



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS
NATURAIS

JOEMÍLIA CONCEIÇÃO ARAÚJO MACÊDO

DISTRIBUIÇÃO DOS GRUPOS FUNCIONAIS DE PLANTAS AQUÁTICAS EM
ÁREAS ALAGADAS COSTEIRAS DO NORDESTE BRASILEIRO

FORTALEZA

2015

JOEMÍLIA CONCEIÇÃO ARAÚJO MACÊDO

DISTRIBUIÇÃO DOS GRUPOS FUNCIONAIS DE PLANTAS AQUÁTICAS EM
ÁREAS ALAGADAS COSTEIRAS DO NORDESTE BRASILEIRO

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais – PPGERN da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

Área de concentração: Ecologia de Plantas aquáticas

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lígia Queiroz Matias

FORTALEZA

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- M122d Macêdo, Joemília Conceição Araújo.
Distribuição dos grupos funcionais de plantas aquáticas em áreas alagadas costeiras do Nordeste brasileiro / Joemília Conceição Araújo Macêdo. – 2015.
40 f. : il., enc. ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Fortaleza, 2015.
Área de Concentração: Ecologia e Recursos Naturais.
Orientação: Profa. Dra. Lígia Queiroz Matias.
1. Plantas aquáticas. 2. Macrófitas aquáticas. 3. Plantas clonais. I. Título.

JOEMÍLIA CONCEIÇÃO ARAÚJO MACÊDO

DISTRIBUIÇÃO DOS GRUPOS FUNCIONAIS DE PLANTAS AQUÁTICAS EM
ÁREAS ALAGADAS COSTEIRAS DO NORDESTE BRASILEIRO

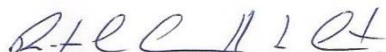
Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ecologia e
Recursos Naturais – PPGERN da Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

Área de concentração: Ecologia de Plantas aquáticas

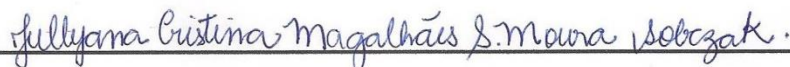
Aprovada em 03/02 /2015

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Lígia Queiroz Matias (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará - UFC



Prof. Dr. Rafael Carvalho da Costa
Universidade Federal do Ceará – UFC



Prof. Dr.^a Jullyana Cristina Magalhães Silva Moura Sobczak – Universidade da
Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira UNILAB

Lista de figuras

Figura 1. Mapa de localização da área de amostragem situada no Nordeste do Brasil.	17
Figura 2. Análise de correspondência realizada com os atributos funcionais das espécies de plantas aquáticas	23
Figura 3. Análise de componentes principais realizada com as variáveis limnológicas.	25
Figura 4. Análise de componentes principais realizada com as variáveis abióticas do sedimento.....	25
Figura 5. Análise de correspondência canônica realizada com os dados de ocorrência das espécies.....	26

Lista de tabelas

Tabela 1. Traços e respectivos atributos amostrados das plantas aquáticas..... 19

Tabela 2. Listagem das espécies aquáticas amostradas, respectivos acrônimos e formas de crescimento.. 22

Sumário

1	Introdução Geral.....	10
2	Capítulo I.....	13
	Introdução.....	15
	Métodos.....	16
	Resultados.....	22
	Discussão.....	26
	Agradecimentos.....	30
	Referências.....	30
3	Considerações finais.....	34
4	Perspectivas futuras.....	34
5	Referências.....	35

À minha mãe e a minha irmã pelo amor que me faz
seguir em frente.

Dedico

Agradecimentos

A Deus que permite a nossa existência! Obrigada Senhor Deus por ser o verdadeiro Pai que conheço e por mais uma tarefa cumprida com êxito em minha vida.

Agradeço a professora Lígia Queiroz Matias pela importante orientação e por sempre estar presente, disponível e disposta a ajudar (até nos trabalhos em campo). Muito obrigada Lígia.

Ao professor Ricardo Espíndola Romero, do departamento de Ciências Agrárias da UFC, por disponibilizar o laboratório de Pedologia para realização das análises de solos.
Por sua orientação nessa área tão nova pra mim.

Aos que fazem parte do laboratório de Pedologia: Gislaine Albuquerque, Lilian Rafaelly, Mirele Paula, Gabriel Castro, Hermano Melo, Faby Gadelha e em especial Risocleuda Estevam companheira nos momentos das análises.

As minhas queridas companheiras de turma Taysla e Dayse Texeira pela amizade, companheirismo e pela cumplicidade na vida dentro e fora da Universidade.

Aos queridos: Dayse Leone, Ricardo e André pela ajuda nos trabalhos em campo e em laboratório.

A Isis Campos de Lucena por ser minha irmã de coração e pela amizade de sete anos.
Agora na etapa de vídeo conferências, mensagens e ligações.

Á FUNCAP pela concessão de bolsa durante os dois anos de Mestrado.

Obrigada!

Resumo

As plantas aquáticas situadas em lagoas costeiras apresentam traços funcionais selecionados por condições abióticas e relacionados à história de vida, que lhes permitiram a colonização e estabelecimento nesses ambientes. O presente trabalho testou as seguintes hipóteses: (1) que as espécies possuem um padrão homogêneo de traços funcionais, resultando na formação de poucos grupos; (2) que as variáveis limnológicas e pedológicas atuam como filtro que selecionam esses traços e interferem na distribuição das populações na lagoa. Desta forma os traços funcionais das espécies presentes numa lagoa costeira do nordeste brasileiro foram analisados por meio de uma amostragem por transectos. Amostras de sedimento foram retiradas e analisadas em laboratório. Os parâmetros limnológicos foram aferidos em campo, assim como a profundidade da lâmina d'água e a distância de ocorrência das espécies em relação à margem. Os dados biológicos evidenciaram a formação de dois grupos funcionais, corroborando a primeira hipótese. Porém, as variáveis abióticas foram associadas à distribuição de poucas populações, refutando a segunda hipótese. Com isso concluímos que a comunidade de plantas aquáticas analisada é formada por traços semelhantes e os efeitos abióticos não são determinantes para formação destes grupos.

Palavras Chave: Macrófitas aquáticas, Colonização, Plantas clonais, Lagoas costeiras.

Abstract

Aquatic plants located in coastal lagoons have functional traits selected by abiotic conditions and related to the history of life, which allowed them to colonization and establishment in these environments. The present study tested the following hypotheses: (1) that the species have a homogeneous pattern of functional traits, resulting in the formation of a few groups; (2) that the limnological variables and soil act as a filter to select those traits and interfere in the distribution of populations in the pond. Thus the functional traits of the species present in a coastal lagoon in northeastern Brazil were analyzed using a sampling transects. Sediment samples were taken and analyzed in the laboratory. The limnology parameters were measured in the field, as well as the depth of the water depth and the occurrence of species away from the margin. Biological data showed formation of two functional groups, supporting the first hypothesis. But the abiotic variables were associated with the distribution of a few people, refuting the latter. Thus we conclude that the community of aquatic plants analyzed is formed by similar traits and abiotic effects are not decisive for the formation of these groups.

Keywords: Aquatic macrophytes, Colonization, clonal plants, coastal lagoons.

1 Introdução geral

O padrão de distribuição das espécies vem sendo estudado antes mesmo da ecologia ser reconhecida como ciência, onde estudiosos já se mostravam interessados em explicar a ocorrência das espécies (Cianciaruso; Siva; Batalha, 2009). O gradiente latitudinal de distribuição das espécies que conhecemos hoje foi primeiro citado por Humboldt (1808). Ele observou durante as suas viagens que à medida que se distanciava dos polos a variação e a riqueza de formas e cores da vida biológica aumentava.

Sendo assim, no século passado hipóteses e teorias ecológicas foram sendo formuladas com o intuito de conhecer o funcionamento das espécies dentro das comunidades. Como exemplo, a teoria da sucessão ecológica de Clementes (1917) posteriormente reforçada por Gleason (1927), a teoria de nicho ecológico de Hutchinson (1957), estudos como o de Diamond (1975) sobre regras de montagem e a mais recente teoria neutra da biodiversidade e biogeografia proposta por Hubbell (2001), baseada na teoria de biogeografia de ilhas (MacArthur; Wilson 1967), a qual propõe que todos os organismos presentes em uma determinada comunidade, apresentam equivalência ecológica. Sendo evidenciada a tentativa ao longo dos anos de explicar a formação e estruturação das comunidades biológicas que habitam o planeta.

Para os estudos ecológicos em comunidades de plantas aquáticas e terrestres, abordagens sobre sucessão ecológica (Clements, 1916; Van Der Valk, 1981; Matias *et al.*, 2003; Schrama *et al.*, 2012), estudos fitogeográficos (Qian, 2001; Les *et al.*, 2013), com metacomunidades (Hubbell, 2001; Cassemiro; Padial, 2008), ecologia funcional (Keddy, 1992; Willby *et al.*, 2000, Cianciaruso; Siva; Batalha, 2009; Monção; Santos; Bini, 2012) são realizados para evidenciar um possível padrão de distribuição espaço-temporal das espécies. Os ecólogos acreditam que essa organização espacial não é aleatória e pode estar relacionada a fatores de estruturação tais como interações biológicas, segregação de habitat ou ainda aos fatores abióticos físicos, limnológicos e pedológicos (Tofts; Silvertown, 1999; Wilson, 1995; 2004).

Nesse sentido, estudos ecológicos com comunidades de plantas aquáticas relatam que elas exercem um importante papel durante todo o ano na estruturação dos ecossistemas lóticos como os rios e lênticos como as planícies de inundação, lagos e lagoas costeiras, e por possuírem variadas formas de vida são responsáveis por

manterem a heterogeneidade desses ambientes (Boschilia; Oliveira; Thomaz, 2008). Do mesmo modo, Hutorowicz; Dziedzic (2008) consideram que as comunidades de plantas aquáticas contribuem para a complexidade e dinâmica do ecossistema, por meio da caracterização das condições ecológicas no ambiente onde vivem, influenciando os ciclos de minerais e na produtividade primária.

Os fatores abióticos associados às plantas aquáticas, como o oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, temperatura, clorofila, turbidez, pH, nitrogênio influenciam nos modos de regulação da diversidade e no desenvolvimento das estruturas morfológicas das plantas (Juge; Lachavanne, 1992) assim como a troca catiônica do substrato nos permite inferir sobre a ocorrência e desenvolvimento estrutural dos indivíduos como a altura o tamanho da área foliar, uma vez que as plantas aquáticas absorvem nutrientes tanto da água (folha, pecíolo, caule) quanto do substrato (raiz) (Conard, 1905).

Para a compreensão da dinâmica de colonização, ocupação e desenvolvimento das plantas aquáticas nesses habitats, são necessários estudos que levem em consideração os traços funcionais de origem morfológica, fisiológica e de história de vida dos indivíduos que compõem a comunidade (Willby *et al.*, 2000; Vale *et al.*, 2011). Para isso, traços como a área foliar, altura da planta, ciclo de vida, pontos de crescimento apical, forma de crescimento, modo de reprodução, tipo de dispersão entre outros, devem ser analisados nos estudos de ecologia funcional (Willby *et al.*, 2000). A partir dos traços, é possível agrupar as espécies funcionalmente, sem considerar a taxonomia, uma vez que os organismos são agrupados independentemente de pertencerem ou não ao mesmo grupo taxonômico (Díaz; Cabido, 2001) e relacioná-los as variáveis ambientais, pois elas exercem a função de filtros abióticos que selecionam os traços funcionais para compor a comunidade (Petchey; Gaston, 2006).

Diante dessas considerações, temos a ecologia funcional como uma ferramenta essencial para o estudo em nível de comunidades, pois considerar um indivíduo funcionalmente igual ou diferente a outro, inseridos em um meio abiótico, pode nos ajudar a esclarecer os processos que determinam o funcionamento das comunidades para fins de conservação da biodiversidade (Cianciaruso; Siva; Batalha, 2009). Essa abordagem funcional está baseada na teoria de nicho ecológico complementada por Hutchinson (1957), que considerou o nicho como um espaço multidimensional de condições e recursos disponíveis que define as características de um indivíduo para o exercício do seu modo de vida e sobrevivência.

As plantas aquáticas habitam tanto os ambientes lóticos quanto os lênticos, como mencionado acima, sendo assim, em ambientes lênticos como os de lagoas costeiras, é possível perceber uma dinâmica sucessional intensa das plantas aquáticas, pois, à medida que o nível da lagoa abaixa durante o período seco, a vegetação marginal acompanha o recuo d'água, sendo comum uma alternância dos traços funcionais de floração e frutificação das populações (Matias; Amado; Nunes, 2003). Segundo Knoppers (1994), esses ambientes são considerados como os mais produtivos, sendo comparados a estuários contendo um alto nível de heterogeneidade de habitat proporcionando uma alta biodiversidade. Essas lagoas encontram-se situadas paralelamente à costa separadas do ambiente marinho por um campo de dunas podendo ou não ter ligação com o oceano, e geralmente possuem baixa profundidade, resultando em uma vasta área litorânea, o que permite o estabelecimento das plantas aquáticas (Suzuki *et al.*, 2002). Sendo assim, a caracterização das variáveis físico-química desses ambientes continentais e a identificação de guildas de hidrófitas em verdadeiros grupos funcionais estando diretamente ligados a essas variáveis, é uma meta realista para estudos ecológicos com comunidades de plantas aquáticas (Willby *et al.*, 2000; Lavorel *et al.*, 2007; Kotschy; Rogers, 2008; Monção; Santos; Bini, 2012).

Partindo da premissa de que o ambiente seleciona os traços funcionais das plantas aquáticas e que esses atributos em ambientes de lagoas costeiras do nordeste brasileiro estariam associados às inundações sazonais e à dinâmica do solo arenoso não consolidado, a primeira hipótese proposta neste estudo é que em um ambiente sujeito às mesmas condições abióticas ocorrerá a seleção de grupos funcionais da comunidade de plantas aquáticas resultará num padrão homogêneo de traços funcionais. A segunda é que as características morfofuncionais relacionadas aos sistemas de propagação vegetativa, que favorecem a colonização e o estabelecimento das plantas aquáticas nesses ambientes serão predominantes.

2 Capítulo I

Manuscrito a ser encaminhado à Aquatic Ecology

(Impact fator: 1.456, < <http://www.springer.com/life+sciences/ecology/journal/10452>>

Distribuição dos grupos funcionais de plantas aquáticas em área alagada costeira formada pelo barramento natural de um rio

J. C. A. Macêdo (✉)

Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais;

Universidade Federal do Ceará (UFC)– Departamento de Biologia – 60.451-760

Fortaleza, Ceará, Brasil

e-mail: joemiliamcdo@gmail.com

R. E. Romero (✉)

Universidade Federal do Ceará (UFC), Departamento de Ciências Agrárias, 60.021-970

Fortaleza, Ceará, Brasil

e-mail: reromero@ufc.br

L. Q. Matias (✉)

Universidade Federal do Ceará (UFC), Departamento de Biologia, 60.451-760

Fortaleza, Ceará, Brasil

e-mail: lqmatias@ufc.br

Resumo

As plantas aquáticas situadas em lagoas costeiras apresentam traços funcionais selecionados por condições abióticas e relacionados à história de vida, que lhes permitiram a colonização e estabelecimento nesses ambientes. O presente trabalho testou as seguintes hipóteses: (1) que as espécies possuem um padrão homogêneo de traços funcionais, resultando na formação de poucos grupos; (2) que as variáveis limnológicas e pedológicas atuam como filtro que selecionam esses traços e interferem na distribuição das populações na lagoa. Desta forma os traços funcionais das espécies presentes numa lagoa costeira do nordeste brasileiro foram analisados por meio de uma amostragem por transectos. Amostras de sedimento foram retiradas e analisadas em laboratório. Os parâmetros limnológicos foram aferidos em campo, assim como a profundidade da lâmina d'água e a distância de ocorrência das espécies em relação à margem. Os dados biológicos evidenciaram a formação de dois grupos funcionais, corroborando a primeira hipótese. Porém, as variáveis abióticas foram associadas à distribuição de poucas populações, refutando a segunda hipótese. Com isso concluímos que a comunidade de plantas aquáticas analisada é formada por traços semelhantes e os efeitos abióticos não são determinantes para formação destes grupos.

Palavras Chave: Macrófitas aquáticas. Colonização. Plantas clonais. Lagoas costeiras.

Introdução

As lagoas costeiras de águas continentais situadas no Nordeste Setentrional são formadas por barramentos da foz de rios causados pelos movimentos dos campos de dunas móveis, que impedem o fluxo hídrico para oceano (Meireles et al. 2006; Newton et al. 2014). Este padrão difere de outras lagoas costeiras que são formadas em sistemas abertos, caracterizados por águas salobras ou salinas (Meireles et al. 2006; Austin et al. 2013).

A dinâmica de contração e expansão da lâmina d'água destas lagoas depende do regime pluviométrico e do carreamento de sedimento das dunas, o que torna as lagoas cada vez mais isoladas (Vital e Guedes 2006). Nos meses em que há um aumento no volume pluviométrico, ocorre um aumento das áreas alagadas, modificando todo o cenário da vegetação no entorno da lagoa (Gawne e Scholz 2006). Desta forma, em áreas onde predominavam plantas terrestres, as plantas aquáticas e outras resistentes às inundações periódicas, tornam-se abundantes, refletindo um mosaico funcional e paisagístico decorrente das modificações sazonais as quais o sistema é submetido a cada período de contração e expansão da lâmina d'água (Van Der Valk 1981; Junk et al. 1989; Tabosa et al. 2012).

As plantas aquáticas ocorrem nas áreas de interface dessas lagoas, possuindo uma dinâmica sucessional intensa que caracteriza esses ambientes costeiros, pois, à medida que o nível da lagoa recua no período seco, a vegetação marginal apresenta uma alternância de floração e frutificação das populações (Matias et al. 2003).

Com a estagnação da lâmina d'água torna-se perceptível a formação de sinúrias assim como a ocorrência dos encaixes das formas de crescimento complementares (Whittaker 1975; Tabosa et al. 2012). Neste estágio, as características morfofisiológicas selecionadas pela dinâmica do sistema tornam-se evidentes, sendo possível relacioná-las com a história de vida das espécies e seus traços funcionais (Willby et al. 2000). Sendo assim, o ambiente aquático exerce a função de um filtro que seleciona esses agrupamentos funcionais que encontram-se relacionados a habitats específicos (Keddy 1992). Desta forma, a compreensão das relações entre as populações de plantas aquáticas e os habitats como os charcos, lagos, lagoas, reservatórios e os rios pode ser evidenciada pela formação de grupos funcionais (Lavorel et al. 2007; Kotschy e Rogers 2008; Vale et al. 2011; Monção et al. 2012).

Os grupos funcionais ocorrentes em ambientes aquáticos podem apresentar diferentes características segundo suas formas de crescimento. Em planícies de inundação sazonais, plantas flutuantes livres de pequeno porte constituíram um único grupo funcional capaz de ocorrer sob as mesmas condições abióticas analisadas (Monção et al. 2012). Em sistemas lênticos, os agrupamentos funcionais constituídos por formas de crescimento com folhas flutuante e as anfíbias, múltiplos pontos de crescimento apical, área foliar de tamanhos médio e pequeno correlacionaram-se com processos de aquisição de recursos associados à profundidade e à perturbações do meio por mudanças de temperatura, revelando os traços sensíveis a tais eventos (Willby et al. 2000). Em lagoas temporárias, um padrão de ocorrência das formas de crescimento complementares permitiu a coexistência das espécies dominantes ao longo da lâmina d'água (Tabosa et al. 2012), cuja a comunidade de plantas aquáticas foi estruturada pela ação simultânea de filtros abióticos e pela competição interespecífica (Ferreira et al., 2015). Como as formas de crescimento foram relacionadas à filtros bióticos e abióticos, estas refletem traços funcionais selecionados pelo sistema, contribuindo para o entendimento da formação da comunidade plantas aquáticas (Monção et al. 2012; Ferreira et al. 2015).

Sendo assim, partindo da premissa de que o ambiente seleciona os traços funcionais das plantas aquáticas e que esses atributos em ambientes aquáticos podem estar associados às inundações sazonais, a primeira hipótese proposta neste estudo é que as espécies que compõem a comunidade de plantas aquáticas presentes na lagoa costeira situada no nordeste brasileiro possuem um padrão homogêneo de traços funcionais, resultando na formação de poucos grupos. A segunda hipótese é que as variáveis abióticas limnológicas e pedológicas atuam como filtro que selecionam os traços funcionais e interferem na distribuição das espécies que ocorrem na lagoa.

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado numa lagoa costeira localizada no litoral do Nordeste do Brasil, Estado do Ceará, sob as coordenadas 3°35'25'' S 38°46'45'' W (Fig. 1). A lagoa pertence a um complexo de extensas áreas alagadas que possuem 1.884,46 ha de abrangência, oriundas do barramento do rio Cauipe pelo campo de dunas móveis. O

clima é tropical (tipo Aw' sensu Köppen 1936), caracterizado por chuvas de verão e outono (janeiro a junho), com máximas pluviométricas nos meses de março e abril, apresentando precipitação média anual de 1.105 mm e temperaturas entre 25 e 27 °C, cuja amplitude térmica não atinge 5° C (Holanda et al. 2003).

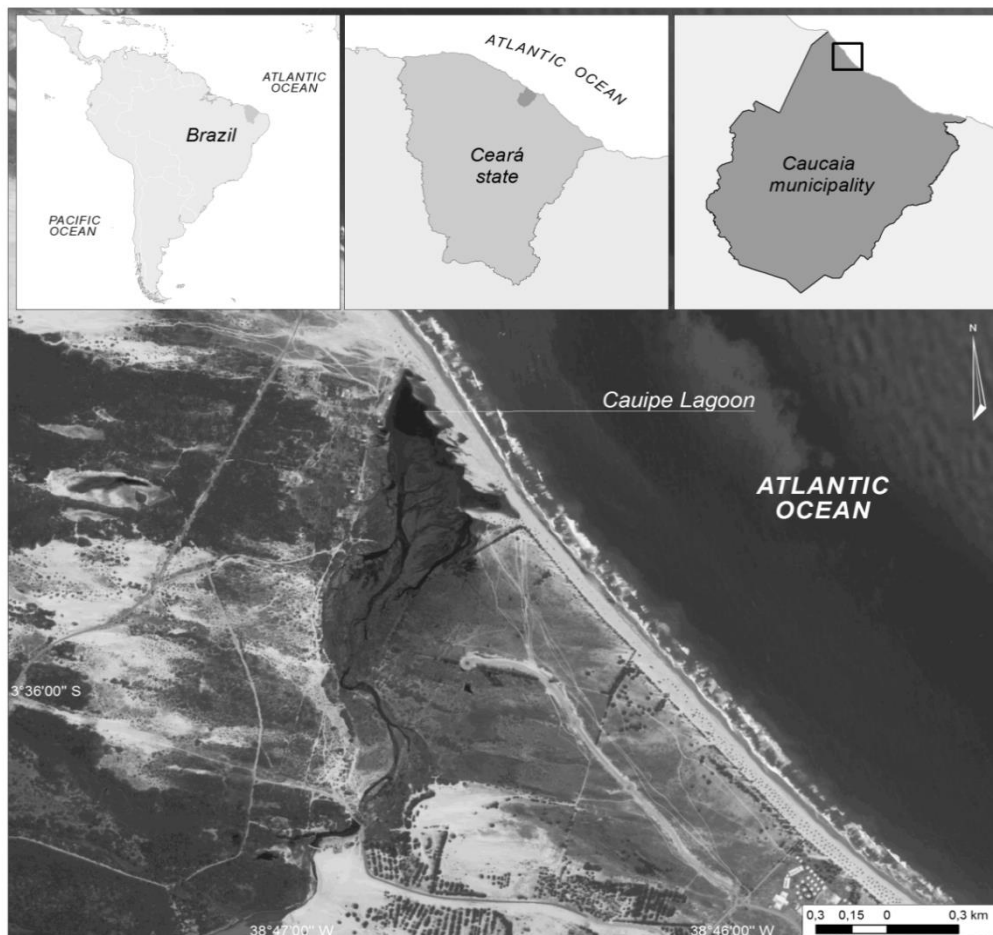


Figura 1. Mapa de localização da área de amostragem situada no Nordeste do Brasil

Coleta de dados

Flora aquática

A amostragem ocorreu em três áreas equidistantes por aprox. 500 m, durante o período de março a junho de 2014, período chuvoso. Segundo Moura-Júnior et al. (2009), este período garante a ocorrência de uma maior diversidade das espécies de plantas aquáticas.

As plantas aquáticas foram coletadas e submetidas às técnicas tradicionais herborização (Haynes 1984; Bridson e Forman 1998), identificadas e posteriormente depositadas no Herbário Prisco Bezerra (EAC). A identificação taxonômica das amostras botânicas foi realizada utilizando literatura especializada (Renvoize 1984; Taylor 1989, Cook 1996; Luceño et al. 1997; Pott e Pott 2000; Amaral et al. 2008; Bove e Paz 2009) e identificação Keys of Flora do Ceará (Matias and Souza 2011; Andrade et al. 2013; Souza and Matias 2013). A terminologia taxonômica e abreviaturas dos nomes dos autores estão de acordo com o sistema APG III (APG 2009; Revelar and Chase 2011) e The International Plant Names Index (IPNI 2014). As formas de crescimento das plantas aquáticas foram classificadas de acordo com Cook (1996).

Amostragem dos caracteres morfológicos

Em cada área de amostragem, um transecto possuindo 75 m de comprimento foi posicionado perpendicularmente à margem da lagoa. Os transectos interceptavam diferentes sinúsias, sendo que a fitofisionomia destas em duas áreas de amostragem apresentou predominância de formas de vida caracterizadas por helófitas, emergentes, emergentes flutuante-livres, emergentes fixas com folhas flutuantes e submersas livres natantes (sensu Cook 1996). Na terceira área, as sinúsias interceptadas exibiram formas e vida caracterizadas por helófitas, emergentes e submersas livres natantes. Os indivíduos que foram interceptados pelos transectos tiveram seus traços funcionais registrados, totalizando cinco indivíduos por espécie.

Os traços funcionais foram escolhidos de acordo com Grace (1993), Willby et al. (2000) e Monção et al. (2012) e estão relacionados com a história de vida e o estabelecimento das populações em ambientes de água doce. Ao todo oito traços e 30 atributos foram amostrados (Tabela 1).

O índice morfológico foi obtido pela medição da altura e da extensão lateral do indivíduo com o auxílio de uma fita métrica, enquanto que os dados de área foliar foram mensurados através de um medidor portátil LI-3000C. Esses dados foram obtidos em campo, assim como a descrição das formas de crescimento e a presença de raiz adventícia. O modo de reprodução foi analisado em campo observando a presença de flores, frutos e/ou formas de crescimento vegetativo. Este estudo foi complementado por consulta a literaturas específicas (Sculthorpe 1967; Cook 1996; Grace 1993;

Cornelissen et al. 2003; Bell e Bryan 1991; Klimesova e Bello 2009) visando a confirmação dos dados obtidos em campo. Os dados sobre o ciclo de vida e o meio de dispersão também foram obtidos por meio de consultas a literatura citada, obtendo detalhes sobre a morfologia do fruto, a forma de dispersão dos propágulos e a determinação do ciclo de vida de cada espécie.

Posteriormente, os dados foram catalogados de modo a compor uma matriz de presença e ausência (espécies x atributo). A matriz foi pontuada categoricamente, onde o '0' representou a ausência do atributo e o '1' a presença deste.

Tabela 1. Traços e resectivos atributos amostrados das plantas aquáticas.

Traço	Atributo
1 Forma de crescimento *	Hidrófitas emergentes
	Hidrófitas emergentes flutuante-livres
	Hidrófitas emergentes com folhas flutuantes
	Hidrófitas submersas livre natante
	Helófitas
2 Índice morfológico**	< 1 cm
	1 cm – 10 cm
	10 cm – 40 cm
	40 cm – 100 cm
	> 100 cm
3 Modo de reprodução**	Fragmentação
	Estolões
	Rizoma
	Tubérculo
	Sementes
4 Dispersão de sementes***	Hidrocoria
	Anemocoria
	Zoocoria

	Autocoria
5 Tamanho***	≤ 8 cm
	8-30 cm
	30-100 cm
	> 100 cm
6 Área foliar**	Pequeno (<1cm ²)
	Médio (1-20 cm ²)
	Grande (20-100 cm ²)
7 Ciclo de Vida**	Anual
	Perene
8 Raiz adventícia	Caule
	Folha

(*) sensu Cook 1996 (**) Índice morfológico: (extensão lateral + altura)/2 sensu Willby et al. 2000, (***) sensu Monção et al. (2012)

Variáveis abióticas

Amostras de solo e a análise de água foram realizadas em três pontos de amostragem situados em cada sinússia interceptada pelo transecto, sendo o primeiro ponto situado sobre o transecto e os outros dois pontos opostos e equidistantes por 2m do transecto, totalizando 12 pontos de amostragem em cada área.

As variáveis abióticas analisadas relacionam-se às características limnológicas (temperatura, turbidez, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, nitrato, amônia, amonium, clorofila *a*) e pedológicas (pH, capacidade de troca de cátions (CTC) através dos parâmetros de cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), potássio (K⁺), sódio (Na⁺), alumínio (Al³⁺) e hidrogênio (H⁺), acidez potencial (H+Al), cálcio + magnésio (Ca+Mg) e a classificação física do sedimento em argila, areia fina e areia grossa (Carter e Gregorich 1984).

Os parâmetros limnológicos foram obtidos através de uma sonda multiparâmetro de qualidade de água Ysi modelo v2-2® 6600, sendo amostrados 12 pontos em cada uma das três áreas analisadas, com três repetições paralelas nas mesmas

sinúrias as quais foram coletados os traços funcionais das plantas, totalizando 36 amostragens limnológicas.

Posteriormente, nestes mesmos pontos, as amostras de sedimento foram coletadas a uma profundidade de aprox. 20 cm, utilizando um tubo de PVC possuindo 1,30 m de comprimento por 55 mm de diâmetro. Cada amostra foi acondicionada separadamente em sacos plásticos identificados, sendo posteriormente analisadas em laboratório. Além das variáveis limnológicas e pedológicas, variáveis físicas ambientais foram analisadas segundo Monção et al. 2012, que classificou as lagoas segundo sua profundidade em: lagoas rasas (< 0,5m), intermediárias (0,5 – 2 m) e profundas (>2 m). Assim como categorizou a distância dos pontos amostrados em relação à margem por intervalos regulares (0-20 m; 21-40 m; > 40 m).

Análises estatísticas

Os dados bióticos foram analisados de modo a conhecer a formação dos grupos funcionais das plantas aquáticas e a evidenciar as variáveis abióticas que pudessem estar relacionadas à distribuição desses grupos. A matriz gerada a partir das pontuações categóricas dos atributos funcionais das espécies foi submetida a uma análise de correspondência (AC), a qual agrupou as espécies conforme a similaridade dos seus traços, independente de pertencerem ou não mesmo grupo taxonômico.

Com a finalidade de conhecer as variáveis-chave que agregam a variância dos dados abióticos, duas análises de componentes principais (PCA) foram realizadas. A primeira com os dados limnológicos e variáveis físicas ambientais e a segunda com os dados pedológicos. Uma vez que não houve relação significativa entre as variáveis físicas ambientais com as variáveis limnológicas e pedológicas na realização da PCA, estas foram excluídas da análise.

Finalmente, uma análise de correspondência canônica (CCA) foi realizada utilizando os componentes principais das variáveis abióticas previamente selecionadas (pedológicas: CTC, areia grossa e areia fina; limnológicas: amônia e condutividade elétrica) juntamente com a matriz categórica gerada a partir da ocorrência das espécies em cada ponto amostrado. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa estatístico Past 2.17 (Hammer et al. 2001).

Resultados

A análise da flora aquática evidenciou a ocorrência de 18 espécies distribuídas em 11 famílias (Tabela 2) com predominância de Cyperaceae (6 spp.), Nymphaeaceae (2 spp.) e Poaceae (2 spp.). As demais famílias foram representadas por um táxon apenas.

A forma de crescimento mais comum foi a emergente, presente em 50% das espécies (Tabela 2). Três espécies (16.7%) apresentaram a forma emergente com folhas flutuantes, duas pertencentes ao gênero *Nymphaea* e uma a *Nymphoides*.

A análise de correspondência entre os traços biológicos das espécies resultou na formação de dois grupos funcionais (Fig. 2). A análise explicou 43.1% da variação dos dados biológicos, sendo o eixo 1: 23.2%, o eixo 2: 19.9%. As espécies *Nymphaea rudgeana* G. Mey, *N. amazonum* Mart. & Zucc., *Nymphoides indica* (L.) Kuntze e *U. foliosa* L. integraram o grupo funcional 1, elas apresentaram os atributos do índice morfológico valores entre 40 - 100 cm e do tamanho da planta valores entre 30 - 100 cm. As espécies *Montrichardia arborescens* (L.) Schott, *Borreria verticillata* (L.) G. Mey, *Cyperus aggregatus* (Willd.) Endl., *C. articulatus* L., *Eleocharis maculosa* (Vahl) Roem, *Fuirena robusta* Kunth, *Ludwigia hyssopifolia* (G. Don) Exell., *Paspalum distichum* L., *Paspalidium geminatum* (Forssk.) Stapf., *Kyllinga vaginata* Lam. e *Hydrolea spinosa* L. formaram o grupo funcional 2, são espécies de hidrófitas emergentes e as helófitas que se reproduzem por meio de sementes e por propagação vegetativa, apresentaram o traço funcional “tamanho” maior que 100 cm.

Tabela 2. Listagem das espécies aquáticas amostradas, respectivos acrônimos e formas de crescimento.

Família/Espécie	Acrônimos	Forma de Crescimento
Araceae		
<i>Montrichardia arborescens</i> (L.) Schott	Marb	Helófitas
Cyperaceae		
<i>Eleocharis equisetoides</i> (Elliott.) Torr.	Eequ	Hidrófitas Emergentes
<i>Cyperus aggregatus</i> (Willd.) Endl.	Cagg	Hidrófitas Emergentes
<i>Eleocharis maculosa</i> (Vahl) Roem.	Emac	Hidrófitas Emergentes
<i>Fuirena robusta</i> Kunth	Frob	Hidrófitas Emergentes
<i>Cyperus articulatus</i> L.	Cart	Hidrófitas Emergentes
<i>Kyllinga vaginata</i> Lam.	Kvag	Hidrófitas Emergentes
Hydroleaceae		
<i>Hydrolea spinosa</i> L.	Hspi	Hidrófitas Emergentes

Lentibulariaceae <i>Utricularia foliosa</i> L.	Ufol	Hidrófita submersa livre natante
Menyanthaceae <i>Nymphoides indica</i> (L.) Kuntze	Nind	Hidrófita emergente com folhas flutuantes
Nymphaeaceae <i>Nymphaea rudgeana</i> G. Mey.	Nrud	Hidrófita emergente com folhas flutuantes
<i>Nymphaea amazonum</i> Mart. & Zucc.	Nama	Hidrófita emergente com folhas flutuantes
Onagraceae <i>Ludwigia hyssopifolia</i> (G. Don) Exell.	Lhys	Hidrófita Emergente
Plantaginaceae <i>Bacopa monnieri</i> (L.) Pennell	Bmom	Helófitas
Poaceae <i>Paspalum distichum</i> L.	Pdis	Hidrófita Emergente
<i>Paspalidium geminatum</i> (Forssk.) Stapf.	Pgem	Hidrófita Emergente
Rubiaceae <i>Borreria verticillata</i> (L.) G. Mey.	Bver	Helófitas
Salviniaceae <i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	Saur	Hidrófitas emergentes flutuante-livres

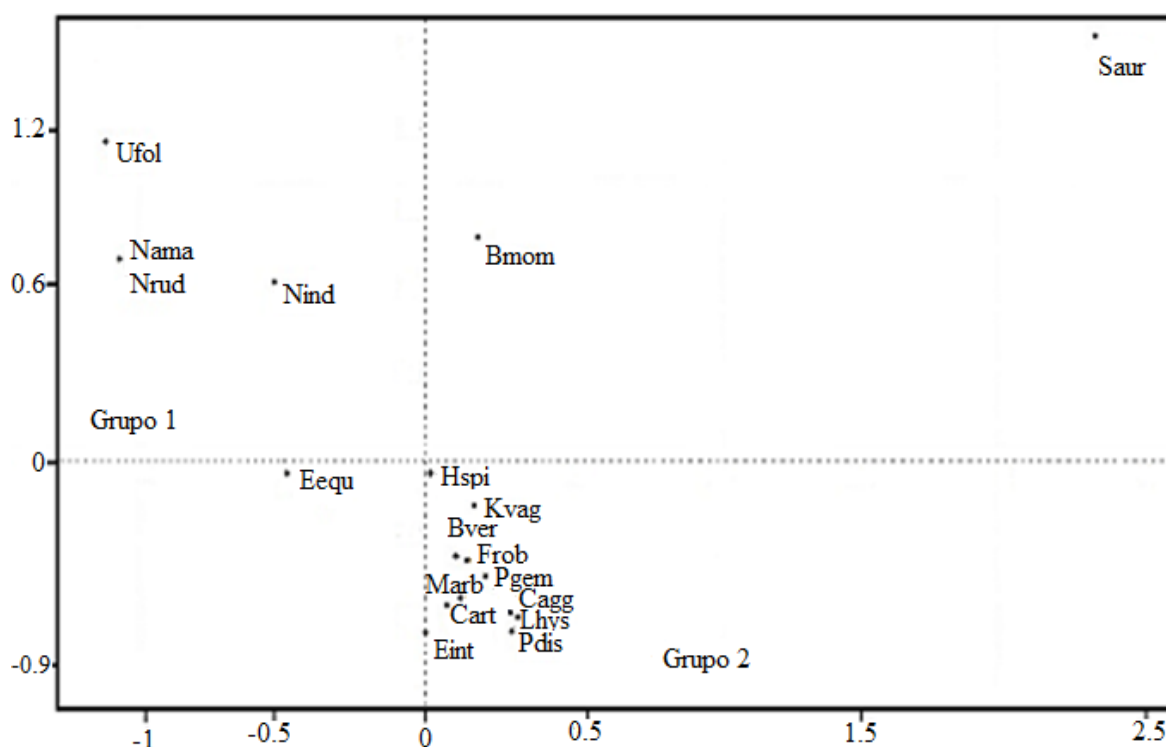


Figura 2. Análise de correspondência realizada com os atributos funcionais das espécies de plantas aquáticas *Montrichardia arborescens* (Marb), *Eleocharis equisetoides* (Eequ), *Cyperus aggregatus* (Cagg), *Eleocharis interstincta* (Eint), *Fuirena robusta* (Frob), *Cyperus articulatus* (Cart), *Kyllinga vaginata* (Kvag),

Hydrolea spinosa (Hspi), *Utricularia foliosa* (Ufol), *Nymphoides indica* (Nind), *Nymphaea rudgeana* (Nrud), *Nymphaea amazonum* (Nama), *Ludwigia hyssopifolia* (Lhys), *Bacopa monnieri* (Bmon), *Paspalum distichum* (Pdis), *Paspalidium geminatum* (Pgem), *Borreria verticillata* (Bver) e *Salvinia auriculata* (Saur), para a formação dos grupos funcionais.

A PCA realizada com as variáveis limnológicas explicou 99.4% da variação dos dados, onde o eixo 1 explicou 88.1% e o eixo 2 explicou 11.3%. A condutividade elétrica e a amônia foram as variáveis com a maior variância (Fig. 3). A PCA realizada com as variáveis do sedimento explicou 96.7% da variação dos dados, em que o eixo 1 explicou 91.9% e o eixo 2 explicou 8.8%, evidenciando as variáveis areia grossa, areia fina e CTC como sendo os mais variáveis (Fig. 4).

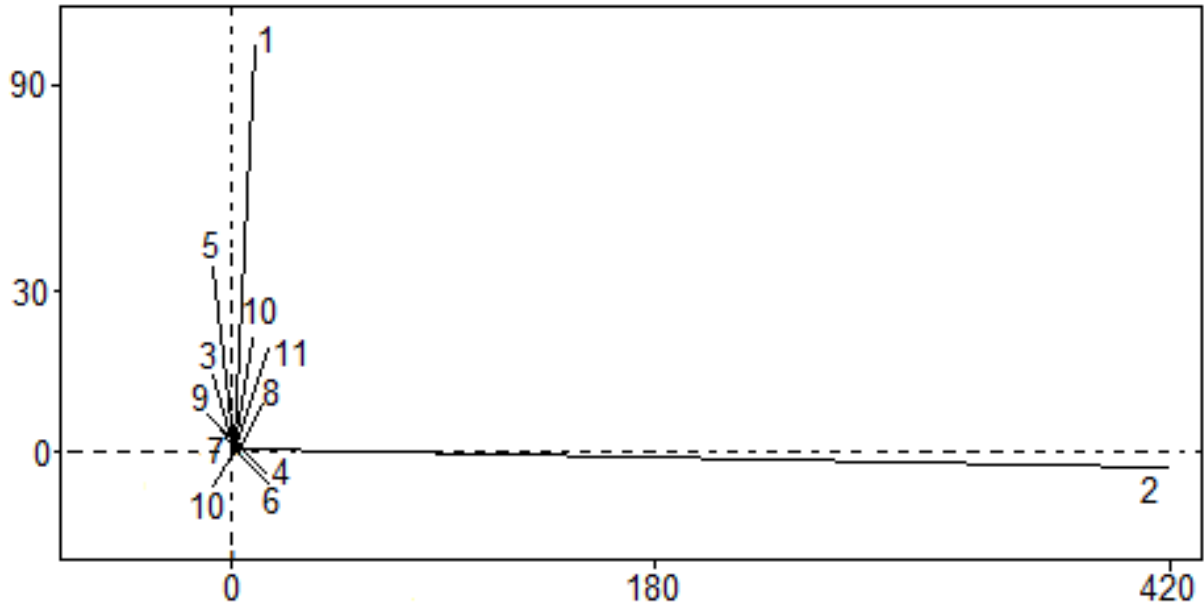


Figura 3. Análise de componentes principais realizada com as variáveis limnológicas 1- amônia, 2- condutividade, 3- pH, 4- nitrato, 5- amônio, 6- oxigênio dissolvido, 7- temperatura, 8-turbidez, 9- clorofila e com as variáveis físicas ambientais 10- distância da margem e 11- profundidade.

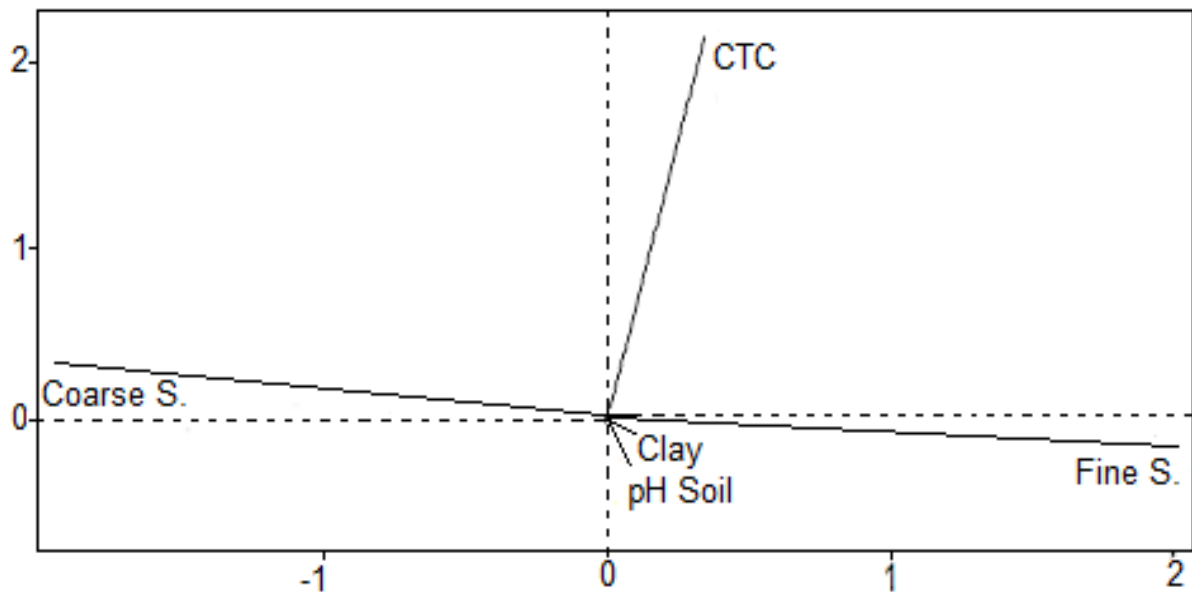
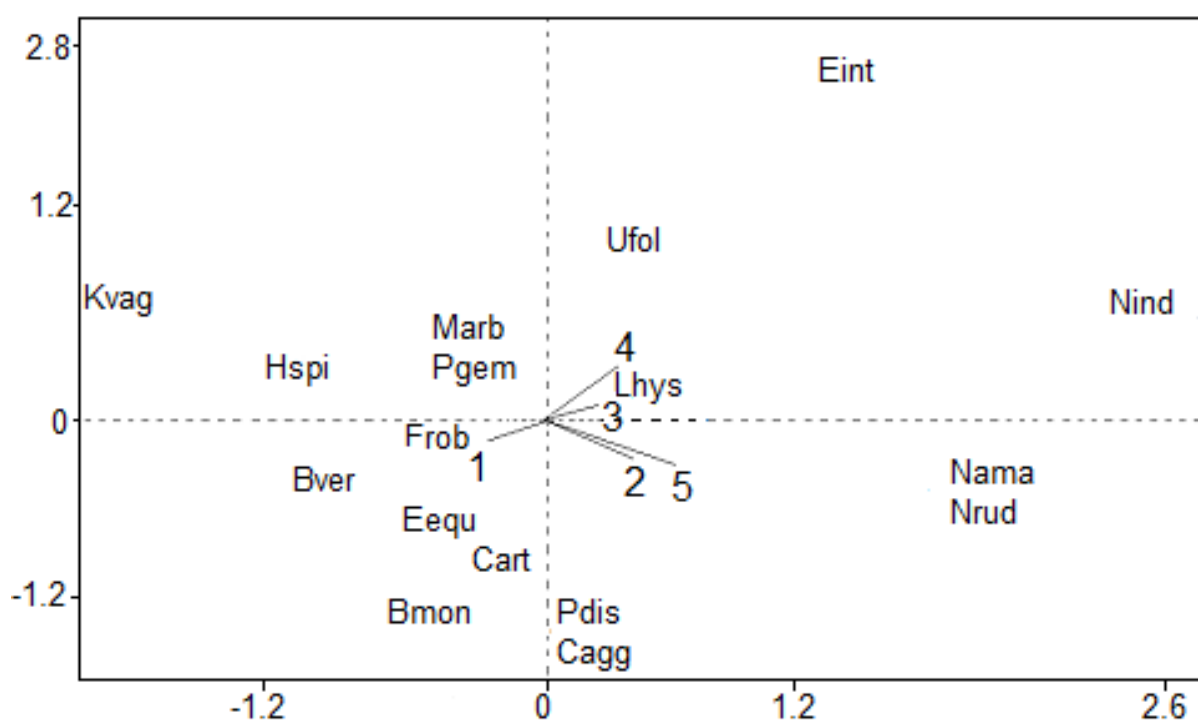


Figura 4. Análise de componentes principais realizada com as variáveis abióticas do sedimento.

Os resultados da CCA entre as variáveis abióticas e bióticas explicaram 66.1% da variação dos dados, sendo 42,5% pertencente ao eixo 1 e 23.6% ao eixo 2 (Fig. 5). Esta análise evidenciou que *L. hyssopifolia* está associada a ambientes com substrato composto por areia fina (0,231) e com presença de amônia na água (0,439) (Fig. 5).

A ocorrência das espécies *N. rudgeana* e *N. amazonum* foi influenciada pela CTC do sedimento (0,134) e condutividade da água (0,386). As espécies *B. verticillata*, *Eleocharis equisetoides* (Elliott.) Torr., *F. robusta*, *C. articulatus* e *Bacopa monnieri* (L.) Pennell ocorreram em um ambiente que possui substrato composto por areia grossa (0.134). Já a ocorrência das espécies *M. arborescens*, *P. geminatum*, *Hydrolea spinosa* L., *K. vaginata*, *U. foliosa*, *N. indica* e *Eleocharis maculosa* (Vahl) Roem não foi influenciada por essas variáveis.



Cyperus articulatus (Cart), *Kyllinga vaginata* (Kvag), *Hydrolea spinosa* (Hspi), *Utricularia foliosa* (Ufol), *Nymphoides indica* (Nind), *Nymphaea rudgeana* (Nrud), *Nymphaea amazonum* (Nama), *Ludwigia hyssopifolia* (Lhys), *Bacopa monnieri* (Bmon), *Paspalum distichum* (Pdis), *Paspalidium geminatum* (Pgem), *Borreria verticillata* (Bver) e *Salvinia auriculata* (Saur) e abióticos gerados com as análises de componentes principais 1- areia grossa, 2- capacidade de troca de cátions, 3- areia fina, 4- amônia e 5- condutividade elétrica.

Discussão

A evidência da formação de 2 grupos funcionais, demonstra que a primeira hipótese proposta neste estudo foi corroborada, em que as espécies que compõem a comunidade de plantas aquáticas na lagoa costeira de clima tropical possuem um padrão

homogêneo de traços funcionais, resultando na formação de poucos grupos. De acordo com Monção et al. (2012), os atributos do índice morfológico e do tamanho da planta apresentadas pelo grupo 1, estão relacionados a um estágio mais avançado de sucessão ecológica e portanto possuem características similares as quais permitem pertencerem ao mesmo grupo funcional.

As espécies que integraram do grupo 2, possuem características relacionadas a adaptação morfológica e fenotípica desses indivíduos a determinado ambiente (Zhang et al. 2012), onde a propagação vegetativa é uma resposta a condições adversas como períodos de seca prolongados, energia cinética do corpo hidrico, movimentação do sedimento, entre outras condições as quais as plantas aquáticas são submetidas (Grace 1993). A associação dessas duas formas de reprodução pode garantir o desenvolvimento da planta na presente pesquisa, possivelmente as espécies estão submetidas a condições adversas, pois foram capazes de produzirem as duas formas de reprodução garantindo tamanho maior que 100 cm integrando o mesmo grupo funcional.

A ocorrência das espécies integrantes do grupo 1, foi influenciada pelas condições abióticas distintas, variando no ambiente entre uma maior capacidade de troca iônica do substrato e a ausência de amônia na água e do substrato composto por areia fina e grossa, como demonstrado na análise de correspondência canônica. A variação na ocorrência de espécies morfológicamente similares, pertencentes ao mesmo grupo funcional pode está relacionada a pouca influência exercida pelos filtros ambientais sobre as espécies (Willby et al. 2000; McElarney e Rippey 2009) refutando assim a segunda hipótese sugerida nesse estudo que seria: as variáveis abióticas limnológicas e pedológicas atuam como filtro que selecionam os traços funcionais e interferem na distribuição das espécies que ocorrem na lagoa. Segundo Tabosa et al. (2012), estes ambientes alagados do nordeste brasileiro tendem a formar comunidades com formas de crescimento complementares permitindo coexistência, cujos atributos funcionais devem estar sendo selecionados sob a influência de filtros bióticos, como competição por espaço, e não pelos filtros abióticos.

As características abióticas predominantes (amônia e condutividade elétrica da água, areia fina, areia grossa e capacidade de troca catiônica do sedimento) revelam um ambiente de lagoa costeira rico em nutrientes devido a concentração de amônia, sendo esta uma das formas naturais de nitrogênio disponível na água, elemento essencial para o desenvolvimento da flora aquática e equilíbrio da produtividade primária (Vilches e Giorgi 2010). A condutividade elétrica está relacionada à disponibilidade de sais e à

caracterização do ambiente quanto à disponibilidade de íons, os quais podem revelar influências (talvez por percolação) de ambientes com teor salino elevado que estejam próximos, mas que não possuem conectividade direta com o corpo hídrico ou que estejam em constante movimentação devido ao solo arenoso não consolidado característicos dos campos de dunas móveis (Souza 1988; Moiseenko et al. 2013; Beer e Joyce 2013) nesse caso o ambiente marinho, o qual encontra-se a poucos quilômetros da lagoa em questão. Quanto à granulometria (areia fina e areia grossa) esses ambientes possuem baixos teores de argila por serem formados por neossolos quartzarênicos, e por serem constantemente revolvidos pela ação eólica, estando associadas a eles as espécies que não possuem limitações quanto à ausência dos nutrientes presentes em um sedimento composto por maiores teores de argila adaptadas a tal movimentação (Moss et al. 2013, Oyeyiola et al. 2013). O resultado da CTC está diretamente relacionado à fertilidade do sedimento, pois indica a capacidade total de retenção de cátions que são disponibilizados para absorção das plantas (Shabani e Sayadi 2012).

Dentre as variáveis, amônia e areia fina influenciaram na ocorrência da espécie *Ludwigia hyssopifolia*, que segundo Bedoya e Madriñán (2014), essas espécies ocorrem sob tais condições consideradas adversas a outras plantas aquáticas. Segundo os autores, elas possuem adaptações das suas estruturas aéreas (caule e folha) com folhas distribuídas estrategicamente ao longo de um eixo no caule, assim como pela presença de raízes adventícias pneumatosas, permitindo maior flexibilidade na captação de elementos na coluna d'água favorecendo a sua ocorrência em tais ambientes.

Estudos realizados em áreas alagadas na Índia e Venezuela apontam as espécies *Cyperus aggregatus* e *Paspalum distichum* como especialistas em absorver macronutrientes do sedimento (Merkl et al. 2005; Bhattacharya et al. 2010; Lambert e Davy 2010). Os pesquisadores observaram que essas espécies preferem absorver metais pesados do sedimento aos demais macronutrientes como sódio, potássio, magnésio (elementos da CTC), possuindo uma grande capacidade de acumula-los em suas estruturas subterrâneas, isso pode explicar a relação negativa que as espécies *C. aggregatus* e *P. distichum* quanto à capacidade de troca catiônica do substrato. Este fator pode indicar que na lagoa estudada existe a presença de metais pesados, devido a ocorrência de *C. aggregatus* e *P. distichum*, para isso é necessário estudos mais aprofundados em termos de quantificação dos macronutrientes existentes no ambiente e nas espécies.

Para as variáveis de troca catiônica e condutividade elétrica, as espécies *Nymphaea rudgeana* e *N. amazonum* ocorreram devido a sua forma de crescimento ser adaptada as condições ambientais. Essas espécies de plantas aquáticas são enraizadas com folhas flutuantes, podendo absorver nutrientes tanto da coluna d'água por meio das suas partes aéreas quanto do sedimento através do seu sistema de raiz (Conard 1905; Wiersema 1987). Segundo Bornette e Puijalon (2011), o crescimento das espécies do gênero *Nymphaea* está associado pela disponibilidade de nutrientes no sedimento e, se houver desequilíbrio na demanda de nutrientes, conseqüentemente ocorrerá estresse no sistema radicular dos indivíduos, proporcionando uma diminuição no desenvolvimento da planta, como tamanhos reduzidos. Isto diferiu dos dados da presente pesquisa onde as espécies de *Nymphaea* possuíam altura e área foliar com tamanhos entre 40 - 100 cm e maior que 100 cm, revelando que na área estudada, de acordo com Monção et al. (2012) esses valores classificaram as plantas como sendo de médio a grande porte. Desta forma, o ambiente provavelmente apresenta disponibilidade suficiente de nutrientes para o desenvolvimento dessas espécies.

Já a condutividade elétrica que também influenciou a ocorrência de *Nymphaea rudgeana* e *N. amazonum*, está diretamente relacionada com a disponibilidade de sais no ambiente aquático (Moiseenko et al. 2013). De acordo com Johns et al. (2014) a salinidade reduz a capacidade das espécies ocorrerem no ambiente, selecionando as espécies funcionalmente adaptadas, nesse caso *N. rudgeana* e *N. amazonum* possuem características morfofuncionais de índice morfológico e área foliar mais adaptadas do que as demais espécies ocorrentes na lagoa.

Como os ambientes costeiros são predominantemente formados por sedimentos arenosos em processos geomorfológicos dinâmicos (Rich e Keller 2012) isto pode favorecer a colonização por espécies de ampla distribuição e pioneiras (Rolon e Maltchik 2006). Isto explica a ocorrência das espécies *Borreria verticilata*, *Eleocharis equisetoides*, *Fuirena robusta*, *Cyperus articulatus* e *Bacopa monnieri* ocorrerem nos locais com substrato composto por areia grossa, característica predominante no local. Porém, *B. verticilata* e *B. monnieri* são espécies helófitas, bastante variáveis no que diz respeito ao hábito. A sua grande tolerância a regiões de ambientes litorâneos e ao sucesso da dispersão dos seus propágulos nesses ambientes (Alves et al. 2011) favoreceu sua ocorrência a este substrato.

As demais espécies da família Cyperaceae (*E. equisetoides*, *F. robusta* e *C. articulatus*), que não foram associadas aos fatores abióticos, podem está relacionadas a

sua ampla ocorrência neotropical (Gil e Bove 2007). Em Reutemann et al. (2012) demonstraram que a ocorrência dessas espécies depende de condições e recursos equilibrados em termos intensidade luminosa e disponibilidade de nutrientes presentes na água e no sedimento.

Os grupos funcionais formados a partir dos caracteres bióticos quando foram relacionados as variáveis abióticas, mostrou que poucas espécies estavam relacionadas a estes fatores, não formando os mesmos grupos. Isso pode ter influência do efeito biótico, temporal, da dispersão no ambiente ou de estocasticidade, permitindo a formação de uma comunidade altamente variável na sua distribuição no ambiente, mesmo as espécies sendo semelhante na composição dos seus caracteres funcionais. Uma vez que os filtros abióticos foram relacionados a distribuição de poucas espécies, propõe-se que a seleção dos traços funcionais está relacionada a fatores bióticos como a coexistência no ambiente estudado.

Agradecimentos

Agradeço aos professores que participaram da elaboração do artigo; aos colegas que ajudaram com o desenvolvimento do projeto; ao Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais (UFC); e a FUNCAP (Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão de bolsa Financeira ao primeiro autor.

Referências

Alves JAA, Tavares AS, Trevisan R (2011) Composition and distribution of aquatic macrophytes in Restinga of Massiambu Lake, Área de Proteção Ambiental Entorno Costeiro, SC. *Rodriguésia* 62:785-801

Amaral CE, Bittrich V, Faria AD, Anderson LO, Aona LYS (2008) Guia de campo para plantas aquáticas e palustres do Estado de São Paulo. Ribeirão Preto: Holos

APG III (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161:105-121

- Austin MJ, Masselink G, McCall RT, Poate TG (2013) Groundwater dynamics in coastal gravel barriers backed by freshwater lagoons and the potential for saline intrusion: Two cases from the UK. *J. Mar. Syst.* 123-124:19–32
- Bedoya AM, Madriñán S (2014) Evolution of the aquatic habit in *Ludwigia* (Onagraceae): Morpho-anatomical adaptive strategies in the Neotropics. *Aquatic Botany* 102:352-362
- Beer NA, Joyce CB (2013) North Atlantic coastal lagoons: conservation, management and research challenges in the twenty-first century. *Hydrobiologia*, 701:1–11
- Bell AD, Bryan A (1991). *Plant Form: An Illustrated Guide to Flowering Plant Morphology*. Publisher: Oxford University Press
- Bhattacharya P, Samal AC, Santra JSC (2010) Uptake of Arsenic in Rice Plant Varieties Cultivated with Arsenic Rich Groundwater. *Environment Asia*, 3:34-37
- Bornette G, Puijalon S (2011) Response of aquatic plants to abiotic factors: a review. *Aquatic Sciences* 73:1-14
- Bove CP, Paz J (2009) *Guia de campo das plantas aquáticas do Parque Nacional da Restinga de Jurubatida*. Rio de Janeiro: Museu Nacional
- Bridson D, Forman L (1998) *The herbarium handbook*. Kew: Royal Botanical Garden
- Conard HS (1905) *A monograph of the genus NYMPHAEA*. The Carnegie Institution of Washington
- Cook CDK (1996) *Aquatic plant book*. Amsterdam/New York: SPB Academic Publishing
- Cornelissen JHC, Lavorel S, Garnier E, Díaz S, Buchmann N, Gurvich DE, Reich PB, TerSteege H, Morgan HD, Van Der Heijden MGA, Pausas JG, Poorter H (2003) A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 51:335-380
- Carter MR e Gregorich EG (1984) *Soil Sampling and Methods of Analysis Estados Unidos*. Department of Agriculture.
- Gil ASB, Bove CP (2007) *Eleocharis* R.Br. (Cyperaceae) no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Biota Neotropica* 7:163-193
- Grace JB (1993) The adaptive significance of clonal reproduction in angiosperms: an aquatic perspective. *Aquatic Botany* 44:159-180
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD (2001) *Past: Paleontological Statistics Software Package for education and data analysis*. *Paleontologia eletrônica* 4:1-9
- Haynes RR (1984) Techniques for collecting aquatic and marsh plants. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 71:229-231

- Holanda JLR, Vasconcelos SMS, Maia LP (2003) Aspectos hidrogeológicos da região costeira do município de Caucaia – Ceará. *Revista de Geologia* 16:7-18
- Johns C, Ramsey M, Bell D, Vaughton G (2014) Does increased salinity reduce functional depth tolerance of four non-halophytic wetland macrophyte species? *Aquatic Botany* 116: 13-18
- Keddy PA (1992) Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. *Journal of Vegetation Science* 6:157-164
- Klimesova J, Bello F (2009) CLO-PLA: the database of clonal and bud bank traits of Central European flora. *Journal of Vegetation Science* 20:511–516
- KÖppen W (1936) *Grundriss der Klimakunde*. Berlin: Walter de Gruyter
- Kotschy K, Rogers K (2008) Reed clonal characteristics and response to disturbance in a semi-arid river. *Aquatic Botany* 88:47–56
- Lambert SJ, Davy AJ (2010) Water quality as a threat to aquatic plants: discriminating between the effects of nitrate, phosphate, boron and heavy metals on charophytes. *New Phytologist* 189:1051–1059
- Lavorel S, Díaz S, Hans J, Cornelissen C, Garnier E, Sandy P, Sue H, Juli M, Pausas G, Pérez-Harguindeguy N, Roumet C, Urcelay C (2007) Plant functional types: are we getting any closer to the Holy Grail? *The IGBP Series, Springer-Verlag* 12:149-160
- Matias LQ, Amado ER, Nunes EP (2003) Macrófitas aquáticas da lagoa de Jijoca de Jericoacoara, Ceará, Brasil. *Acta bot. bras.* 17: 623-631
- McElarney YR, Rippey B (2009) A comparison of lake classifications based on aquatic macrophytes and physical and chemical water body descriptors. *Hydrobiology* 625:195–206
- Merkel N, Schultze-Kraft R, Infante C (2005) Phytoremediation in the tropics - influence of heavy crude oil on root morphological characteristics of graminoids. *Environmental Pollution* 138:86-91
- Moiseenko TI, Skjelkvale BL, Gashkina NA, Shalabodov AD, Khoroshavin VY (2013) Water chemistry in small lakes along a transect from boreal to arid ecoregions in European Russia: effects of air pollution and climate change. *Appl. Geochem.* 28:69-79
- Monção FS, Santos AM, Bini LM (2012) Aquatic macrophyte traits and habitat utilization in the Upper Paraná River floodplain, Brazil. *Aquatic Botany* 102:50–55
- Moro MF, Sousa DJL, Matias LQ (2014) Rarefaction, richness estimation and extrapolation methods in the evaluation of unseen plant diversity in aquatic ecosystems. *Aquatic Botany* 117:48–55

Moura-Júnior EG, Silva SSL, Lima LF, Lima PB, Pessoa LM, Santos-Filho FS, Medeiros DPW, Pimentel RMM, Zickel C.S (2009) Diversidade de plantas aquáticas vasculares em açudes do Parque Estadual de Dois Irmãos (Pedi), Recife-Pe. *Revista de Geografia* 26:278-293

Oyeyiola AOCM, Davidson KO, Olayinka TO, Oluseyi BI (2013) Multivariate analysis of potentially toxic metals in sediments of a tropical coastal lagoon. *Environ Monit Assess.* 185:2167–2177

Pott VJ, Pott A (2000) *Plantas aquáticas do Pantanal*. Brasília: Embrapa

Reutemann A, Lucero L, Guarise N, Vegetti AC (2012) Structure of the Cyperaceae Inflorescence. *Bot. Rev.* 78:184–204

Reveal JR, Chase MW (2011) APG III: Bibliographical Information and Synonymy of Magnoliidae. *Phytotaxa* 19:71-134

Rich A, Keller EA (2012) Watershed Controls on the Geomorphology of Small Coastal Lagoons in an Active Tectonic Environment. *Estuaries and Coasts*, 35:183–189

Rolon AS, Maltchik L (2006) Environmental factors as predictors of aquatic macrophyte richness and composition in wetlands of southern Brazil. *Hydrobiologia* 556:221–231

Sculthorpe CD (1967) *The Biology of Aquatic Vascular Plants*. London: Edward Arnold Ltd.

Shabani N, Sayadi MH (2012) Evaluation of heavy metals accumulation by two emergent macrophytes from the polluted soil: an experimental study. *Environmentalist*, 32:91–98

Tabosa AB, Matias LQ, Martins FR (2012) Life fast end die young: The aquatic macrophyte dynamics in a temporary pool in the Brazilian semiarid region. *Aquatic Botany* 102:71-78

Vale VS, Dorneles MC, Schiavini I, Mendonça ET, Almeida CG, Silva PA, Crespilho RF (2011) Grupos funcionais e sua importância ecológica na vegetação arbórea em um remanescente florestal urbano, Uberlândia, MG. *Natureza on line* 9:67-75

Van der Valk AG (1981) Succession in wetlands: a gleasonian approach. *Ecology* 62:688–696

Vilches C, Giorgi A (2010) Metabolism in a macrophyte-rich stream exposed to flooding. *Hydrobiology*, 654:57–65

Vital H, Guedes IMG (2006) Erosion of areas of oil and gas exploration along the coast of northeastern Brazil: the Guamaré hotspot, in Brebbia, C.A ed., *Environmental Problems in Coastal Regions VI including Oil Spill Studies*: Wessex Institute of Technology, Cambridge Printing, Great Britain, pp 175-182

Whittaker HR (1975) *Communities and ecosystems*. MacMillan Publishing Co., Inc., NY 61-65

Wiersema JH (1987) A monograph of *Nymphaea* Subgenus *Hydrocallis* (Nymphaeaceae). The American Society of Plant Taxonomists

Willby NJ, Abernethy VJ, Demars BOL (2000) Attribute-based classification of European hydrophytes and its relationship to habitat utilization. *Freshwater. Biology* 43:43–74

Zhang, X, Liu X, Ding Q (2012) Morphological responses to water-level fluctuations of two submerged macrophytes, *Myriophyllum spicatum* and *Hydrilla verticillata*. *Journal of Plant Ecology* 6:64–70

3 Considerações finais

Os grupos funcionais formados a partir dos caracteres bióticos quando foram relacionados as variáveis abióticas, mostrou que poucas espécies estavam relacionadas a estes fatores, não formando os mesmos grupos. Isso pode ter influência do efeito biótico, temporal, da dispersão no ambiente ou de estocasticidade, permitindo a formação de uma comunidade altamente variável na sua distribuição no ambiente, mesmo as espécies sendo semelhante na composição dos seus caracteres funcionais. Uma vez que os filtros abióticos foram relacionados a distribuição de poucas espécies, propõe-se que a seleção dos traços funcionais está relacionada a fatores bióticos como a coexistência no ambiente estudado.

4 Perspectivas futuras

Propõe-se que estudos futuros sejam realizados com maiores detalhes em relação à filogenia dos traços funcionais de plantas aquáticas, considerando fatores de coexistência que podem estar atuando na seleção dos grupos funcionais.

5 Referências

- Boschilia, S. M.; Oliveira, E. F.; Thomaz, S. M., 2008. Do aquatic macrophytes cooccur randomly? Na analysis of null models in a tropical floodplain. *Oecologia*, 156, p. 203-214.
- Casemiro, F. A. S.; Padial, A. A. 2008. Teoria neutrada biodiversidade e biogeografia: aspéctos teóricos, impáctos na literatura e perspectivas. *Oecol. Bras.*, 12(4), p. 706-719.
- Cianciaruso, M.V.; Silva, I.A.; Batalha, M.A. 2009. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades, *Biota Neotropica*, 9, p. 93-103.
- Clements, F. E. 1917. *Plant succession: an analysis of the development of vegetation*. Carnegie Institute of Washington, Washington, D.C., USA.
- Conard, H. S. 1905. A monograph of the genus NYMPHAEA. The Carnegie Institution of Washington, 218p.
- Diamond, J. M. 1975. Assembly of species communities. Pp. 342-444. In: *Ecology and Evolution of Communities* (Cody, M. L.; Diamond, J. M., eds.) Havard University Press, Massachusetts: 342-444).
- Díaz, S.; Cabido, M. 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology & Evolution*, 16(11) p. 646–655.
- Gleason, H. A. 1927. Further Views on the Succession-Concept. *Ecology* 8, p.299–326.
- Hubbell, S. P. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton University, Princeton, p. 448.
- Humboldt, A. F. von. 1808. *Ansichten der Natur*. Disponível em: <http://gutenberg.spiegel.de/buch/ansichten-der-natur-4756/1> (Ultimo acesso em 18/12/2014).
- Hutchinson, G.E., 1957. Concluding Remarks. *Yale University*, New Haven - Connecticut, p. 415 - 427.
- Hutorowicz , A.; Dzedzic, J. 2008. Long-term changes in macrophyte vegetation after reduction of fish stock in a shallow lake. *Aquatic Botany*, 88(3) p. 265-272.
- Juge, R.; Lachavanne, J.B. 1992. Patterns and regulation of plant diversity in lacustrine ecotones. Biodiversity in land-inland water ecotones. Congress of the International Association of Theoretical and Applied Limnology, Barcelona, Spain. 18, 308p.
- Keddy, P.A. 1992. Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. *Journal of Vegetation Science*, 6(5), p. 157-164.

Knoppers, B. 1994. Aquatic primary production in coastal lagoons. Pp. 243-286. In: Coastal lagoon processes (Kjerfve, B., ed.). Amsterdam: Elsevier Oceanographic Series 60.

Kotschy, K. & K. Rogers, 2008. Reed clonal characteristics and response to disturbance in a semi-arid river. *Aquatic Botany* 88:47–56.

Lavorel, S.; Díaz, S; Hans, J.; Cornelissen, C.; Garnier, E.; Sandy, P; Sue, H.; Juli, M.; Pausas, G.; Pérez-Harguindeguy, N.; Roumet, C.; Urcelay, C. 2007. Plant functional types: are we getting any closer to the Holy Grail? *The IGBP Series, Springer-Verlag*, 12(12), p. 149-160.

Les, D. H.; Peredo, E. L.; Benoit, L. K.; Tippery, N. P.; King, U. M.; Sheldon, S. P. 2013. Phylogeography of *najas gracillima* (hydrocharitaceae) in north america and its cryptic introduction to california. *American Journal of Botany*, 100(9), p. 1905–1915.

MacArthur, R. H.; Wilson, E. O. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University, Princeton, p. 224.

Matias, L.Q.; Amado, E. R.; Nunes, E.P. 2003. Macrófitas aquáticas da lagoa de Jijoca de Jericoacoara, Ceará, Brasil. *Acta bot. bras.* 17(4), p. 623-631.

Monção F. S.; Santos A. M. Dos; Bini, L. M. 2012. Aquatic macrophyte traits and habitat utilization in the Upper Paraná River floodplain, Brazil. *Aquatic Botany*, 102, p. 50–55.

Petchey, O. L.; Gaston, K. J. 2006. Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters*, 9, p. 741–758.

Qian, H. 2001. Floristic analysis of vascular plant genera of North America north of Mexico: spatial patterning of phytogeography. *Journal of Biogeography*, 28, p. 525-534.

Schrama, M.; Berg, M. P.; Olf, H. 2012. Ecosystem assembly rules: the interplay of green and brown webs during salt marsh succession. *Ecology*, 93(11), p. 2353–2364.

Suzuki, M. S.; Figueiredo, R. O.; Caastro, S. C.; Silva, C. F.; Pereira, E. A.; Silva, J. A.; Aragon, G. T. 2002. Sand bar opening in a coastal lagoon (Iquipari) in the northern region of Rio de Janeiro state: hydrological and hydrochemical changes. *Brazilian Journal of Biology*, 62, p. 51-62.

Tofts, R.; Silvertown, J., 1999. A phylogenetic approach to community assembly from a local species pool. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 267, p. 363-369.

Vale, V.S.; Dorneles, M.C.; Schiavini, I.; Mendonça, E.T.; Almeida, C.G.; Silva, P.A.; Crespilho, R.F. 2011. Grupos funcionais e sua importância ecológica na vegetação

arbórea em um remanescente florestal urbano, Uberlândia, MG. *Natureza on line*, 9(2), p. 67-75.

Van der Valk, A.G., 1981. Succession in wetlands: a gleasonian approach. *Ecology* 62(3), p. 688–696.

Willby, N.J., Abernethy, V.J., Demars, B.O.L., 2000. Attribute-based classification of European hydrophytes and its relationship to habitat utilization. *Freshwater Biology*, 43, p. 43–74.

Wilson, J. B. 2004. Assembly rules in plant communities, pp. 130-164. In: *Ecological Assembly Rules – Perspectives, advances, retreats* (Weither, E. Keddy, P., eds.) Cambridge: Cambridge University Press.

Wilson, J. B.; Gitay, H., 1995. Limitations to species coexistence: evidence for competition from field observations, using a patch model. *Journal of Vegetation Science*, 6, p. 369-376.