



Registro da diversidade de plantas aquáticas em reservatórios de Pernambuco, Nordeste do Brasil

Recording the diversity of aquatic plants in reservoirs in Pernambuco, Northeast Brazil

Simone Santos Lira Silva^a, Ariadne do Nascimento Moura^a, Marlla Maria Barbosa Arouche^b,
Catherine Rios Santos^b, Eduardo Bezerra de Almeida Jr.^c, Carmen Sílvia Zickel^a

^a Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Departamento de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Botânica. Avenida Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil. CEP: 52171-900. E-mail: simolira36@gmail.com, ariadne_moura@hotmail.com, zickel@yahoo.com (Autor correspondente).

^b Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG, Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Instituto de Ciências Biológicas, Av. Antônio Carlos, n. 6627, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. CEP: 31270-901. E-mail: marlla.arouche@gmail.com, catherineriosantos@gmail.com.

^c Universidade Federal do Maranhão-UFMA, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação. Av. dos Portugueses, n. 1966, Bacanga, São Luís, Maranhão, Brasil. CEP 65080-805. E-mail: ebaj25@yahoo.com.br.

ARTICLE INFO

Recebido 14 Abr 2024
Aceito 22 Abr 2024
Publicado 28 Nov 2024

ABSTRACT

Aquatic plants play an important ecological role due to their richness and diversity. Thus, the study aimed to describe the differences in the diversity values of aquatic flora in reservoirs of phytogeographic regions of Pernambuco, including changes in the floristic composition of the reservoirs during the rainy and dry periods. Macrophyte collections and evaluation of the number of species were conducted in the reservoirs of Apipucos, Prata, Tapacurá, Jucazinho, Tabocas, Mundaú, Arcoverde, and Jazigo in Pernambuco during the dry and rainy seasons, from April 2008 to February 2010. For structural analysis, 5 transects were established, each with a length of 10 m and spacing of 10 m between them. Collections were alternately performed every 2 m along the transect in PVC plots of 50 x 50 cm, totaling 25 plots per reservoir in each seasonal period. Based on the collections that occurred during the rainy and dry periods, non-metric multidimensional scaling (NMDS) was developed to compare the flora between the phytogeographical regions of the reservoirs. The results showed that species richness was higher in the Apipucos ("mata/litoral"), Arcoverde, and Jazigo ("sertão") reservoirs. The highest Shannon diversity indices were recorded for the Apipucos ("mata/litoral"), Tabocas and Mundaú ("agreste"), and Arcoverde and Jazigo ("sertão") reservoirs. It was also observed that the dry and rainy periods effectively interfere with species diversity.

Keywords: Phytosociology, phytogeographic regions, seasonality.

RESUMO

As plantas aquáticas desempenham um importante papel ecológico diante de sua riqueza e diversidade. Dessa forma, o estudo objetivou descrever as diferenças nos valores de diversidade da flora aquática nos reservatórios de regiões fitogeográficas de Pernambuco, incluindo as mudanças na composição florística dos reservatórios durante os períodos de chuva e seco. As coletas das macrófitas e avaliação do número de espécies foram realizadas nos reservatórios de Pernambuco, a saber: Apipucos, Prata, Tapacurá, Jucazinho, Tabocas, Mundaú, Arcoverde e Jazigo, nos períodos seco e chuvoso, de abril de 2008 a fevereiro de 2010. Para análise da estrutura foram estabelecidos 5 transectos, cada um com 10 m de comprimento com espaçamento de 10 m entre eles. As coletas foram realizadas, alternadamente, a cada 2 m do transecto, em parcelas de PVC de 50 x 50 cm, totalizando 25 parcelas por reservatório, em cada período sazonal. Com base nas coletas que ocorreram nos períodos chuvoso e seco



Journal of Environmental Analysis and Progress © 2016
is licensed under CC BY-NC-SA 4.0

foi elaborado o escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) para comparar a flora entre as regiões fitogeográficas dos reservatórios. Os resultados mostraram que a riqueza de espécies foi maior nos reservatórios de Apipucos (zona da mata/litoral), Arcoverde e Jazigo (zona do sertão). Os maiores índices de diversidade de Shannon foram registrados para os reservatórios de Apipucos (zona da mata/litoral), Tabocas e Mundaú (zona do agreste), e Arcoverde e Jazigo (zona do sertão). Foi observado também que o período seco e chuvoso apresenta diferente diversidade de espécies.

Palavras-Chave: Fitossociologia, regiões fitogeográficas, sazonalidade.

Introdução

No Brasil, a construção de grandes reservatórios foi idealizada principalmente para atender à crescente demanda energética (Júlio Jr. et al., 2005) e abastecimento público, atingindo seu máximo desenvolvimento nas décadas de 1960 e 1970 (Tundisi, 2007). Devido às secas, a região Nordeste do país é a que mais depende desses reservatórios (Heo & Kim, 2004).

A interrupção temporária do fluxo no sistema hidrológico resulta na estagnação da água, que aliada a profundidade limitada, faz dos reservatórios ambientes aquáticos heterogêneos sob constante influência antrópica. As modificações antrópicas nos reservatórios podem ocasionar alterações na turbidez da água e na distribuição dos nutrientes que podem favorecer a dominância de macrófitas aquáticas, já que algumas espécies de macrófitas são tolerantes a ambientes eutrofizados (Fontanilles et al., 2023).

As plantas aquáticas desempenham papéis ecológicos fundamentais, como a ciclagem de carbono e nutrientes, a estabilização de sedimentos e margens ribeirinhas, além de fornecerem provisão de alimentos e habitats para diversas espécies animais. Porém, tanto sua ausência, bem como seu crescimento exponencial podem resultar em impactos significativos no estado trófico e funcional dos ambientes aquáticos (Bolpagni et al., 2018).

Nesse contexto, a diversidade de espécies, a biomassa e a área de cobertura das plantas aquáticas variam ao longo do ciclo hidrológico e dentro da comunidade de macrófitas, pois o comportamento competitivo a recursos limitados cria diferentes gradientes de dominância no ambiente aquático (Prado, 2008).

As comunidades de plantas aquáticas empregam estratégias para se adaptar a perturbações, como os períodos de secas e a variação do nível da água, que favorece espécies terrestres e aquáticas submersas (Sabino et al., 2015). Durante períodos de seca, espécies terrestres

ou com estruturas subterrâneas, como rizomas e estolões, resistem no solo até que as condições de umidade retornem, permitindo o restabelecimento rápido da população na próxima estação favorável (Lorenzi, 2008). Já as espécies aquáticas submersas, que possuem adaptações para viver em condições de inundação, podem sobreviver à variação de profundidade e aproveitamento do aumento de área submersa durante o período chuvoso, o que favorece seu crescimento e expansão (Moura et al., 2022).

A recuperação promove uma riqueza particular de espécies que tende a ser maior no primeiro ano após o período seco do que nos anos seguintes, tendo em vista o estabelecimento de novas populações (Fontanilles et al., 2023).

Considerando a flutuação populacional das plantas aquáticas mediante a perturbações ambientais, o presente estudo pretende descrever as diferenças de diversidade da flora aquática nos reservatórios de diferentes regiões fitogeográficas de Pernambuco, incluindo as mudanças na composição da flora durante os períodos de chuva e seco, nesses reservatórios.

Material e Métodos

Áreas de estudo

O estado de Pernambuco, possui uma área de 98.311,616 km² de extensão (IBGE, 2002), situa-se entre as coordenadas 34°48'35" e 41°19'54", 7°15'45" e 9°28'18" (Jacomine et al., 1973). A extensão territorial de Pernambuco abrange diferentes paisagens geográficas, dando lugar à existência de três zonas fitogeográficas bem definidas: zona da mata/litoral, agreste e sertão (AEP, 1988).

Os oito reservatórios estudados com seus respectivos municípios e zona fitogeográfica estão indicados e descritos na Tabela 1 e Figura 1. A área de extensão de cada zona fitogeográfica, assim como o clima, os dados de precipitação pluviométrica e as temperaturas estão apresentados na Tabela 2 e Figura 2.

Tabela 1. Relação dos reservatórios avaliados quanto a estrutura de macrófitas aquáticas, indicando os municípios e localização geográfica, no Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. Fonte: Santos et al. (2024).

Reservatórios	Latitude	Longitude	Região Fitogeográfica	Município
Prata	08°00'17,2" S	34°57'00,4" W	Zona da Mata/Litoral	Recife

Apipucos	08°01'16,0" S	34°55'53,3" W	Zona da Mata/Litoral	Recife
Tapacurá	08°02'28,7" S	35°11'49,9" W	Zona da Mata/Litoral	São Lourenço da Mata
Jucazinho	07°59'04,3" S	35°48'36,1" W	Zona do Agreste	Cumaru
Tabocas	08°14'58,7" S	36°22'31,2" W	Zona do Agreste	Belo Jardim
Mundaú	08°56'43,0" S	36°29'27,3" W	Zona do Agreste	Garanhuns
Arcoverde	08°33'25,0" S	36°59'30,9" W	Zona do Sertão	Pedra
Jazigo	08°00'04,0" S	38°12'39,4" W	Zona do Sertão	Serra Talhada

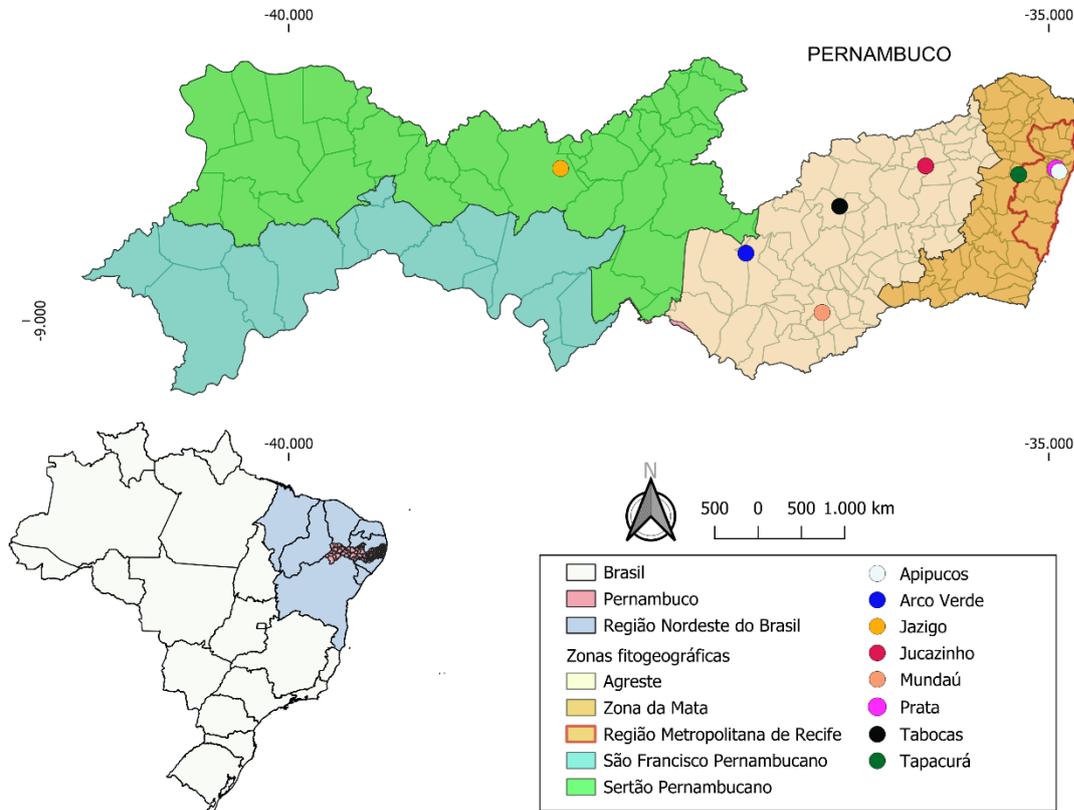


Figura 1. Mapa de localização dos reservatórios em Pernambuco, Nordeste do Brasil e os tipos de vegetação predominantes. Fonte: Santos et al. (2024).

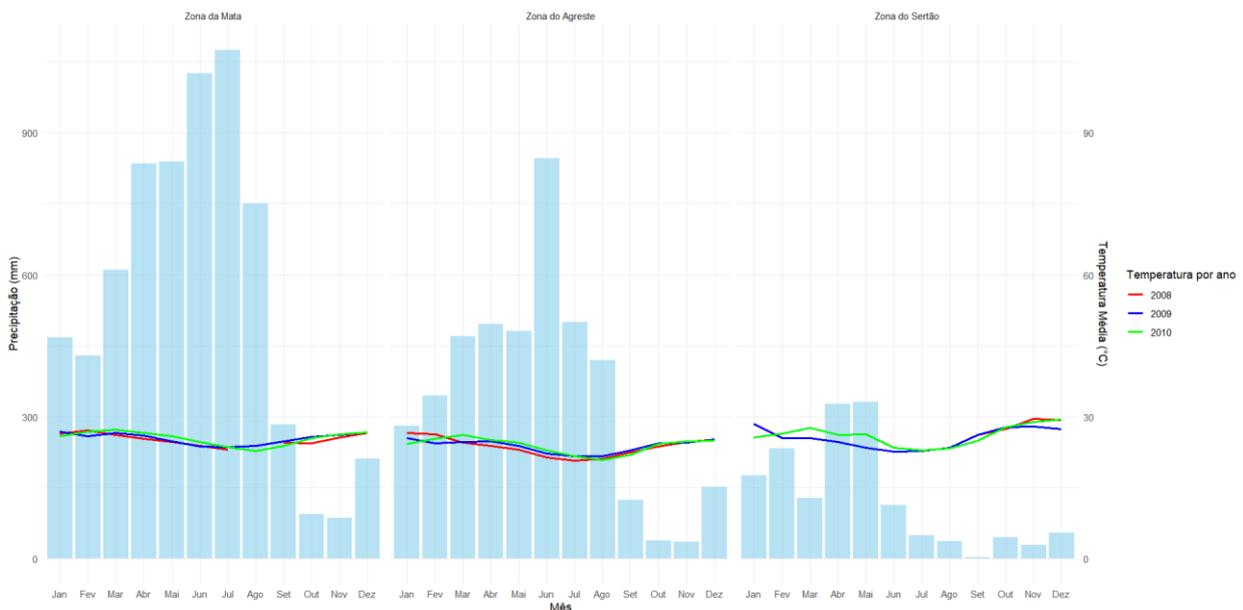


Figura 2. Climatograma com a média de precipitação e temperatura entre os anos de 2008 a 2010 das zonas da mata/litoral, agreste e sertão de Pernambuco, Nordeste do Brasil. Fonte: Santos et al. (2024).

Tabela 2. Dados climáticos obtidos para as áreas de reservatórios avaliados, com as respectivas zonas fitogeográficas do Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. Fonte: Koeppen (1948), Lacerda (2006a; 2006b).

Área	Zona da mata/litoral	Zona do agreste	Zona do sertão
	10.800 km ²	19.130 km ²	68.800 km ²
Precipitação pluviométrica	Entre 1.000 a 2.200 mm. Nas áreas litorâneas até 2.200 mm.	Entre 600 e 1.000 mm	Entre 400 a 800 mm
Clima	Ams' e As' – clima tropical úmido.	Transição (As' e BSwH')	BSwh' - clima quente e semi-árido.
Temperatura do ar (anuais)	Média (25°C) Máximas (29°C e 31°C) Mínimas (20°C e 21°C)	Média (20°C) Máximas (24°C e 31°C) Mínimas (16°C e 20°C)	Média (26°C) Máximas (27°C a 34°C) Mínimas (16°C e 22°C)

Coleta fitossociológica

Para a análise da estrutura de macrófitas aquáticas de cada reservatório foram estabelecidos 5 transectos (organizado de forma perpendicular à margem) com 10 m de comprimento cada um e espaçados em 10 m entre eles. A amostragem foi realizada colocando parcelas de PVC de 50 x 50 cm, alternadamente em cada transecto, a cada 2 m, perfazendo 25 parcelas por reservatório no período seco e no chuvoso. Foram realizadas duas coletas no período chuvoso e duas no período seco, de abril de 2008 a fevereiro de 2010.

Em cada parcela, todos os indivíduos foram contabilizados e uma amostra de cada espécie foi coletada para identificação e confecção de exsicatas. As macrófitas submersas fixas foram coletadas e contadas, quando elas atingiam a superfície da água, ficando visível para serem amostradas. Para cada transecto foram anotadas as coordenadas com auxílio de GPS (Garmin Etrex). O ponto zero do transecto foi na região da margem (inundável) em direção ao interior do reservatório.

Para a identificação das espécies, além de consulta à literatura específica, também foram consultadas as exsicatas que compõem as coleções do Herbário Prof. Vasconcelos Sobrinho (PEUFR) da UFRPE e Herbário IPA - Dárdano de Andrade-Lima da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. Os espécimes com dificuldades de identificação foram enviados para especialistas.

As fanerógamas foram listadas seguindo o sistema de classificação APG IV (2016). As samambaias e licófitas seguiram Smith et al. (2006) e para as macroalgas foi seguido Wood & Imahori (1965). Para a verificação e correção de grafia das espécies foi utilizado o banco de dados do Missouri Botanical Garden (2010).

Análises dos dados

Em cada amostragem dos reservatórios foram analisados os seguintes parâmetros fitossociológicos: densidade relativa (DeR), frequência relativa (FreR), índice de diversidade de Shannon e o de índice de equabilidade de Pielou,

que foram calculados utilizando o *software* FITOPAC 2.1 (Shepherd, 2006).

Com base nas coletas que ocorreram nos períodos chuvoso e seco foi elaborado o escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) a partir de dados de densidade de cada espécie por parcela em ambas as áreas, sendo gerada uma matriz de similaridade de Bray-Curtis (Santos et al., 2007). As análises foram realizadas utilizando o pacote *Vegan* (Oksanen et al., 2017) do programa RStudio.

Resultados

No total dos oito reservatórios foram registradas 65 espécies, das quais 17 espécies foram exclusivas da Zona da Mata/Litoral, 15 espécies foram exclusivas da Zona do Agreste e 26 ocorreram apenas na Zona do Sertão. Apenas *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms foi registrada nas três zonas.

As espécies consideradas raras por apresentar menor valor de frequência relativa foram (FreR= 1,35) foram *Heliotropium angiospermum* Murray, *Caperonia castaneifolia* (L.) A. St.Hil., *Ludwigia helminthorrhiza* (Mart.) H. Hara. As três espécies ocorreram apenas em Tapacurá (Zona da Mata/litoral), no período chuvoso.

Foram identificadas 59 espécies no período chuvoso. As espécies que se destacaram no período chuvoso por uma elevada densidade e frequência relativa para cada reservatório foram *Pistia stratiotes* L. (DeR=67,57; FreR= 33,33) e *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. (24,24%), com uma maior frequência relativa em Apipucos. Em Arco Verde, a maior frequência foi encontrada para *Cyperus compressus* L. (DeR=15) e *Ipomoea asarifolia* (Desr.) Roem. (DeR= (14,29). No reservatório Jazigo, *Salvinia auriculata* Aubl. (DeR= 45,92) e *Paspalidium geminatum* (Forssk.) Stapf (FreR= 44,67%) se destacaram, sendo a primeira com a maior densidade e a segunda com a frequência mais alta para a região. Para Jucazinho, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. apresentou os

valores máximos de densidade (55,56) e frequência (83,33) no primeiro período chuvoso e manteve-se como espécie dominante em densidade e frequência no período seco. Em Mundaú, houve variação na dominância das espécies em relação à época, *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (DeR=80,88%; FreR= 33,36%) liderou a densidade e a frequência no período chuvoso, enquanto *Paspalidium geminatum* (Forssk.) Stapf (DeR=74,85%; FreR= 62,07%) e *Nymphoides indica* (L.) Kuntze (DeR= 40,19%; FreR= 54,29%) foram dominantes no período seco. No reservatório Prata, foram representativas as espécies *Eleocharis interstincta*

(Vahl) Roem. & Schult (DeR= 93,21; FreR= 41,18) e *Websteria confervoides* (Poir.) SS Hooper (DeR= 22,76; FreR= 47,73. Em Tabocas, *Fuirena umbellata* Rottb. (DeR= 88,46) apresentou-se como a espécie dominante, em todos os períodos, enquanto em Tapacurá, *Salvinia auriculata* Aubl. foi predominante em densidade (80,64) e frequência (27,94), mantendo sua presença abundante em todos os períodos (Tabela 3).

Cabe destacar que *Echinochloa colona* (L.) Link e *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc. só ocorreram no período chuvoso, nos reservatórios de Apipucos e Jucazinho, respectivamente.

Tabela 3. Relação das espécies registradas nos reservatórios da zona da mata/litoral, agreste e sertão de Pernambuco, Nordeste do Brasil, ordenadas por densidade relativa (DeR %) e frequência relativa (FreR %). Períodos sazonais: R1C = 1º período chuvoso; R2C = 2º período chuvoso; R1S = 1º período seco; R2S = 2º período seco. Fonte: Santos et al. (2024).

Reservatório/Espécies	Zona da Mata/Litoral							
	R1Chuvoso		R2Chuvoso		R1Seco		R2Seco	
	DeR	FreR	DeR	FreR	DeR	FreR	DeR	FreR
Apipucos								
<i>Pistia stratiotes</i> L.	67,57	33,33	35,83	15,15	19,49	6,45	21,89	11,36
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms.	13,83	33,33	17,59	24,24	4,66	12,90	11,54	31,82
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L. f.	4,77	6,25	9,77	21,21	5,93	19,35	1,50	13,64
<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	11,76	20,83	-	-	-	-	-	-
<i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.	1,91	4,17	-	-	19,49	16,13	1,50	9,09
<i>Ludwigia leptocarpa</i> (Nutt.) H. Hara	0,16	2,08	-	-	0,85	3,23	-	-
<i>Lemna valdiviana</i> Phil.	-	-	-	-	-	-	50,37	11,36
<i>Alternanthera tenella</i> Colla	-	-	9,45	18,18	-	-	-	-
<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	-	-	4,89	1,52	7,20	6,45	3,90	6,82
<i>Echinochloa</i> sp.	-	-	22,48	19,70	-	-	9,30	15,91
<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P.H. Raven	-	-	-	-	0,42	3,23	-	-
<i>Digitaria ciliaries</i> (Retz.) Pers.	-	-	-	-	41,95	32,26	-	-
Prata	DeR	FreR	DeR	FreR	DeR	FreR	DeR	FreR
<i>Eleocharis interstincta</i> (Vahl) Roem. & Schult	93,21	41,18	70,72	36,54	75,61	43,18	85,75	42,31
<i>Cabomba aquatica</i> Aubl.	3,07	21,57	1,97	3,85	-	-	-	-
<i>Websteria confervoides</i> (Poir.) S.S. Hooper	1,36	9,80	22,70	40,38	22,76	47,73	9,34	28,85
<i>Ipomoea asarifolia</i> (Desr.) Roem.	0,93	19,61	3,62	15,38	0,81	6,82	4,91	28,85
<i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski	0,14	1,96	-	-	-	-	-	-
<i>Panicum dichotomiflorum</i> Michx.	-	-	-	-	0,81	2,27	-	-
<i>Dicliptera mucronifolia</i> Nees	-	-	0,66	1,92	-	-	-	-
<i>Spermacoce verticillata</i> L.	-	-	0,33	1,92	-	-	-	-
Tapacurá	DeR	FreR	DeR	FreR	DeR	FreR	DeR	FreR
<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	80,64	27,94	80,24	33,78	55,85	30,16	65,77	25,00
<i>Pistia stratiotes</i> L.	15,84	27,94	3,45	18,92	34,63	31,75	28,92	30,56
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	2,19	23,53	2,52	29,73	9,53	38,10	5,04	41,67
<i>Polygonum ferrugineum</i> Wedd.	1,33	20,59	-	-	-	-	-	-
<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray	-	-	0,01	1,35	-	-	-	-
<i>Caperonia castaneifolia</i> (L.) A. St.-Hil.	-	-	0,01	1,35	-	-	-	-
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L. f.	-	-	0,01	1,35	-	-	0,28	2,78
<i>Lemna valdiviana</i> Phil.	-	-	13,61	10,81	-	-	-	-
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i> (Mart.) H. Hara	-	-	0,01	1,35	-	-	-	-
	Zona do Agreste							
Jucazinho	DeR	FreR	DeR	FreR	DeR	FreR	DeR	FreR
<i>Brachiaria plantaginea</i> (Link) Hitchc.	44,44	16,67	-	-	-	-	33,33	33,33
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	55,56	83,33	-	-	66,67	66,67	66,67	66,67
<i>Homolepis aturensis</i> (Kunth) Chase	-	-	-	-	33,33	33,33	-	-
Tabocas	DeR	FreR	DeR	FreR	DeR	FreR	DeR	FreR
<i>Fuirena umbellata</i> Rottb.	88,46	50,00	69,12	37,50	45,45	25,00	62,50	50,00

<i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst. ex A.Rich.) Stapf	5,77	16,67	22,06	12,50	-	-	25,00	25,00
<i>Ludwigia affinis</i> (DC.) H. Hara	3,85	16,67	2,94	25,00	-	-	12,50	25,00
<i>Desmodium</i> sp.	1,92	16,67	-	-	-	-	-	-
<i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.	-	-	4,41	12,50	-	-	-	-
<i>Brachiaria mutica</i> (Forssk.) Stapf	-	-	-	-	3,03	12,00	-	-
<i>Chamaecrista repens</i> (Vogel) H.S. Irwin & Barneby	-	-	1,47	12,50	-	-	-	-
<i>Ludwigia leptocarpa</i> (Nutt.) H. Hara	-	-	-	-	24,24	37,50	-	-
<i>Panicum polygonatum</i> Schrad.	-	-	-	-	27,27	25,00	-	-
Mundau	DeR	FreR	DeR	FreR	DeR	FreR	DeR	FreR
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	80,88	36,36	14,17	10,34	-	-	14,62	6,90
<i>Nymphoides indica</i> (L.) Kuntze	2,94	18,18	11,02	17,24	40,19	54,29	8,19	24,14
<i>Paspalidium geminatum</i> (Forssk.) Stapf	7,35	18,18	-	-	48,60	37,14	74,85	62,07
<i>Polygonum hydropiperoides</i> Michx.	8,82	27,27	-	-	-	-	-	-
<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R.Br.	-	-	33,07	34,48	-	-	-	-
<i>Aeschynomene evenia</i> C. Wright ex Sauvalle	-	-	5,51	6,90	-	-	-	-
<i>Brachiaria mutica</i> (Forssk.) Stapf	-	-	36,22	31,03	-	-	-	-
<i>Chara zeylanica</i> Klein ex Willdenow	-	-	-	-	5,61	5,71	2,34	6,90
	Zona do Sertão							
Arcoverde	DeR	FreR	DeR	FreR	DeR	FreR	DeR	FreR
<i>Cyperus compressus</i> L.	15,00	9,52	18,75	11,11	-	-	-	-
<i>Digitaria ciliares</i> (Retz.) Koeler	11,67	7,14	12,50	7,41	-	-	-	-
<i>Ipomoea asarifolia</i> (Desr.) Roem.	11,67	14,29	27,50	29,63	-	-	-	-
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	10,00	14,29	11,25	11,11	88,57	71,43	100	100
<i>Waltheria indica</i> L.	8,33	11,90	-	-	-	-	-	-
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.)	6,67	2,38	-	-	-	-	-	-
<i>Indigofera microcarpa</i> Desv.	6,67	9,52	-	-	-	-	-	-
<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	5,00	7,14	-	-	-	-	-	-
<i>Phyllanthus</i> sp.	5,00	2,38	-	-	-	-	-	-
<i>Rhynchospora contracta</i> (Nees) J. Raynal	5,00	2,38	-	-	-	-	-	-
<i>Sida spinosa</i> L.	5,00	4,76	-	-	-	-	-	-
<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby	3,33	4,76	-	-	-	-	-	-
<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	1,67	2,38	-	-	-	-	-	-
<i>Lippia alba</i> (Mill.) N.E. Br.	1,67	2,38	-	-	11,43	28,57	-	-
<i>Mimosa arenosa</i> var. <i>arenosa</i> (Willd.) Poir.	1,67	2,38	-	-	-	-	-	-
<i>Stylosanthes scabra</i> Vogel	1,67	2,38	-	-	-	-	-	-
<i>Angelonia gardneri</i> Hook.	-	-	1,25	3,70	-	-	-	-
<i>Corchorus hirtus</i> L.	-	-	7,50	11,11	-	-	-	-
<i>Eclipta alba</i> (L.) Hassk.	-	-	6,25	7,41	-	-	-	-
<i>Mollugo verticillata</i> L.	-	-	3,75	7,41	-	-	-	-
<i>Paspalidium geminatum</i> (Forssk.) Stapf	-	-	5,00	3,70	-	-	-	-
<i>Diplachne fusca</i> subsp. <i>fascicularis</i> (Lam.) P.M.Peterson & N.Snow	-	-	6,25	7,41	-	-	-	-
Jazigo	DeR	FreR	DeR	FreR	DeR	FreR	DeR	FreR
<i>Alternanthera tenella</i> Colla	-	-	12,33	16,67	-	-	-	-
<i>Azolla caroliniana</i> Will.	4,08	7,41	-	-	31,80	25,00	-	-
<i>Bacopa aquatica</i> Aubl.	-	-	12,33	16,67	-	-	-	-
<i>Chara</i> sp.2	-	-	-	-	-	-	2,49	17,39
<i>Cyperus articulatus</i> L.	5,10	11,11	-	-	-	-	-	-
<i>Echinodorus palaefolius</i> (Nees & Mart.) J.F.Macbr	11,22	44,67	-	-	-	-	-	-
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	26,53	25,93	1,37	5,56	2,76	10,00	18,51	26,09
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i> (Mart.) H. Hara	-	-	-	-	-	-	2,14	8,70
<i>Nymphaea ampla</i> (Salisb.) DC.	7,14	25,93	-	-	-	-	-	-
<i>Pistia stratiotes</i> L.	-	-	-	-	-	-	76,51	43,48
<i>Paspalidium geminatum</i> (Forssk.) Stapf	-	-	68,49	50,00	6,91	30,00	-	-
<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	45,92	7,41	4,11	5,56	57,60	25,00	0,36	4,35
<i>Stemodia maritima</i> L.	-	-	1,37	5,56	-	-	-	-

Para o período seco foram identificadas 30 espécies, destacando *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (DeR=88,57) para Arco Verde, Jucazinho e

Tapacurá, *Eleocharis interstincta* (Vahl) Roem. & Schult (DeR= 75,61), para o reservatório Prata, *Salvinia auriculata* Aubl. (DeR= 57,6) para

Tapacurá, *Paspalidium geminatum* para Mundaú (DeR= 68,49) e *Pistia stratiotes* L. (DeR=76,51) em Jazigo.

Lemna valdiviana e *Ludwigia octovalvis* só ocorreram no período seco, no reservatório de Apipucos.

Os maiores valores de diversidade (H') foram registrados nos reservatórios de Apipucos ($H' = 1,607$ nats ind⁻¹) para a zona da mata/litoral; Tabocas ($H' = 1,162$ nats ind⁻¹) e Mundaú ($H' =$

1,414 nats ind⁻¹), para a zona do agreste; Arcoverde ($H' = 2,570$ nats ind⁻¹) e Jazigo ($H' = 1,024$ nats ind⁻¹) para a zona do sertão (Tabela 4).

De acordo com a NMDS, houve diferença na densidade das espécies entre as estações seca e chuvosa, apenas nas áreas de Arcoverde, Mundaú e Jazigo. O nível de estresse obtido foi próximo a zero (0,16), indicando a confiabilidade da ordenação espacial dos dados (Figura 3).

Tabela 4. Dados relativos à estrutura de comunidade das macrófitas aquáticas nos reservatórios da zona da mata/litoral, agreste e sertão do estado de Pernambuco, nordeste do Brasil. H' = Índice de diversidade Shannon; J' = Índice de equabilidade de Pielou; Períodos sazonais: R1C = 1º período chuvoso; R2C = 2º período chuvoso; R1S = 1º período seco; R2S = 2º período seco. Santos et al. (2024).

Reservatórios	R1C		R2C		R1S		R2S	
	H'	J'	H'	J'	H'	J'	H'	J'
Zona da mata/litoral								
Apipucos	1,021	0,570	1,607	0,897	1,565	0,753	1,400	0,720
Prata	0,340	0,190	0,831	0,464	0,627	0,452	0,501	0,456
Tapacurá	0,606	0,437	0,670	0,305	0,917	0,834	0,801	0,578
Zona do agreste								
Jucazinho	0,687	0,991	-	-	0,637	0,918	0,637	0,918
Tabocas	0,474	0,342	0,892	0,554	1,162	0,838	0,900	0,819
Mundaú	0,681	0,492	1,414	0,878	1,040	0,750	0,791	0,570
Zona do sertão								
Arcoverde	2,570	0,927	2,043	0,887	0,355	0,513	0,025	0,037
Jazigo	0,687	0,991	1,024	0,572	1,009	0,627	0,711	0,442

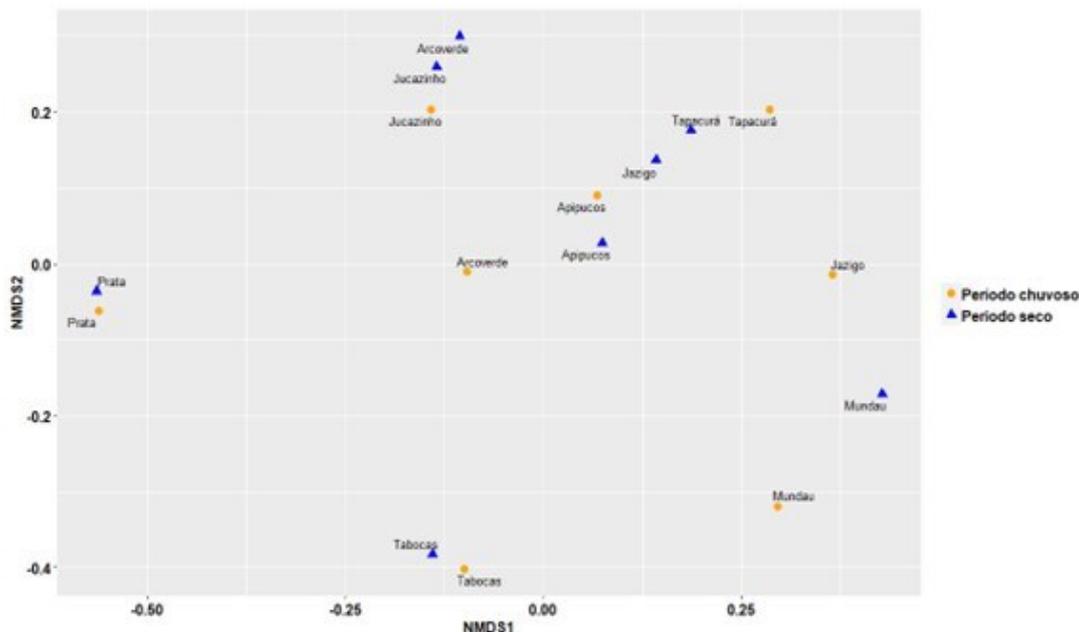


Figura 3. NMDS evidenciando a diferença na composição e na densidade de cada espécie ocorrente nos reservatórios da zona da mata/litoral, agreste e sertão de Pernambuco, Nordeste do Brasil, durante os períodos sazonais. Fonte: Santos et al. (2024).

Discussão

As espécies predominantes no presente estudo pertencem à família Poaceae e/ou Cyperaceae, corroborando outros estudos que também apresentaram o maior número de espécies

para essas famílias em diferentes reservatórios, analisados por Carvalho et al. (2003), Martins et al. (2003), Carvalho et al. (2005), Martins et al. (2008) e Pitelli et al. (2008), para o Sudeste, e Henry-Silva et al. (2010) para o Nordeste. Apesar de fatores

como a clima e a topografia influenciarem a distribuição de espécies, Cyperaceae e Poaceae são constantemente registradas como famílias de maior riqueza em ambientes aquáticos (Pivari et al., 2008; Kufner et al., 2011).

Cabe destacar que a espécie *Paspalidium geminatum*, predominante no período seco do presente estudo, manteve-se sua permanência no período chuvoso e isso pode estar relacionado as estratégias como o crescimento por estolões, que permite as espécies acompanharem as variações do nível da água ao longo do período sazonal. Além disso são espécies perenes, dominando completamente os ambientes no período de redução da coluna d'água (Bove et al., 2003; Lorenzi, 2008).

As diferenças na densidade de espécies entre as estações seca e chuvosa nos oito reservatórios de Pernambuco possibilitam entender como as variações sazonais podem afetar a composição de espécies em corpos d'água. Estas informações podem auxiliar no monitoramento e manejo desses ambientes. No entanto, é importante avaliar os resultados em conjunto com outras informações, como condições climáticas, precipitação pluviométrica, disponibilidade de luz, além de considerar as limitações e pressupostos do método utilizado na análise (Kufner et al., 2011).

As macrófitas aquáticas são consideradas um importante componente dos ecossistemas aquáticos (Scheffer et al., 2003). Porém, em grandes quantidades, podem gerar severos problemas aos ambientes aquáticos. O período seco ou chuvoso pode afetar a presença e a distribuição das espécies de macrófitas em um reservatório, uma vez que as variações sazonais na precipitação e no fluxo da água podem afetar a disponibilidade de nutrientes e a exposição à luz solar (Bolpaghini et al., 2018).

Os valores da equabilidade de Pielou encontrados para o Prata (0,190), Tapacurá (0,305), Tabocas (0,342) e Arcoverde (0,037) foram considerados os mais baixos. Em relação ao estudo de Pitelli et al. (2008) não há expressivas variações mensais para o índice de Shannon ($H' = 2,59$ a $2,80$ nats ind⁻¹) e equabilidade ($J' = 0,76$ a $0,81$), ao longo de um ano no reservatório de Santana-RJ. Porém, esses autores relataram que os valores eram esperados, uma vez que o número de espécies variou de 27 a 34 espécies, devido o reservatório estar relativamente isolado em relação a entrada de novas espécies de macrófitas aquáticas. Isso demonstra que esses baixos valores encontrados determinam certa dominância ecológica de poucas espécies na comunidade, indicando uma redução da diversidade. Este fato pode ser justificado pela alta densidade das espécies *Eleocharis interstincta*,

Salvinia auriculata, *Fuirena umbellata*, *Eichhornia crassipes* nos reservatórios do Prata, Tapacurá, Tabocas e Arcoverde, respectivamente (Tabela 3).

Os reservatórios com diversidade elevada durante o período chuvoso estão relacionados à maior disponibilidade de água neste período, possibilitando maior desenvolvimento das macrófitas.

Segundo Thomaz & Bini (1998), os níveis de água constituem-se variáveis chave, influenciando nos processos de colonização e crescimento de plantas aquáticas. Em reservatórios tem sido demonstrado que oscilações de nível intermediário estimulam o aumento da riqueza de espécies, enquanto a ausência de oscilação leva ao crescimento explosivo de poucas espécies (Thomaz & Bini, 1998). Bornette et al. (1998) consideram ainda que a redução do nível da água contribui para menor diversidade das plantas, pois reduz a conectividade entre os ambientes, aumenta a competição e impede o aporte de propágulos que são dispersos pela água.

Chuvas intensas, por exemplo, podem afetar negativamente a presença das macrófitas em um reservatório, pois elevam o nível da água e reduzem a disponibilidade de nutrientes, afetando a exposição à luz solar (Amato et al., 2007). Os períodos pós-seca propiciam o estabelecimento de novas populações de plantas aquáticas, algumas das quais apresentam habilidade para a vida terrestre, conseguindo crescer durante a seca e persistir nos anos seguintes. Além disso, os períodos de seca podem facilitar a entrada de espécies raras no ecossistema após o reabastecimento; e a competição e pressão de dominância influenciam a estrutura das comunidades de plantas aquáticas no primeiro ano pós-seca (Fontanilles et al., 2023). Esses resultados destacam a necessidade de entender as influências sazonais na distribuição de macrófitas aquáticas em reservatórios.

Conclusão

Nos reservatórios estudados foi registrada uma variedade significativa na composição de espécies, destacando-se a presença de espécies como *Sporobolus indicus*, *Cyperus compressus* e *Alternanthera tenella* em diferentes períodos e regiões. Essas espécies apresentaram elevada densidade relativa e frequência relativa em seus respectivos habitats, indicando sua importância na estruturação da comunidade vegetal nos diferentes reservatórios.

Além disso, a diversidade encontrada evidencia diferenças nas comunidades vegetais entre as regiões e estações do ano, devido a uma

diferença na densidade das espécies entre as estações seca e chuvosa em algumas áreas. Isto corrobora a dinâmica sazonal das comunidades vegetais aquáticas. O estudo fornece dados valiosos para o conhecimento da diversidade, para a gestão e a conservação desses ambientes aquáticos, destacando a importância do monitoramento contínuo da vegetação aquática em reservatórios.

Agradecimentos

A primeira autora agradece ao CT-Hidro - Fundo Setorial de Recursos Hídricos, pela concessão da bolsa de estudos. À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pela concessão de Bolsa de Iniciação Científica (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica-PIBIC) para Liliane Lima, juntamente com o pesquisador Edson Moura Jr., pela colaboração de ambos nas coletas.

Referências

- AEP – Anuário Estatístico de Pernambuco. 1988. CONDEPE: Recife. 324p.
- Amato, C.G.; Sponchiado, M.; Schwarzbald, A. 2007. Estrutura de uma comunidade de macrófitas aquáticas em um açude de contenção (São Jerônimo, RS). Revista Brasileira de Biociências, 5, 828-830.
- APG IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. Botanical Journal of the Linnean Society, 181, 1-20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Barendregt, A.; Bio, A. M. F. 2003. Relevant variables to predict macrophytes communities in running waters. Ecological Modelling, 160, 205-217. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(02\)00254-5](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00254-5)
- Bornette, G.; Amoros, C.; Lamouroux, N. 1998. Aquatic plant diversity in riverine wetlands: the role of connectivity. Fresh. Biol., 39, 267-283. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1998.00273.x>
- Bove, C. P.; Gil, A. S. B.; Moreira, C. B.; Anjos, R. F. B. 2003. Hidrófitas fanerogâmicas de ecossistemas aquáticos temporários da planície costeira do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Acta Botanica Brasilica, 17, 119-135. <https://doi.org/10.1590/S010233062003000100009>
- Bolpagni, R.; Laini, A.; Stanzani, C.; Chiarucci, A. 2018. Aquatic plant diversity in Italy: Distribution, drivers and strategic conservation actions. Frontiers in Plant Science, 9, 116.
- Carvalho, F. T.; Galo, M. L. B. T.; Velini, E. D.; Martins, D. 2003. Plantas aquáticas e nível de infestação das espécies presentes no reservatório de Barra Bonita, no Rio Tietê. Planta Daninha, 21, 15-19. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582003000400003>
- Carvalho, F. T.; Velini, E. D.; Martins, D. 2005. Plantas aquáticas e nível de infestação das espécies presentes no reservatório de Bariri, no rio Tietê. Planta Daninha, 23, 371-374. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582005000200027>
- Fontanilles, A.; Wezel, A.; Rouifed, S.; Guérin, M.; Vanacker, M.; Arthaud, F.; Robin, J. 2023. Disturbance and resilience of aquatic plant communities in fishponds after temporary dry periods. Aquatic Ecology, 57, 597-609. <https://doi.org/10.1007/s10452-023-10032-y>
- Henry-Silva, G. G.; Camargo, A. F. M. 2005. Interações ecológicas entre as macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*. Hoehnea, 32, 445-452.
- Henry-Silva, G. G.; Moura, R. S. T.; Dantas, L. L. O. 2010. Richness and distribution of aquatic macrophytes in Brazilian semi-arid aquatic ecosystems. Acta Limnol. Bras., 22, 147-156. <https://doi.org/10.4322/actalb.02202004>
- Heo, W.; Kim, B. 2004. The effect of artificial destratification on phytoplankton in a reservoir. Hydrobiol., 524, 229-239. <https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000036142.74589.a4>
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2002. Resolução nº 05, de 10 de outubro de 2002. DOU (Secão 1), 198, pp. 48-65.
- Jacomine, P. K. T.; Cavalcanti, A. C.; Burgos, N.; Pessoa, S. C. P.; Silveira, C. O. 1973. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado de Pernambuco. Recife, Ministério da Agricultura/SUDENE. Boletim técnico 26, Série Pedológica, 14. Divisão de Pesquisa Pedológica, 1, 1-359.
- Júlio Jr., H. F.; Thomaz, S. M.; Agostinho, A. A.; Latini, J. D. 2005. Distribuição e caracterização dos reservatórios. In: Rodrigues, L.; Thomaz, S. M.; Agostinho, A. A.; Gomes, L. C. (ed.). Biocenose em reservatórios: padrões espaciais e temporais. Rima, São Carlos, pp. 1-16.
- Köppen, W. 1948. Climatologia: con un estudio de los climas de la Tierra. México, Fondo de Cultura Economica, 474p.
- Kufner, D. C. L.; Scremin-Dias, E.; Guglieri-Caporal, A. 2011. Composição florística e

- variação sazonal da biomassa de macrófitas aquáticas em lagoa de Meandro do Pantanal. *Rodriguésia*, 62, 803-812. <https://doi.org/10.1590/S2175-78602011000400008>
- Lacerda, F.; Ferreira, M. A. F.; Souza, W. M. 2006a. Precipitação pluviométrica média anual de Pernambuco. In: Silva, S. R. (Coord.) Atlas de Bacias hidrográficas de Pernambuco. Secretaria de Ciências, Tecnologia e Meio Ambiente - SECTMA, 104p.
- Lacerda, F.; Ferreira, M. A. F.; Souza, W. M. 2006b. Temperaturas do ar médias anuais de Pernambuco. In: Silva, S.R. (Coord.), Atlas de Bacias hidrográficas de Pernambuco. Secretaria de Ciências, Tecnologia e Meio Ambiente – SECTMA, 104p.
- Lorenzi, H. 2008. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 4ª ed. Nova Odessa, SP, Instituto Plantarum, 640p.
- Martins, D.; Costa, N. V.; Terra, M. A.; Marchi, S. R. 2008. Caracterização da comunidade de plantas aquáticas de dezoito reservatórios pertencentes a cinco bacias hidrográficas do estado de São Paulo. *Planta Daninha*, 26, 17-32. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000100003>
- Martins, D.; Velini, E. D.; Piteli, R. A.; Tomazella, M. S.; Negrisoli, E. 2003. Ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios da Ligth-RJ. *Planta Daninha*, 21, 105-108. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582003000400016>
- Missouri Botanical Garden. 2010. Tropicos. org. Missouri Botanical Garden. Disponível em: www.tropicos.org. Acesso em: 06/05/2023.
- Moura, F. M.; Pinheiro, T. G.; Silva, E. L.; Pacheco, A. C. L.; Abreu, M. C. 2022. Composição florística de espécies de macrófitas aquáticas em um trecho urbano do rio Itaim, Itainópolis, Piauí. *Biosphere Comunicações Científicas*, 1, (1), 29-37.
- Neiff, J. J.; Neiff, A. S. G. P. 2003. Connectivity processes as a basis for the management of aquatic plants. In: Thomaz, S. M.; Bini, L. M. (Eds.). *Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*. Maringá. EDUEM, pp. 39-58.
- Oksanen, F. J. et al. 2017. Vegan: Pacote de Ecologia Comunitária. Pacote R. Versão 2.4-3. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Pitelli, R. L. C. M.; Toffaneli, C. M.; Vieira, E. A.; Pitelli, R. A.; Velini, E. D. 2008. Dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório de Santana, RJ. Viçosa. *Planta Daninha*, 26, 473-480. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000300001>
- Pivari, M. O.; Oliveira, V. B.; Costa, F. M.; Ferreira, R. M.; Salino, A. 2011. Macrófitas aquáticas do sistema lacustre do Vale do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*, 62, 759-770. <https://doi.org/10.1590/S2175-78602011000400005>
- Pott, V. J.; Pott, A. 2000. Plantas aquáticas do Pantanal. Brasília, EMBRAPA, 404p.
- Prado, K. L. L. 2008. Indicadores macrófitas aquáticas. In: Cavalcante, K. V.; Rivas, A. A. F.; Freitas, C. E. C. (Orgs.). *Indicadores socioambientais e atributos de referência para o trecho Urucu-Coari-Manaus, Rio Solimões, Amazônia Acidental*. Manaus, EDUA, pp. 117-128.
- Sabino, J. H. F.; Araújo, E. S.; Cotarelli, V. M.; Siqueira Filho, J. A.; Campelo, M. J. A. 2015. Riqueza, composição florística, estrutura e formas biológicas de macrófitas aquáticas em reservatórios do semiárido nordestino, Brasil. *Natureza online*, 13, (4), 185-194.
- Santos, A. M. M.; Cavalcanti, D. R.; Silva, J. M. C.; Tabarelli, M. 2007. Biogeographical relationships among tropical forests in north-eastern Brazil. *Journal of Biogeography*, 34, 437-446. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01604.x>
- Scheffer, M.; Hosper, S. H.; Meijer, M. L.; Moss, B.; Jeppesen, E. 2003. Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends in ecology & evolution*, 18, 432-437. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00105-8](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00105-8)
- Shepherd, G. J. 2006. *Fitopac V*. Campinas, Universidade Estadual de Campinas-Departamento de Botânica.
- Smith, A. R.; Pryer, K. M.; Schuettpelz, E.; Korall, P.; Schneider, H.; Wolf, P. G. 2006. A classification for extant ferns. *Taxon*, 55, 705-731. <https://doi.org/10.2307/25065646>
- Thomaz, S. M.; Bini, L. M. 1998. Ecologia de macrófitas aquáticas em reservatórios. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 10, 103-116.
- Tundisi, J. G. 2007. Reservatórios como sistemas complexos: teoria, aplicação e perspectivas para usos múltiplos. In: Henry, R. (Ed.). *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. FUNDIBIO, pp. 19-38.
- Wood, R. D.; Imahori, K. 1965. A Revision of the Characeae. Monograph and Iconograph. Verlag von J. Cramer: Weinheim, West German. 797p.