



Contemporânea

Contemporary Journal

Vol. 4 N°. 7: p. 01-21, 2024

ISSN: 2447-0961

Artigo

ATRIBUTOS FUNCIONAIS DE *EICHHORNIA AZUREA* (SW.) KUNTH EM UM GRADIENTE AMBIENTAL NO BAIXO CURSO DO RIO JARI, AMAPÁ

FUNCTIONAL TRAITS OF *EICHHORNIA AZUREA* (SW.) KUNTH IN AN ENVIRONMENTAL GRADIENT IN THE LOWER JARI RIVER, AMAPÁ

ATRIBUTOS FUNCIONALES DE *EICHHORNIA AZUREA* (SW.) KUNTH EN UN GRADIENTE AMBIENTAL EN EL CURSO INFERIOR DEL RÍO JARI, AMAPÁ

DOI: 10.56083/RCV4N7-107

Receipt of originals: 06/10/2024

Acceptance for publication: 06/28/2024

Camila Guedes Alves

Graduanda em Licenciatura em Ciências Biológicas

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá (IFAP)

Endereço: Laranjal do Jari, Amapá, Brasil

E-mail: camila.guedes308@gmail.com

Darley Calderaro Leal Matos

Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia

Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)

Endereço: Laranjal do Jari, Amapá, Brasil

E-mail: darley.matos@ifap.edu.br

RESUMO: *Eichhornia azurea* é uma macrófita aquática presente no baixo curso do rio Jari, impactado pela urbanização e poluição. Características morfológicas de macrófitas podem variar devido aos fatores ambientais, mostrando um *trade-off* na alocação de recursos para diferentes atributos. Assim, este estudo analisou os atributos foliares da planta aquática *Eichhornia azurea* em relação às condições físico-químicas da água no rio Jari. Para isto, a pesquisa envolveu a coleta de folhas de indivíduos da espécie para mensuração de quatro atributos funcionais e medição dos parâmetros da água em oito pontos ao longo do rio, seguida por análise dos dados. Os resultados indicaram diferenças nas estratégias funcionais da



espécie ao longo do rio Jari, com um *trade-off* entre crescimento e conservação de recursos, pois indivíduos de maior área e produtividade foliar estavam mais próximos da zona urbana, mais poluída, e em áreas com maior turbidez e oxigênio dissolvido, enquanto aqueles com mais massa e espessura foliar foram encontrados em áreas mais afastadas da cidade, onde a condutividade foi um pouco maior. Foi possível concluir que atributos foliares da espécie são influenciados pelas condições da água, sendo um indicador importante de sua presença no rio Jari.

PALAVRAS-CHAVE: estratégias funcionais, mururé, macrófitas aquáticas, qualidade da água, *trade-offs*.

ABSTRACT: *Eichhornia azurea* is an aquatic macrophyte present in the lower Jari River, which is impacted by urbanization and pollution. Morphological characteristics of macrophytes can vary in response to environmental factors, what indicates trade-offs in the allocation of resources for different traits. This study analyzed the leaf traits of the aquatic plant *Eichhornia azurea* in relation to the physical-chemical conditions of the water in the Jari River. For this, leaves were collected from individuals of the species for measurement of four functional traits and water parameters were estimated at eight points along the river, followed by data analysis. The results indicated differences in the functional strategies of the species along the Jari River, with a trade-off between growth and resource conservation: individuals with greater leaf area and leaf productivity were closer to the urban area, which is more polluted, and in areas with greater turbidity and dissolved oxygen, while those with greater leaf mass and thickness were found in areas further away from the city, where conductivity was slightly higher. It was possible to conclude that the leaf traits of *E. azurea* are influenced by water conditions, being an important indicator of its presence in the Jari River.

KEYWORDS: functional strategies, mururé, aquatic macrophytes, water quality, trade-offs.

RESUMEN: *Eichhornia azurea* es una macrófita acuática presente en el curso bajo del río Jari, impactado por la urbanización y la contaminación. Las características morfológicas de las macrófitas pueden variar debido a factores ambientales, lo que muestra un *trade-off* en la asignación de recursos para diferentes atributos. Así, este estudio analizó los atributos foliares de la planta acuática *Eichhornia azurea* en relación con las condiciones físico-químicas del agua del río Jari. Para ello, la investigación implicó recolectar hojas de individuos de la especie para medir cuatro atributos funcionales y también medir parámetros del agua en ocho puntos a lo largo del río, seguido de un análisis de datos. Los resultados indicaron



diferencias en las estrategias funcionales de las especies a lo largo del río Jari, con un *trade-off* entre crecimiento y conservación de recursos, ya que los individuos con mayor área y productividad foliar estaban más cerca del área urbana, que está más contaminada, y en áreas con mayor turbidez y oxígeno disuelto, mientras que las de mayor masa foliar y grosor se encontraron en zonas más alejadas de la ciudad, donde la conductividad fue ligeramente mayor. Se pudo concluir que los atributos foliares de la especie están influenciados por las condiciones del agua, siendo un indicador importante de su presencia en el río Jari.

PALABRAS CLAVE: estrategias funcionales, mururé, macrófitas acuáticas, calidad del agua, *trade-offs*.



Artigo está licenciado sob forma de uma licença
Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

1. Introdução

A bacia hidrográfica do rio Jari está situada na região norte da bacia do Rio Amazonas e compreende alguns municípios dos estados do Pará (Almeirim) e Amapá (Vitória do Jari, Laranjal do Jari e Mazagão), possuindo aproximadamente 57.000km² de extensão. Sua nascente está localizada na fronteira Brasil-Suriname, na Serra do Tumucumaque (Silva; Rauber, 2024).

A montante do rio Jari, acima da cachoeira de Santo Antônio, abrange a maior extensão do rio em um terreno montanhoso e com águas limpas com cerca de 51.343km², enquanto a jusante, abaixo da cachoeira, compreende aproximadamente 5.657km², em direção à sua foz no rio Amazonas, representando o baixo curso que é caracterizado por águas mais turvas e terrenos sedimentares (Oliveira; Cunha, 2014).

O baixo curso do rio Jari apresenta características contrastantes devido aos fatores climáticos que influenciam a região, resultando em inundações sazonais, especialmente no período chuvoso, nos meses de março a maio. Isso é visto principalmente na cidade de Laranjal do Jari, onde alguns bairros próximos ao rio sofrem com as enchentes devido à sua localização em área



de várzea (Oliveira; Cunha, 2015), o que pode afetar na alteração da qualidade da água do baixo rio Jari, que é considerado, à montante, um manancial para a região (TEDPLAN, 2021; CONAMA, 2005).

Ademais, a atividade humana, como plantações de eucalipto e pinho e a presença da Usina Hidrelétrica Santo Antônio do Jari (UHESAJ), também impactam nas condições da água no baixo curso (Junior; Azevedo, 2022). Existe ainda, a concentração de residências próximas ao rio, a falta de saneamento básico e de sistemas de captação de esgoto adequados para o escoamento de contaminantes durante inundações, que contribuem para uma maior modificação nos parâmetros de qualidade da água, afetando principalmente o baixo curso do rio (Abreu; Cunha, 2015; Oliveira; Cunha, 2014).

Os parâmetros de qualidade da água estão diretamente ligados aos níveis de variáveis físico-químicas presentes no local (Fleck; Queiroz; Eyng; Schutz, 2012) e, quando analisados em conjunto com a flora local, podem servir como referência para precisar as condições suportadas por diversas espécies de plantas, assim como as estratégias específicas adotadas por elas em cada cenário (Cavenaghi *et al.*, 2003). A alteração da qualidade da água é um dos principais fatores que influenciam a distribuição de macrófitas aquáticas ao longo do baixo curso do rio Jari e na variação dos atributos morfofisiológicos dessas plantas (Rodrigues, 2023).

As macrófitas aquáticas são plantas amplamente difundidas e adaptadas a ambientes aquáticos como lagos, rios, pântanos e estuários (Pompêo, 2008), e inclui vários grupos de plantas como angiospermas, pteridófitas e até algumas macroalgas, servindo como um fator de relevância para o controle da dinâmica de um ecossistema aquático, como, por exemplo, a modulação de nutrientes na água, além de fornecer alimento e moradia para alguns animais (Pott; Pott, 2002; Pott, 2007).

Uma espécie de macrófita aquática amplamente distribuída no baixo curso do rio Jari é *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth, conhecida popularmente



como mururé ou aguapé. Pertencente à família Pontederiaceae é caracterizada por folhas que podem alcançar até 70 cm de comprimento, inflorescência do tipo espiga (18 a 24 flores) com coloração azulada e frutos com até 1,9 cm de comprimento (Nascimento; Andrade; Silva; Matias, 2013). É encontrada em diversos ecossistemas, como às margens de rios, lagos, pântanos, dentre outros onde há menor correnteza, em ambientes levemente ácidos, prevalecendo em regiões com alta disponibilidade de nutrientes (Chesson, 2000).

A distribuição de plantas em múltiplos ambientes aquáticos é possível pela existência de estratégias ecológicas adaptativas, visualizadas nos atributos funcionais adotados por elas. Fagundes (2020) define os atributos funcionais como características morfológicas, fisiológicas e anatômicas das plantas, que favorecem o seu desenvolvimento e refletem no desempenho das espécies num ambiente sob determinadas condições.

Na Ecologia Funcional, espécies de plantas se adaptam a partir do gerenciamento mais adequado de energia, refletindo no desenvolvimento de modificações morfológicas e anatômicas para lidar com o excesso de recursos ou com estresse proporcionado por sua escassez no ambiente, apresentando alta variação intraespecífica de atributos para ocupar uma maior variedade de ambientes (Matos; Ferreira; Carlucci, 2018).

Nesse sentido, a combinação de atributos funcionais foliares de *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth podem refletir na sua estratégia ecológica no ambiente, considerando que a folha é o órgão que mais sofre modificações em decorrência da alteração de condições ambientais (Turner; Ong; Tan, 1995; Rossatto; Kolb, 2012). As estratégias ecológicas de plantas são relacionadas aos *trade-offs* que são correlações negativas entre dois atributos de uma planta e representam a capacidade de resposta destas às alterações no ambiente, como o estresse biótico e abiótico, aplicando os recursos em atributos específicos para seu melhor desempenho no ambiente (Ferreira *et al.*, 2013).



Para se adaptarem a condições ambientais adversas, como a escassez de recursos, as plantas podem alocar mais energia em determinados atributos funcionais, tais como o aumento da espessura foliar, menor taxa fotossintética e redução do seu crescimento, a fim de economizar recursos e maximizar seu desempenho (Srivastava; Gupta; Chandra, 2008). Por outro lado, quando inseridas em ambiente com recursos em abundância, certas plantas podem aplicar mais energia no aumento da sua área foliar, maior taxa fotossintética e no seu crescimento vegetativo, propiciando sua dominância local e tornando-as competidoras mais eficientes (Pedro, 2003).

A variação intraespecífica de atributos em macrófitas é evidenciada quando características morfológicas são afetadas por variações nos parâmetros físicos e químicos da água, e um *trade-off* pode ser observado quando há investimento em uma característica específica em detrimento de outra (Fagundes, 2020). Essas estratégias podem ser reflexo da qualidade da água, visto que essas plantas tendem a ajustar suas características morfológicas em resposta às variações nos parâmetros físicos e químicos (Esteves; Camargo, 1986).

Desse modo, esse trabalho visou analisar os atributos foliares de *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth (aguapé) em relação às variáveis físico-químicas da água ao longo de um trecho do baixo curso do rio Jari. Nossa hipótese é que indivíduos de *Eichhornia azurea* exibirão um *trade-off* crescimento e conservação de recursos em detrimento de variações nas características da água em um trecho do rio Jari, sendo também um indicativo da qualidade da água no local.



2. Material e Métodos

2.1 Descrição da Área de Estudo e Amostragem

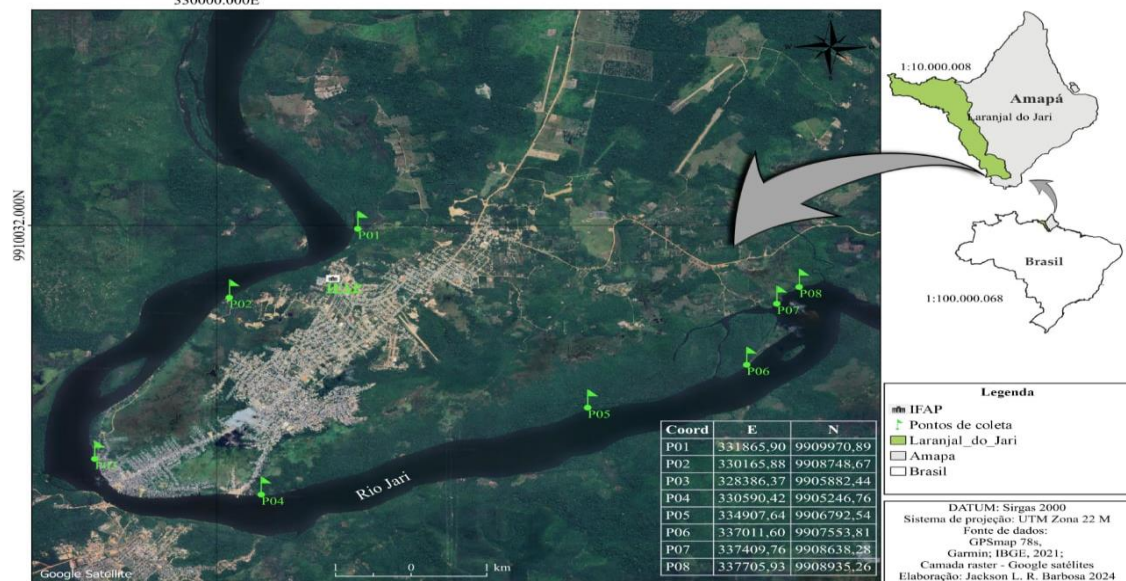
Segundo os dados do IBGE (2022), o município de Laranjal do Jari está localizado na região sul do estado do Amapá, fazendo fronteira com o estado do Pará (limitando-se com Monte Dourado, distrito do município de Almeirim), com uma área total de 30.782,998 km² e uma população de 35.114 habitantes (IBGE, 2022).

Na classificação Koppen-Geiger, a temperatura média da região atinge cerca 27,3 °C, com um regime pluviométrico de 2.244mm por ano (Junior; Sales, 2023). Grande parte de sua área está vulnerável às inundações sazonais da região, em períodos mais chuvosos (do mês de março até maio), em decorrência de sua foz localizada na planície do rio Amazonas, onde muitos moradores residem sobre palafitas, principalmente em frente à cidade e, em decorrência da precariedade de saneamento básico e redes de esgoto no local, o lixo e efluentes de sanitários urbanos são descartados a céu aberto, diretamente às margens do rio.

Para realizar esse estudo, foi selecionado um trecho de 17,11 km no baixo curso do rio Jari e demarcados oito pontos ao longo do rio, como mostrado na Figura 1, no mês de abril de 2024 (período chuvoso da região).



Figura 1. Mapa da localização dos pontos de amostragem ao longo do baixo rio Jari.



Fonte: Jackson L. R. Barbosa, 2024.

Para a amostragem de *Eichhornia azurea*, foram feitas três parcelas de 1m² em cada ponto, com uma distância mínima de cinco metros entre si, sendo dispostas paralelamente ao curso do rio. Por se tratar de uma espécie clonal e modular, foi considerado um indivíduo por parcela. A confirmação das espécies foi obtida através da confecção de exsicatas e seu posterior envio ao Herbário Amapaense (HAMAB), na cidade de Macapá.

Os pontos de monitoramento ao longo do rio apresentavam diferentes níveis de interferência humana e/ou poluição. O ponto 3, próximo à margem da cidade de Laranjal do Jari, mostrava sinais de poluição urbana, enquanto o ponto 2, localizado perto de um balneário, tinha interferência da atividade local. O ponto 1, na entrada do rio Joari, é afetado por impactos humanos, como pesca e desmatamento, apesar de não receber esgoto da cidade, o ponto 4 apresentava aumento significativo na poluição urbana, e os pontos 5, 6, 7 e 8 estavam próximos a cursos d'água e áreas de pesca intensiva por moradores locais. Alguns bancos de macrófitas onde as amostragens ocorreram são representadas na Figura 2.



Figura 2. Banco de macrófitas onde as parcelas foram delimitadas. Em (A) localiza-se o ponto próximo à cidade (P3); em (B) está o ponto localizado no Joari (P1); em (C), encontra-se o ponto P8, onde as últimas parcelas foram estabelecidas próximo ao rio Arapiranga.



Fonte: Matos, 2024.

2.2 Atributos Funcionais Foliares e Variáveis da Água

Foram coletadas cinco folhas maduras de cada indivíduo nas parcelas, assegurando-se que estivessem sem sinais fortes de doenças ou danos. As folhas foram colocadas em sacolas plásticas e mantidas em um recipiente térmico para conservar a umidade até a mensuração dos atributos.

Para preservar o máximo de integridade das características foliares, as amostras foram levadas para análise ainda no mesmo dia em que as coletas foram realizadas. A análise ocorreu no laboratório de Florestas do Instituto Federal do Amapá (Ifap). O primeiro passo consistiu na mensuração da espessura das folhas (mm) com o auxílio de um paquímetro digital, obtida através da média de três medidas de espessura do limbo entre nervuras. Em seguida, as folhas foram numeradas e digitalizadas com a câmera de um celular em fundo branco junto de uma régua de 50 cm como referência de escala, para posterior mensuração da área do limbo foliar (cm²) das folhas, utilizando o software Image J, versão 1.46.

Seguidamente, as folhas foram pesadas em uma balança digital de precisão para determinar o peso úmido. Logo após, as amostras de folhas de cada indivíduo foram colocadas em sacolas de papel *kraft* para secagem em



estufa a 70°C por três dias. Depois de secas, as folhas foram pesadas novamente para obter o peso seco.

Os atributos foliares medidos neste estudo, seguindo o protocolo de Pérez-Harguindeguy *et al* (2013), incluíram: espessura foliar (cm) (LT- *Leaf thickness*), área foliar (cm²) (LA - *Leaf area*), área foliar específica (g/cm²) (SLA - *Specific leaf area*) e conteúdo de matéria seca foliar (g) (LDMC - *Leaf Dry Matter Content*). Esses atributos fornecem uma visão detalhada sobre as características funcionais das folhas e suas adaptações ao ambiente.

A espessura foliar (LT) indica a robustez e a capacidade de armazenamento de água, captação de luz e difusão de CO₂; a área foliar (LA) reflete a capacidade de captura de luz e resfriamento convectivo da folha; a área foliar específica (SLA) revela a eficiência da biomassa para captura de luz refletindo em maior taxa fotossintética; e o conteúdo de matéria seca (LDMC) indica resistência a danos físicos devido a densidade e qualidade do tecido foliar.

As variáveis físicas e químicas da água foram medidas com uma sonda Multiprômetros, incluindo turbidez, oxigênio dissolvido, oxigênio do ar e condutividade. Foram tiradas três medidas de cada parâmetro para obter uma média por parcela (Kohatsu *et al.*, 2018).

2.3 Análise de Dados

Primeiramente, procedeu-se a fazer a estatística descritiva das variáveis contínuas medidas neste estudo (atributos e físico-químicas da água), para avaliar como os dados estão distribuídos, possibilitando também, investigar se os valores dos parâmetros físicos e químicos da água do rio Jari estão de acordo com aqueles previstos no CONAMA (2005) e CETESB (2019).

Foi utilizada uma técnica estatística multivariada denominada Análise de Componentes Principais (PCA) para analisar as combinações de atributos foliares dos indivíduos de *Eichhornia azurea* e suas relações com as variáveis



da água. Essa abordagem, reconhecida por sua habilidade em simplificar conjuntos complexos de dados, destaca as variáveis mais relevantes, mantendo intacta a essência da variabilidade do conjunto (Araújo; Coelho, 2009). O teste de esfericidade de Bartlett foi realizado para verificar a correlação entre as variáveis observadas e a adequação da PCA.

Adicionalmente, recorreu-se à correlação de Pearson para analisar as associações entre os atributos funcionais para a formação dos *trade-offs* existentes entre indivíduos de *Eichhornia azurea*. Todas as análises foram feitas no software Past 4.13 disponível para download em <https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past/> (Hammer; Harper; Ryan, 2001).

3. Resultados

A estatística descritiva das variáveis mensuradas neste estudo está na Tabela 1. Dentre as variáveis da água, a turbidez e o oxigênio do ar tiveram a maior variância, e os atributos de área foliar e área foliar específica apresentaram a maior variação nos dados.

Tabela 1. Estatística descritiva das variáveis físicas e químicas da água e atributos funcionais medidos.

Variáveis	Sigla	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Variância
Turbidez (NTU)	<i>Turb</i>	18,97	10,9	29,03	5,49	30,14
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	<i>Cond</i>	25,64	23	34,33	3,10	9,64
Oxigênio Dissolvido (mg/l)	<i>OD</i>	10,26	7,9	12	1,24	1,53
Oxigênio do Ar (%)	<i>Oxig_A</i>	28,83	21,95	42,4	4,98	24,79
Espessura Foliar (cm)	<i>LT</i>	0,31	0,2	0,47	0,07	0,004
Área Foliar (cm^2)	<i>LA</i>	350,73	78,60	598,37	148,39	22.020,38
Área Foliar Específica (g/cm^2)	<i>SLA</i>	137,62	93,74	180,65	26,19	685,9
Conteúdo de Massa Seca Foliar (g)	<i>LDMC</i>	0,17	0,14	0,20	0,02	0,0004

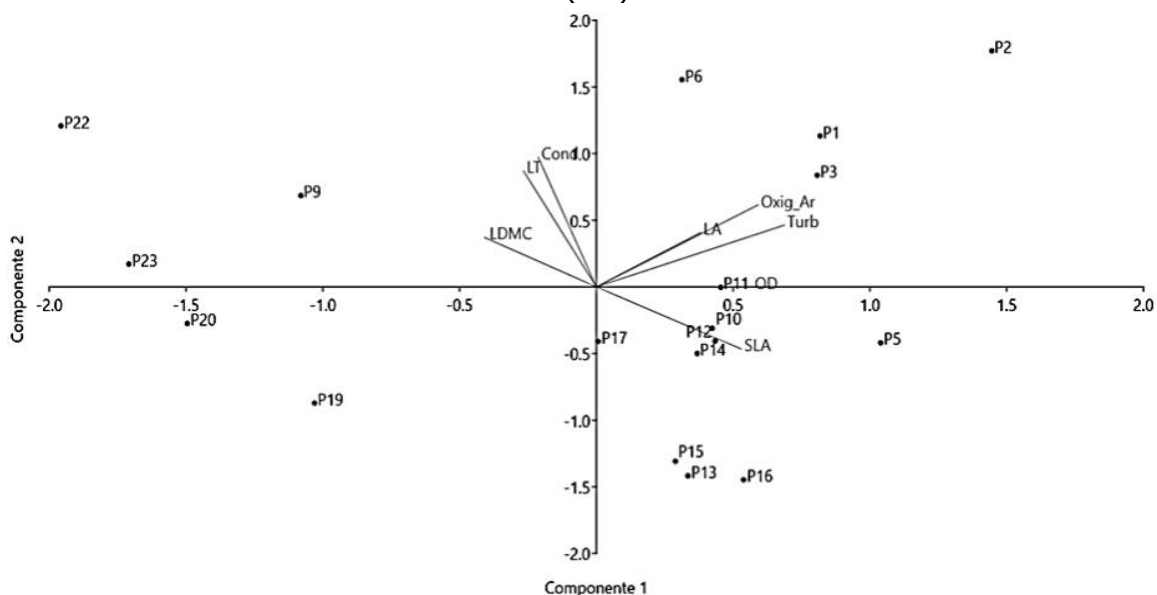
Fonte: Autoria própria, 2024.



Na Análise de Componentes Principais, o eixo 1 apresentou 31,029% de variação e o eixo 2 apresentou 20,072% de variação, totalizando 51,101% da variação total dos dados. O teste de esfericidade de Bartlett mostrou valor $P=0,0024$, indicando que pelo menos uma das variáveis da PCA não possui correlação exata com as outras.

O lado positivo do eixo 1 (PC1) foi caracterizado por um maior número de parcelas, mais próximas à cidade, em que indivíduos de *Eichhornia azurea* apresentaram maior área foliar específica (SLA) e área foliar (LA) relacionada à maiores concentrações de oxigênio dissolvido, turbidez e oxigênio do ar. O lado negativo desse eixo foi caracterizado por uma quantidade reduzida de parcelas que se encontravam, predominantemente, em regiões mais distantes da cidade, em que indivíduos de *Eichhornia azurea* exibiram maior espessura foliar (LT) e conteúdo de massa seca foliar (LDMC), relacionados ao aumento da condutividade (Figura 4).

Figura 3. Análise dos Componentes principais com as correlações entre atributos funcionais, variáveis físico-químicas e número de espécies. Condutividade (Cond); espessura foliar (LT); conteúdo de massa seca foliar (LDMC); área foliar (LA); espessura foliar específica (SLA); oxigênio do ar (Oxig_Ar); turbidez (Turb); oxigênio dissolvido (OD).

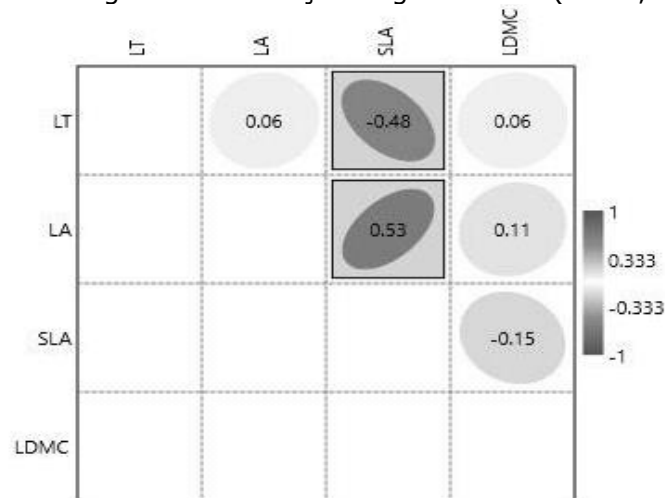


Fonte: Matos, 2024.



Houve correlação negativa moderada e significativa entre área foliar específica (SLA) e espessura foliar (LT) ($r = -0,48$; $P = 0,04$), e área foliar (LA) foi correlacionada positivamente à área foliar específica ($r = 0,53$; $P = 0,02$) (Figura 5).

Figura 4. Gráfico mostrando os valores de correlação de Pearson entre atributos funcionais de indivíduos de *E. azurea* – espessura foliar (LT); conteúdo de massa seca foliar (LDMC); área foliar (LA); espessura foliar específica (SLA). A força da correlação é caracterizada pela intensidade da cor na legenda. Correlações significativas ($P \leq 0,05$) em destaque.



Fonte: Matos, 2024

4. Discussão

Com base nos parâmetros de qualidade da água do CONAMA (2005) percebeu-se que a turbidez estava abaixo do limite máximo de 100 NTU, mas com um desvio padrão significativo, mostrando variação ao longo do rio. O oxigênio dissolvido estava acima do limite mínimo de 5 mg/L, com baixa variação, indicando boa qualidade da água. A condutividade foi comparada aos parâmetros de qualidade da água da CETESB (2019) e não ultrapassou o limite máximo de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com baixa variação entre as amostras.

A alteração dos atributos foliares de *Eichhornia azurea* em concordância com as variações dos parâmetros infere que essa espécie



demonstrou ser sensível às mudanças encontradas ao longo do rio, revelando um padrão nas características foliares em função das diferenças nos níveis de cada variável físico-química, mesmo que em certos momentos fossem mínimas. Isso reflete, inclusive, na possibilidade desses atributos indicarem, com base nas variáveis e limites estipulados, mudanças na qualidade da água.

A hipótese deste estudo foi corroborada, pois se verificou que indivíduos de *Eichhornia azurea* exibiram estratégias funcionais distintas ao longo do rio Jari, exibindo um *trade-off* de crescimento *versus* conservação de recursos, caracterizado por indivíduos com maior quantidade de massa foliar (LMDC) e maior espessura foliar (LT), localizados nas últimas parcelas que apresentaram condutividade maior (média 27,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e são mais distantes da cidade, em relação aos indivíduos encontrados em parcelas com maior proximidade à zona urbana, que apresentaram maior área foliar específica (SLA) e área foliar (LA), relacionados a maior turbidez (média 21,43 NTU) e oxigênio dissolvido (média 10,77 mg/l).

O aumento da massa foliar (LDMC) nas últimas parcelas que apresentaram maior condutividade e menor turbidez está relacionado a uma estratégia voltada para a conservação de nutrientes na folha, refletindo na maior eficiência do uso de recursos em locais com menor disponibilidade de nutrientes (Reis; Vitória, 2020).

O fato de existir um aumento de massa foliar onde a condutividade foi maior, pode representar uma maior concentração de algumas substâncias inorgânicas na água, que não podem ser assimiladas pelas plantas, tais como alguns metais e sais provenientes da matéria residual de alguns poluentes, considerando que o excesso de nutrientes disponíveis, originados da poluição da cidade, foi absorvido por outras plantas ao longo do rio. Roberto, Santana e Thomaz (2009) apontam ainda que a decantação de nutrientes nos corpos d'água gerado pelo fluxo menos turbulento do rio, impossibilitam sua absorção, uma vez que se encontram indisponíveis para as plantas.



Além disso, foram encontrados indivíduos com área foliar reduzida e espessura foliar (LT) maior em parcelas mais distantes, o que implica em proteção contra luminosidade intensa e em redução da sua taxa fotossintética devido ao baixo investimento de energia num ambiente com diminuição de recursos na água, a fim de aumentar sua resistência foliar longevidade (Reich; Walters; Ellsworth, 1997).

Em áreas próximas à cidade, a atividade humana pode influenciar no aumento da turbidez e a presença de nutrientes, assim como a dissolução do oxigênio na água, permitindo a ocorrência de macrófitas na região. Isso pode ser determinado pelo aumento da turbulência das águas, visualizada pelo descarte de efluentes urbanos e pelo tráfego de embarcações perto dos locais de coleta de amostras, o que corrobora com a ideia de Roberto, Santana e Thomaz (2009) de que ambientes aquáticos com maior turbulência são continuamente misturados, disponibilizando mais nutrientes, o que é observado por partículas orgânicas suspensas na água.

Isso permitiu que a espécie *Eichhornia azurea* apresentasse atributos funcionais mais adaptados a tais condições, como folhas maiores e uma maior área de exibição de massa, o que permite a realização mais eficiente de fotossíntese (Milne; Murphy; Thomaz, 2006).

A maior turbidez em parcelas próximas à cidade pode refletir em menor penetração de luz na coluna d'água. Como consequência, os indivíduos encontrados nessa região apresentaram maior área foliar (LA) e área foliar específica (SLA) indicando estratégia para maximizar sua taxa fotossintética. Essa afirmativa é ratificada por Reich, Walters e Ellsworth (1997), considerando que com a grande concentração de nutrientes na água, esses indivíduos utilizaram essas características para perpetuar seu crescimento na área, pois conseguem alocar mais energia para a produção de folhas maiores que, por sua vez, captam luz de forma mais eficaz, acelerando o seu desenvolvimento.



Porém, o investimento em crescimento vegetal, em regiões com maior concentração de nutrientes, tendência uma correlação negativa com o número de espécies, onde a composição da estrutura da comunidade é mais homogênea. Isto é, ao investir no aumento da área foliar (LA) e área foliar específica (SLA), *Eichhornia azurea* está utilizando os recursos em excesso para maximizar sua eficiência fotossintética e competitividade, o que reflete no aumento da densidade de sua população em um ambiente com maior disponibilidade de nutrientes (onde os efluentes urbanos são lançados com frequência), que conseqüentemente, apresenta maior turbidez e oxigênio dissolvido (Murphy *et al.*, 2003).

A variação dos atributos funcionais de *Eichhornia azurea* em conjunto com a alteração das variáveis físico-químicas analisadas sugere que atributos foliares da espécie podem indicar a qualidade da água do rio Jari, uma vez que os parâmetros de qualidade verificados mostraram um gradiente de condições ambientais ao longo do rio, que se reflete em variação intraespecífica da espécie (Hegel; Melo, 2016).

5. Conclusão

Este estudo mostrou que os atributos foliares de *Eichhornia azurea* são sensíveis às mudanças físico-químicas da água, sendo um indicador importante da presença da espécie em diferentes locais ao longo do rio Jari. As plantas mais próximas à cidade apresentaram estratégias de crescimento vegetal, enquanto as mais distantes armazenaram recursos em massa foliar devido à menor disponibilidade de nutrientes, indicando a variação da qualidade da água ao longo do baixo curso do rio.

A análise dos atributos funcionais de *Eichhornia azurea* serve como um valioso instrumento para o monitoramento e a gestão sustentável dos recursos hídricos, contribuindo para a identificação de mudanças na qualidade da água e permitindo a efetivação de medidas de conservação



mais eficazes, especialmente, nas regiões afetadas pela poluição do rio Jari. Isso também reflete a importância do aprofundamento em estudos sobre essas macrófitas para a manutenção da qualidade ambiental e a conservação dos ecossistemas aquáticos, considerando também, o bem-estar dos moradores que dependem desse manancial.

Dessa forma, esse estudo pode ser considerado uma ferramenta que auxilie no fornecimento de dados que fomentem o manejo da *Eichhornia azurea* no rio Jari, podendo ser usado para o desenvolvimento de trabalhos voltados para a sazonalidade, a fim de verificar se as características dessa espécie, apontadas ao longo do estudo, permanecem em períodos menos chuvosos na região.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal do Amapá pelo apoio nas atividades. Aos colaboradores e alunos voluntários do Projeto EcoBio Jari (Ifap) que ajudaram na coleta de dados em campo.



Referências

ABREU, C. H. M. de; CUNHA, A. C. da. Qualidade da água em ecossistemas aquáticos tropicais sob impactos ambientais no baixo rio Jari-AP: Revisão descritiva. **Biota Amazônia**, v. 5, n. 2, 2015.

ARAÚJO, W. O.; COELHO, C. J. **Análise de componentes principais (PCA)**. University Center of Anápolis, Anápolis, 2009.

BRASIL. CONAMA. 2005. Resolução Nº. 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. 2005.

CAVENAGHI, A. L. *et al.* Caracterização da qualidade de água e sedimento relacionados com a ocorrência de plantas aquáticas em cinco reservatórios da bacia do rio Tietê. **Planta daninha**, v. 21, p. 43-52, 2003.

CHESSON, P. General theory of competitive coexistence in spatially-varying environments. **Theoretical population biology**, v. 58, n. 3, p. 211-237, 2000.

CETESB. Apêndice D. **Índice de Qualidade das Águas**. 2019.

ESTEVES, F. A.; CAMARGO, A. F. M. Sobre o papel das macrófitas aquáticas na estocagem e ciclagem de nutrientes. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 1, n. 1, p. 273-298, 1986.

FAGUNDES, M. V. **Atributos funcionais de caatinga, uma floresta sazonalmente seca**: estratégias, distribuição espacial, interações entre plantas e restauração de comunidades. 2020. 154f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.

FERREIRA, L. V. *et al.* Variação da riqueza e composição de espécies da comunidade de plantas entre as florestas de igapós e várzeas na Estação Científica Ferreira Penna-Caxiuanã na Amazônia oriental. **Pesquisas Botânica**, v. 64, p. 175-195, 2013.

FLECK, L.; QUEIROZ, C. B.; EYNG, E.; SCHUTZ, F. C. A. Análise físico-química da qualidade da água do rio alegria localizado no município de Medianeira, PR. **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia**, v. 3, n. 5, p. 65-71, 2012.



HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia electronica**, v. 4, n. 1, p. 1, 2001.

HEGEL, C. G. Z.; MELO, E. F. R. Q. Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água dos arroios da RPPN Maragato. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 9, n. 3, p. 673-693, 2016.

JUNIOR, L. C. S. da S.; AZEVEDO, J. P. S. de. Influência do saneamento na qualidade de água em rios: Uma análise através da modelagem de qualidade de água. **MIX Sustentável**, v. 8, n. 1, p. 41-52, 2022.

MATOS, D. C. L.; FERREIRA, L. V.; CARLUCCI, M. B. Estratégias funcionais de *Macrobium angustifolium* (Benth.) RS Cowan para coexistir em florestas inundadas na Amazônia oriental. **Revista Espacios**, v. 39, p. 1-16, 2018.

MILNE, J. M.; MURPHY, K. J.; THOMAZ, S. M. Morphological variation in *Eichhornia azurea* (Kunth) and *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms in relation to aquatic vegetation type and the environment in the floodplain of the Rio Paraná, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 570, p. 19-25, 2006.

MURPHY, K. J. *et al.* Aquatic plant communities and predictors of diversity in a sub-tropical river floodplain: the upper Rio Paraná, Brazil. **Aquatic Botany**, v. 77, n. 4, p. 257-276, 2003.

NASCIMENTO, H. C. E.; ANDRADE, I. M.; SILVA, M.F.S.; MATIAS, L. Q. Pontederiaceae do litoral piauiense, Brasil. **Rodriguésia**, v. 64, p. 625-634, 2013.

OLIVEIRA, B. S. S. de; CUNHA, A. C. da. Correlação entre qualidade da água e variabilidade da precipitação no sul do Estado do Amapá. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, p. 261-275, 2014.

OLIVEIRA, A. Z.; CUNHA, A. C. da. Análise de risco como medida preventiva de inundações na Amazônia: estudo de caso de enchente de 2000 em Laranjal do Jari-AP, Brasil. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 1, p. 110-118, 2015.

PEDRO, F. **Ciclo hidrológico e dinâmico de dois rios intermitentes da região semi-árida do Brasil, com ênfase em macrófitas aquáticas.** 2003. 116 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.



PÉREZ-HARGUINDEGUY *et al.* New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, v. 61, n. 3, p. 167-234, 2013. Disponível em: [New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide \(umn.edu\)](#). Acesso em: 10 jun. 2024.

POTT, V. J. POTT, A. **Potencial de uso de plantas aquáticas na despoluição da água**. Embrapa documentos, Campo Grande, v. 133, p. 12-13, 2002.

POTT, V. J. Plantas aquáticas do pantanal e da alta bacia. In: **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, 2007.

POMPÊO, M. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas. **Oecologia brasiliensis**, v. 12, n. 3, p. 406-424, 2008.

REIS, J. de S.; VITÓRIA, A. P. Composição isotópica e morfologia foliar para a determinação da eficiência no uso da água em espécies sempre verdes e decíduas de duas florestas estacionais. In: **Anais Do XII Congresso Fluminense de Pós-Graduação**, 2020.

ROSSATTO, D. R.; KOLB, R. M. Structural and functional leaf traits of two *Gochnatia* species from distinct growth forms in a sclerophyll forest site in Southeastern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, p. 849-856, 2012.

ROBERTO, M. C.; SANTANA, N. F.; THOMAZ, S. M. Limnology in the Upper Paraná River floodplain: large-scale spatial and temporal patterns, and the influence of reservoirs. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, p. 717-725, 2009.

RODRIGUES, T. L. L. **Estratégias funcionais da comunidade de macrófitas de um trecho no baixo curso do rio Jari, Amapá, Brasil**. 2023, 44 f. Trabalho de Conclusão de curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Instituto Federal do Amapá. Laranjal do Jari, AP, 2023.

REICH, P. B.; WALTERS, M. B.; ELLSWORTH, D. S. From tropics to tundra: global convergence in plant functioning. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 94, n. 25, p. 13730-13734, 1997.

SILVA, E. O. da; RAUBER, A. L. Evolução da cobertura e uso da terra da Bacia Hidrográfica do rio Jari entre os anos de 1990 e 2020. **Revista Ciência Geográfica**, v. 28, n. 1, p. 84-100, 2024.



SRIVASTAVA, J.; GUPTA, M.; CHANDRA, H. Manejo da qualidade da água com macrófitas aquáticas. **Revisões em Ciência Ambiental e Bio/Tecnologia**, v. 7, p. 255-266, 2008.

TEDPLAN. **Diagnóstico Técnico Participativo**. Laranjal do Jari. 2021.

TURNER, I. M.; ONG, B. L.; TAN, H. T. W. Vegetation analysis, leaf structure and nutrient status of a Malaysian health community. **Biotropica**, p. 2-12, 1995.

KOHATSU, M. Y. *et al.* Avaliação da fitotoxicidade de águas e sedimentos superficiais da represa Billinigs e de córregos adjacentes por meio de bioensaios com *Sinapis alba*. In: **IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Universidade Federal do ABC**, 2018.