UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS V
CENTRO CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SOCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

GABRIELA DA SILVA RAMOS

PLANTAS AQUÁTICAS INVASORAS NO EIXO LESTE DA TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO NO ESTADO DA PARAÍBA

JOÃO PESSOA

2024

GABRIELA DA SILVA RAMOS

PLANTAS AQUÁTICAS INVASORAS NO EIXO LESTE DA TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO NO ESTADO DA PARAÍBA

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado à Coordenação do Curso Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas

Área de concentração: Botânica.

Orientador: Prof. Dr. Ênio Wocyli Dantas

JOÃO PESSOA

2024

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

R175p Ramos, Gabriela da Silva.

Plantas aquáticas invasoras no eixo leste da transposição do Rio São Francisco no estado da Paraíba [manuscrito] / Gabriela da Silva Ramos. - 2024.

24 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e Sociais Aplicadas, 2024.

"Orientação : Prof. Dr. Ênio Wocyli Dantas , Coordenação do Curso de Ciências Biológicas - CCBSA. "

1. Macrófitas aquáticas. 2. Cobertura vegetal. 3. Reservatórios de água. 4. Rio Paraíba . I. Título

21. ed. CDD 581.92

Elaborada por Livaneide da Silva - CRB - CRB15/638 BSC5/UEPB

GABRIELA DA SILVA RAMOS

PLANTAS AQUÁTICAS INVASORAS NO EIXO LESTE DA TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO NO ESTADO DA PARAÍBA

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado à Coordenação do Curso Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas

Área de concentração: Botânica.

Aprovada em:18/06/2024

BANCA EXAMINADORA

Ênio Wocyli Dantas

Prof. Dr. Ênio Wocyli Dantas (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Sergio Romero da Silva Xavier

Prof. Dr. Sergio Romero da Silva Xavier
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Célia Cristina Clemente Machado

Profa. Dra. Célia Cristina Clemente Machado
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A minha mãe, Maria da Glória da Silva Ramos.

DEDICO.

“É necessário olhar para a frente da colheita, não importa o quão distante isso seja, quando uma fruta for colhida, algo bom aconteceu.”

Charles Darwin

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa eixo leste do projeto de transposição do rio são Francisco.....13
Figura 2 - Análise multivariada relacionando os dados de cobertura das plantas aquáticas....20

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO..... 11

2 METODOLOGIA.....12

2.1 ÁREA DE ESTUDO E DESENHO AMOSTRAL.....12

2.2 DADOS ABIÓTICOS E BIÓTICOS.....14

2.3 ANÁLISE DE DADOS.....14

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....15

4 CONCLUSÃO.....22

REFERÊNCIAS.....23

APÊNDICE A – PLANTAS INVASORAS ENCONTRADAS NO RESERVATÓRIOS ESTUDADOS. 25

PLANTAS AQUÁTICAS INVASORAS NO EIXO LESTE DA TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO NO ESTADO DA PARAÍBA

Gabriela da Silva Ramos[1]
Ênio Wocyli Dantas[2]

RESUMO

As plantas aquáticas tornaram-se alvo de estudos por terem uma importância significativa para a manutenção dos ecossistemas que estão inseridas. Espécies exóticas invasoras são a segunda maior ameaça à biodiversidade após a perda de habitat. Portanto, é importante estudar essas plantas, pois sua introdução pode levar à exclusão de plantas nativas devido à competição, resultando na perda de biodiversidade local e na modificação do ecossistema. Nesse contexto o presente estudo objetivou analisar a presença de plantas aquáticas invasoras nos reservatórios do eixo principal do rio Paraíba, e relacioná-los com os parâmetros abióticos da água. O estudo foi realizado em quatro reservatórios da bacia do rio Paraíba (Acauã, Boqueirão, Camalaú Poções) no ano de 2022 (período seco e chuvoso). Em cada reservatório foram medidos os dados abióticos, coletadas amostras de água e realizada a identificação e a quantificação da cobertura das plantas aquáticas. Os dados abióticos foram medidos no campo, através de aparelhos eletrônicos, e no laboratório, para a análise dos nutrientes. O método quantitativo de coleta das plantas foi o de cobertura de Braun-Blanquet com correção para plantas submersas. Modelos multivariados foram gerados para relacionar os dados abióticos com a cobertura das plantas. Foram identificadas 12 espécies de plantas, com flora diversa nos diferentes reservatórios, com pouca variação sazonal, com exceção de Acauã que houve uma diminuição da riqueza de plantas. A cobertura vegetal média entre os períodos sazonais variou de 29% à 99% nos ecossistemas. A clorofila, amônia, ortofostato e oxigênio foram os principais fatores relacionados a variação da cobertura entre os reservatórios, dominados por plantas anfíbias (Poções), flutuantes (Camalaú e Acauã) e submersas (Boqueirão). Camalaú é o reservatório com a maior cobertura entre os ambientes estudados. Espécies invasoras como *Pontederia crassipes* (Mart.) Solms e *Elodea densa* Planch apresentaram uma cobertura considerável no estudo e podem ser indicativos de eutrofização no eixo principal do rio Paraíba.

Palavras-chave: macrófitas aquáticas; cobertura vegetal; reservatórios; rio Paraíba

[1] Universidade Estadual da Paraíba – Campus V, Centro de Ciências Biológicas Sociais e Aplicadas, Departamento de Biologia, Rua Horácio Trajano de Oliveira, Cristo 58020 - 540, João Pessoa, Paraíba, Brasil. E-mail: gabriela.ramos@aluno.uepb.edu.br
[2] Universidade Estadual da Paraíba – Campus V, Centro de Ciências Biológicas Sociais e Aplicadas, Departamento de Biologia, Rua Horácio Trajano de Oliveira, Cristo 58020 - 540, João Pessoa, Paraíba, Brasil. E-mail: enio@servidor.uepb.edu.br

INVASIVE AQUATIC PLANTS IN THE EASTERN AXIS OF THE SÃO FRANCISCO RIVER TRANSPOSITION IN THE STATE OF PARAÍBA

ABSTRACT

Aquatic plants have become the subject of studies due to their significant importance in maintaining the ecosystems they inhabit. Invasive exotic species are the second largest threat to biodiversity after habitat loss. Therefore, studying these plants is important because their introduction can lead to the exclusion of native plants due to competition, resulting in the loss of local biodiversity and ecosystem modification. In this context, this study aimed to analyze the presence of invasive aquatic plants in the reservoirs of the main axis of the Paraíba River and to relate them to water abiotic parameters. The study was conducted in four reservoirs of the Paraíba River basin (Acauã, Boqueirão, Camalaú, Poções) in the year 2022 (dry and rainy seasons). Abiotic data were measured in the field using electronic devices and in the laboratory for nutrient analysis. Water samples were collected and the identification and quantification of aquatic plant cover were performed in each reservoir. The quantitative method for plant collection was Braun-Blanquet cover with correction for submerged plants. Multivariate models were generated to relate abiotic data to plant cover. Twelve plant species were identified, with diverse flora in different reservoirs and little seasonal variation, except for Acauã where there was a decrease in plant richness. The average vegetation cover between seasonal periods varied from 29% to 99% in the ecosystems. Chlorophyll, ammonia, orthophosphate, and oxygen were the main factors related to variation in cover among reservoirs, dominated by amphibious plants (Poções), floating plants (Camalaú and Acauã), and submerged plants (Boqueirão). Camalaú is the reservoir with the highest cover among the studied environments. Invasive species such as Pontederia crassipes (Mart.) Solms and Elodea densa Planch showed considerable cover in the study and may indicate eutrophication in the main axis of the Paraíba River.

Keywords: aquatic macrophytes; vegetation cover; reservoirs; Paraíba River

1. INTRODUÇÃO

As plantas aquáticas são organismos fotossintéticos visíveis a olho nu que crescem submersas ou flutuando na superfície da água (Chambers et al., 2007). As plantas aquáticas podem ser: submersas, flutuantes ou anfíbias. Sendo as submersas as plantas que vivem com sua porção vegetativa permanentemente imersas dentro da água. Flutuantes são aquelas vivem flutuando na superfície da água. Anfíbias são espécies que conseguem sobreviver na área alagada e fora dela.

Elas desempenham um papel essencial no ecossistema, estando envolvidas nos processos de produção e manutenção de matéria orgânica e influenciando significativamente o funcionamento dos ecossistemas. O crescimento de plantas aquáticas pode interferir na hidrodinâmica, indicadores hidroquímicos, iluminação e sedimentação dos sólidos em suspensão (Kurbatova e Yershov, 2020). Essas plantas também servem como local de reprodução, esconderijo e alimento para vários seres vivos, além de serem bioindicadores de qualidade da água (Ceschin et al., 2010).

No entanto, o crescimento desordenado dessas plantas, seja por ação humana ou por distúrbios naturais como a eutrofização, resulta do aumento da produtividade biológica, decorrente da maior quantidade de nutrientes disponíveis, principalmente nitrogênio e fósforo. Pode causar transtornos, como alteração na qualidade da água para abastecimento público, dificuldade no transporte de barcos, prejuízos ao lazer dos banhistas e, em casos extremos, colapso do ecossistema, alterando a composição e dominância das comunidades bióticas, causando impactos ecológicos e econômicos (Thomaz, 2002).

Uma espécie transportada para além dos limites de seu território nativo e que estabelece uma população em uma área onde não ocorria anteriormente é considerada invasora (Blackburn et al., 2011). As espécies invasoras passam por diferentes etapas no processo de invasão: transporte, entrada, introdução, estabelecimento e disseminação (Azan et al., 2015). Cada etapa é crucial, pois a falha em qualquer uma delas pode comprometer o sucesso da invasão, devido a fatores como a interação com a biota local ou a correspondência climática entre as regiões nativa e de introdução. No processo de invasão, a planta se estabelece gradualmente, crescendo rapidamente e competindo pelo espaço com outras plantas, reduzindo a riqueza local e aumentando sua abundância (Lacet et al., 2019). Essas espécies conseguem colonizar novos ambientes devido à sua plasticidade fenotípica e à falta de predadores naturais (Ismail et al., 2019).

Espécies exóticas invasoras são a segunda maior ameaça à biodiversidade após a perda de habitat. Portanto, é importante estudar essas plantas, pois sua introdução pode levar à exclusão de plantas nativas devido à competição, resultando na perda de biodiversidade local e na modificação do

ecossistema (Matos e Privelelo, 2009). A dispersão dessas plantas muitas vezes ocorre por introdução acidental ou proposital de novos organismos em outros ambientes. O comércio de espécies exóticas facilita o transporte de plantas por longas distâncias através de novas e mais rápidas rotas comerciais, e, apesar das leis restritivas, há um aumento dramático tanto no transporte quanto no comércio de espécies aquáticas (Peres et al., 2018).

O rio Paraíba é o mais importante do estado da Paraíba contribuindo para o abastecimento de água para diversas cidades dos estados, importante para o turismo da região, e com grande relevância econômica. Em 2017, a bacia do rio Paraíba recebeu águas da transposição do rio São Francisco, possivelmente trazendo sementes, esporos ou fragmentos de plantas que se estabeleceram nos reservatórios receptores. Estudos indicam modificações na qualidade da água nos reservatórios que receberam essas águas (Barbosa et aI., 2021). A transposição alterou fatores abióticos da água, como turbidez, pH, condutividade, oxigênio dissolvido e sólidos suspensos totais, influenciando o crescimento das plantas aquáticas, que possuem mobilidade limitada e não conseguem controlar o fluxo, a disponibilidade de nutrientes e outras características físicas e químicas.

O presente trabalho visa responder às seguintes perguntas: a transposição aumenta a quantidade, riqueza ou cobertura de plantas invasoras? Os fatores abióticos (nutrientes, turbidez, transparência) alterados pela transposição estão relacionados às plantas invasoras? Este estudo tem como objetivo especifico identificar todas as plantas aquáticas invasoras nos reservatórios do rio Paraíba, criar modelos lineares generalizados relacionando fatores abióticos ao crescimento de plantas invasoras na bacia do rio Paraíba. E como geral avaliar a cobertura das espécies de plantas aquáticas nos reservatórios.

2. METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO E DESENHO AMOSTRAL

A Bacia Hidrográfica do rio Paraíba possui uma área de 20.071,83 km² e é a segunda maior bacia do estado, abrangendo 38% do território da Paraíba. O projeto de integração do rio São Francisco transferiu águas do rio São Francisco para o nordeste, com início em março de 2017. Os reservatórios receptores Camalaú, Poções, Boqueirão e Acauã foram alvo deste estudo devido às mudanças trazidas pela transposição (figura 1).

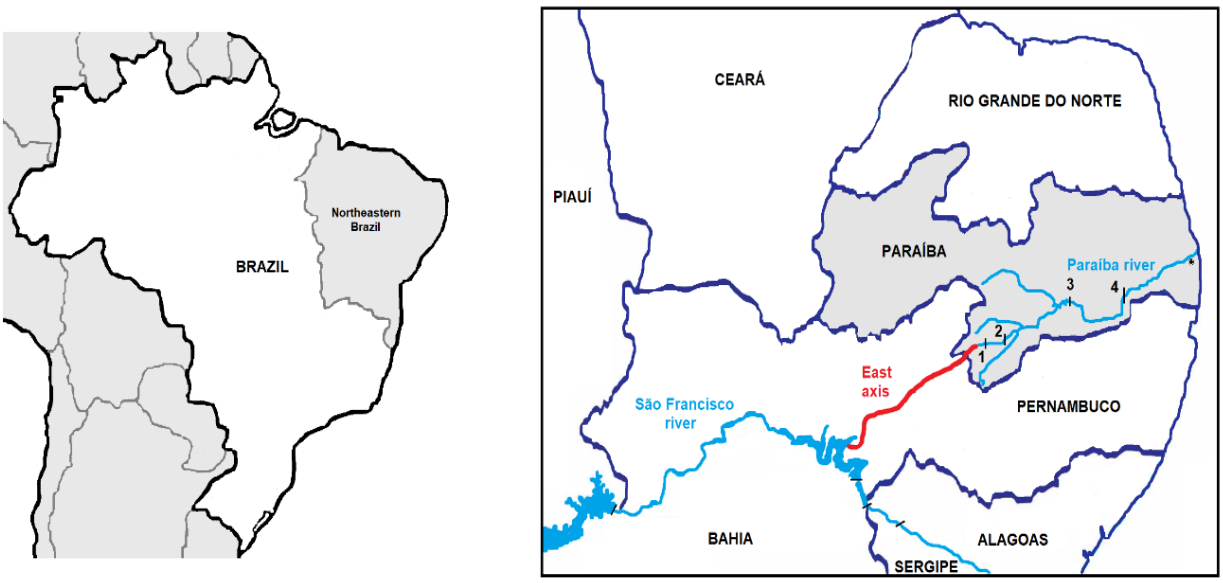


Figura 1. O mapa à direita detalha o Eixo Leste do projeto de transposição do Rio São Francisco. Neste mapa, o Rio São Francisco é mostrado em azul, fluindo de oeste para leste. O percurso da transposição das águas é destacado em vermelho, conectando o Rio São Francisco ao Rio Paraíba, também em azul. Reservatórios 1= Pocões, 2= Camalaú, 3= Boqueirão e 4= Acauã.

O clima dos reservatórios Boqueirão, Poções e Camalaú é semiárido (BSh), com temperatura mínima do ar entre 18 e 22°C (julho e agosto) e máxima entre 28 e 31°C (novembro e dezembro). O período seco dura aproximadamente 9 a 10 meses (entre junho e fevereiro) e a precipitação média é de 400 mm/ano. e o reservatório de Acauã se encontra no clima tropical semiárido (As), temperatura máxima geralmente varia entre 30°C e 40°C temperatura mínima normalmente oscila entre 15°C e 25°C com Precipitação geralmente entre 250 mm e 700 mm por ano. (Alvares et al., 2013; Jovem-Azevêdo et al., 2019). A vegetação ciliar com presença de cactáceas e árvores adaptadas ao semiárido, e em Acauã Composta por espécies típicas da Caatinga, como aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) e baraúna (*Schinopsis brasiliensis).*

Foram realizadas duas visitas por reservatório, uma em cada período hidrológico (seco e chuvoso). A primeira visita ocorreu no período chuvoso em maio de 2022 e a segunda no período seco em novembro de 2022. Em cada reservatório, foram definidas seis unidades amostrais (2500 m²), representando os diferentes compartimentos do reservatório (barragem, área de transição e rio). Os transectos seguiram a metodologia de Schneider et al. (2018), variando de 1 a 5 transectos com comprimento máximo de 50 m. Em cada ponto, foram coletadas amostras de água para determinação dos parâmetros abióticos, plantas para identificação e quantificação da cobertura das plantas aquáticas.

2.2 DADOS ABIÓTICOS E BIÓTICOS

As variáveis climatológicas foram obtidas de estações meteorológicas próximas aos reservatórios estudados: temperatura do ar (°C). In situ, foram medidos dados abióticos de transparência da água (m) com disco de Secchi, temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), turbidez (NTU), pH e condutividade (mS/cm) usando sondas multiparamétricas. Amostras de água foram levadas para análise laboratorial de nutrientes (nitrito, nitrato, amônia, fósforo solúvel reativo e fósforo total, ortofosfato, nitrogênio inorgânico, clorofila-a, salinidade, sólidos totais).

As plantas coletadas foram analisadas quantitativa e qualitativamente. Foram quantificadas dentro dos estandes por meio de transectos. A cobertura vegetal foi feita pelo método Braun-Blanquet (1979), com uso do fator de correção *Plant Volume Infested* (PVI) para plantas submersas (Canfield et al., 1984). As plantas férteis foram coletadas, acondicionadas em sacos plásticos com um pouco de água, prensadas em prensas de madeira e colocadas na estufa a 55°C. Depois de secas, foram identificadas no laboratório utilizando literatura especializada e montadas as exsicatas.

2.3 Análise de Dados

Foram construídas duas matrizes: 1) Ambiental, com os dados abióticos dos reservatórios, e 2) Biótica, com os dados de cobertura das plantas aquáticas. As espécies invasoras foram verificadas na literatura e página Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro quanto à sua origem e endemicidade. As matrizes foram tratadas com dois fatores analíticos: reservatórios (Poções, Camalaú, Boqueirão e Acauã) e sazonalidade (chuvoso e seco). A classificação das formas biológicas das plantas aquáticas seguiu: a) submersas, b) flutuantes, e c) anfíbias. A riqueza das espécies foi calculada pela contagem do número total de espécies presentes nos reservatórios. A Análise de Variância Multivariada não Paramétrica (PERMANOVA) verificou se as variáveis ambientais e a cobertura das plantas aquáticas são diferentes entre os fatores analíticos. Análises de Variância (ANOVA) e testes de comparações múltiplas (Tukey, Kruskal-Wallis e Dunn) foram realizados para comparar as médias dos grupos. Modelos matemáticos univariados (modelos lineares generalizados – GLM) foram montados para cada espécie de planta aquática invasora, a fim de entender os fatores ambientais relacionados ao seu crescimento. Modelos multivariados foram construídos para relacionar as variáveis ambientais com a comunidade de plantas aquáticas, através da Análise de Correspondência Canônica (CCA).

.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Abióticos

De acordo com os dados abióticos coletados no estudo, verificou-se variação significativa entre as variáveis ambientais tanto entre os reservatórios (PERMANOVA: $F = 24.5$, $R^2 = 0.79$, $p < 0,05$) quanto entre os períodos sazonais (PERMANOVA: $F = 39.1$, $R^2 = 0.87$, $p < 0,05$).

Quanto aos reservatórios, Acauã apresentou os maiores valores significativos (Tukey < 0,05) de clorofila a (valores médios de 106,60 $mg.L^{-1}$), condutividade (1,33$\mu S.cm^{-1}$), turbidez (67,26 NTU), sólidos totais (0,85 $mg.L^{-1}$), salinidade (0,65‰) e todos os nutrientes analisados, especialmente os elementos nitrogenados. Em vista disso, foi notado nesse ecossistema os menores valores de transparência, inferiores a 35 cm. Em situação oposta, o reservatório de Boqueirão apresentou características bem diferentes, possuindo valores significativamente menores das variáveis clorofila a (11,08 $mg.L^{-1}$), turbidez (25,8 NTU) e os nutrientes, especialmente os nitrogenados (amônia, nitrito, nitrato e nitrogênio inorgânico). Esse ecossistema apresentou águas mais alcalinas, mais claras (transparência > 90 cm) e com maior oferta de oxigênio dissolvido. (Tabela 1).

Os reservatórios de Camalaú e Poções apresentaram características intermediárias entre esses dois ecossistemas. No entanto, pode-se notar em ambos menores valores significativos (Tukey < 0,05) de pH, sólidos totais e salinidade. (Tabela 1).

Quanto à sazonalidade, variáveis como clorofila a pH, turbidez, sólidos totais e concentração de nutrientes, tanto fosfatados como nitrogenados, foram mais elevados ($p < 0,05$) durante o período chuvoso, com a verificação de maiores transparências da água, no período seco (Tabela 1).

	Acauã		Boqueirão		Camalaú		Poções		Análise de Variância	
	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	F Espacial	F temporal
Clorofila a (mg.L^{-1})	146,74	66,45	12,33	9,84	33,83	10,82	87,75	37,77	34,37$^{(d,a,b,c)}$	4,87$^{(b,a)}$
Temperatura da água (°C)	25,28	26,10	25,75	26,86	27,06	27,18	26,96	27,75	2,63	2,1
Temperatura do ar (°C)	27,59	27,95	26,76	27,85	26,83	26,90	26,68	27,96	2,04	6,98$^{(a,b)}$
pH	8,92	9,25	9,54	8,96	9,01	8,54	9,44	8,22	3,34$^{(ab,b,a,a)}$	16,67$^{(b,a)}$
Condutividade (µS.cm^{-1})	1,27	1,39	0,36	2,38	0,18	0,17	0,15	0,17	39,83$^{(d,c,b,a)}$	0,81
Turbidez (NTU)	77,58	56,95	40,48	11,18	25,03	14,27	63,83	28,18	27,77$^{(c,a,a,b)}$	4,68$^{(b,a)}$
Oxigênio dissolvido (mg.L^{-1})	4,23	8,50	9,51	10,32	4,69	2,80	9,08	5,74	14,44$^{(b,c,a,bc)}$	0,06
Sólidos totais (mg.L^{-1})	0,81	0,89	0,24	0,23	0,11	0,11	0,10	0,11	13128,50$^{(c,b,a,a)}$	33,6 $^{(b,a)}$
Salinidade (‰)	0,60	0,70	0,17	0,20	0,10	0,10	0,27	0,10	33,28$^{(c,b,a,a)}$	0,18
Transparência (cm)	31,20	61,83	90,83	124,20	90,33	91,75	43,17	72,33	9,94$^{(a,b,b,a)}$	6,79$^{(a,b)}$
Ortofosfato (µg.L^{-1})	211,29	173,83	6,10	11,57	3,24	4,90	6,81	4,19	15,03$^{(b,a,ab,c)}$	8,05$^{(b,a)}$
Fósforo total (µg.L^{-1})	342,33	269,22	13,39	22,00	25,61	15,89	75,89	34,78	6,63$^{(b,b,a,b)}$	6,26$^{(b,a)}$
Amônia (µg.L^{-1})	46,95	35,91	11,67	34,59	26,97	33,86	45,15	71,44	4,66$^{(b,ab,ab,a)}$	0,09
Nitrito (µg.L^{-1})	3,15	2,90	2,28	3,09	2,54	0,69	2,97	2,09	1683,6$^{(b,a,a,a)}$	12,5$^{(b,a)}$
Nitrato (µg.L^{-1})	28,57	23,64	18,29	12,00	14,63	13,76	3,52	10,43	36,59$^{(d,a,b,c)}$	0,38$^{(b,a)}$
Nitrogenio inorgânico (µg.L^{-1})	78,67	62,45	32,24	49,68	44,14	48,32	51,65	83,96	6,36$^{(c,a,ab,bc)}$	2,76

Tabela 1: Dados abióticos (valores médios) dos reservatórios estudados na bacia do Rio Paraíba nas coletas realizadas no ano de 2022. As letras sobrescritas na análise estatística correspondem ao resultado do teste de Tukey, correspondendo aos reservatórios e períodos sazonais, onde as letras menores indicam valores mais baixos

Bióticos

	ACAUÃ		BOQUEIRÃO		CAMALAÚ		POÇÕES	
	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco
***Ceratophylum demersum* Sieber.**	0,00	0,00	3,82	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00
Chara bulbilífera (Donterberg)A.Garcia	0,00	0,00	15,43	4,39	0,00	0,00	0,00	0,00
***Elodea densa* (Planch.) Casp.**	0,00	0,00	13,63	20,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Ipomoea sp	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Leersia ligularis Trin.	0,00	0,00	1,12	0,00	4,02	0,64	23,81	2,22
Persicaria ferruginea (wedd.) Soják	0,00	0,00	0,00	2,32	2,93	1,13	2,76	2,23
***Pistia stratiotes* L.**	9,84	3,33	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
***Pontederia crassipes* Mart.**	12,97	20,64	0,00	0,00	63,10	60,03	0,00	0,00
***Salvinea auriculata* Aubl.**	10,00	0,00	0,00	0,00	62,90	3,66	0,00	0,00
Salvinea minima Baker.	1,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Urochloa polystachya (Kunth) Mabb.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,24	0,00
Cobertura total	34,19	23,96	34,01	27,94	132,99	65,46	50,82	4,45
Riqueza	5,00	2,00	4,00	4,00	6,00	4,00	4,00	2,00

Tabela 2**:** Cobertura média (%) e riqueza das plantas aquáticas reservatórios estudados no ano de 2022.

Durante os períodos sazonais do ano de 2022, foram identificadas 11 espécies, 3 das quais ocorreram apenas no período chuvoso. De acordo com a Tabela 2, pode-se observar os reservatórios onde houve maior e menor riqueza. 5 dessas espécies foram consideradas invasoras.

Cinco espécies foram consideradas invasoras. São elas: *P.crassipes, E. densa, C. demersum, S. auriculata, e P.stratiotes*. Para estas espécies, foram criados modelos lineares generalizados (GLM). De acordo com o modelo GLM do período seco (Tabela 3), as plantas submersas *C. demersum, e E. densa* colonizaram o ambiente de Boqueirão que tinha maior transparência e menor sólidos totais, bem como níveis mais baixos de fósforo. Os reservatórios de Camalaú e Acauã, que apresentaram domínio das macrófitas flutuantes, têm como característica o alto índice de ortofosfato, as espécies relacionadas a esses ecossistemas são *P.crassipes*, *P. stratiotes* e *S. auriculata*.

Espécie	**Modelo**	**AIC**	**R²**
Ceratophyllum demersum	tar + tag- tur - sto – nta	240,86	0,3392
Pontederia crassipes	oxi-sec+amo+nti+nta-fot-nid	438,5	0,3488
Egeria densa	oxi-sal+sec+nti+ort-fto	287,1	0,6589
Pistia stratiotes	tur + sal - amo - nta - fso + fot	289,3	0,8162
Salvinia auriculata	pH-oxi-sto+nti	414,2	0,2673

Tabela 3: Modelos lineares generalizados relacionados ao crescimento das espécies com potencial invasor durante o período sazonais 2022. Legenda: A legenda das espécies consta no segundo parágrafo dos resultados. Dados abióticos da água – amo = amônia, fot= fósforo total, nta = nitrato, nti =nitrito, oxi = oxigênio pH= pH, tag = temperatura da água, tar = temperatura do ar, tur = turbidez, sal = salinidade, sec=secchi, sto = sólidos totais, ort= ortofosfasto.

No estudo, observou-se variadas formas biológicas, sendo elas: flutuantes, submersas e anfíbias. Os reservatórios seguiram um padrão onde uma forma biológica era evidenciada e consequentemente dominava o ambiente. Os reservatórios de Acauã e Camalaú foram caracterizados pelo domínio de plantas flutuantes. O reservatório de Boqueirão apresentou dominância de plantas submersas. Apenas o reservatório de Poções apresentou a forma biológica anfíbia como abundante.

Conforme a Análise de Correspondência Canônica Os modelos multivariados gerados no ano 2022 são confiáveis (F chuvoso= 5,95, F seco= 5,68, p< 0,01) com explicação de para período chuvoso= 48,4% e seco= 50%. No período chuvoso, o primeiro eixo separou o reservatório de boqueirão de Poções, tendo clorofila-A relacionada ao eixo. O segundo eixo separou Acauã e Camalaú de Boqueirão e Pocões, tendo ortofosfato com relação positiva e oxigênio negativa. No período seco, o eixo 1 separou Boqueirão e Poções de Camalaú e Acauã, com as mesmas variáveis explicativas do período chuvoso. O eixo 2 separou apenas Poções dos demais ecossistemas, sendo relacionadas com maiores valores de amônia.

O reservatório de Boqueirão é o mais diferente em relação aos demais. Esse ecossistema está separado dos demais pela variável oxigênio e se distancia dos demais por apresentar como plantas dominantes as espécies submersas *C.demersum, E. densa.* Os reservatórios de Camalaú e Acauã, que apresentaram domínio das macrófitas flutuantes, têm como característica o alto índice de ortofosfato. As espécies relacionadas a esses ecossistemas são *P. crassipes, P. stratiotes e S. auriculata*, espécies flutuantes. Poções está relacionado com a amônia e está ligado às plantas anfíbias *L.ligularis, U.polystachya e P.ferrugineum* (Figura 2).

Cinco anos após a transposição, verificam-se condições ambientais de eutrofização nos reservatórios de Camalaú e Acauã, com níveis de fósforo e nitrogênio elevados, semelhantes aos encontrados na época da transposição (Barbosa et al. 2021). Em relação às plantas, nota-se a manutenção da dominância de plantas submersas em Boqueirão, plantas emergentes e anfíbias em Poções, o surgimento de plantas flutuantes em Acauã e a substituição de plantas submersas por flutuantes em Camalaú, de acordo com dados pretéritos apresentados por Lacet et al. (2019) e confrontados com o presente estudo.

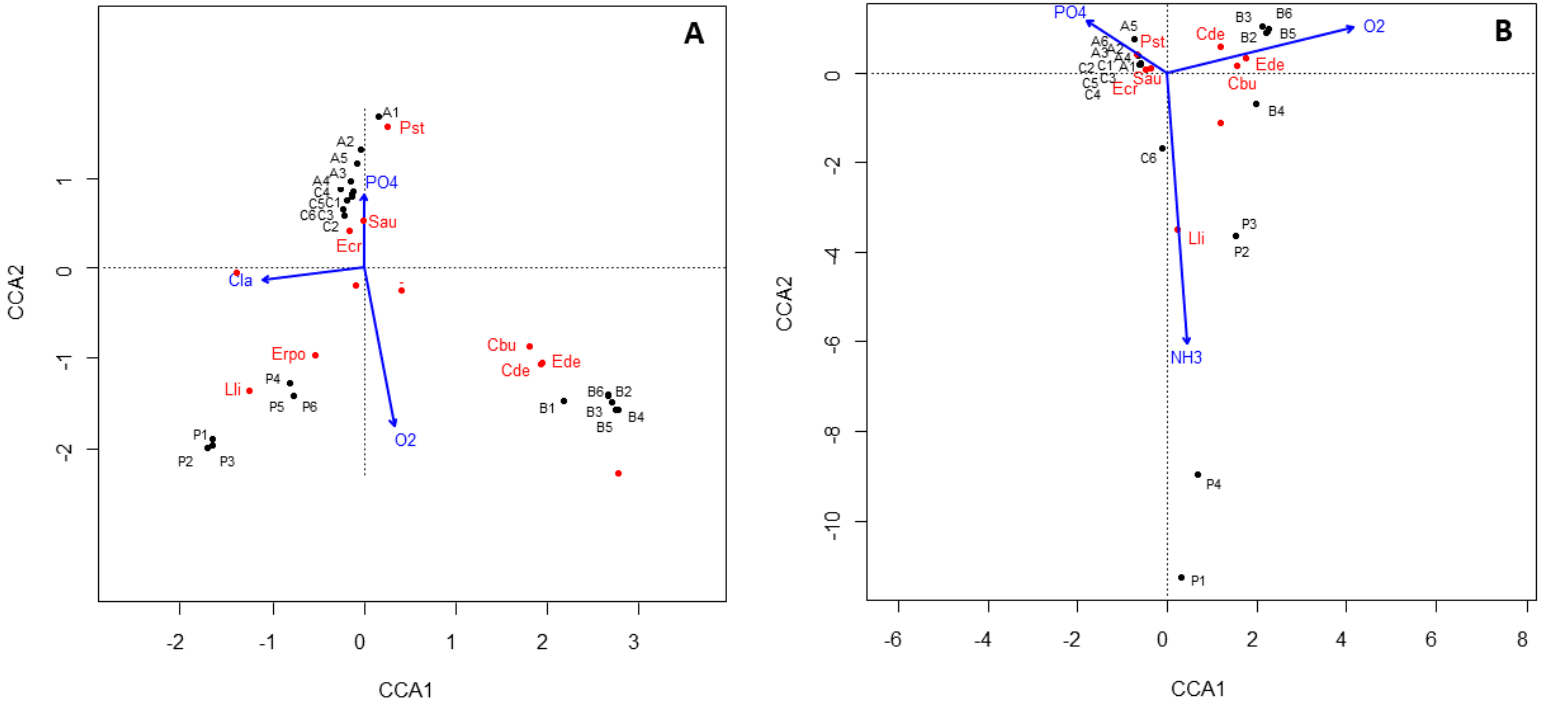


Figura2: Análise multivariada relacionando os dados de cobertura das plantas aquáticas com os parâmetros abióticos no ano de 2022.A= Período chuvoso e B= Período seco. As unidades amostrais estão representadas com as iniciais dos reservatórios e o número do estande analisado: A=Acauã, B= Boqueirão Camalaú e P=Poções. Plantas: Ecr= *E.crassipes*, Pst= *P.stratiotes, Cde=C.demersum, Cbu=C.bulbilífera, Ede=E.densa,* Sau=*S.auriculata*¸ Lli=*L.ligularis e* Erpo=*E.polystachya*. Os parâmetros abióticos selecionados foram: Cla = clorofila-a, NH3 = amônia, O2 = oxigênio dissolvido, PO4= ortofosfato.

No presente estudo, observa-se que cada espécie de planta encontrada respondeu de maneira diferente aos ambientes. O reservatório de Acauã, de acordo com os resultados, é o ambiente com maior índice de nutrientes e com maior turbidez entre os ambientes estudados. As plantas encontradas no local são predominantemente flutuantes. As macrófitas flutuantes tendem a obter sucesso em ambientes com essas características observadas em Acauã: alto índice de turbidez e nutrientes elevados, variáveis que favorecem a eutrofização das águas e que são comumente relacionadas ao crescimento dessas plantas (BARBOSA et al., 2021). A espécie *Pontederia crassipes* é considerada uma das plantas aquáticas mais invasivas do mundo, e sua presença nos reservatórios pode afetar as comunidades de peixes, fitoplâncton e anfíbios, causando prejuízos à pesca e ao lazer da população (Villamagna & Murphy, 2010). Essa macrófita é uma bioindicadora de qualidade de água e tem sucesso em águas eutrofizadas, com altas taxas de nutrientes, como observado no reservatório de Acauã.

Em contraponto, o reservatório de Boqueirão possui menos nutrientes, menor quantidade média de fósforo total e o maior índice de transparência entre os reservatórios estudados. As plantas submersas são dominantes nesse ambiente. O crescimento e sucesso das macrófitas submersas ocorrem em ambientes com características observadas em Boqueirão. Segundo Lopes et al. (2019), macrófitas submersas são favorecidas por um nível elevado de transparência da água e uma baixa concentração de fósforo total. O fósforo é um nutriente importante para as plantas, mas sua presença em excesso pode causar a eutrofização da água, tornando-a turva e impedindo a entrada de luz, o que dificulta a sobrevivência das macrófitas submersas. De acordo com os resultados, o ambiente possui o menor nível de clorofila-a entre os ambientes estudados. A clorofila é um parâmetro que representa as microalgas e, segundo Zhang et al. (2020), elas dificultam o crescimento de macrófitas submersas por sombreamento.

O reservatório de Poções foi o único local que teve a predominância de plantas anfíbias, que são comumente utilizadas para forrageio de animais. Plantas anfíbias e emergentes, geralmente usadas na alimentação animal, aproveitam a flutuação do nível de água dos ecossistemas para ocupar áreas inundadas com mais facilidade (Yang et al. 2020), especialmente em áreas onde plantas estritamente aquáticas estão ausentes.

Camalaú possui a maior cobertura de plantas aquáticas entre os ambientes avaliados, sendo dominado por plantas flutuantes, como *P.crassipes* e *S. auriculata*. O reservatório é o segundo em termos de nutrientes e turbidez, o que é vantajoso para essas espécies flutuantes. Esse ecossistema apresentou uma mudança considerável na sua população de plantas aquáticas nos últimos anos, passando de uma dominância da planta submersa *E. densa* (cobertura de 65,5%) antes da transposição (Lacet et al. 2019), para médias superiores a 50% de *P.crassipes* no presente estudo, cinco anos após a transposição. Provavelmente, pela eutrofização do ambiente, as plantas submersas morreram, e a elevação dos níveis de nutrientes favoreceu o crescimento da espécie flutuante *P.crassipes*.

5. Conclusão

Portanto, diante dos resultados apresentados, conclui-se que existem plantas invasoras com elevada dominância nos reservatórios do eixo leste da transposição, potencializadas pela transposição. Foi verificada a ocorrência de *P.crassipes* nos reservatórios de Camalaú e Acauã, que antes da transposição não apresentavam essa espécie. Em Camalaú, a *P.crassipes* atinge mais de 50% de cobertura no reservatório, apresentando um potencial risco, pois seu comportamento invasor pode comprometer outras espécies do ambiente. Certamente, é uma espécie oportunista que se beneficiou das mudanças nas características físico-químicas da água dos reservatórios.

Nos reservatórios de Boqueirão e Poções, não houve mudança na dominância das espécies. Talvez o fato de a transposição não ter promovido alteração do estado nutricional (trófico) desses ecossistemas o que pode ajudar a entender sobre a manutenção das populações presentes nesses reservatórios.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTEHLAS, P. C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711–728, 2013.

AZAN, S.; BARDECKI, M.; LAURSEN, A. E. Invasive aquatic plants in the aquarium and ornamental pond industries: a risk assessment for southern Ontario (Canada). **Weed Research**, v. 55, p. 249–259, 2015.

BARBOSA, J. E. L.; SEVERIANO, J. S.; CAVALCANTE, H.; LUCENA-SILVA, D.; MENDES, C. F.; BARBOSA, V. V.; SILVA, R. D. S.; OLIVEIRA, D. A.; MOLOZZI, J. Impacts of inter-basin water transfer on the water quality of receiving reservoirs in a tropical semi-arid region Campina Grande, Paraíba, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 848, p. 651-673, 2021.

BLACKBURN, T. M. et al. A proposed unified framework for biological invasions. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 26, n. 7, p. 333-339, 2011. DOI: 10.1016/j.tree.2011.03.023.

BRAUN-BLANQUET, J. **Fitossociologia: bases para el estudio de las comunidades vegetales**. Madrid: Blume, 1979.

CANFIELD, D. E. et al. Prediction of chlorophyll a concentrations in Florida lakes: importance of aquatic macrophytes. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 41, p. 497-501, 1984.

CESCHIN, S.; ZUCCARELLO, V.; CANEVA, G. Role of macrophyte communities as bioindicators of water quality: Application on the Tiber River basin (Italy). **Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology: Official Journal of the Societa Botanica Italiana**, v. 144, n. 3, p. 528-536, 2010.

CHAMBERS, P. A.; LACOUL, P.; MURPHY, K. J.; THOMAZ, S. M. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, p. 9-26, 2007.

ISMAIL, S. N.; SUBEHI, L.; MANSOR, A.; MASHHOR, M. Plant invasion: a perspective on its major causes, impacts, and mitigation strategies. **Ecological Processes**, v. 8, p. 27, 2019.

JOVEM-AZEVÊDO, D. et al. Assembleias de dípteros como indicadores funcionais de secas extremas. **Journal of Arid Environments**, v. 164, p. 12–22, 2019.

KURBATOVA, S. A.; YERSHOV, I. Y. The importance of aquatic plants in maintaining zooplankton diversity and abundance: An experimental approach. **Regulatory Mechanisms in Biosystems**, v. 11, n. 4, p. 531-535, 2020.

LACET, J. B.; MOURA, A. N.; DANTAS, E. W. Invasion of Egeria densa Planch. in semiarid reservoirs. **Brazilian Journal of Botany**, v. 42, p. 491-497, 2019.

MATOS, D. M. S.; PRIVELLO, V. R. O impacto das plantas invasoras nos recursos naturais de ambientes terrestres - alguns casos brasileiros. **Ciência e Cultura**, v. 61, n. 1, p. 27-30, 2009.

PERES, C. K. et al. Alien Express: The threat of aquarium e-commerce introducing invasive aquatic plants in Brazil. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 18, n. 2, p. 75-83, 2018.

SCHNEIDER, B. et al. Associations between Macrophyte Life Forms and Environmental and Morphometric Factors in a Large Sub-tropical Floodplain. 2018.

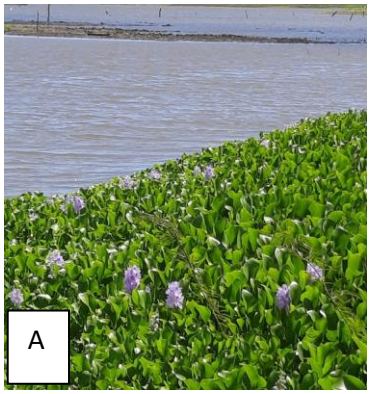
THOMAZ, S. M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 20, p. 21-33, 2002.

VILLAMAGNA, A. M.; MURPHY, B. R. Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth (Eichhornia crassipes): a review. **Freshwater Biology**, v. 55, p. 282–298, 2010.

YANG, Z. et al. Responses of an emergent macrophyte, Zizania latifolia, to water-level changes in lakes with contrasting hydrological management. **China Ecological Engineering**, v. 151, p. 105814, 2020.

ZHANG, W. et al. Physiological differences between free-floating and periphytic filamentous algae, and specific submerged macrophytes induce proliferation of filamentous algae: A novel implication for lake restoration. **Chemosphere**, v. 239, p. 124702, 2020.

APÊNDICE A – PLANTAS INVASORAS ENCONTRADAS NO RESERVATÓRIOS ESTUDADOS.



A= *P.crassipes*, *B= S.auriculata, C= E.densa D=C. dermessum* E= *P.stratiotes.*

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me capacitado a realizar esse sonho de ter uma formação, e ter me fortalecido nessa caminhada de aprendizados da graduação.

A meus pais por todo esforço que eles fizeram para que eu pudesse estudar. Em especial a minha mãe Maria da Glória da Silva Ramos, por acreditar que eu ia conseguir e por nunca me deixar desistir.

A minha irmã Danielly da Silva Ramos que com o jeitinho dela sempre me deu forças.

Aos meus colegas do laboratório de botânica que me ajudaram com as coletas e em especial a Tarcísio do Nascimento Dias e Jani Dias da Silva.

A Dayana Almeida de Souza minha amiga que ingressou no mesmo período que eu e não nos separamos mais, me ajudou não só em questões da formação, mas de amizade.

A meu orientador Ênio wocyli Dantas extremamente grata por toda paciência e carinho e aconselhamentos. Um excelente professor agradeço pelo ensinamentos.

Gostaria também de agradecer as minhas amigas de infância Gabriella Esthefany da Silva Brilhante e Edna Gomes de Souza, que estiveram comigo em muitos momentos da minha vida e contribuíram com conselhos nesse momento da graduação.

E por fim, mas não menos importante, agradeço aos colegas e amigos que tive a oportunidade de conhecer na UEPB.

Esse trabalho foi apoiado pelo projeto PELD-RIPA (Rio Paraíba Integrado, Chamada FAPESQ/PELD Nº 21/2020, nº termo de outorga: 403/2021), importante para a realização das coletas e análises físico-químicas do trabalho, bem como a UEPB pela concessão de bolsa de iniciação científica.