



RELAÇÃO DAS ESPÉCIES ARBÓREAS DO ECOSSISTEMA MANGUEZAL COM OS PADRÕES FÍSICO-QUÍMICOS DE SOLO: ESTUÁRIO DO RIO MACAÍPE, IPOJUCA – PE

Fátima Verônica Pereira Vila Nova¹

Mariana Pêsoa Coelho²

Maria Fernanda Abrantes Torres³

RESUMO

As características físico-químicas do solo refletem processos globais e locais que influenciam na distribuição das formações vegetais. Nesse estudo, foi investigada a existência de padrões físico-químicos de solo associados às espécies arbóreas dos manguezais, por meio de análises físico-químicas do solo nas espécies *Rizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia schaueriana* e *Conocarpus erectus*. Posteriormente, foi realizada a Análise dos Componentes Principais, utilizando a correlação de Pearson. Os componentes principais em *R. mangle* foram a capacidade de troca catiônica, soma das bases e argila; em *L. racemosa*, o hidrogênio, areia grossa e magnésio; em *A. schaueriana*, a capacidade de troca catiônica, fósforo e silte; em *C. erectus*, o potássio, cálcio e areia grossa. Os resultados sugerem padrões físico-químicos do solo nas espécies. *Rizophora mangle* e *A. schaueriana* exibiram características físicas do solo semelhantes e atributos químicos distintos, do mesmo modo que *L. racemosa* e *C. erectus*. A disponibilidade de nutrientes e a capacidade de troca catiônica foram significativas para *R. mangle* e *A. schaueriana*, o pH, para *L. racemosa* e a composição granulométrica para *C. erectus*, sugerindo um padrão físico-químico do solo.

Palavras-chave: Nutrição de Plantas; *Rizophora Mangle*; *Laguncularia Racemosa*; *Avicennia Schaueriana*; *Conocarpus Erectus*.

ABSTRACT

The Relationship of Mangrove Ecosystem Tree Species with Physical and Chemical Soil Pattern: Maracaípe River Estuary, Ipojuca – PE. Soil physicochemical characteristics reflect global and local processes influencing the distribution of plant formations. In this study, the existence of soil physicochemical patterns associated with mangrove tree species was investigated

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE, Recife, PE, Brasil. E-mail para correspondência: veronica.vn@hotmail.com

² Secretaria de Educação de Pernambuco, Professora. Av. Afonso Olindense, 1513, Várzea, Recife – PE, Brasil. E-mail para correspondência: maripc14@gmail.com

³ Universidade Federal de Pernambuco, Professor Adjunto IV – Departamento de Ciências Geográficas; Avenida Acadêmico Hélio Ramos, S/N, Cidade Universitária, Recife – PE, Brasil. E-mail para correspondência: daetorres@hotmail.com

by means of physicochemical analysis of the soil in the species *Rizhophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia schaueriana* and *Conocarpus erectus*. Principal Component Analysis was later performed using Pearson's correlation. The main components were the cation exchange capacity, sum of bases and clay in *R. mangle*; hydrogen, coarse sand and magnesium in *L. racemosa*; cation exchange capacity, phosphorus and silt in *A. schaueriana*; potassium, calcium and coarse sand in *C. erectus*. The results suggest soil physicochemical patterns in the species. *R. mangle* and *A. schaueriana* showed similar soil physical characteristics and different chemical attributes, just as *L. racemosa* and *C. erectus*. Nutrient availability and cation exchange capacity were significant for *R. mangle* and *A. schaueriana*, and hydrogenionic potential for *L. racemosa* and granulometric composition for *C. erectus*, suggesting a physicochemical soil pattern.

Keywords: Plant Nutrition; *Rizhophora Mangle*; *Laguncularia Racemosa*; *Avicennia Schaueriana*; *Conocarpus Erectus*.

INTRODUÇÃO

Os processos que determinam os padrões das populações e comunidades nos ecossistemas têm sido foco histórico de pesquisas ecológicas, com o intuito de entender as causas ambientais atuantes nesses modelos. Os estudos sobre os manguezais apontam o clima, salinidade e flutuações das marés como fatores que definem a distribuição desse ecossistema em escala global, onde o gradiente de inundação e de nutrientes são atributos que influenciam nas características estruturais e funcionais em escala local (Lugoe Snedaker, 1974; Ball, 1980; Ellison, 2002).

A complexa dinâmica do manguezal dificulta o entendimento sobre as interações em várias escalas. A macroecologia, campo emergente da ecologia, explora os efeitos dos processos de grande escala sobre os padrões locais, como a zonação das espécies arbóreas desse ecossistema (Ellison, 2002). Desse modo, é oportuno pesquisas para o avanço do conhecimento nessa área.

As características físico-químicas do solo refletem processos globais e locais, como a dinâmica atmosférica e a atuação de microrganismos, que influenciam na distribuição das formações vegetais. Alguns estudos abordaram aspectos fitossociológicos e nutricionais (Souza *et al.*, 1996; Madi *et al.*, 2015), metais pesados (Ramosse Geraldo, 2007), mineralogia e geoquímica de sedimentos (Bêrredo *et al.*, 2008), o regime hídrico com as relações nutricionais (Cuzzuol e Rocha, 2012) e, principalmente, a composição físico-química dos solos e de folhas das espécies arbóreas do manguezal (Cuzzuol e Campos, 2001; Rossi e Mattos, 2002; Prada-Gamero *et al.*, 2004; Bernini *et al.*, 2006; Bernini e Rezende, 2010).

Recentemente, vários pesquisadores realizaram estudos considerando a relação das características físico-químicas do solo e a distribuição das espécies vegetais do ecossistema manguezal e constataram que, em curto prazo, a temperatura pode ser um fator chave nas mudanças na composição das comunidades de manguezais, pois está diretamente relacionada à produção de pólen e florescimento (Xia *et al.*, 2015), e que a diminuição no aporte de água doce também

promove mudanças na zonação (Ranjan *et al.*,2015). O presente estudo teve como objetivo reconhecer a relação dos padrões físico-químicos do solo com as espécies arbóreas encontradas nos manguezais do estuário do rio Maracáipe, em Ipojuca – PE.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estuário do rio Maracáipe está situado no município de Ipojuca/PE, Brasil (Figura 1), abrangendo uma área de 3.335 ha. O rio Maracáipe, assim como o rio Merepe, o riacho Canoas e os rios Tapera e Arimbi, são os constituintes principais da bacia dos grupos de pequenos rios litorâneos que drenam para este ecossistema costeiro (Cprh, 2001).

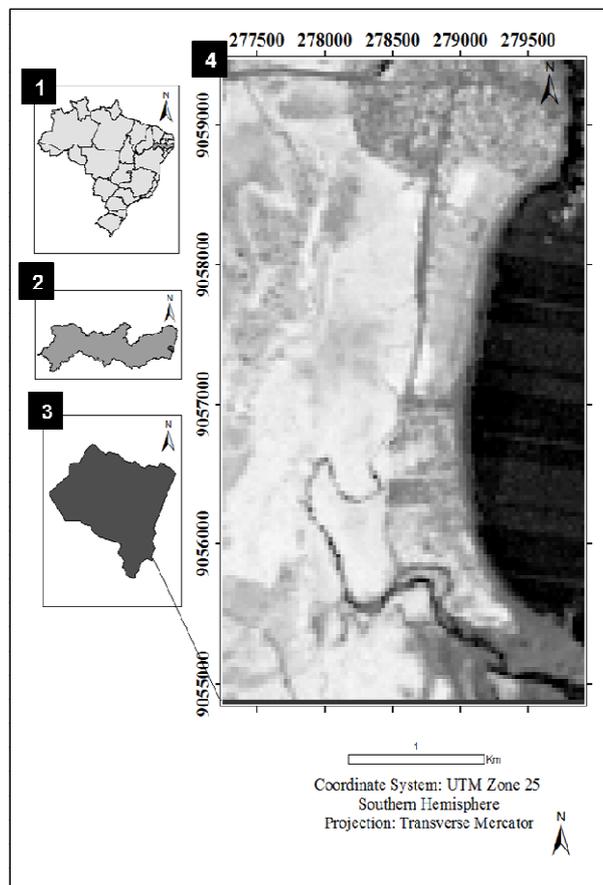


Figura 1. Localização espacial da área de estudo. 1-Brasil; 2-Estado de Pernambuco; 3-Estuário do rio Maracáipe, município de Ipojuca; 4-Área de estudo.

O clima no litoral sul de Pernambuco é o As', segundo a classificação de Köppen, com chuvas de inverno antecipadas para o outono, precipitação média de 1.800 mm, alto índice de

radiação solar e evaporação, típico das regiões tropicais (Cprh, 2001).

Análise Físico-química do Solo

Para a análise, foram considerados três setores: o setor I, com a presença das quatro espécies (*Rhizophora mangle* L., *Laguncularia racemosa* (L.) C.F.Gaertn, *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechm. ex Moldenke e *Conocarpus erectus* L.); o setor II, com predomínio de *R. mangle* e *L. racemosa*; o setor III, de *R. mangle*, nos quais foram coletadas amostras compostas de solo de cada uma na primeira campanha, realizada em setembro de 2011, e na segunda, em fevereiro de 2012, época de menor e maior precipitação, respectivamente. As amostras das duas campanhas foram coletadas nos mesmos locais. Foi estabelecido o mínimo de três amostras para cada espécie em cada setor, no entanto, no setor III, foram coletadas apenas duas amostras devido às dificuldades de acesso ao local (Tabela 1 e Figura 2).

Tabela 1. Espécies e número de amostras compostas de solo por campanha no estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.

Espécies	Nº amostras compostas de solo, set/2011	Nº amostras compostas de solo, fev/2012
<i>Rhizophora mangle</i>	8	8
<i>Laguncularia racemosa</i>	6	6
<i>Avicennia schaueriana</i>	3	3
<i>Conocarpus erectus</i>	3	3

Para cada amostra composta, foram selecionadas 15 árvores de uma mesma espécie com porte semelhante e coletados solo de cada indivíduo, com um amostrador confeccionado em tubo de plástico PVC de 20 cm de comprimento por 10 cm de diâmetro e espessura de 0,5 cm. Posteriormente, esse material foi colocado em um balde, misturado com pá e embalado em saco plástico limpo, de 0,5 kg, peso mínimo exigido pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) para a realização das análises.

Posteriormente, cada amostra foi acondicionada em isopor com gelo e conduzida ao IPA, localizado na cidade de Recife, capital pernambucana, para as análises físico-químicas. Todas as 40 amostras foram submetidas à análise granulométrica e determinação de: Areia grossa; Areia fina; Argila; Silte; Fósforo (P); Cálcio (Ca); Magnésio (Mg); Sódio (Na); Potássio (K); Alumínio (Al); Hidrogênio (H); Soma das bases (S); Capacidade de Troca Catiônica (CTC); Saturação por bases (v); Saturação por alumínio (m); Potencial hidrogeniônico (pH). Os métodos utilizados para essas

análises estão pormenorizadamente descritos em Embrapa (1997). As ferramentas (amostrador, balde e pá) foram devidamente limpas entre cada amostra coletada.

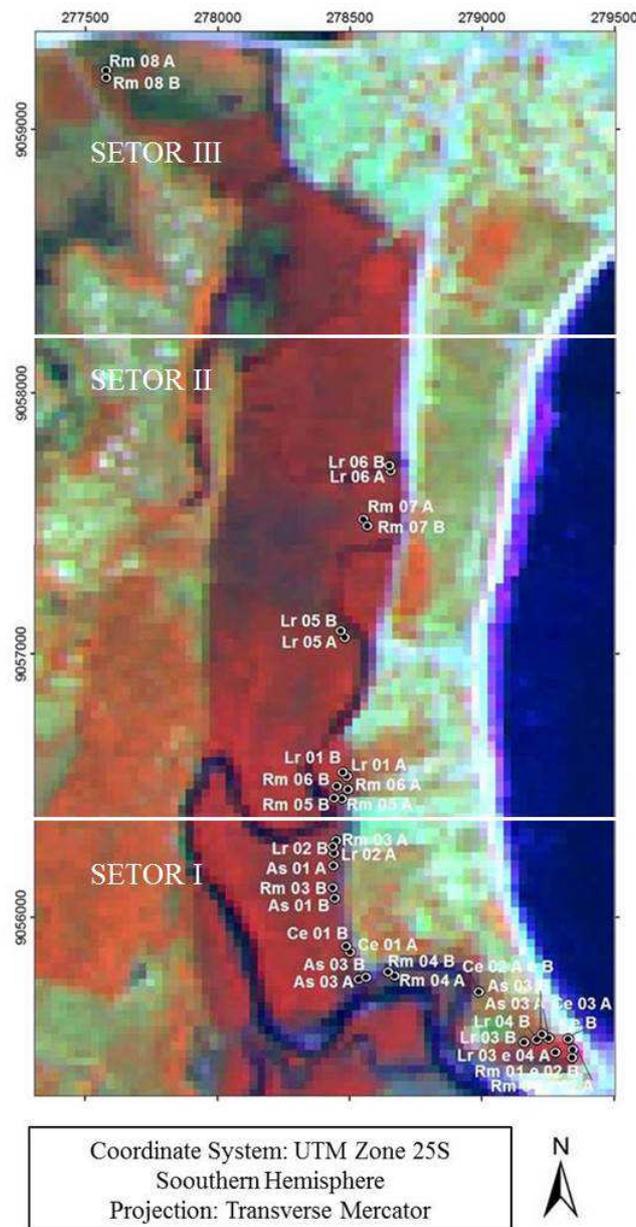


Figura 2. Localização espacial dos pontos de coleta. Rm: *Rhizophora mangle*; Lr: *Laguncularia racemosa*; As: *Avicennia schaueriana*; Ce: *Conocarpus erectus*. A: setembro/2011; B: fevereiro/2012.

Identificação de Padrões das Características Físico-químicas do Solo Associados às Espécies Vegetais do Manguezal

Para a identificação dos padrões físico-químicos do solo associados às espécies arbóreas do manguezal, foi realizada a Análise dos Componentes Principais (ACP) e, para isto, foi formada uma matriz com os dados, que foram padronizados para reduzir os efeitos das diferentes medidas. Logo,

foi realizada uma análise multivariada, efetuando uma associação das amostras através da similaridade, utilizando os dados abióticos e as espécies, baseado na correlação de Pearson. Posteriormente, foram extraídos os autovalores da matriz de dispersão, associando a cada um desses autovalores, autovetores, os quais correspondem aos eixos principais do espaço multidimensional. O primeiro eixo principal descreve a maior dimensão elipsoide multidimensional, enquanto que os eixos principais seguintes passam por dimensões sucessivas gradativamente menores (Legendre e Legendre, 1998). O software utilizado para as análises foi o Numerical Taxonomic System (NTSYS).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Análise dos Componentes Principais em *Rhizophora mangle*, os autovalores das duas primeiras dimensões explicaram 58,98% da variação total, sendo 41,03% correspondente à primeira e 17,95%, à segunda. A terceira foi de 14,84%, totalizando 73,83% das variáveis que envolvem as dezesseis amostras da espécie. As componentes principais na dimensão um (D1) com valores positivos foram a CTC, V, Areia grossa, H e S, e os negativos foram o Ca, K, pH, e Areia fina. Na dimensão dois (D2), o S explicou os principais valores em detrimento dos valores de m e Al. Na dimensão três (D3), os principais valores estão relacionados à Argila, opostamente ao Mg (Tabela 2).

A partir da análise dos componentes principais, observou-se que as características físicas parecem ter a mesma importância que as químicas na espécie *R. mangle*. Vannucci (1999) afirma que ambos determinam o crescimento e saúde dos manguezais, mas para Schaeffer-Novelli (1991), essa espécie ocorre preferencialmente em zonas dominadas por silte.

A relação inversa entre a CTC, V, Areia grossa, H e S, e o Ca, K, pH, e Areia fina indicam um solo arenoso e ácido, como descrito por Ronquim (2010) ao analisar as características dos solos tropicais. O autor observou, que quando “há pequenas quantidades de cátions, como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} , saturando as cargas negativas dos colóides e que a maioria delas está sendo neutralizada por H^{+} e Al^{3+} ”, o solo apresentou-se ácido e arenoso. A relação antagônica das componentes principais da dimensão dois ratifica essas características.

Tabela 2. Análise dos Componentes Principais na espécie *Rhizophora mangle* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.

PARÂMETROS	D1	D2	D3
Areia Grossa	0.7422	0.4456	0.221
Areia fina	-0.7129	-0.3999	-0.1908
Silte	-0.551	-0.3912	-0.3600
Argila	0.1014	0.2489	0.7123
P	0.1103	0.3369	0.3996
pH	-0.7264	-0.0565	0.0905
Ca	-0.8356	0.0181	0.1272
Mg	-0.6203	0.3517	-0.5533
Na	-0.6014	0.3876	-0.4739
K	-0.7267	0.4609	-0.4105
Al	0.4943	-0.6528	-0.2769
H	0.7249	-0.5165	-0.2183
S	0.6659	0.5064	-0.5006
CTC	0.7978	0.264	-0.5044
V	0.7638	0.463	-0.2829
m	0.4976	-0.6794	-0.2456

O predomínio de areia no solo revela outra peculiaridade para essa espécie, a ação das águas das marés. Segundo Firme (2010), a distribuição das frações de areia é influenciada pela movimentação da maré dentro da transeção, que permite também a reciclagem de nutrientes e dos materiais orgânicos.

Rhizophora mangle é considerada uma espécie intolerante a longos períodos secos, com predileção por ambientes com solos inundados (Fróis-Abreu, 1939; Rey e Rutledge, 2001; Schaeffer-Novelli, 2002; Duke e Allen, 2005). A presença constante de água e menor oscilação das marés em um determinado local aumentam a disponibilidade de nutrientes (Lugo e Snedaker, 1974), o que pode justificar a colonização dessa espécie, preferencialmente, em ambientes com tais características.

Para a espécie *Laguncularia racemosa*, os autovalores das duas primeiras dimensões explicaram 65,91% da variação total, sendo 42,99% correspondente à primeira e 22,92%, à segunda. A terceira foi de 19,10%, totalizando 85,02% das variáveis que envolvem as doze amostras da espécie.

As componentes principais na dimensão um (D1) estão relacionadas com o H, CTC, Al, m, S e Ca, Argila e Na, inversamente proporcional ao pH. Na dimensão dois (D2), a Areia grossa explicou os principais valores em detrimento dos valores de Areia fina e Silte. Na dimensão três (D3), os principais valores estão relacionados ao Mg, K e V (Tabela 3). Os dados indicam que as componentes principais na D1 estão associadas aos parâmetros químicos e, na D2, aos parâmetros

físicos. A dimensão D3 não sugere uma interpretação, o que se justifica pela baixa contribuição desta dimensão para a explicação da variabilidade dos dados.

Tabela 3. Análise dos Componentes Principais na espécie *Laguncularia racemosa* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.

PARÂMETROS	D1	D2	D3
Areia Grossa	0.1678	0.9492	0.1058
Areia fina	-0.3924	-0.8554	-0.1147
Silte	0.4319	-0.7599	0.0066
Argila	0.653	0.0522	-0.4734
P	-0.1825	0.4221	0.1911
pH	-0.8628	-0.3475	-0.1825
Ca	0.7689	-0.2739	-0.4979
Mg	-0.1566	-0.4978	0.8143
Na	0.6481	-0.6125	0.1544
K	0.4366	-0.4656	0.6813
Al	0.891	-0.0273	-0.4344
H	0.9328	0.0337	-0.0511
S	0.8001	0.0445	0.5716
CTC	0.9259	0.0430	0.3631
V	0.368	0.4819	0.7072
m	0.8849	0.0557	-0.4353

A relação negativa do pH com as outras componentes principais (H, CTC, Al, m, S e Ca, Argila e Na) da dimensão 1 é coincidente com o processo descrito por Souza *et al.* (1996). Os autores observaram que a diminuição do potencial hidrogeniônico num solo com muita matéria orgânica resultou em altos valores de CTC, o que favorece a manutenção da fertilidade e solubilidade de micronutrientes (Mello, 1983; Ronquim, 2010).

Pereira (1990) discorre que a fertilidade dos solos também interfere na estrutura da vegetação de ecossistemas associados ao manguezal, como a restinga, sendo assim, possui papel fundamental na manutenção dos ecossistemas costeiros de Mata Atlântica, pois detém a reserva de nutrientes (P, S, Ca, Mg, K e Na), melhora a capacidade de retenção de água, influencia o pH, eleva a capacidade de troca catiônica (CTC), evitando, assim, a lixiviação de cátions (Zech *et al.*, 1997).

A diminuição do pH também provoca a intemperização da argila e liberação do alumínio (Al), conforme Osaki (1991). O alumínio (Al), em solos ácidos, ajuda na fixação do fósforo (P), nutriente fundamental para o crescimento das plantas (Braga, 2010). Vale ressaltar que o alumínio (Al), em altas concentrações, pode prejudicar as plantas ao comprometer o desenvolvimento do sistema radicular, mas, em solos com pH 5,5, perde a sua toxicidade devido à sua precipitação na forma de óxido de alumínio (Braga, 2012).

Para Odum e Heald (1972), o pH não determina a distribuição das espécies vegetais dos manguezais devido às variações de marés, no entanto, nesse estudo e nas pesquisas realizadas por Tomlinson (1986) e por Cuzzuol e Campos (2001), a influência é evidente. As componentes principais da dimensão dois (D2) reforçam a relevância dessa variável para *Laguncularia racemosa* (Tabela 3).

As componentes principais Areia grossa, com relação direta, e Areia fina, Silte e Na, com relação inversa, são descritas na literatura para solos arenosos na medida em que apresentam maior concentração dessa partícula sólida na composição total (Lepsch, 2010). Um solo arenoso apresenta menor capacidade de reter matéria orgânica e nutrientes, devido aos poros maiores que facilitam a percolação das águas para as camadas mais profundas, além de possuir rápido aquecimento e pH ácido (Reinert e Reichert, 2008; Bernini *et al.*, 2010).

O atributo ácido do solo arenoso possivelmente facilita a obtenção de nutrientes para *L. racemosa*, dado que preferem a parte mais interna do bosque, geralmente com solos arenosos, e apresentam menor tolerância à intensidade das marés e a longos períodos de inundação (Miller e Lugo, 2009). A presença dessa espécie em solos arenosos é citada por outros autores, como Jiménez (1985), Jiménez e Sauter (1991) e Schaeffer-Novelli (2002).

Para a espécie *Avicennia schaueriana*, os autovalores das duas primeiras dimensões explicaram 75,22% da variação total, sendo 50,35% correspondente à primeira e 24,87%, à segunda. A terceira foi de 10,91%, totalizando 86,13% das variáveis que envolvem as seis amostras da espécie.

As Componentes Principais na dimensão um (D1) estão diretamente relacionados com a CTC, H, S, V e Areia grossa e inversamente proporcionais aos valores de pH e Ca. Na dimensão dois (D2), o P em detrimento ao Mg e Silte na dimensão três (D3), os principais índices positivos estão relacionados com o K e Silte, e os negativos com a Argila. Os dados indicam que as componentes principais nas D1 e D2 estão associadas aos parâmetros químicos, e, na D3, predominou os parâmetros físicos (Tabela 4).

Tabela 4. Análise dos Componentes Principais na espécie *Avicennia schaueriana* no manguezal do estuário do rio Maracaípe, Ipojuca/PE.

PARÂMETROS	D1	D2	D3
Areia Grossa	0.7184	0.6294	0.1727
Areia fina	-0.6676	-0.5843	-0.3283
Silte	-0.5040	-0.7443	0.4199
Argila	-0.6187	0.4486	-0.5801
P	0.317	0.8106	0.2729
pH	-0.9448	0.1669	0.1633
Ca	-0.9137	0.3545	0.0763
Mg	0.2881	-0.8423	0.1623
Na	-0.5017	-0.5855	-0.0478
K	0.4777	-0.3021	0.6952
Al	0.5991	-0.4495	-0.5445
H	0.8900	-0.2102	-0.1894
S	0.8884	0.0171	-0.0555
CTC	0.9231	-0.0126	-0.0768
V	0.8781	-0.1925	-0.1604
m	0	0	0

O gênero *Avicennia* é considerado um dos mais tolerantes às oscilações ambientais (Schaeffer-Novelli, 1995), e a produção anual de um grande número de propágulos flutuantes que se dispersam amplamente tem sido apontada como o principal fator da capacidade de *Avicennia* crescer e reproduzir-se através de uma ampla gama de condições climáticas, salinas e das marés (Duke *et al.*, 1998).

As componentes principais da dimensão 1 indicam uma forte correlação negativa entre a CTC e o pH. Como visto anteriormente, há um aumento na disponibilidade e na manutenção de nutrientes em solos ácidos (Mello, 1983; Ronquim, 2010), sugerindo a ocorrência de *A. schaueriana* em áreas mais férteis. De acordo com Bernini *et al.* (2006), essa espécie apresenta taxa maior de decomposição de material orgânico, melhor reciclagem e disponibilidade de nutrientes, corroborando com a relação encontrada no presente estudo.

As componentes principais da dimensão dois podem estar relacionadas ao crescimento e produção de frutos, pois, como postula Grant *et al.* (2001), o P é indispensável nesse processo, e a sua fixação é favorecida na presença de areia grossa (Braga, 2010). Para Oliveira *et al.* (1996), é provável que os nutrientes não limitem o crescimento dos mangues devido ao aporte contínuo de água do mar. No entanto, Madi *et al.* (2015) constataram que as espécies vegetais dos manguezais apresentam estratégias distintas na aquisição e uso dos nutrientes. Essas táticas podem refletir em crescimento e produção de frutos diferenciados.

Um estudo desenvolvido por Yates *et al.* (2002) atestou que um dos principais efeitos da

disponibilidade do P é na expansão foliar, que apresenta correlação direta com o crescimento da planta. Os autores averiguaram que, dentre os gêneros de mangue, a *Avicennia* apresentou maior taxa de expansão foliar. Afirmaram, ainda, que as respostas diferenciadas das espécies refletem seus nichos ecológicos, corroborando com os resultados encontrados em Maracápe.

Na espécie *Conocarpus erectus*, os autovalores das duas primeiras dimensões explicaram 87,45% da variação total, sendo 77,77% correspondente à primeira e 9,67%, à segunda. A terceira foi de 6,05%, totalizando 93,50% das variáveis que envolvem as seis amostras da espécie.

Os dados indicam que as componentes principais na dimensão 1 (D1) estão diretamente relacionados com a Areia Grossa, K, Na, Mg e Silte, e inversamente com a Areia Fina, P, pH e Ca. As componentes principais na D1 estão associadas aos parâmetros físicos e químicos, as dimensões D2 e D3 não sugerem uma interpretação, o que se justifica pela baixa contribuição dessas dimensões para a explicação da variabilidade dos dados (Tabela 5).

Tabela 5. Análise dos Componentes Principais na espécie *Conocarpus erectus* no manguezal do estuário do rio Maracápe, Ipojuca/PE.

PARÂMETROS	D1	D2	D3
Areia Grossa	0.9231	0.0672	0.1960
Areia fina	-0.9469	-0.0672	-0.0892
Silte	0.7269	0.0403	-0.6817
Argila	0	0	0
P	-0.9158	-0.3557	-0.0711
pH	-0.8925	-0.3548	-0.0662
Ca	-0.6380	0.7244	-0.0827
Mg	0.9054	-0.2816	-0.0887
Na	0.9536	-0.0251	0.0755
K	0.9752	-0.0578	0.0630
Al	0	0	0
H	0	0	0
S	0	0	0
CTC	0	0	0
V	0	0	0
m	0	0	0

Os dados estão em consonância com a literatura, que descreve a presença da espécie nos setores mais altos dos manguezais, afastados das margens, na borda do ecossistema, sem a influência direta das marés e com a presença de sedimentos arenosos (Schaeffer-Novelli, 1995; Vannucci, 1999).

Para Schaeffer-Novelli (2002), solos arenosos são típicos dos sítios com a espécie *C. erectus*, que necessita de poucos nutrientes, o que permite o seu desenvolvimento em solos lixiviados, processo peculiar a esses ambientes. No entanto, os resultados mostram uma relação

direta da Areia grossa, com o Silte, K, Na, Mg, que deveriam apresentar relação inversa, na medida em os solos arenosos apresentam maior percolação das águas e carreamento dos nutrientes. Cuzzuol e Rocha (2012) também observaram maiores concentrações desses nutrientes em sítios mais afastados das inundações sazonais das marés. Essa relação parece refletir a contribuição do silte na manutenção dos macronutrientes nessas áreas.

Esses resultados sugerem padrões nas características físico-químicas do solo para cada espécie. No entanto, é prudente ampliar a análise no espaço e tempo para atestar os resultados encontrados, bem como complementar com outras análises, a exemplo das relações interespecíficas, que podem auxiliar na compreensão desses padrões e no estabelecimento ou não de zonação. Todavia, as propriedades físico-químicas do solo representam um dos fatores ambientais mais importantes na distribuição espacial e na estrutura de florestas tropicais costeiras (Cuzzuol e Campos, 2001; Espírito Santo *et al.*, 2002; Carvalho *et al.*, 2005; Bernini *et al.*, 2006; Yimer *et al.*, 2006; Rodrigues *et al.*, 2007).

CONCLUSÕES

Os dados indicaram certos padrões físico-químicos do solo para as espécies arbóreas encontradas nos manguezais do estuário do Rio Macaípe, em Ipojuca – PE. No solo dos sítios de *R. mangle* e *A. schaueriana*, os atributos físicos foram semelhantes, e os químicos foram distintos, e do mesmo modo ocorreu no solo dos sítios de *L. racemosa* e *C. erectus*. A disponibilidade de nutrientes e a capacidade de troca foi significativa para *R. mangle* e *A. schaueriana*, o pH, para *L. racemosa* e a composição granulométrica, para *C. erectus*.

REFERÊNCIAS

- ABOHASSAN, A.; TEWFIK, S. F. A.; EL WAKEEL, A. O. 2010. Effect of thinning on the above ground biomass of (*Conocarpus erectus* L.) trees in the western region of Saudi Arabia. *JKAU: Met., Env. & Arid Land Agric. Sci.*, **21**(1):3-17.
- BALL, M. C. 1980. Patterns of secondary succession in a mangrove forest of south Florida. *Oecologia*, **44**:226-235.
- BERNINI, E. et al. 2006. Composição química do sedimento e de folhas das espécies do manguezal do estuário do rio São Mateus, Espírito Santo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, **29**(4):689-699.
- BERNINI, E.; REZENDE, C. E. 2010. Concentração de nutrientes em folhas e sedimentos em um manguezal do norte do estado do Rio de Janeiro. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, **2**:1-10.

- BÊRREDO, J. F. et al. 2008. Mineralogia e geoquímica de sedimentos de manguezais da costa amazônica: o exemplo do estuário do rio Marapanim (Pará). **Revista Brasileira de Geociências**, **38**:24-35.
- BRAGA, G. N. M. 2009. Os nutrientes das plantas - Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S). Disponível em: <<http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2009/05/os-nutrientes-das-plantas-3-calcio-ca.html>>. Acesso em: 20 mar. 2014.
- _____. 2010. As funções do Fósforo para as plantas. Disponível em: <<http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2010/04/as-funcoes-do-fosforo-para-as-plantas.html>>. Acesso em: 10 abr. 2016.
- BRAGA, G. N. M. 2012. O pH do solo e a disponibilidade de nutrientes. Disponível em: <<http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2012/01/o-ph-do-solo-e-disponibilidade-de.html>>. Acesso em: 10 abr. 2016.
- CARVALHO, D. A. et al. 2005. Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de uma floresta ombrófila alto-montana às margens do rio Grande, Bocaina de Minas, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, **19**:91-109.
- CINTRÓN-MOLERO, G.; LUGO, A. E.; MARTINEZ, R. 1985. Structural and functional properties of mangrove forests. In : W. G. D'Arcy; A. M. D. Correa (Orgs.). **The botany and natural history of Panama**. St. Louis, M. O.: Missouri Botanical Garden, p. 53-68.
- CPRH, Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco. 2001. Diagnóstico socioambiental do litoral sul de Pernambuco. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/2diagnostico_ambiental.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2014.
- CUZZUOL, G. R. F.; CAMPOS, A. 2001. Aspectos nutricionais na vegetação de manguezal do estuário do rio Mucuri, Bahia, Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, **24**(2):227-234.
- CUZZUOL, G. R. F.; ROCHA, A. C. 2012. Interação do regime hídrico com as relações nutricionais em ecossistema manguezal. **Acta Botanica Brasilica**, **26**:11-19.
- DUKE, N. C.; BALL, M. C.; ELLISON, J. C. 1998. Factors Influencing Biodiversity and Distributional Gradients in Mangroves. **Global Ecology and Biogeography Letters**, **7**:27-47.
- DUKE, N. C.; ALLEN, J. A. 2005. *Rhizophora mangle*, *R. samoensis*, *R. racemosa*, *R. harrisonii* (Atlantic-East Pacific red mangrove) *Rhizophoraceae* (mangrove family). **Species Profiles for Pacific Island Agroforestry**, **1**:01-18.
- ELLISON, A. M. 2002. Macroecology of mangroves: large-scale patterns and processes in tropical coastal forests. **Trees**, **16**(2):181-194.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1997. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA CNPS, 212p.

- ESPÍRITO-SANTO, F. D. B. et al. 2002. Variáveis ambientais e a distribuição de espécies arbóreas em um remanescente de floresta estacional semidecídua montana no campus da Universidade Federal de Lavras, MG. **Acta Botanica Brasilica**, **16**:331-356.
- FRÓIS-ABREU, S. 1939. Observações sobre a Guiana Maranhense. **Revista Brasileira de Geografia**, **1**:26-54.
- GUEDES, D.; BARBOSA, L. M.; MARTINS, S. E. 2006. Composição florística e estrutura fitossociológica de dois fragmentos de floresta de restinga no Município de Bertioga, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, **20**:299-311.
- GRANT, C. A. et al. 2001. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Potafos – Informações Agrônomicas**, **95**(set):1-5.
- JIMÉNEZ, J. A. 1985. *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. White mangrove. Combretaceae. Combretum family. **Unesco, SO. ITF. SM**, **3**:4.
- JIMÉNEZ, J. A.; SAUTER, K. 1991. Structure and dynamics of mangrove forests along a flooding gradient. **Estuaries**, **14**(1):49-56.
- LEGENDRE, P., LEGENDRE, L. 1998. **Numerical ecology**. 2. ed. Amsterdam: Elsevier, 853p.
- LEPSCH, I. F. 2010. **Formação e conservação do solo**. 2.ed. São Paulo: Oficina de textos, 216p.
- LUGO, A. E.; SNEDAKER, S. C. 1974. The ecology of mangroves. **Annual Review of Ecology and Systematic**, **5**:39-64.
- MADI, A. P. L. M.; BOEGER, M. R. T.; REISSMANN, C. B. 2015. A composição química do solo e das folhas e eficiência do uso de nutrientes por espécie de manguezal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, **19**(5):433-438.
- MILLER, G. L.; LUGO, A. E. 2009. **Guide to the Ecological Systems of Porto Rico**. Gen. Tech. Rep. IITF-GTR-35. San Juan, PR: United States Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 444p.
- ODUM, W. E.; HEALD, E. J. 1972. Trophic analyses of an estuarine mangrove community. **Bulletin of Marine Science**, **22**(3):671-738.
- OLIVEIRA, S. S.; FREITAS, H. M.; ACCIOLY, M. C. 1996. Composição química das folhas de *Avicennia germinans* (L.) Stearn, *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. F. e *Rhizophora mangle* (L.) e solo do manguezal do rio Mucuri-BA, sob ação de resíduos industriais. **Sitientibus**, **15**:133-150.
- OSAKI, F. 1991. **Calagem e adubação**. Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 503p.
- PEREIRA, O. J. 1990. Caracterização fisionômica da restinga de Setiba, Guarapari-ES. In: 2º SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA: ESTRUTURA, FUNÇÃO E MANEJO, Águas de Lindóia, ACIESP, p. 207-220.

- PRADA-GAMERO, R. M.; VIDAL-TORRADO, P.; FERREIRA, T. O. 2004. Mineralogia e físico-química dos solos de mangue do rio Iriri no Canal de Bertiooga (Santos, SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, **28**:233-243.
- RAMOS, M. G. M.; GERALDO, L. P. 2007. Avaliação das espécies de plantas *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* como bioindicadoras de poluição por metais pesados em ambientes de mangues. **Engenharia Sanitária Ambiental**, **12**(4):440-445.
- RANJAN, R. K. et al. 2015. Sediment biomarker profiles trace organic matter input in the Pichavaram mangrove complex, southeastern India. **Marine Chemistry**, **171**:44-57.
- REINERT, D. J. et al. 2008. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de planta de cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, **32**:1806-1816.
- REY, J. R.; RUTLEDGE, C. R. 2001. Mangrove. **Institute of Food and Agricultural Sciences**, **660**:1-5.
- RODRIGUES, L. A. et al. 2007. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Luminárias, MG. **Revista Árvore**, **31**:25-35.
- RONQUIM, C. C. 2010. **Conceitos de Fertilidade do Solo e Manejo Adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 30p.
- ROSSI, M.; MATTOS, I. F. A. 2002. Solos de Mangue do Estado de São Paulo: caracterização química e física. **Revista do Departamento de Geografia**, **15**:101-113.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1995. **Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 64p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 2002. **Grupo de ecossistemas: manguezal, marisma e apicum**. São Paulo. 119p. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/meio/guias/5round/refere/manguezal_marisma_apicum.pdf> Acesso em 29/06/2016.
- SOUZA, H. F. et al. 1996. Alguns aspectos fitossociológicos e nutricionais do manguezal da ilha de Pati-Bahia-Brasil. **Sitientibus**, **15**:151-165.
- SUGUIO, K. 1982. **Rochas sedimentares: propriedades, gênese e importância econômica**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 500p.
- TOMLINSON, P. B. 1986. **The botany of mangroves**. New York: Cambridge University Press, 170p.
- VANNUCCI, M. 1999. **Os Manguezais e nós: Uma síntese de percepções**. São Paulo: Edusp, 253p.
- VON LINSINGEN, L.; CERVI, A. C. 2007. *Conocarpus erectus* Linnaeus, nova ocorrência para a flora do Sul do Brasil. **Adumbrationes Ad Summæ Editionem**, **12**:26.

- WIEND, T. 2007. Otimização da produção. **Informações Agronômicas**, **117**(mar):19-21.
- XIA, P. et al. 2015. Mangrove development and its response to environmental change in Yingluo Bay (SW China) during the last 150 years: stable carbon isotopes and mangrove pollen. **Organic Geochemistry**, **85**:32-41.
- YATES, E. J.; ASHWATH, N.; MIDMORE, D. J. 2002. Responses to nitrogen, phosphorus, potassium and sodium chloride by three mangrove species in pot culture. **Trees**, **16**(2):120–125.
- YIMER, F.; LEDIN, S.; ABDELKADIR, A. 2006. Soil property variations in relation to topographic aspect and vegetation community in the south-eastern highlands of Ethiopia. **Forest Ecology and Management**, **232**:90-99.
- ZECH, W. et al. 1997. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, **79**:117-161.