente; o Índice de Pielou (J'), que representa a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies registradas; e a Riqueza Verdadeira (qD), ou Número de Hill (Hill, 1973), que converte índices de diversidade, muitas vezes pouco intuitivos, em número efetivo de espécies (Cruz et al., 2024). Os valores de qD foram calculados de acordo com as seguintes expressões:

$$pi = \frac{n_i}{N} \quad (9)$$

$$H' = -\sum pi * (Ln(pi)) \quad (10)$$

$$J' = \frac{H'}{\ln(S)} \quad (11)$$

$${}^qD = \left(\sum_{i=1}^S p_i^q \right)^{\frac{1}{(1-q)}} \quad (12)$$

Em que p_i é a proporção de indivíduos da i -ésima espécie; n_i é o número de indivíduos amostrados da espécie i ; H' é o índice de Shannon; J' é a equabilidade de Pielou; S é o número total de espécies inventariadas; e q é o parâmetro que dá peso às espécies comuns ou raras.

1.3.3 Análise de Componentes Principais da Vegetação e do Solo

Com base nos atributos da vegetação e do solo, foi realizada Análise de Componentes Principais (PCA) para avaliar a influência dos atributos químicos do solo (variáveis independentes) sobre a vegetação local (variáveis dependentes). A organização inicial dos dados coletados em campo foi realizada no software Microsoft Office Excel. O tratamento, a análise e a manipulação dos dados foram conduzidas no software RStudio®, utilizando o pacote Tidyverse (R Core Team, 2025).

A PCA constitui uma metodologia estatística multivariada destinada à modelagem da estrutura de covariância entre variáveis intercorrelacionais. Trata-se de uma ferramenta amplamente empregada para a redução da dimensionalidade do conjunto de dados complexos, ao projetar as variáveis originais em um novo espaço vetorial de menor dimensão, com o objetivo de preservar a maior parte da variância explicada do sistema original.

2 RESULTADOS

2.1 COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA

Foram inventariados 3.836 indivíduos vegetais (665,97 ind./ha), distribuídos em 22 famílias, 45 espécies identificadas e quatro táxons não determinados, ao longo das três parcelas estudadas. A Parcela 1 registrou o número de 1.271 (661,98 n/ha) de indivíduos, com área basal de 52,9849 m² (27,5963 m²/ha), distribuídos em 36 espécies (19,2708 sp/ha). O índice de diversidade de Shannon (H') foi de 1,26, o índice de equabilidade de Pielou (J') foi de 0,35 e a Riqueza Efetiva (Número de Hill) foi de 3,53. A nível de indivíduos, das

três espécies mais abundantes, 911 são de *Euterpe oleracea* Mart. (correspondendo a 71,67%), 120 de *Virola surinamensis* (rol.) Warb. (9,44%) e 61 de *Callycophyllum spruceanum* Benth. (4,8%), representando 85,92% dos indivíduos amostrados.

Já na Parcela 2, o número de indivíduos registrados foi de 1.243 (647,39 n/ha), com área basal de 55,5355 m² (28,9247 m²/ha), distribuídos em 43 espécies (22,3958 sp/ha). Para o valor da diversidade de Shannon (H') o resultado foi de 1,34, o valor da equabilidade de Pielou (J') de 0,46 e a Riqueza Efetiva (Número de Hill) de 4,01. A nível de indivíduos, 790 são de *E. oleracea* (63,55%), 106 de *V. surinamensis* (8,53%) e 50 de *C. spruceanum* (4,02%), equivalente a 76,11% dos indivíduos amostrados.

Na Parcela 3, 1.322 indivíduos vegetais foram levantados (688,54 n/ha), com área basal de 44,79 m² (23,3281 m²/ha), distribuídos em 47 espécies (23,4375 sp/ha). Quanto aos índices de diversidade e equabilidade foram 1,74 para o de Shannon (H'), 0,66 para o de Pielou (J') e 4,03 para a Riqueza Efetiva (Número de Hill). A nível de indivíduos, 978 são de *E. oleraceae* (73,98%), 66 de *V. surinamensis* (4,99%) e 44 de *Mora paraensis* (3,33%), equivalente a 82,3% dos indivíduos amostrados.

2.2 FITOSSOCIOLOGIA

No que tange à geração de resultados sobre a Parcela 1, as cinco espécies com maiores índices de DR foram: *Euterpe oleracea* Mart., *Virola surinamensis* rol. Warb., *Callycophyllum spruceanum* Benth., *Spondias mombin* L. e *Mora paraensis* Ducke., com 71,75%, 9,6%, 4,9%, 2,8% e 2,6%, respectivamente (Tabela 1), totalizando 91,65% dos indivíduos por hectare (n/ha). Já as espécies com mais DoR foram *V. surinamensis* (24,01%), *E. oleraceae* (17,25%), *C. spruceanum* (14,2%), *M. paraensis* (13,8%) e *S. mombin* (12,57%), representando 81,83% da área basimétrica por hectare (m²/ha).

Tabela 1 - Espécies da primeira parcela com os maiores valores para os parâmetros fitossociológicos estabelecidos

Frequência Relativa		Densidade Relativa	
Espécie	Valor (%)	Espécie	Valor (%)
<i>Euterpe oleraceae</i>	20,78	<i>Euterpe oleraceae</i>	71,75
<i>Virola surinamensis</i>	13,42	<i>Virola surinamensis</i>	9,6
<i>Callycophyllum spruceanum</i>	11,69	<i>Callycophyllum spruceanum</i>	4,9
Dominância Relativa		Valor de Importância	
Espécie	Valor (%)	Espécie	Valor (%)
<i>Virola surinamensis</i>	24,01	<i>Euterpe oleraceae</i>	36,59
<i>Euterpe oleraceae</i>	17,25	<i>Virola surinamensis</i>	15,68
<i>Callycophyllum spruceanum</i>	14,2	<i>Callycophyllum spruceanum</i>	10,26

Fonte: Pesquisa em campo, 2024.

Quanto ao padrão de distribuição das espécies, as cinco mais representativas foram *E. oleracea* (20,78%), *V. surinamensis* (13,42%), *C. spruceanum* (11,69%), *M. paraensis* e *S. mombin*, ambas com 8,7%, totalizando 63,29% da frequência relativa (FR) da comunidade. Essas mesmas espécies apresentaram os maiores Índices de Valor de Importância (IVI): *E. oleracea* (36,59%), *V. surinamensis* (15,68%), *C. spruceanum* (10,26%), *M. paraensis* (8,35%) e *S. mombin* (8,02%), somando 78,9% do IVI total da floresta.

Na segunda parcela, *E. oleracea* apresentou a maior densidade relativa (DR), com 63,8%, além da maior dominância relativa (DoR), com 64%. Os índices de frequência relativa (FR) e de valor de importância (IVI) também foram mais elevados para *E. oleracea* (13,04% e 46,95%), *V. surinamensis* (10,6% e 9,73%) e *C. spruceanum* (8,42% e 5,26%), representando, respectivamente, 32,06% da FR total e 61,94% do IVI da parcela (Tabela 2).

Tabela 2 - Espécies da segunda parcela com os maiores valores para os parâmetros fitossociológicos estabelecidos

Frequência Relativa		Densidade Relativa	
Espécie	Valor (%)	Espécie	Valor (%)
<i>Euterpe oleraceae</i>	13,04	<i>Euterpe oleraceae</i>	63,8
<i>Virola surinamensis</i>	10,6	<i>Virola surinamensis</i>	9,6
<i>Callycophyllum spruceanum</i>	8,42	<i>Callycophyllum spruceanum</i>	2,9

Dominância Relativa		Valor de Importância	
Espécie	Valor (%)	Espécie	Valor (%)
<i>Euterpe oleraceae</i>	64,01	<i>Euterpe oleraceae</i>	46,95
<i>Virola surinamensis</i>	24,66	<i>Virola surinamensis</i>	9,73
<i>Callycophyllum spruceanum</i>	4,2	<i>Callycophyllum spruceanum</i>	5,26

Fonte: Pesquisa em campo, 2024.

Na comunidade da Parcela 3 (Tabela 3), *E. oleracea* responde por 72,84% da densidade relativa, 69,36% da dominância relativa e 52,84% do índice de valor de importância (IVI), além de apresentar a maior frequência na área (16,33%), juntamente com *V. surinamensis* (11,22%). As espécies *C. spruceanum* e *S. mombin* também registraram valores expressivos, refletindo a forte adaptabilidade dessas espécies à tipologia de floresta de várzea.

Tabela 3 - Espécies da terceira parcela com os maiores valores para os parâmetros fitossociológicos estabelecidos

Frequência Relativa		Densidade Relativa	
Espécie	Valor (%)	Espécie	Valor (%)
<i>Euterpe oleraceae</i>	16,33	<i>Euterpe oleraceae</i>	72,84
<i>Virola surinamensis</i>	11,22	<i>Virola surinamensis</i>	7,93
<i>Callycophyllum spruceanum</i>	8,6	<i>Callycophyllum spruceanum</i>	5,69
Dominância Relativa		Valor de Importância	
Espécies	Valor (%)	Espécies	Valor (%)
<i>Euterpe oleraceae</i>	69,36	<i>Euterpe oleraceae</i>	52,84
<i>Virola surinamensis</i>	13,3	<i>Virola surinamensis</i>	9,41
<i>Callycophyllum spruceanum</i>	5,66	<i>Callycophyllum spruceanum</i>	7,24

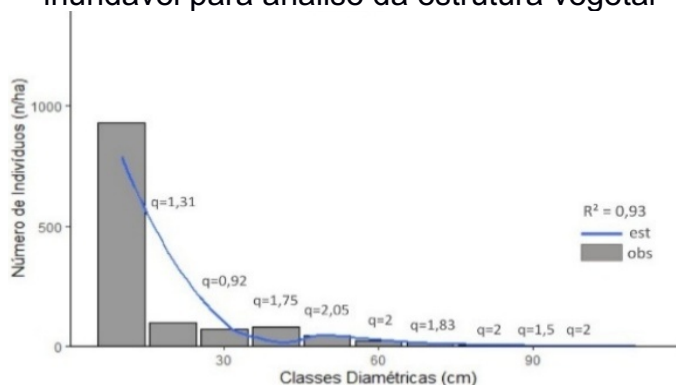
Fonte: Pesquisa em campo, 2024.

Quanto aos valores apresentados pelas espécies arbóreas, *V. surinamensis*, *C. spruceanum*, *M. paraenses* e *S. mombin* obtiveram resultados significativos nas três parcelas estudadas. Demonstrando que as árvores que são encontradas na várzea do Matapi estão bem adaptadas aos regimes de marés.

2.3 ESTRUTURA DIAMÉTRICA

O gráfico de distribuição diamétrica demonstra comportamento semelhante nas três áreas estudadas, conhecido como 'j-invertido'. Determina-se que, em florestas nativas, a distribuição exponencial negativa é descrita pelo quociente 'q' De Liocourt ou coeficiente de decréscimo entre classes, expressando a relação de diminuição do número de indivíduos de uma classe diamétrica para a seguinte (Gráfico 1).

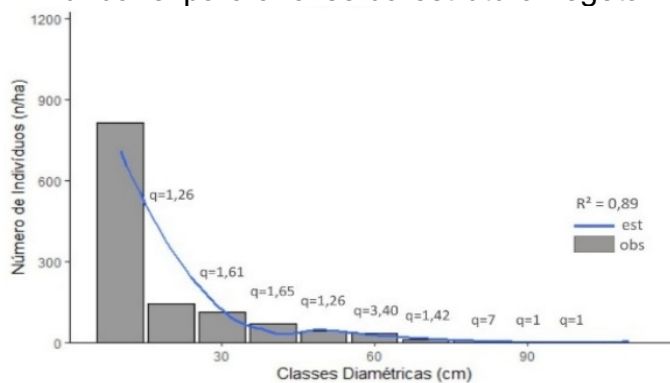
Gráfico 1 - Distribuição diamétrica da primeira parcela situada em floresta inundável para análise da estrutura vegetal



Fonte: Pesquisa em campo, 2024.

Os centros de classe de dez centímetros das três parcelas foram os que mais concentraram indivíduos, seguido de variação nos valores de 'q' de 0,33 a 7, o que é esperado da estrutura de uma floresta irregular. O ajuste das curvas de estimativa foi de 93% ($R^2 = 0,93$ Parcela 1), 89% ($R^2 = 0,89$ Parcela 2) e 90% ($R^2 = 0,90$ Parcela 3), apontando boa confiabilidade no ajuste (Gráfico 2).

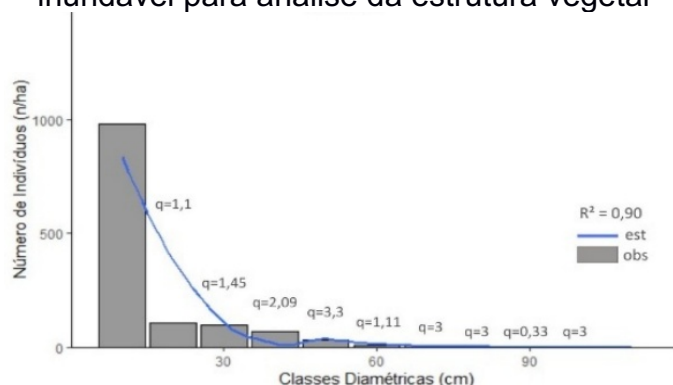
Gráfico 2 - Distribuição diamétrica da segunda parcela situada em floresta inundável para análise da estrutura vegetal



Fonte: Pesquisa em campo, 2024.

Os resultados de 'q' menores que 1,5 indicam que a redução no número de indivíduos entre as classes diamétricas seguintes é baixa. Resultados entre 1,5 e 2 apontam uma floresta natural bem estruturada, são considerados aceitáveis e esperados. Resultados iguais a 2 ou superior apontam diminuição considerável, bastante comum nas classes maiores devido à mortalidade natural ou a baixa probabilidade de crescimento das espécies que compõem a classe (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Distribuição diamétrica da terceira parcela situada em floresta inundável para análise da estrutura vegetal

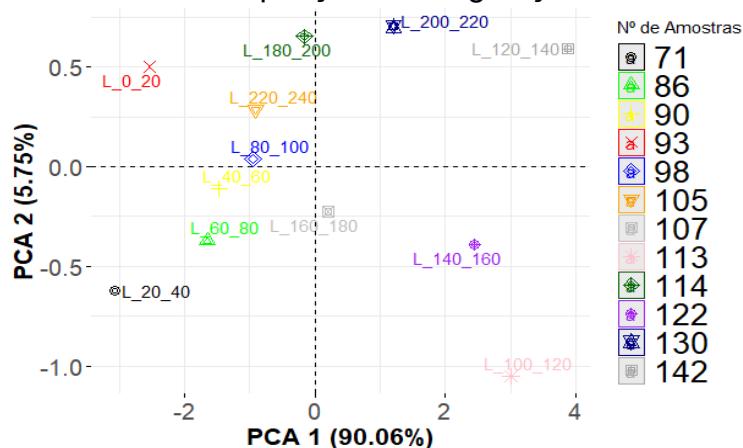


Fonte: Pesquisa em campo, 2024.

2.4 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DA VEGETAÇÃO

O PCA da Parcela 1 revelou significativa separação entre os grupos amostrais de acordo com os dois primeiros componentes principais (PCA 1: 90,06% e PCA 2: 5,75%) que juntos explicam 95,81% da variância total dos dados (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Análise de componentes principais para estratos da parcela 1 em relação ao número de aparições da vegetação local em cada um

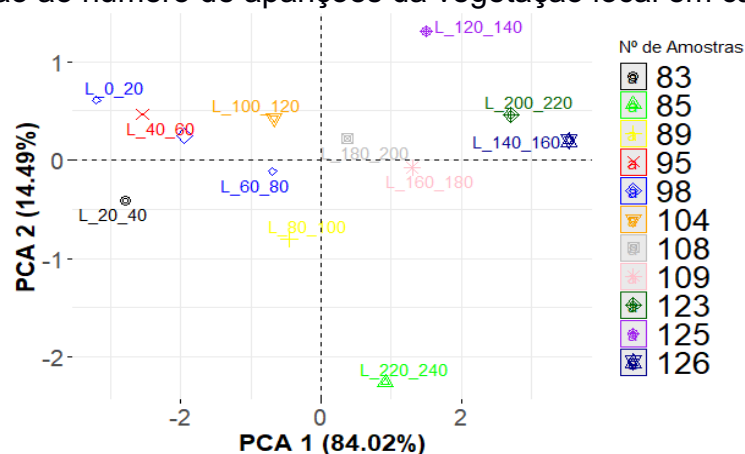


Fonte: Pesquisa em campo, 2024.

Percebe-se um gradiente de diferenciação estrutural associado à distância dos estratos, com 0 metro a 60 metros, estabelecendo-se à esquerda no eixo PCA 1, sugerindo vegetação menos desenvolvida ou em estágio inicial de regeneração. Já de 180 a 220 metros, encontram-se à direita, indicando vegetação mais estruturada em estágios mais avançados de sucessão. A proximidade entre estratos de 60 a 100 metros apresenta similaridade estrutural e transição gradual ao longo do gradiente.

Já na Parcela 2, o PCA apontou que o PCA 1 e PCA 2 explicam conjuntamente 98,51% da variância total, proporcionando uma visualização confiável da similaridade e estrutura dos estratos amostrados. Os estratos que se dispersaram à esquerda no eixo PCA 1 foram 0 metro a 60 metros. Em contrapartida, os estratos mais distantes (200 a 240 metros) aparecem à direita do gráfico, especialmente este último que se destaca no eixo PCA 2. A distância significativa de 120 a 140 metros dos demais estratos sugere composição florística ou estrutural distintas das demais (Gráfico 5).

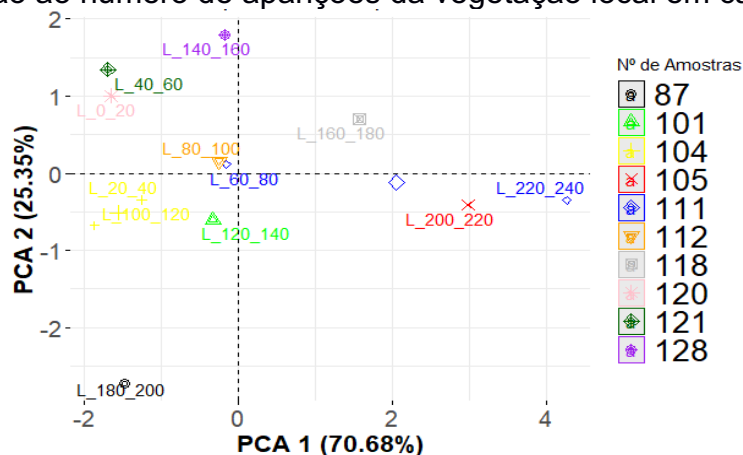
Gráfico 5 - Análise de componentes principais para estratos da parcela 2 em relação ao número de aparições da vegetação local em cada um



Fonte: Pesquisa em campo, 2024.

Na terceira parcela de estudo, o PCA aplicado aos estratos atestou que PCA 1 e PCA 2 explicam 96,03% da variância total, expressando boa capacidade de redução da variabilidade dos dados. 200 a 240 metros apresentam tendência de dispersão à direita do eixo PCA 1, já os estratos mais próximos do rio concentram-se à esquerda (Gráfico 6).

Gráfico 6 - Análise de componentes principais para estratos da parcela 3 em relação ao número de aparições da vegetação local em cada um



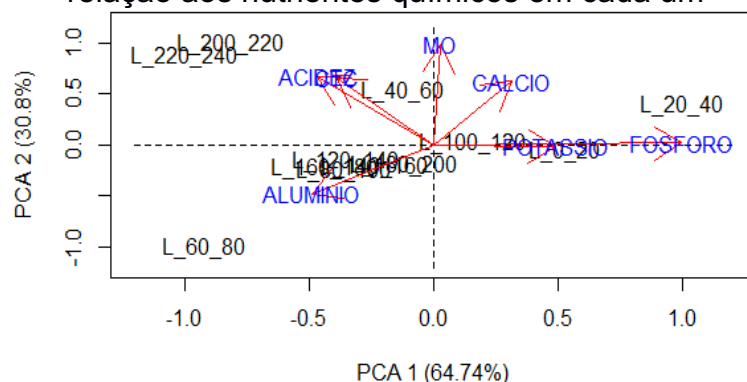
Fonte: Pesquisa em campo, 2024.

O agrupamento no centro do gráfico de estratos lançados sequencialmente (80 a 140 metros) comprova transição ecológica e estrutural contínua. Em contrapartida, o posicionamento isolado de 180 a 200 metros aponta condição atípica ou uma área com características ambientais distintas, sendo o estrato com valores menores de amostra (87 amostras).

2.5 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DO SOLO

O PCA 1 é responsável por 64,74% e o PCA 2 por 30,8%, explicando conjuntamente 95,54% da variância total dos dados, indicando que a maioria das informações relevantes está concentrada nos dois primeiros eixos, permitindo uma interpretação confiável do biplot (Gráfico 7).

Gráfico 7 - Análise de componentes principais para estratos da parcela 1 em relação aos nutrientes químicos em cada um

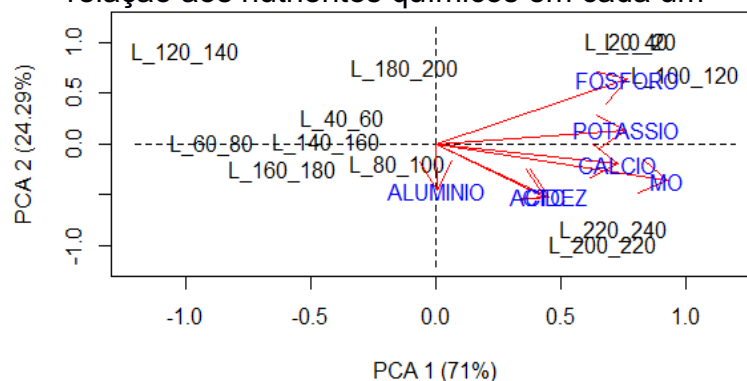


Fonte: Pesquisa em campo, 2024.

Os estratos mais próximos ao rio se agruparam de forma a realçar forte associação com as variáveis P, K, Ca^{2+} e MO. Por outro lado, as amostras mais distantes se agruparam na direção oposta aos vetores dos nutrientes antes mencionados, mostrando maior proximidade com as variáveis Acidez, Al^{3+} e Fe.

Na Parcela 2, 95,29% da variância total é explicada em conjunto por PCA 1 (71%) e PCA 2 (24,29%). Foi apontado que os estratos mais próximos ao rio se agruparam no quadrante direito do gráfico que estão fortemente associados aos vetores de P, K, Ca^{2+} e MO. Já os estratos mais distantes, localizados à esquerda do gráfico, indicaram menores concentrações (ou mesmo nenhuma) desses nutrientes e maior proximidade com o vetor Al^{3+} , que está associada a condições mais ácidas do solo (Gráfico 8).

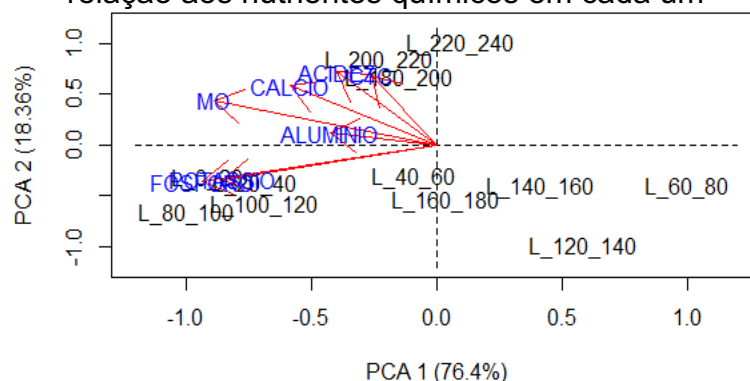
Gráfico 8 - Análise de componentes principais para estratos da parcela 2 em relação aos nutrientes químicos em cada um



Fonte: Pesquisa em campo, 2024.

O PCA 1 e PCA 2, da terceira parcela, foram 76,4% e 18,3%, respectivamente, explicando conjuntamente 94,7% da variância total. Os estratos que tiveram maior associação com P, K, Ca^{2+} e MO se dispersaram para a esquerda e, localizados à direita, as amostras relacionadas às variáveis Acidez e Al^{3+} , indicando condições mais ácidas e toxicidade por alumínio (Gráfico 9).

Gráfico 9 - Análise de componentes principais para estratos da parcela 3 em relação aos nutrientes químicos em cada um



Fonte: Pesquisa em campo, 2024.

3 DISCUSSAO

As famílias mais ricas, a nível de espécie, da região do Matapi foram *Fabaceae*, *Arecaceae* e *Myrtaceae*, sobressaindo-se nas três áreas inventariadas, demonstrando que as espécies pertencentes a elas estão mais bem adaptadas aos regimes constantes de marés. Estudos aplicados em florestas ombrófilas aluviais alegam que essas famílias comportam o maior número de espécies em florestas de várzea, sendo as mais representativas no Amapá e estados vizinhos (Bispo et al, 2022; Zavala et al, 2024).

A comparação das três parcelas inventariadas demonstrou que a Parcela 3 apresentou maior riqueza, com 24,48 espécies por hectare, e densidade com 688,54 n/há. A maior dominância foi da segunda área, com 28,9247 m²/ha. A respeito da riqueza de espécies, a superioridade nos resultados envolvendo a terceira área, deve-se à relação de elementos abióticos e antrópicos.

Os índices de Shannon, Pielou e Número de Hill apontaram a Parcela 3 como contendo a maior diversidade de espécies dentre as três áreas estudadas (1,74 nats/ind; 0,66; 4,73 sp, respectivamente). Com isso, é possível inferir que mais de uma espécie exerce dominância sobre as demais.

A Diversidade de Shannon (H') e a Equabilidade de Pielou (J'), em estudos ecológicos, são os índices mais comumente utilizados. O primeiro permite representar a imutabilidade da distribuição dos indivíduos levantados em relação à diversidade máxima que a comunidade atingirá, o segundo fornece a ideia de grau de incerteza em prever a qual espécie pertence um indivíduo retirado de forma aleatória da população (Scolforo et al, 2008). Já a Riqueza Verdadeira ou Número

de Hill (1973) transforma os índices de diversidade, pouco intuitivos, em número efetivo de espécies (Cruz et al, 2024).

E. oleracea foi a espécie com maior representatividade, sendo a primeira em valor de importância, em densidade relativa e frequência relativa nas três áreas. Valores menores em dominância relativa, atrás somente da *V. surinamensis*, são devido ao espaço em que um único indivíduo ocupa na área, já que espécies arbóreas tendem a ter maior área basal do que palmeiras.

Resultados semelhantes foram alcançados por Rodrigues (2019) e Santos et al (2024) em pesquisa de ambientes de várzea, com *E. oleraceae* sinalizando maiores valores de DR (78,97% e 87%), FR (12,96% e 4,55%), DoR (26,52% e 31,89%) e IVI (39,48% e 41,26%), respectivamente.

Essa clara predominância da *E. oleracea* em regiões de várzea não priva espécies como *C. spruceanum*, *C. guianensis* e *V. surinamensis* possuírem notória apreciação no mercado madeireiro da região (Santos, et al, 2024) e que, nesta pesquisa, alcançaram índices significativos, proporcionando potencial socioeconômico para as famílias de maneira direta e indireta.

A análise da estrutura diamétrica apontou maior concentração de indivíduos nas classes de diâmetro mais baixas ($DAP \leq 30$ cm). Isso sugere estabilidade de recrutamento, ausência ou pouca significância de perturbações que comprometam o funcionamento da comunidade, seguindo o padrão de ‘J-Invertido’ comumente apontado em florestas naturais.

A aplicação do Método BDq evidenciou que o quociente (q) De Liocourt não se manteve constante ao longo das classes diamétricas analisadas, apresentando variações acentuadas. Tal comportamento indica uma elevada discrepância entre as taxas de recrutamento e mortalidade na floresta, com destaque para a Parcela 3, onde essa diferença foi mais pronunciada (Gráfico 3).

Diferenças entre as frequências estimada e observada indicam algum distúrbio ocorrido no passado da área. Levando isso em consideração, a primeira e a segunda parcelas (Gráficos 1 e 2) apresentam maiores ocupações para o manejo empírico do açaí, o que explica menores variações de ‘q’ quando comparadas à parcela 3 (Santos et al, 2022).

Na Parcela 1, os trechos mais próximos do rio se dispersam no canto extremo esquerdo e os estratos mais distantes do rio no canto extremo direito

(Gráfico 4). Esse padrão sugere forte influência da distância do curso d'água sobre a composição e estrutura da vegetação, possivelmente relacionada a gradientes de inundação, deposição sedimentar e disponibilidade de nutrientes.

A segunda parcela repete o ordenamento dos primeiros e últimos estratos vistos na primeira parcela, mas a dispersão entre os estratos intermediários é mais acentuada (Gráfico 5). Essa maior heterogeneidade pode refletir distinção de ambientes dentro da parcela, variações topográficas sutis ou até mesmo diferenças no histórico de uso da área, que interferem na resposta estrutural da vegetação ao gradiente aluvial.

Na Parcela 3 os estratos apresentam uma organização espacial menos definida e o agrupamento por distância ao rio pouco relevante. O afastamento de estratos como mais distantes sugere a presença de espécies exclusivas (Gráfico 6). Esse comportamento dos dados aponta que, nesta parcela, fatores como solos mal drenados ou efeitos antrópicos possam estar sobrepondo-se ao gradiente hidrológico como determinantes da estrutura vegetal.

A primeira parcela com maior coesão e organização por zonas, a segunda com um claro grau de perturbação gerando valores discrepantes do esperado, enquanto a terceira exibe padrões mais difusos, sugerindo uma tendência de convergência para uma estrutura balanceada (Anfodillo, et al., 2013). Em ambas as áreas, a análise de componentes principais ressaltou a expressiva presença de P, K, Ca^{2+} e MO nos estratos de 0 a 80 metros com relação ao rio, onde é registrado maior ocorrência de espécies da família das *Arecaceae*. Toda via, em estratos a partir de 180 metros de distância os teores de Al^{3+} e Acidez se tornam mais elevados e o aumento da presença de espécies arbóreas promovem a competição por recursos.

As análises dos componentes principais nas três parcelas reforçam a importância da estratificação do solo na interpretação de sua fertilidade. Em todos os casos, observa-se que os nutrientes essenciais ao manejo se concentram nas distâncias mais próximas, enquanto as mais distantes apresentam limitações edáficas significativas, como acidez elevada e alto teor de alumínio trocável (Pansini, 2016).

Não é descartado o manejo da região por meio de técnicas empíricas iniciadas pelos povos originários e repassada durante gerações. Os procedimentos

que esses grupos implementaram, e que até hoje são utilizados pelas famílias tradicionais, contribuíram para as várzeas se tornarem o que são (Rodrigues, 2019; Santos, et al, 2024).

CONSIDERAÇÕES

Os resultados obtidos neste estudo corroboram a hipótese alternativa de que os atributos químicos, aliados à proximidade da vegetação em relação ao rio, influenciam a composição florística e diversidade florestal. A variação nos teores de nutrientes, associada ao gradiente de distância em relação ao curso hídrico, demonstrou estar relacionada à distribuição e à abundância das espécies.

Dessa forma, os resultados sugerem uma forte relação entre a dinâmica edáfica e a distribuição da vegetação na várzea da Amazônia, reforçando que o gradiente de inundação e o aporte fluvial exercem papel central na estruturação vegetal. A PCA, nesse contexto, demonstrou ser uma ferramenta eficaz para integrar múltiplas variáveis ambientais e revelar padrões ecológicos relevantes em sistema de várzea.

As famílias tradicionais costumam conciliar a conservação da biodiversidade com geração de renda, visto que a utilização da floresta em pé continua sendo a melhor forma de ser fazer valer de seus recursos. Pesquisas como esta contribuem para o entendimento da dinâmica desses ambientes, levantando informações e assimilando as peculiaridades encontradas para uma melhor tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

- ANFODILLO, T; et al. An allometry-based approach for understanding forest structure, predicting tree-size distribution and assessing the degree of disturbance. **Biological Sciences**. 280, 2013. Disponível em: https://intra.tesaf.unipd.it/carrer/2013_PRSB.pdf. Acesso em: 20 jan. 2025.
- ASSIS, R. L et al. Patterns of tree diversity and composition in Amazonian floodplain paleo-várzea forest. **Journal of Vegetation Science**, v. 26, p. 312-322. 2015. <https://doi.org/10.1111/jvs.12229>. Acesso em: 20 jan. 2025.
- BISPO, L. B et al. **Florística e Estrutura de uma floresta ombrófila aberta submontana. Conservação e Biodiversidade Amazônica: Potencialidade e Incertezas**. Editora Científica Digital, p. 108-124. 2022. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/220508779.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2025.

- CARDOSO, R. M. **Acurácia volumétrica aplicada ao manejo florestal sustentável na Amazônia brasileira**. 2022. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2022. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNB_ea6fff5bd88c23a7e639a926711253fa. Acesso em: 20 jan. 2025.
- CRUZ, M. J. C; et al. Sucessão florestal inicial em áreas Alto-Montanas no Planalto Sul Catarinense. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 34, p. 1-19. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509871849>. Acesso em: 20 mai. 2025.
- FERREIRA, A. B. de F. **Modelagem da biomassa e dinâmica do carbono em áreas de concessão florestal no sudeste da Amazônia brasileira**. 2019. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/881384>. Acesso em: 15 mai. 2025.
- HAMAGUCHI, J. O. **Estrutura e composição florística das espécies arbóreas e arbustivas de uma floresta de igapó no lago Tupé, Manaus-AM**. 2009. 86 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – INPA/UFMA, Manaus, 2009. Disponível em: http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=162638. Acesso em: 15 mai. 2025.
- HILL, M. O. Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. **Ecology**, 54(2), 427-432. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2307/1934352>. Acesso em: 15 mai. 2025.
- IMAZON – Instituto do homem e meio ambiente da Amazônia. **Floresta para sempre: manejo florestal sustentável na Amazônia**. 2ed. Belém: IMAZON, p. 144, 2018. Disponível em: <https://www.fundoamazonia.gov.br/pt/projeto/Floresta-para-Sempre/>. Acesso em: 15 mai. 2025.
- JUNK, W. J; BAYLEY, P. B; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. **Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences**, v. 106, n. 1, p. 110-127. 1989. Disponível em: https://ftp.cs.ru.nl/toinesmits/Recommended_readings_IWRM_2009/Water_Ecomorphological_principles/1989JunkThe%20flood%20pulse%20concept%20in.pdf. Acesso em: 15 mai. 2025.
- MORAES, L. L. da C. **Fitossociologia de uma floresta de várzea e de igapó na planície de inundação do rio Maracá, Amapá, Amazônia Oriental**. 2016. 46 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) – Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2016. Disponível em: <http://repositorio.unifap.br/handle/123456789/488>. Acesso em: 10 mai. 2025.
- PANSINI, S. **Relação entre hidrologia e assembleia de palmeiras ao longo de gradientes ambientais na ESEC Cunia (interflúvios Purus-Madeira)**. 2016. 113 f. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia da BIONORTE) – Universidade Federal do Amazonas, Porto Velho, 2016. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5725>. Acesso em: 10 mai. 2025.
- PAROLIN, P, et al. Central Amazon floodplain forests: tree survival in a pulsing system. **The Botanical Review**, v. 70, p. 357-380. 2004. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/226432720_Central_Amazonian_Floodplain_Forests_Tree_Adaptations_in_a_Pulsing_System. Acesso em: 10 mai. 2025.

PEDRADA, A. K. L. **O agricultor familiar horticultor no Amapá e sua força impulsionadora no desenvolvimento agroecológico**. 2022. 312 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/15397>. Acesso em: 10 mai. 2025.

R Core Team. R: **A language and environment for statistical computing**. Vienna: **R Foundation for Statistical Computing**, 2025. Disponível em: <https://www.Rproject.org>. Acesso: 12 jun. 2025.

RODRIGUES, D. M. de S. **Dinâmica da estrutura e diversidade de açaizais no estuário amazônico**. 2019. 80 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) - Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2019. Disponível em: <http://repositorio.unifap.br/jspui/handle/123456789/544>. Acesso em: 12 jun. 2025.

SANTOS JÚNIOR, H. B. dos, et al. Fitossociologia e propriedade físicas da liteira em um ecossistema sucessional alterado pela agricultura itinerante na Amazônia Oriental. **Scientia Plena**, v. 17, n.6, p.1-16, 2021. Disponível em: <https://www.scienciaplenua.org.br/sp/article/view/6082>. Acesso em: 12 jun. 2025.

SANTOS, G. C. dos; PINHEIRO, K. A. O; PIMENTEL, J. A. B. Relações entre espécies florestais como indicativo de manejo e possibilidades econômicas em ambiente de várzea. **Brazilian Journal of Business**, Curitiba, v.6, n.1, p.2-17, 2024. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJB/article/view/66148>. Acesso em: 16 mai. 2025.

SANTOS, R. M; et al. Composição florística e fitossociológica em floresta de várzea estuarina no estado do Pará. In: LIMA, R. B. de; ABREU, J. C. de; OLIVEIRA, C. P. de. **Mensuração e Manejo de Floresta de Várzea na Amazônia**. Ponta Grossa. Atena Editora, p. 13-33, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/362027227_Mensuracao_e_manejo_de_Floresta_de_Varzea_na_Amazonia. Acesso em: 10 mai. 2025.

SCHAEFER, C. E. G. R.; et al. **Solos da Região Amazônica**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 1-66, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319460286_Solos_da_regiao_Amazonica. Acesso em: 16 mai. 2025.

SCOLFARO, J. R et al. **Diversidade, equabilidade e similaridade no domínio da caatinga. Inventário Florestal de Minas Gerais: Floresta Estacional Decidual-Florística, Estrutura, Similaridade, Distribuição Diamétrica de Altura, Volumetria, Tendências de Crescimento e Manejo Florestal**. p. 118-133, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/290344015_DIVERSIDADE_EQUABILIDADE_E_SIMILARIDADE_NO_DOMINIO_DA_CAATINGA . Acesso em: 20 mai. 2025.

SEGOVIA, J. F. O; ORELLANA, J. B. P; KANZAKI, L. I. B. Características físico-químicas dos principais solos na Amazônia. **Floricultura Tropical: Técnicas e inovações para negócios sustentáveis na Amazônia**. Brasília-DF, EMBRAPA.

Cap. 3, p. 43-66, 2020. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1129378>. Acesso em: 20 mai. 2025.

WITTMAN, F.; SCHÖNGART, J.; JUNK, W.J. Phytogeography, Species Diversity, Community Structure and Dynamics of Central Amazonian Floodplain Forests. In: **Amazonian floodplain forests: ecophysiology, biodiversity and sustainable management**. Dordrecht: Springer Netherlands. p. 61-102. 2010. Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/F-Wittmann/publication/48204279_Phytogeography_Species_Diversity_Community_Structure_and_Dynamics_of_Central_Amazonian_Floodplain_Forests/links/5544416d0cf23ff716853c16/Phytogeography-Species-Diversity-Community-Structure-and-Dynamics-of-Central-Amazonian-Floodplain-Forests.pdf?_cf_chl=tk=y0w8is5K4OfvJT.LBeanBQ112EwxqxfYj7SZcbyPYPk-1753233132-1.0.1.1-p9yGMkVZGf0.4XNpd2LcMOyHq1f.1xBVCwtXUO.BBMU .

Acesso em 20 mai. 2025.

ZAVALA, C. B. R; PEREIRA, Z. V; LINÊ, J. D. B. Floristic-structural heterogeneity of deciduous tropical forest on topographic gradient of limestone outcrop. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.34, n.3, p.1-23. 2024. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cflo/a/vzyRZB45y6vvSC88WFHTTSn/?lang=en>. Acesso em: 20 mai. 2025.