

MACRÓFITAS AQUÁTICAS COMO FERRAMENTA DE INDICAÇÃO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM UM RESERVATÓRIO LÊNTICO

Elisângela Rodrigues Ferreira*
Eveline Pinheiro de Aquino**

RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar a cobertura vegetal e a frequência de macrófitas aquáticas ao longo dos períodos climáticos, em relação às características ambientais locais. As amostragens foram realizadas na Fazenda Experimental Piroás, as variáveis de área foliar (AF), área foliar específica (AFE), índice de área foliar (IAF), razão de área foliar (RAF), razão de massa foliar (RMF) e biomassa seca (BIO) foram coletadas durante o período chuvoso (janeiro, março, maio/2019) e de seca (agosto, setembro e outubro/2019) da região. As macrófitas aquáticas foram coletadas na margem do açude, com uso de parcelas de 0,25 m², ao longo de um único transecto, paralelo à margem. O banco apresentou biomassa total distinta entre os períodos de coleta, com profusão de maior biomassa no período seco, e riqueza e composição florística maior no período chuvoso. 11 espécies foram identificadas, onde *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb., *Ludwigia helminthorrhiza* (Mart.) H. Hara e *Salvinia auriculata* Aubl. foram algumas constantes. AFE, RMF e BIO apresentaram diferença estatística, indicando influência dos fatores climáticos sobre essa comunidade, a precipitação e temperatura da água são as variáveis possivelmente condicionantes desses resultados. Se ocorrer uma diminuição do nível de água no açude liberdade, poderá haver um favorecimento temporário das espécies anfíbias, com menor frequência ou mesmo a ausência de alagamento, as plantas terão uma maior exigência por água, resultando em maiores taxas de crescimento e maior acúmulo de biomassa. Ou, ainda, se eventos climáticos extremos ocorrerem de fato, espécies com maior disponibilidade de reservas poderão suportar maiores períodos de estiagem.

Palavras-chave: Indicações ecológicas. Plantas aquáticas. Variação sazonal.

ABSTRACT

The aim of the present study was to investigate the cover and the frequency of aquatic macrophytes over climatic periods, in relation to local environmental characteristics. Sampling was carried out at Fazenda Experimental Piroás, the variables of leaf area (AF), specific leaf area (AFE), leaf area index (IAF), leaf area ratio (RAF), leaf mass ratio (RMF) and dry biomass (BIO) were collected during the rainy (January, March, May/2019) and drought (August, September and October/2019) periods in the region. Aquatic macrophytes were collected at the edge of the weir, using 0.25 m² plots, along a single transect, parallel to the shore. The bank showed distinct total biomass between the collection periods, with a profusion of greater biomass in the dry period, and greater floristic composition and richness in the rainy period. 11 species were identified, where *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb., *Ludwigia helminthorrhiza* (Mart.) H. Hara and *Salvinia auriculata* Aubl. there were some constants. AFE, RMF and BIO showed a statistical difference, indicating the influence of climatic factors on this community, precipitation and water temperature are the variables possibly conditioning these results. If there is a decrease in the water level in the Liberdade weir, there may be a temporary favoring of the amphibious species, less frequently or even the absence of flooding, the plants will have a greater demand for water, resulting in higher growth rates and greater

* Graduanda em agronomia, Instituto de Desenvolvimento Rural – IDR, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB. E-mail: elisangelarodrigues@aluno.unilab.edu.br

** Professora adjunta do Instituto de Desenvolvimento Rural – IDR, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB. E-mail: evelineaquino@unilab.edu.br

accumulation of water biomass. Or, even if extreme climatic events do occur, species with greater availability of reserves may withstand longer periods of drought.

Keywords: Ecological indications. Aquatic plants. Seasonal variation.

1. INTRODUÇÃO

Existem diversas definições para designar as macrófitas aquáticas. As primeiras menções possuíam interpretações muito amplas, como plantas herbáceas que crescem na água, ou em solos cobertos por água. O Programa Internacional de Biologia - IBP denomina as macrófitas aquáticas como vegetais que habitam desde brejos até ambientes verdadeiramente aquáticos, incluindo dessa forma, vegetais desde macroalgas até plantas vasculares (ESTEVES, 1998). Em termos de classificação das macrófitas aquáticas, a preferência se dá pelos seus biótopos, devido à heterogeneidade filogenética e taxonômica, refletindo o grau de adaptação ao meio aquático (THOMAZ; ESTEVES, 2011).

As plantas aquáticas têm papel determinante na estruturação dos ecossistemas onde habitam, contribuindo para o aumento na heterogeneidade estrutural dos habitats, interferindo na diversidade biológica, nas relações interespecíficas e na produtividade do sistema (AGOSTINHO *et al.* 2003). Sendo sua utilização como bioindicadoras em ambientes lónticos e lênticos uma das mais relevantes funções (PEDRALLI, 2003). As tendências internacionais no campo de gestão da água mostram uma crescente utilização de bioindicadores e os recomendam como complemento às informações sobre os demais parâmetros analisados quanto às características da água (MAGALHÃES, 2007).

Há fortes evidências que determinadas espécies mudam o período de seus ciclos de vida durante o ano, bem como suas distribuições espaciais (KEARNEY *et al.* 2008, THOMAS, 2010). Isto pode estar ligado às variações anuais e de longo prazo da temperatura e da pluviosidade. Assim, WHITTAKER *et al.* (2001) relataram que, fatores climáticos exercem papel fundamental sobre a distribuição das espécies em grandes escalas geográficas.

A água é um dos meios pelo qual primeiro e mais fortemente a população deverá perceber os efeitos da mudança do clima (ANA, 2016). Um forte indicativo é o grau de contaminação dos corpos hídricos atualmente, essa contaminação acarreta em uma floração de algas, cianobactérias e macrófitas aquáticas, causando maior cobertura do corpo hídrico, fazendo com que os materiais em suspensão na água provoquem a diminuição da zona eufótica.

As alterações globais do sistema climático decorrem da acumulação na atmosfera alta, dos chamados “gases estufa”. Estes são emitidos em decorrência das atividades humanas, em especial a queima de combustíveis fósseis e de biomassa vegetal. A consequência é o

aumento da radiação solar na superfície terrestre, com suas repercussões físicas (alterações nos padrões de temperatura e precipitação ao redor do globo) e biológicas (ex. alteração na fenologia e área de ocorrências das espécies) (CONFALONIERI; MENEZES, 2017).

Atualmente grande parte das áreas úmidas encontram-se comprometidas, principalmente pela expansão agrícola e urbana e pela poluição, que simplesmente promovem uma destruição gradativa. Diante disso, o fato das macrófitas aquáticas terem várias funções ecológicas, já justifica a necessidade de identificar e compreender a relação destes vegetais com as variações climáticas (KAFER, 2013).

Além disso, as macrófitas aquáticas são comprometidas devido aos efeitos das mudanças climáticas globais, com o aumento médio da temperatura da superfície do planeta, as estimativas indicam menores ocorrências e quantidades de chuvas. Esses fatores em conjunto indicam potencial efeito na flutuação dos níveis de água dos recursos hídricos, afetando diretamente a flora e fauna aquática, incluindo os produtores primários, como é o caso das macrófitas aquáticas (PIEIDADE *et al.* 2014).

Diante do exposto, o trabalho objetivou avaliar a cobertura vegetal e a frequência de macrófitas aquáticas ao longo dos períodos climáticos, em relação às características ambientais locais. Espera-se que as variáveis climatológicas, principalmente a precipitação, cause efeitos na distribuição e concentração da biomassa de macrófitas aquáticas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. descrição da área

O estudo ocorreu na Fazenda Experimental Piroás (FEP) da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB, que está localizada no distrito de Barra Nova, município de Redenção, estado do Ceará. A referida área está distante cerca de 17 km do centro da cidade e se encontra nas coordenadas 4° 9' 19,39 'S e 38° 47' 41,48 'W, a uma altitude média de 240 m ao nível do mar. A região apresenta precipitação média anual de 1.086 mm, temperatura média do ar de 26°C e a umidade relativa média do ar de 71,26% (UNILAB, 2019).

A Fazenda Experimental Piroás dispõe de uma área de 33 hectares, possui visão e metodologia de trabalho agroecológica. Conta com área de preservação permanente e reserva legal, composta por espécies de frutíferas, de flores tropicais, de folhagens e uma boa diversidade de espécies nativas remanescentes da Mata Atlântica e da Caatinga, podendo ser caracterizada como ambiente de transição (UNILAB, 2019). Abrange ainda, uma ampla

variedade de formação vegetal macroscópica aquática, sendo englobadas nesse âmbito as macrófitas, o que justifica a escolha da área para a pesquisa.

A fazenda conta com dois açudes, denominados Auroras e Liberdade. O primeiro tem uma profundidade média de 7,0 m, sendo a maior profundidade de 8,2 m e o perímetro da margem de 360 m. O açude Liberdade tem profundidade média de 4,7 m, sua maior profundidade é 5,5 m e o perímetro da margem é de 550 m, a água desse é destinada para irrigação, além da destinação para o consumo doméstico. O açude Liberdade é um reservatório perene, porém caracteriza-se por períodos de baixo nível durante a época de estiagem, e uma rápida ascensão na estação chuvosa.

2.2. estratégia amostral

As coletas foram realizadas no açude Liberdade, quanto às variáveis climatológicas (pluviosidade e evaporação), hidrológicas (temperatura da água) e biológicas (categoria de macrófitas, biomassa, peso seco e cobertura foliar).

As informações meteorológicas utilizadas no trabalho foram coletadas por um tanque USWB Classe A, que aponta dados sobre a evaporação, enquanto que as medidas de precipitação pluviométrica foram dadas por um pluviômetro, ambos os aparelhos instalados na FEP. Incorporado a isso, foram reunidas médias históricas de chuvas da cidade, segundo dados da FUNCEME 2019, que ofereceu um parâmetro de comparação dos dados atuais com os do período anterior.

Quanto a variável hidrológica, a temperatura da água foi obtida utilizando-se um termômetro de mercúrio com precisão de 0,5 °C. As medidas de temperatura foram realizadas durante os meses da amostragem (janeiro, março, maio, agosto, setembro e outubro), antecedendo o início de cada coleta de plantas.

Para verificar a variabilidade sazonal, todas as variáveis foram coletadas uma vez a cada mês, contemplando o período chuvoso (janeiro, março, maio/2019) e de estiagem (agosto, setembro e outubro/2019) da região. A partir disso, se comparou as variáveis e suas relações na população de plantas aquáticas.

Para avaliar o grau de cobertura e biomassa das espécies foi escolhido um único transecto com perímetro de 550 m, sendo que para cada 5 m foi lançada uma parcela não fixa de 0,25 m² (50 x 50 cm), sendo contabilizados todos os indivíduos das unidades amostrais. As plantas coletadas foram lavadas em água corrente para eliminar resíduos de areia e diversos, fitoplâncton e zooplâncton que pudessem interferir nas variáveis a serem analisadas, em seguida as plantas foram armazenadas em sacos plásticos.

Sucedendo a coleta de campo, ocorreu no laboratório de botânica – LABOTAN localizado no campus das auroras da UNILAB, a estimativa de cobertura foliar para cada parcela, onde o máximo de 20 folhas por espécie foram enumeradas e a partir do método do comprimento x largura se iniciaram as análises. Utilizando um paquímetro obteve-se a medição do comprimento (C), largura (L) individualmente. O comprimento corresponde a distância entre a base distal do pecíolo e a extremidade do folíolo terminal, assim como a largura, corresponde a distância entre as duas maiores bordas do limbo, ambos foram expressos em milímetro (mm).

Após estimada a área foliar, as folhas foram secas a 60 °C em estufa de aeração forçada por 24 horas, preservadas em sacos de papel. Após esse período o material foi pesado e realizou-se a determinação do peso seco. A partir disso, foram calculados os seguintes aspectos, considerados para todas as parcelas, segundo as equações:

Área foliar (AF): expressa em cm²: $AF = C \times L \times \text{Coef.}$
(1)

Em que C é o comprimento do limbo, L é a largura máxima do limbo e Coef. é 0,79499, sendo este, o coeficiente de ajuste para macrófitas aquáticas, conforme por CARVALHO *et al.* 2011. Destaca-se que em parcelas que ocorreram mais de uma espécie foram somadas todas as AFs.

Área foliar específica (AFE): expressa em cm²/g⁻¹: $AFE = AF / \text{MSF.}$
(2)

Em que MSF é a massa seca das folhas, em g.

Índice de área foliar (IAF): em cm²: $IAF = AF / \text{AM.}$
(3)

Em que AM é a área amostral, em m².

Razão da área foliar (RAF): em cm²/g: $RAF = AF / \text{MST.}$
(4)

Em que MST é a massa seca total da planta em g, resultando da soma de MSF + MSC, onde MSC é a massa seca do caule.

Razão de massa foliar (RMF): em g: $\text{RMF} = \text{MSF} / \text{MST.}$
(5)

Biomassa seca (Bio): expressa em g/m²: $\text{Bio} = \text{MST} / \text{AM}$
(6)


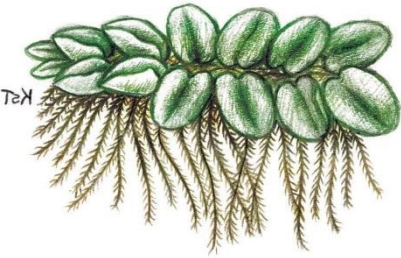
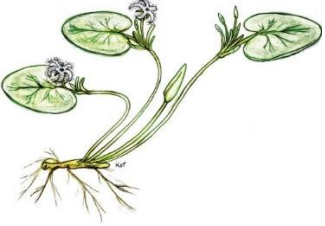
Adicionalmente, adveio a herborização de amostras coletadas, que auxiliou na identificação das espécies. A identificação dos táxons decorreu de comparações entre o material coletado e catálogos online, bibliografia especializada, além de consultas ao herbário EAC Prisco Bezerra da Universidade Federal do Ceará - UFC. Para verificar a estrutura da comunidade das macrófitas aquáticas do local, foi calculado o valores de:

Frequência de ocorrência (Fr), em %, para cada táxon: $Fr = M \times 100 / m$. (7)

Em que 'M' é o número de amostras em que o táxon ocorreu e 'm' é o número total de amostras estudadas. Assim, cada táxon será classificado como Muito Frequente (>70%), Frequente (entre 70% e 40%), Pouco Frequente (entre 40% e 10%) e Raro (<10%).

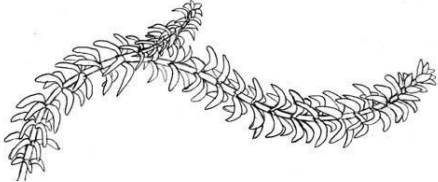



Todas as espécies foram classificadas em grupos ecológicos de acordo com a metodologia proposta por ESTEVES (1998) e POTT; POTT (2000), (tabela 1).

Tabela 1 - Categorias de tipos biológicos de macrófitas aquáticas.

Representação	Tipo biológico	Definição
	Emergente	Enraizada no fundo com caules e flores parcialmente submersas e parcialmente fora da água.
	Flutuantes livre	Não enraizada no fundo, podendo ser levadas por correntezas, vento ou animais.
	Flutuante fixa	Enraizadas no fundo com caule/ramos/folhas flutuantes.

“continuação”

Tabela 1 - Categorias de tipos biológicos de macrófitas aquáticas.

	Submersa livre	Não enraizada no fundo, totalmente submersa.
	Submersa fixa	Enraizada no fundo com caules e folhas submersos.
	Anfíbias	Plantas capazes de viver tanto em área alagada como fora da água.
	Epífitas	Instalam-se sobre outras plantas aquáticas.

Adaptado de ESTEVES (1998).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todo foram encontradas 9 famílias, 10 gêneros e 11 espécies, além de 4 morfotipos não identificados. Três espécies foram muito frequentes em ambos os períodos, *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. (Ordem: Caryophyllales, Família: Amaranthaceae), *Ipomoea pes-caprae* (L.) R.Br. (Ordem: Solanales, Família: Convolvulaceae) e *Salvinia auriculata* Aubl. (Ordem: Salviniales, Família: Salviniaceae). A frequência de ocorrência registrou no período chuvoso, quatro espécies muito frequentes correspondente a (100%),

seguida por duas espécies frequentes (66,67%), oito espécies pouco frequentes (33,33%) e uma espécie rara (0,01%). Já no período seco, a densidade foi representada por três espécies muito frequentes (100%), uma espécie frequente (66,67%), quatro espécies pouco frequentes (33,33%) e sete espécies raras (0,07%). Os dados de Frequência de ocorrência (Fr) das macrófitas aquáticas, encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Espécies presentes durante os períodos de estudo, de acordo com a família a que pertencem, sua forma biológica e frequência de ocorrência. Legenda: MF = Muito frequente; F = Frequente; PF = Pouco frequente; R = Raro.

Família	Espécie	Forma Biológica	Chuvoso	Seco
Amaranthaceae	<i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.	Anfíbia	MF	MF
Onagraceae	<i>Ludwigia helminthorrhiza</i> (Mart.) H. Hara	Flutuante	MF	F
Convolvulaceae	<i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.) R.Br.	Anfíbia	MF	MF
Commelinaceae	<i>Commelina</i> sp.	Anfíbia	F	PF
Cyperaceae	<i>Cyperus difformes</i> L.	Anfíbia	F	R
Salviniaceae	<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	Flutuante livre	MF	MF
Salviniaceae	<i>Salvinia mínima</i> Baker.	Flutuante livre	R	PF
Loganiaceae	<i>Spigelia anthelmia</i> L.	Anfíbia	PF	R
Fabaceae	<i>Centrosema brasilianum</i> (L.) Benth	Anfíbia	PF	R
Fabaceae	<i>Mimosa</i> sp.	Anfíbia	PF	R
Poaceae	<i>Paspalum</i> sp.	Anfíbia	PF	PF
	Morfotipo 1		PF	R
	Morfotipo 2		PF	R
	Morfotipo 3		PF	R
	Morfotipo 4		PF	PF

Fonte: Dados da pesquisa.

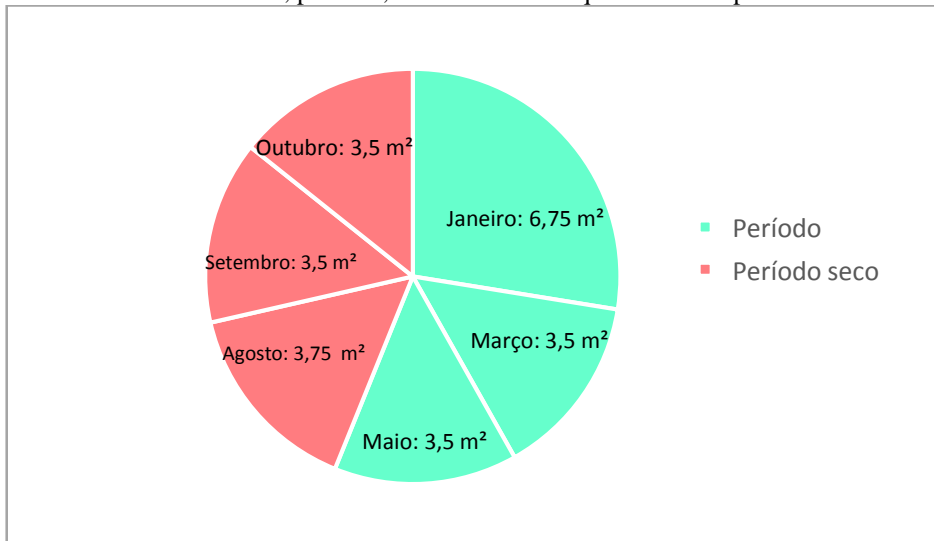
Houve a predominância de macrófitas anfíbias, não tendo sido encontrada nenhuma submersa fixa, submersa livre, emergente ou epífita. MATIAS *et al.* (2003) afirmaram que a predominância de espécies na forma de vida anfíbia está relacionada com a baixa profundidade da coluna d'água e ao fato de a maioria dessas espécies resistirem à diminuição ou elevação do volume de água em açudes, o que corrobora para os dados encontrados na FEP, em que duas

das espécies muito frequentes em ambos os períodos são anfíbias. As espécies anfíbias normalmente estão associadas a ambientes úmidos, permanecendo sempre em áreas mais rasas próximas às margens (BARROS, 2009). Isso significa que a facilidade de propagação e a dominância dessa forma de vida no açude liberdade, provavelmente está associada à resistência às alterações climáticas, ou seja, as modificações na disponibilidade hídrica, na intensidade de radiação solar e temperatura.

Outro fator a ser considerado, é a alta capacidade de extrair nutrientes da água que algumas macrófitas anfíbias possuem, como é o caso da *A. philoxeroides* (Mart.) Griseb., que pode extrair do corpo hídrico até 46% de nitrogênio, 28,8% de fosforo e 9,1% de potássio, conforme estudo de FIA *et al.* (2008).

No gráfico 1 é possível diferenciar a quantidade de parcelas pelo tamanho (m^2 /soma das parcelas). Juntas essas áreas compõem uma amostra da comunidade, determinando uma composição característica para o açude liberdade da FEP.

Gráfico 1 - Área amostral, por mês, de acordo com a quantidade de parcelas em estudo.



Fonte: Dados da pesquisa.

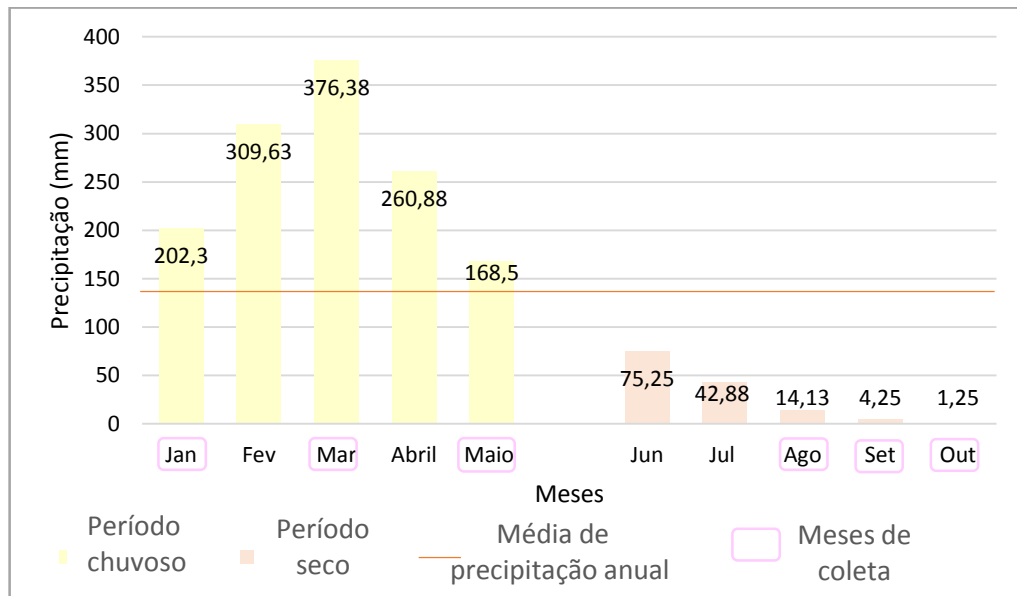
Para o intervalo chuvoso, o mês de janeiro se destaca com uma área amostral de $6,75 m^2$, que correspondem a 27 parcelas, enquanto que para a estação de seca o mês de agosto apresentou uma área de $3,75 m^2$, distribuídos em 15 parcelas. Para os outros quatro meses, a área amostral foi de $3,5 m^2$ /mês, sendo 14 parcelas mensais. Com base nisso, foi possível delimitar o levantamento de espécies, tornando viável verificar a diversidade da amostragem em cada período.

Nas avaliações realizadas no açude liberdade, os meses correspondentes ao período chuvoso apresentaram os maiores números de espécies, 14 espécies foram encontradas nos

meses de janeiro, março e maio (época de chuvas), já para os meses de agosto, setembro e outubro (época de estiagem) apenas 7 espécies foram coletadas.

NEVES *et al.* (2006), também encontraram no semiárido baiano, maior número de espécies no período chuvoso. A vegetação aquática apresenta uma grande dinâmica, na variação e na quantidade de determinadas espécies de um ano para outro, influenciada pelas condições de cheia e seca (POTT; POTT, 2000). Assim, a maior diversidade de espécies no açude liberdade durante o período chuvoso, está relacionada a maior disponibilidade de água durante esta fase, como apresenta o gráfico 2 possibilitando maior desenvolvimento de determinadas espécies.

Gráfico 2 - Dados Pluviométricos FEP 2019 (mm), por pluviômetro, a partir de dados disponibilizados pela equipe da FEP

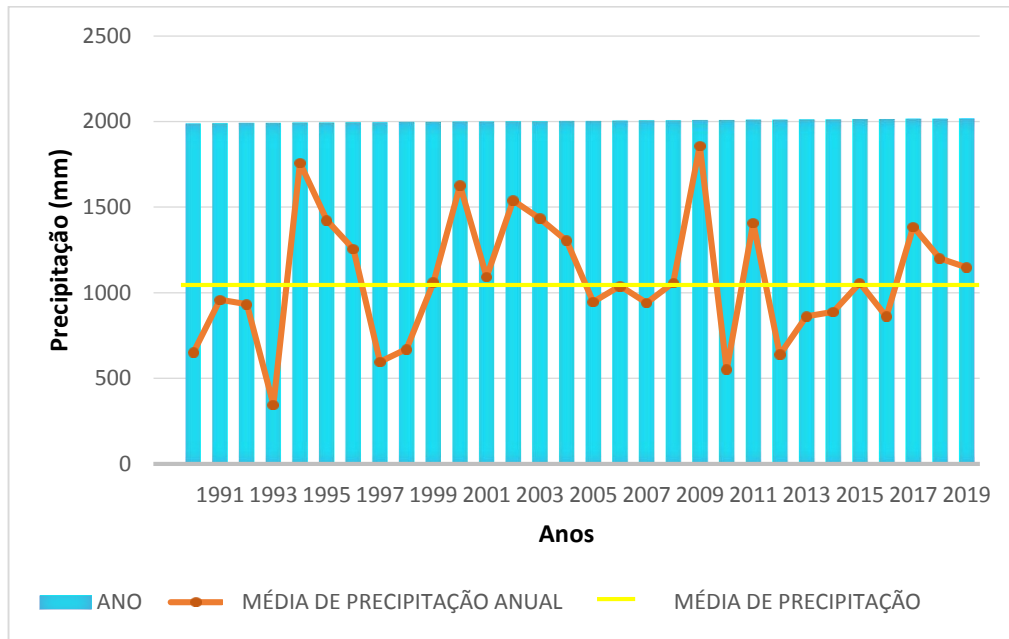


Fonte: Dados da pesquisa.

Os dados evidenciam bem as diferenças entre os períodos climáticos, em que o período chuvoso apresentou média de pluviosidade de 263,53 mm e o período seco (até o mês de outubro) uma média de 137,76 mm, o que pode representar bem o efeito para as macrófitas aquáticas, tendo em vista as preocupações com o efeito das mudanças climáticas para esses organismos. As características gerais da precipitação na FEP e as conexões entre os diferentes elementos do clima e a população de macrófitas aquáticas podem ser influenciadas pela radiação solar que incide de forma diferente em cada latitude e pela configuração do relevo do local.

Em análise temporal, observa-se que houve tendência oscilatória da quantidade anual de precipitação na cidade de Redenção (gráfico 3). O município tem uma média histórica anual de 1096,74 mm de precipitação, conforme aponta FUNCEME 2019, sendo a média de 2019 1148,50 mm, já para a FEP a média do ano de 2019 (até o mês de outubro) foi de 133,32 mm.

Gráfico 3 – Média histórica de chuvas (1990-2019) para cidade de Redenção – CE.

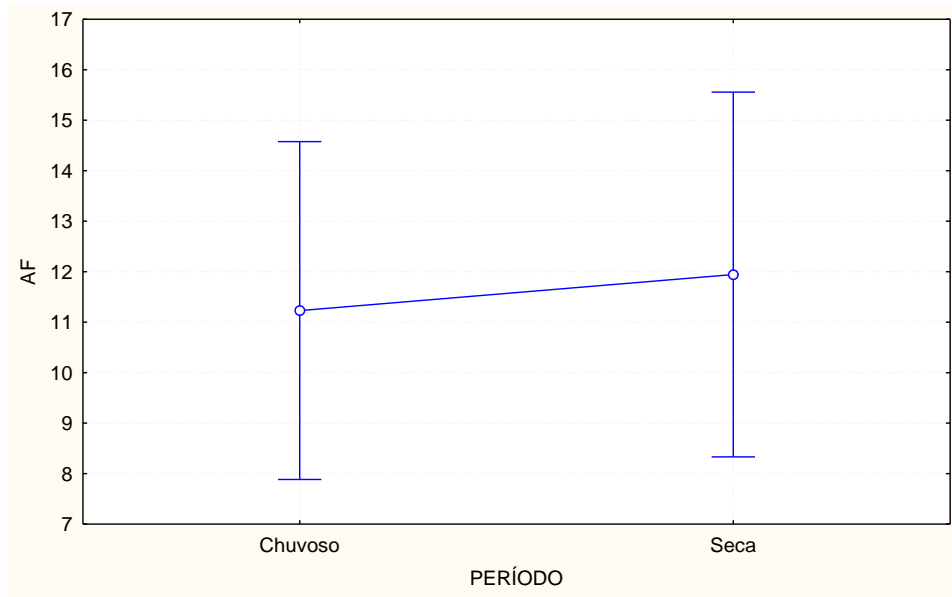


Fonte: a partir de dados disponibilizados pela FUNCEME

Os coeficientes de variação da precipitação mensal da FEP mostram que a variabilidade desse atributo é relativamente alta, de acordo com a classificação de Gomes (2000). A variabilidade se torna mais pronunciada na estação seca, o que influencia na dinâmica das plantas aquáticas do ambiente estudado.

Em regiões tropicais, a mudança sazonal de pluviosidade e a variação do nível de água têm se mostrado importantes fatores responsáveis pela variação sazonal da biomassa e produtividade das macrófitas aquáticas (BIUDES; CAMARGO, 2008). Com base nisso, foi possível inferir, que as características hidrológicas do açude liberdade estão controladas pela precipitação de chuvas. Em vista disso, o acompanhamento periódico da morfometria foliar dos indivíduos das parcelas, gerou estimativas de biomassa caracterizada pela sazonalidade e os efeitos das mudanças climáticas, como mostram os gráficos abaixo.

O gráfico 4 configura a diferença entre os períodos de chuva e estiagem para os índices ecológicos de área foliar (AF). Vale destacar, mais uma vez, que em parcelas que ocorriam mais de uma espécie, foi realizado a soma das áreas foliares destas.

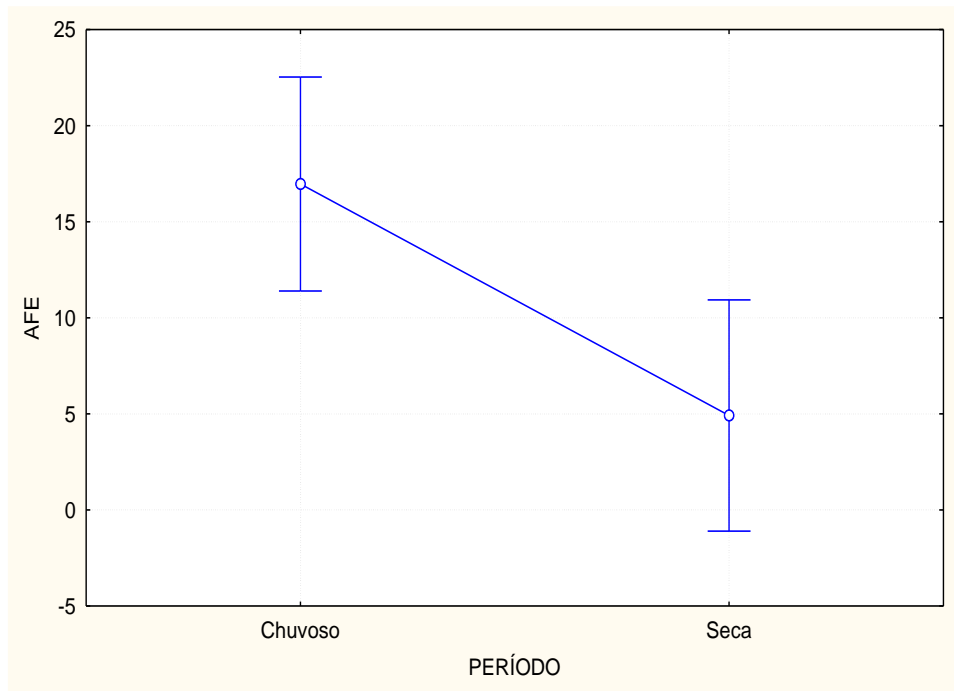
Gráfico 4 - Área foliar (AF), em cm². Efeito atual $df(1,63) = 08398$ “p” 0,77

Fonte: Dados da pesquisa

Houve uma similaridade nos resultados de área foliar entre o período chuvoso e de seca, onde ($p=0,77$). Assim, as dimensões lineares do período de estiagem, apresentaram maior média de AF (199,44 cm²), contudo não sendo representativo para afirmar a influência climática sobre o desenvolvimento dessas plantas aquáticas. Esse resultado pode ser justificado, pelo fato de que plantas sob alagamento diminuem seu rendimento foliar (GRANDIS *et al.* 2010). Investindo no crescimento de caules, como atesta PAROLIM (2000), estocando e mobilizando reservas com grande eficiência de forma a suprir a alta demanda energética e de nutrientes para altas taxas de crescimento.

A área foliar específica (AFE) (gráfico 5), é uma medida estratégica da alocação de biomassa que reflete a área disponível para captura de luz. A AFE seria o índice que melhor justificaria as diferenças de biomassa entre os períodos avaliados. No entanto, para esse trabalho a AFE não foi a principal determinante, como será mostrado ao longo das discussões.

Gráfico 5 - Área foliar específica (AFE), em $\text{cm}^2/\text{g}^{-1}$. Efeito atual $df(1,63) = 6,6174$, “p” 0,04



Fonte: Dados da pesquisa

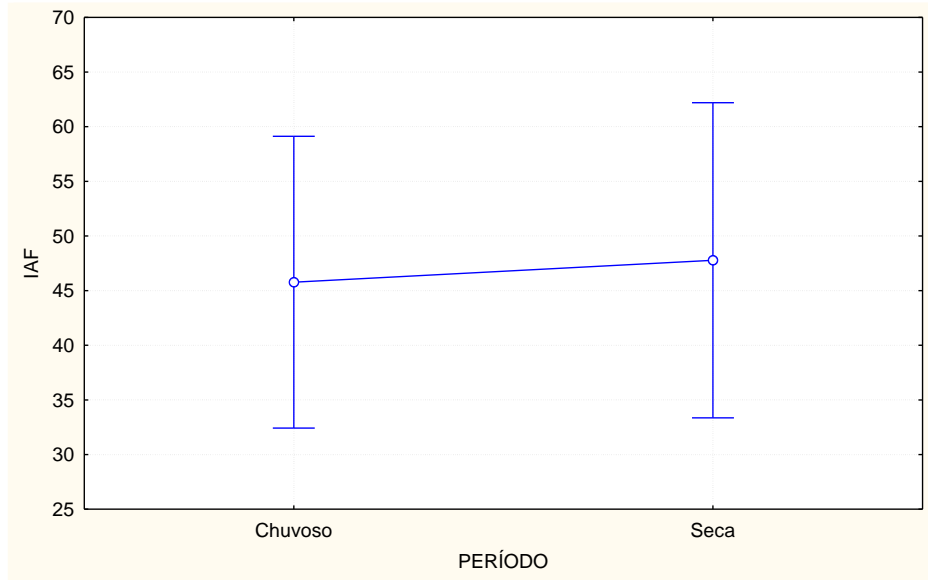
Em relação às dimensões foliares de área específica (AFE) houve diferença significativamente entre a estação chuvosa e a de seca ($p=0,04$), sendo AFE maior na estação de chuvas ($218,39 \text{ cm}^2/\text{g}^{-1}$). Esse resultado era esperado porque as plantas estavam submetidas a condições ótimas para a fotossíntese, alta disponibilidade de água e luz.

Para esse índice a estação chuvosa foi a variável que teve uma relação ainda que fraca, porém, significativa com a interação pluviosidade-área foliar específica, sugerindo que a AFE sofre influência da estação de chuvas, quanto maior for o período de cheia, maior também serão os valores de área foliar específica. Essa resposta difere do que foi encontrado por PAIVA (2005), ao estudar as respostas fisiológicas de plantas da Amazônia, onde a estação seca teve maior atuação sob variação da área foliar específica, segundo a autora em localidades que tenham uma estação seca mais pronunciada, as plantas tornam-se mais sensíveis e, por estarem mais expostas desenvolvem diferentes mecanismos, como formas de adaptação ao ambiente.

O IAF é uma estimativa da biomassa, por meio da análise toda a parte vegetativa de planta. Para esse trabalho a média para o período de chuvas foi de $698,72 \text{ cm}^2$, enquanto que para o período de seca a média foi de $477,77 \text{ cm}^2$, mostrando a tendência de um maior índice de área foliar em períodos de disponibilidade hídrica. Através dos dados apresentados no gráfico 6 é possível observar as respostas de IAF às condições meteorológicas. GUIMARÃES

et al. (2012) em estudos realizados em fragmentos florestais, confirmou a aplicabilidade da utilização do IAF na identificação e evolução das condições ambientais.

Gráfico 6 - Índice de área foliar (IAF), em cm^2 . Efeito atual $df(1,63) = 0,4166$, “p” 0,83

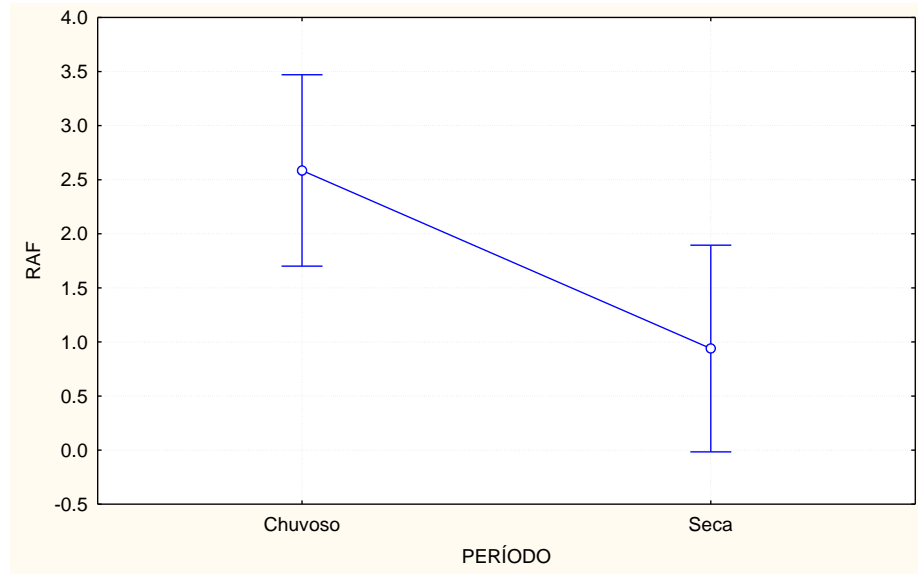


Fonte: Dados da pesquisa

Com tudo, a sobreposição de períodos de cheia e seca, no gradiente apresentado reflete a ausência de sazonalidade no índice de área foliar. É possível perceber que a cobertura vegetal nos intervalos de tempo se manteve quase que inalterada, não havendo interferência das condições climáticas para esse índice. Dessa forma, não é viável a comparação da quantidade de cobertura presente na margem do açude liberdade e a distribuição sazonal entre os períodos.

A RAF foi obtida através da razão entre a área foliar sobre a massa seca total da planta. De modo distinto, na razão da área foliar (RAF) observou-se um comportamento decrescente com a diminuição do nível de água, apresentando uma média de $45,25 \text{ cm}^2/\text{g}$ (gráfico 7).

Gráfico 7 - Razão da área foliar (RAF), em cm^2/g . Efeito atual $df(1,63) = 6,3833$, “p” 0,14

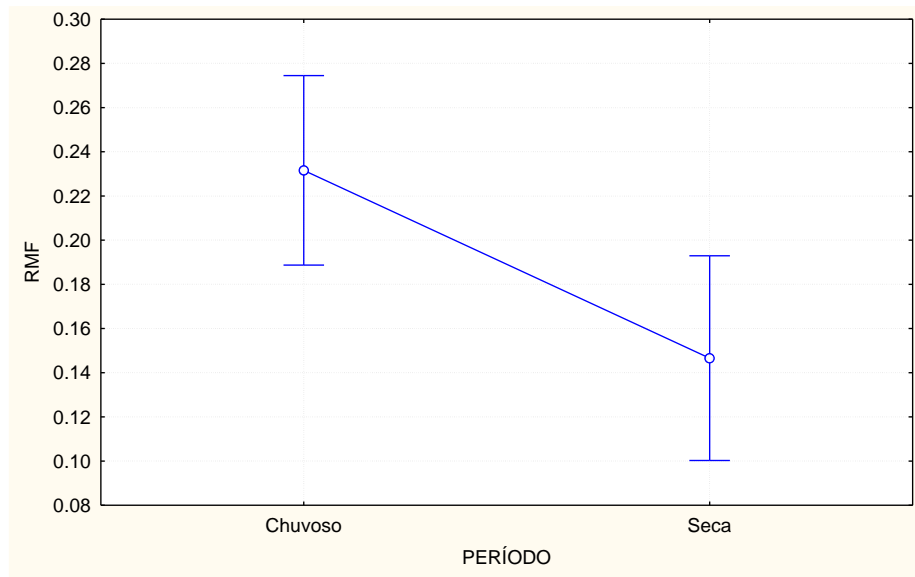


Fonte: Dados da pesquisa

Porém, o valor $p=0,14$ para esta variável demonstra que o índice apresentou o mesmo comportamento nas duas épocas de coleta. A RAF teve variação sazonal similar ao da AFE, assim como encontraram ALVES *et al.* (2003), em avaliações fisiológicas e bioquímicas de plantas de aguapé (*Eichhornia crassipes*). Todavia, para este estudo as plantas foram coletadas em dois estádios de vida, aos 28 e 45 dias de cultivo.

É provável que essa não significância tenha sido favorecida pelas alterações climáticas, apesar da redução da AFE e da RAF. Esses parâmetros são relativamente sensíveis às condições ambientais, embora o incremento da RAF seja mais consequência do incremento da AFE, já que seus valores são mais sensíveis as alterações de temperatura (LAMBERS; POORTER, 1992).

A razão entre a massa seca retida nas folhas e a massa seca total acumulada na planta, expressa a componente fisiológica razão de massa foliar (RMF). No gráfico 8 são apresentadas as respostas da RMF às mudanças anual de clima, no período chuvoso obteve-se um média de 4,05 g, já no período seco a média foi de 1,47 g. À medida que a planta se desenvolve, surgem outras partes que crescem às custas de material importado das folhas, dessa maneira a maior ou menor exportação de material da folha, pode ser uma característica genética a qual está sob a influência de variáveis ambientais, como será visto a diante.

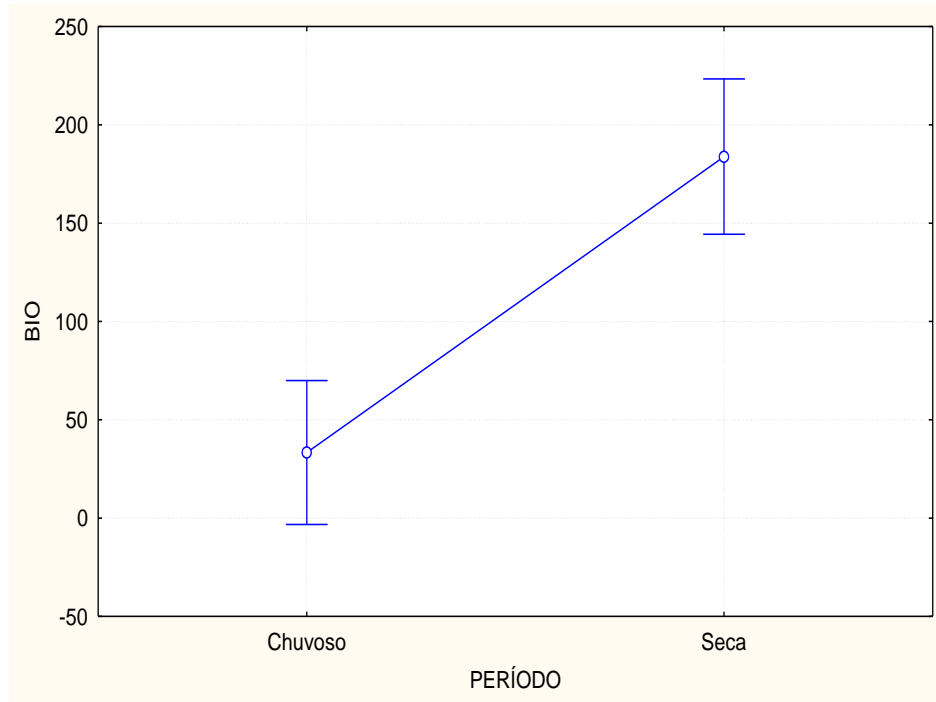
Gráfico 8 - Razão da massa foliar (RMF), em g. Efeito atual $df(1,63) = 7.2363$, “p” 0,09

Fonte: Dados da pesquisa.

Para essa variável onde $p=0,09$ foi verificada diferença estatística, sugerindo uma variação sazonal da massa seca das folhas em comparação com a biomassa total, notando uma evolução temporal concorrente para todo período de medida, visto a maior média de RMF no período chuvoso. Assim, a partir desse índice morfofisiológico, é possível inferir que a sazonalidade foi um indicativo dos efeitos climáticos e do comportamento dessa comunidade vegetal no período amostral.

Os resultados obtidos são fortalecidos pelo que foi encontrado por BORTOLINI *et al.* (2007), em um ambiente lântico no município de Entre Rios do Oeste - PR. Para estes autores, os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro (período de chuvas na região) registraram os maiores valores de biomassa e os maiores valores de densidade de indivíduos por unidade de área, associado com os maiores valores de precipitação pluviométrica, favorecendo a alocação de nutrientes para a biomassa da macrófita aquática.

O último índice avaliado é a biomassa (gráfico 9), ela é o principal indicativo das influencias ambientais sobre a comunidade de macrófitas do açude liberdade, visto que incremento na biomassa pode ser avaliado de acordo com os períodos de chuva e seca, bem como as flutuações do nível da água.

Gráfico 9 - Biomassa seca (BIO), em g/m². Efeito atual $df(1,63)=31.168$, “p” 0,00

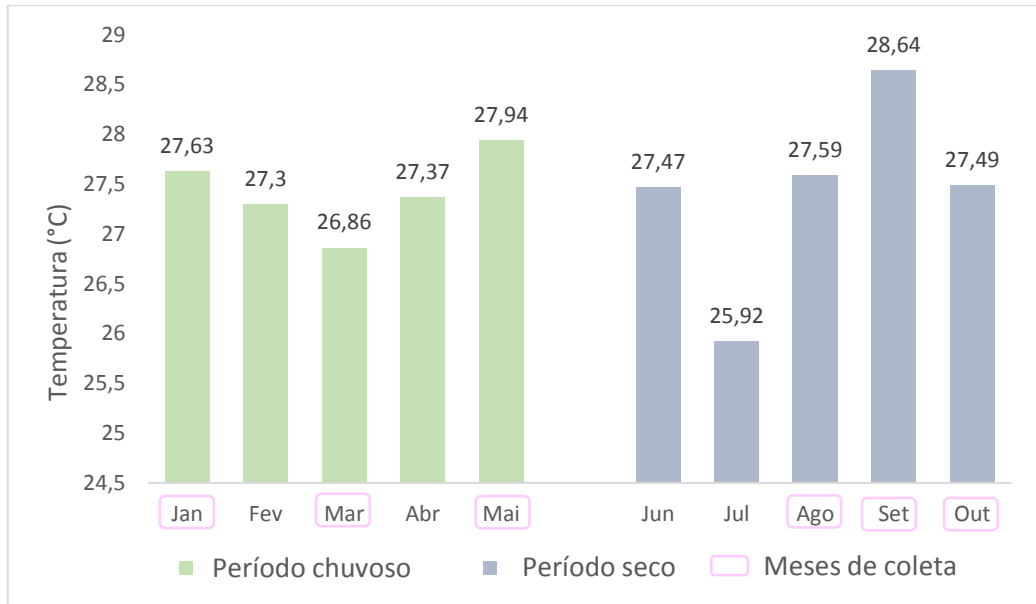
Fonte: Dados da pesquisa.

Para a biomassa seca vegetal, houve diferença significativa entre os períodos climáticos ($p=0,00$), em que a maior biomassa foi observada nos meses do período seco. Um fato não muito comum, quando considerados os trabalhos de biomassa de macrófitas aquáticas (PALMA-SILVA *et al.* 2000, SANTOS; ESTEVES, 2004, THOMAZ *et al.* 2006). Estes autores verificaram uma relação direta entre o aumento do nível da água e o aumento da massa das macrófitas. Outra variável que poderia ter influenciado a maior concentração de biomassa no período seco é a temperatura. A temperatura interfere diretamente sobre a produtividade das plantas aquáticas, causando adaptações na produção de sua biomassa (LUDLOW, 1987). Contudo, no açude liberdade foi possível inferir que a temperatura do ar e da água não apresentou correlação direta com a biomassa, bem como não sofreu diferença sazonal, (gráficos 10 e 11).

A temperatura da água em açudes subtropicais e tropicais é de pequena oscilação (Esteves, 1998). Mas apesar da oscilação pequena da temperatura do ar e da água dos reservatórios das regiões semiáridas durante o ano, é possível observar padrões estacionais típicos com temperaturas mais elevadas na estiagem e mais amenas no período chuvoso (ESKINAZI-SANT'ANNA *et al.* 2007). Padrão também observado para o ambiente lântico estudado. Nesse sentido, deduz-se que a biomassa seca pode ter sofrido a influência da

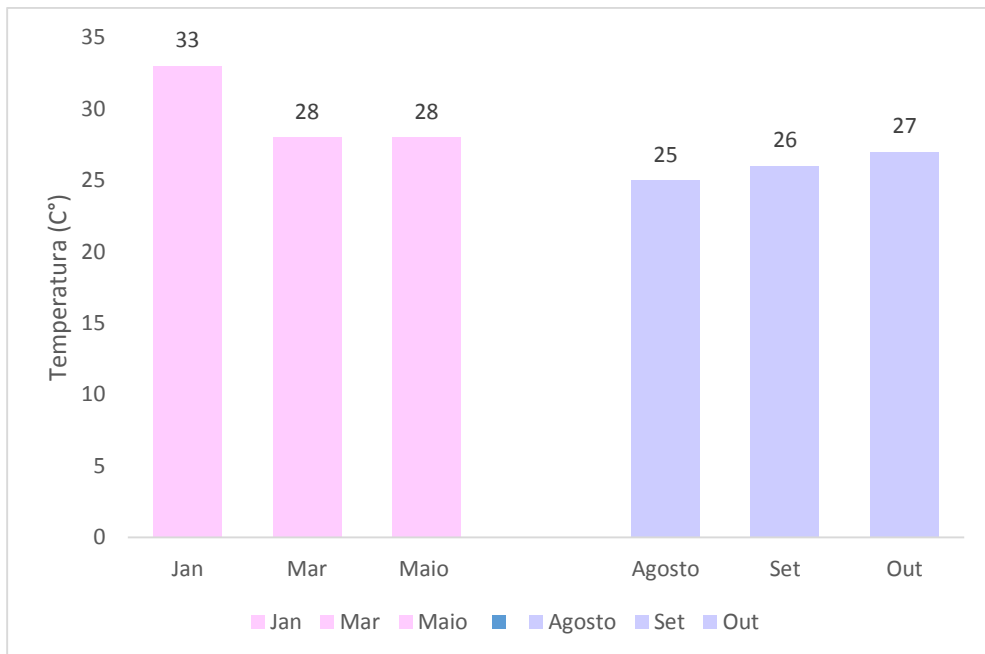
temperatura quando em combinação com outras variáveis, como a irregularidade de chuvas e com a elevada taxa de evaporação da água (gráfico 12).

Gráfico 10 - Temperatura média do ar (°C) da FEP – UNILAB para os meses avaliados



Fonte: Equipe Fazenda Experimental Piroás

Gráfico 11 - Temperatura da água (°C) do açude liberdade para os meses avaliados.



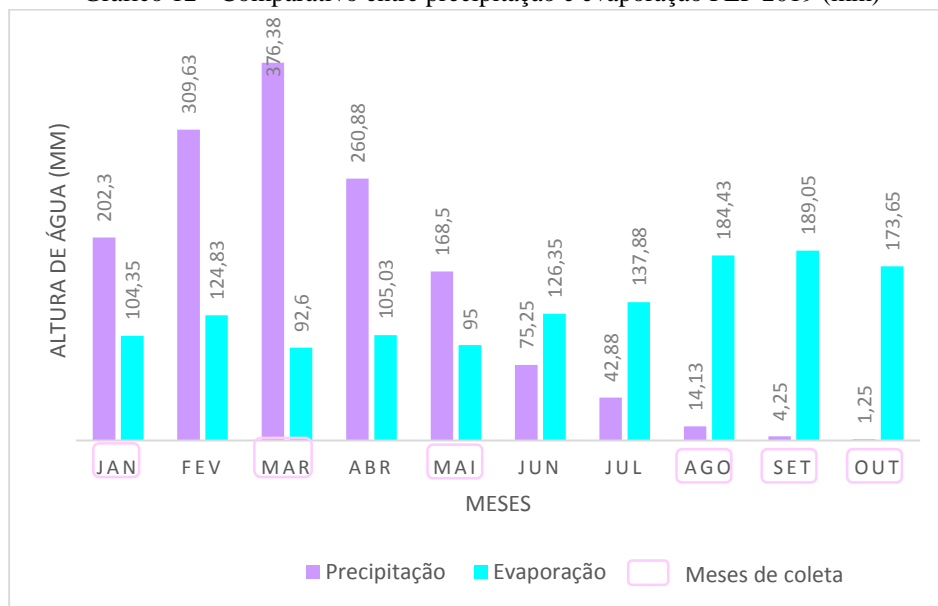
Fonte: Dados da pesquisa

A pequena variação sazonal encontrada pode resultar de características morfometrias do ambiente e do clima da região, pois, segundo TRINDADE *et al.* (2009), a

baixa profundidade associada à ação constante do vento causa a homogeneização da coluna d'água nos lagos, e as variações diárias tornam-se mais pronunciadas que as sazonais. GOMES et al. (2018), ao estudarem as sementes de macrófitas aquáticas do semiárido brasileiro, verificaram que o aumento da temperatura da água, em cerca de 4,5°C a mais, dificulta a germinação das sementes e limita a regeneração da flora aquática do bioma Caatinga. Dessa forma, o estudo tem potencial para demonstrar que o aumento da temperatura, devido às mudanças climáticas, pode funcionar como uma barreira para a germinação das sementes de macrófitas aquáticas.

Dessa forma, a pequena variabilidade temporal da temperatura, governou mudanças nas condicionantes limnológicas do reservatório no que diz respeito aos padrões de distribuição e a manutenção e composição da comunidade ecológica de macrófitas aquáticas.

Gráfico 12 - Comparativo entre precipitação e evaporação FEP 2019 (mm)



Fonte: Equipe Fazenda Experimental Piroás

A partir do gráfico 12 é possível inferir que entre janeiro e maio ocorreu uma rápida elevação do nível de água do açude, atingindo um pico máximo em março. Posteriormente, em função da baixa precipitação ocorrida principalmente entre agosto e outubro, houve uma diminuição do nível da água. Para além, é possível deduzir que cresceu também a incidência de luz, assim uma maior intensidade luminosa acarreta em altas taxas de fotossíntese e biodegradação, aumentando a biomassa por macrófitas aquáticas.

Outra resposta para esse resultado, são que os maiores valores de cobertura no período de estiagem foram de *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb., o que pode ter

influenciado na maior profusão de biomassa nessa fase. Dado que a espécie é classificada como uma erva perene de crescimento máximo no verão, os caules sobre a água crescem até 60 cm de altura e possuem entrenós grandes e ocos, os tapetes podem se estender 15 metros sobre a superfície da água e se tornar tão robustos que podem suportar o peso de um homem (GISD, 2019), o alto valor de biomassa seca para o período de estiagem, se deve à grande fração de caules de *A. philoxeroides*, aumentando o valor de massa seca total (MST).

Com isso, foi possível verificar que a queda da AFE e da RAF, não afetaram a produção de biomassa, uma vez que essa foi determinada principalmente pela massa dos caules, raízes e outras partes de plantas. Foi possível aferir também que o desenvolvimento de plantas aquáticas do açude liberdade é influenciado principalmente por fatores abióticos, como a interação da temperatura, evaporação, disponibilidade de luz, que estimulam o ganho de biomassa das espécies, aproveitando de forma eficiente a energia solar quando a população encontra-se adensada. Da mesma forma que afirmou FERREIRA (2008), dizendo que em função do clima e da proximidade da linha do Equador, a região semiárida apresenta alta incidência luminosa, com aproximadamente, 12 horas de iluminação/dia, temperaturas altas, restrito período de chuvas e águas superficiais confinadas em açudes, o que dá condições ótimas tanto a produção primária quanto a decomposição da matéria orgânica.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados de diversidade biológica e de frequência das espécies vegetais que ocupam a área da margem do açude liberdade, bem como a diferenciação das maiores colonizações nos períodos de cheia e seca, podem servir de apoio para atitudes que visam à conservação e preservação do ambiente, a fim de melhorar a qualidade da água.

O índice de área foliar específica (AFE), razão da massa foliar (RMF) e biomassa (BIO) foram determinados pela sazonalidade, indicando influência dos fatores climáticos sobre essa comunidade.

Se ocorrer uma diminuição do nível de água, poderá haver um favorecimento temporário das espécies anfíbias.

Com menor frequência ou mesmo a ausência de alagamento, as plantas terão uma maior exigência por água, resultando em maiores taxas de crescimento e maior acúmulo de biomassa. Ou, ainda, se eventos climáticos extremos ocorrerem de fato, espécies com maior disponibilidade de reservas poderão suportar maiores períodos de estiagem, como é o caso da *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb.

5. REFERÊNCIAS

- ADUANA, R. E. 1998. **Relações hídricas de duas gramíneas nativas e uma introduzida no cerrado e sua conexão com as consequências da substituição do estrato herbáceo.** Dissertação - Departamento de Ecologia. Universidade de Brasília. 58 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. 2016. **Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos: avaliações e diretrizes para adaptação.** Brasília: ANA, GGES, 93 p.
- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; JÚLIO JÚNIOR, H. F. 2003. Relações entre macrófitas aquáticas e fauna de peixe. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L.M.; (Ed). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas.** EDUEM, Maringá: p. 319-341.
- AGOSTINHO, A. A., H. F. JULIO JR.; J. R. BORGHETTI. 1992. **Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para sua atenuação. Um estudo de caso: Reservatório de Itaipu.** Revista Unimar, Maringá, v.14, supl., p.89-107.
- ALVES, E., CARDOSO, L. R.; SCAVRONI, J.; FERREIRA, L. C.; BOARO, C.S.F.; CATANEO, A.C. 2003. **Avaliações fisiológicas e bioquímicas de aguapés (*Eichhornia crassipes*), cultivadas com níveis excessivos de nutrientes.** Planta Daninha, Viçosa-MG, v. 21, p. 27–35. DOI: 10.1590/S0100-83582003000400005
- BARROS, A. M. 2009. **Vegetação vascular litorânea da lagoa de Jacarepiá, Saquarema, Rio de Janeiro, Brasil.** Rodriguésia, v. 60, n.1, p.97-110. DOI: 10.1590/2175-7860200960105
- BARUCH, Z.; FERNANDÉZ, D. S. 1993. **Water relations of native and introduced C4 grasses in a neotropical savanna.** Oecologia v.96, p. 179-185. DOI: 10.1007 / BF00317730
- BEAUMONT, L. J.; GALLAGHER, R. V.; THUILLER, W.; DOWNEY, P.; LEISHMAN, M. R.; HUGHES L. 2009. Different climatic envelopes among invasive populations may lead to underestimations of current and future biological invasions. **Diversity and Distributions** v.15, p. 409-420.
- BIUDES, J. F. V.; CAMARGO, A. F. M. 2008. **Estudos dos fatores limitantes à produção primária por macrófitas aquáticas no Brasil.** Oecologia Brasiliensis, v. 12, n. 1, p. 7-19.
- BORTOLINI, J. C.; DILL, M. A.; WONS, A. C.; ARUDA, G.; WENDLAND, A. C.; WOLFF, L. L.; C. 2005. **Variação da biomassa de *Utricularia gibba* em ambiente lêntico, município de Entre Rios do Oeste/PR.** In: XV Semana da Biologia, 2005, Cascavel - PR. Anais da Semana da Biologia, p. 84-87.
- CARVALHO, L.B.; SOUZA, M.C., BIANCO, M.S.; BIANCO, S., 2011. **Estimativa de área foliar de plantas daninhas de ambiente aquático: *Pistia stratiotes*.** Planta Daninha, v. 29, no. 1, p. 65-68. DOI: 10.1590/S0100-83582011000100008

CONFALONIERI, U.; MENEZES, J.; 2017. **A influência da mudança do clima sobre a dinâmica das doenças tropicais.** Sociedade Brasileira de Medicina Tropical. In: <https://www.sbmt.org.br/portal/a-influencia-da-mudanca-do-clima-sobre-a-dinamica-das-doencas-tropicais/>

ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M.; MENEZES, R.; COSTA, I. S.; PANOSSO, R. F.; ARAÚJO, M. F.; ATTAYDE, J. L. 2007. **Composição da comunidade zooplancônica em reservatórios eutróficos do semiárido do Rio Grande do Norte.** Oecologia Brasiliensis, v. 11, n. 3, p. 410-42.

ESTEVES, F. A. 1998. **Fundamentos de Limnologia.** Rio de Janeiro 2a ed.: UFRJ, 602 p.

FERREIRA, A. C. S. 2008. **Leitura de minuto: cianobactérias.** Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (Governo do Estado do Ceará), Fortaleza, vol. 10.

FIA, R.; MATOS, A. T.; FERREIRA, P. A.; TEODORO, P. E. P.; SCHUERY, F. C.; LUIZ, F. A. R. 2008. **Desempenho agrônomo da *Thypha* sp. e *Alternanthera philoxeroides* Mart. utilizadas no tratamento de águas residuárias da lavagem e descascamento/despolpa dos frutos do cafeeiro em sistema alagado construído.** Revista Engenharia na Agricultura, v. 16, n. 04, p.436-448.

GOMES, F. P 2000. **Curso de estatística experimental.** Piracicaba: Nobel, 2000. 467 p.

GOMES, R.; ALENCAR, S.S.; FREIRE, J. N. T. ; PEREIRA, M. C. T. ; DANTAS, B. F. 2018. **Efeito da temperatura na germinação do banco de sementes de macrófitas aquáticas do semiárido.** In: II Simpósio do Bioma Caatinga, 2018, Juazeiro. II Simpósio do Bioma Caatinga.

GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE. 2019. **Perfil da espécie: *Alternanthera philoxeroides*.** In: de <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=763>

GRANDIS, A., S.; GODOI, S.; BUCKERIDGE, M.S. 2010. **Respostas fisiológicas de plantas amazônicas de regiões alagadas à mudanças climáticas globais.** Revista Brasileira de Botânica, v. 33, n. 1: p. 1-12. DOI: 10.1590/S0100-84042010000100002.

GUIMARÃES, C.C. J; MACHADO, S.F.; BORGES, C. A. L.; REZENDE, P. L. J.; SOARES, V. A. A.; SANTOS, A. A. 2012. **Aspectos legais no entorno das unidades de conservação brasileira: Área circundante e Zona de Amortecimento em face a resolução do CONAMA N° 428/2010.** Espaço & Geografia, v.15, n. 1, p. 1-20.

KAFER, D. S. 2013. **Composição e distribuição das macrófitas aquáticas e sua relação com fatores abióticos em uma área úmida no sul do Brasil.** Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do Sul.

KEARNEY, M. R.; PHILLIPS, B. L.; TRACY, C. R.; BETTS, G.; PORTER, W. P. 2008. **Modelling species distributions without using species distributions: the cane toad in Australia under current and future climates.** *Ecography* v. 35 p.222-234.

LAMBERS, H.; POORTER, H. 1992. **Inherent Variation in Growth Rate Between Higher Plants: A Search for Physiological Causes and Ecological Consequences.** *Advances in Ecological Research* (eds M. Begon & A. H. Fitter), Academic Press, p. 187-261.

LUDLOW M. M. 1987. Light stress at high temperature. In: KYLEM DJ OSMONDM CB, ARNTZENM CJ (Eds.). **Photoinhibition** (9). 2ed. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, p. 90-107.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. 2007. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: Realidade e perspectiva para o Brasil a partir da experiência francesa.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 686 p.

MATIAS, L. Q.; AMADO, E. R.; NUNES, E. P. 2003. **Macrófitas aquáticas da lagoa de Jericoacoara, Ceará, Brasil.** *Acta Bot. Bras.*, v.17, n. 4, p. 623-631. DOI: 10.1590/S0102-33062003000400015.

NEVES, E. L.; LEITE, K. R. B.; FRANÇA, F.; MELO, E. 2006. Plantas aquáticas vasculares em uma lagoa de planície costeira no município de Candeias, Bahia, Brasil. **Sitientibus, Série Ciências Biológicas** v. 6, p. 24-29.

PAIVA, R. M. Q. 2005. **Variação da área foliar específica e sua relação com nutrientes e a precipitação em parcelas permanentes de florestas de terra firme na Amazônia brasileira.** Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - UFAM, INPA, Manaus.

PALMA-SILVA, C.; ALBERTONI, E.F.; ESTEVES, F.A. 2000. ***Eleocharis mutata* (L.) Roem. et Schult. subject to drawdowns in a tropical coastal lagoon, state of Rio de Janeiro, Brazil.** *Plant Ecology*, v. 148, p. 157-164.

PAROLIN, P. 2000. **Phenology and CO₂-assimilation of trees in Central Amazonian Flood plains.** *Journal of Tropical Ecology*, v.16, p. 465-473.

PEDRALLI, G. 2003. Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água: alternativas para usos múltiplos de reservatórios. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L.M.; (Ed). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas.** EDUEM, Maringá: p. 171-188.

PIEIDADE M.T.F., ALMEIDA E VAL V.M.F., LOPES A., HENRIQUE H.S., FÉ L.M.L. & WITTMANN F. 2014. **Organismos aquáticos e de áreas úmidas em uma Amazônia em transição.** *Ciênc. Cult.* v. 66, n. 3, p. 34-40. DOI: 10.21800/S0009- 67252014000300013.

POTT, V. J.; POTT, A. 2000. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília: Embrapa, 404 p.

SANTOS, A.M.; ESTEVES, F.A. 2004. **Influência da flutuação do nível da água na mortalidade e biomassa acima do solo da macrófita aquática *Eleocharis interstincta* (VAHL) Roemer et Schultz**. Arquivos Brasileiros de Biologia e Tecnologia, v.47, n.2, p.281-290.

STATSOFT INC. 2004. **Statistica: data analysis software system, version 7**. Tulsa. Disponível em <http://www.statsoft.com/>

THOMAS, C. D. 2010. Climate, climate change and range boundaries. **Diversity and Distributions**. v. 16, p. 488-495.

THOMAZ S. M.; ESTEVES, F. A. 2011. Comunidade de macrófitas aquáticas. In: ESTEVES, F. A. (coord.). **Fundamentos de Limnologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro: UFRJ, p.261-521.

THOMAZ, S M.; PAGIORO, T.A.; BINI, L. M.; MURPHY, K. J. 2006. **Effect of reservoir drawdown on biomass of three species of aquatic macrophytes in a large sub-tropical reservoir (Itaipu, Brazil)**. Hydrobiologia, vol. 570, n. 1, p. 53-59.

UNILAB 2019. **Fazenda Experimental Piroás**. In: <http://www.unilab.edu.br/fazenda-experimental-piroas/>

WHITTAKER, R.; WILLIS, K. J.; FIELD, R. 2001. **Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity**. Journal of Biogeography v.28, p.453-470.