

INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Fluminense

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MODALIDADE PROFISSIONAL

IDENTIFICAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMAs)
ASSOCIADOS AOS VEGETAIS DO MANGUE DE PEDRA, ARMAÇÃO DOS
BÚZIOS, RJ (BRASIL) E USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)
COMO FERRAMENTA AUXILIAR PARA O MONITORAMENTO

THAÍS DE OLIVEIRA BOMFIM

Macaé - RJ

2019

THAÍS DE OLIVEIRA BOMFIM

IDENTIFICAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMAs)
ASSOCIADOS AOS VEGETAIS DO MANGUE DE PEDRA, ARMAÇÃO DOS
BÚZIOS, RJ, (BRASIL) E USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)
COMO FERRAMENTA AUXILIAR PARA O MONITORAMENTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, área de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Avaliação, Gestão e Conservação Ambiental.

Orientador: Dr. Victor Barbosa Saraiva

Macaé - RJ

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

- B695i Bomfim, Thaís de Oliveira, 1990-.
Identificação de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) associados aos vegetais do Mangue de Pedra, Armação dos Búzios, RJ, (Brasil) e uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) como ferramenta auxiliar para o monitoramento / Thaís de Oliveira Bomfim. — Campos dos Goytacazes, RJ, 2019. xiv, 57 f.: il. color.
- Orientador: Victor Barbosa Saraiva, 1976-.
- Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Campos dos Goytacazes, RJ, 2019.
Inclui referências.
1. Micologia - Armação de Búzios (RJ). 2. Plantas do manguezal - Armação de Búzios (RJ). 3. Drone. I. Saraiva, Victor Barbosa, 1976-, orient. II. Título.

CDD

577.6980287

23.ed.

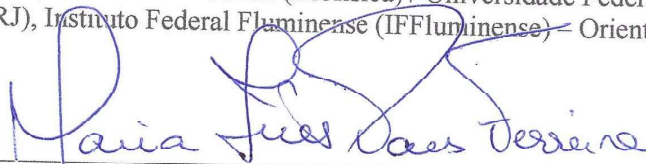
Dissertação intitulada IDENTIFICAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMAs) ASSOCIADOS AOS VEGETAIS DO MANGUE DE PEDRA, ARMAÇÃO DOS BÚZIOS, RJ (BRASIL) E USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) COMO FERRAMENTA AUXILIAR PARA O MONITORAMENTO, elaborada por **Thaís de Oliveira Bomfim** e apresentada, publicamente perante a Banca Examinadora, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense - IFFluminense, na área concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Avaliação, Gestão e Conservação Ambiental.

Aprovado em: 16 de outubro de 2019.

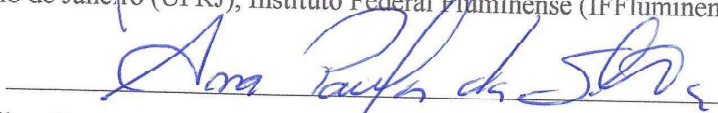
Banca Examinadora:



Victor Barbosa Saraiva, Doutor em Ciências (Biofísica) / Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Instituto Federal Fluminense (IFFluminense) Orientador



Maria Inês Paes Ferreira, Doutora em Ciência e Tecnologia de Polímeros / Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Instituto Federal Fluminense (IFFluminense)



Ana Paula da Silva, Doutora em Ecologia e Recursos Naturais / Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ)

DEDICATÓRIA

Aos meus avós, Almir, Leci e Aramy; e aos meus pais,
Luiz Almir e Monica, por acreditarem na educação de
qualidade!

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida, pelas bênçãos e graças concedidas até aqui.

Aos meus amados avós e ao meu avô José Luiz de Oliveira (*in memoriam*), por serem os modelos em que procuro me espelhar sempre, por serem meu alicerce, por sempre apoiarem minhas decisões, pelo amor incondicional e por terem me ensinado a ser nobre, na essência da palavra.

Aos meus pais pelo amor, educação, incentivo e apoio irrestrito. A vocês que, muitas vezes, renunciaram aos seus sonhos para que eu pudesse realizar o meu, partilho a alegria deste momento.

Ao meu noivo, Fabrício por toda ajuda, amor, carinho, companheirismo, conselhos, dedicação, incentivo, paciência e por me ensinar a ver o lado bom de tudo o que acontece. Obrigada por acreditar que sou capaz e alimentar os meus sonhos!

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense pelo apoio, paciência, suporte e aulas enriquecedoras. Ao *campus* Cabo Frio por ter me acolhido.

Ao meu orientador, Victor Saraiva por toda paciência, ideias, dicas e orientações oportunas ao longo desta jornada. E a professora, Maria Inês pelas orientações que enriqueceram este trabalho.

Ao querido professor, Ocimar Ferreira por toda ajuda e conhecimento transmitido.

Aos caros colegas do LEMAM, por todas as orientações oportunas: Cláudio, Eduardo, Jorge, Joyce, Mateus, Rafaela e Victor. Aos amigos que o LEMAM me proporcionou, Giovanni Redon e Monique Ribeiro por toda ajuda, amizade, companheirismo, ensinamentos, paciência e tempo despendido ao longo destes meses. Em especial, ao meu caro amigo Giovanni pela amizade, ensinamentos compartilhados, paciência, perfeccionismo, piadas sem graça e disponibilidade em me ajudar em todos os momentos, tornando a realização deste trabalho possível. Muito obrigada por tudo!

Aos meus companheiros de curso, pela amizade, atenção, fidalguia e paciência demonstrados. Em especial: Adolfo Ramos, Bárbara Barcellos, ClarissaVieira, Letícia Ribeiro, Ronald Rocha, Thamylla Rodrigues, Verônica Ramos e Yandressa Karine que se tornaram grandes amigos. Muito obrigada por estarem ao meu lado ao longo desta caminhada árdua, por suportarem meus problemas e serem meu ponto de paz!

As minhas queridas amigas: Bárbara, Letícia e Verônica. Obrigada por se fazerem sempre presente apesar da distância e do dia a dia corrido! Obrigada por toda atenção, carinho, dicas, otimismo, paciência, preocupações, puxões de orelha, mas acima de tudo obrigada por serem muito mais do que eu poderia merecer. Amo muito vocês meus presentinhos!

Ao meu caro amigo, Álvaro Domingues por sempre acreditar e me incentivar ao longo destes anos de amizade colaborando em todos os momentos oportunos.

E por fim, ao meu eterno amor canino, Mequetrefe. Ao meu filho de quatro patas, Neguinho, por toda alegria, pulos e lambejos ao chegar tarde em casa depois de horas no LEMAM ou dias fora de casa. E ao meu tio canino, Chicão, o cachorro de rua adotado mais educado e amoroso que eu poderia ter conhecido!

EPÍGRAFE

“Eis o meu segredo: só se vê bem com o coração. O essencial é invisível aos olhos. Os homens esqueceram essa verdade, mas tu não a deves esquecer. Tu te tornas eternamente responsável por aquilo que cativas.”

(Antoine de Saint-Exupéry – O Pequeno Príncipe)

LISTA DE FIGURAS – ARTIGO CIENTÍFICO 1

Figura 1 – Carta Imagem – Localização do Mangue de Pedra, Armação dos Búzios – RJ.....	10
Figura 2 – A – Praia Gorda em 2009. B – Praia Gorda em 2019.....	11
Figura 3 – A – Mangue de Pedra em 2009. B – Mangue de Pedra em 2019.....	12
Figura 4 – Praia Gorda, Armação dos Búzios - RJ. A – B: Dois belos exemplares de <i>Avicennia schaueriana</i> (mangue preto). C – D: Exemplar de <i>Avicennia schaueriana</i> visto a uma altura de 15 metros. E – F: Extensão da Praia Gorda, onde há uma descarga de água doce do aquífero Barreiras (cuja infiltração se dá na parte alta das paleofalésias), na beira do mar.....	13
Figura 5 – Mangue de Pedra, Armação dos Búzios - RJ. A – D: Um dos acessos ao Mangue de Pedra. E – F: Praia com a areia coberta de pedras, onde ergue-se o manguezal de franja formado por mangue preto e branco.....	14
Figura 6 – Área de ocupação urbana no entorno do Mangue de Pedra, Armação dos Búzios – RJ.....	15

LISTA DE FIGURAS – ARTIGO CIENTÍFICO 2

Figura 1 – A – Mangue de Pedra com a primeira preia-mar de 1,1 m. B – Raízes respiratórias (ou pneumatóforos) de <i>Avicennia schaueriana</i> no Mangue de Pedra.....	32
Figura 2 – Estruturas de FMA em raízes de <i>Avicennia schaueriana</i> coletadas no Mangue de Pedra, Armação dos Búzios – RJ. A – Vesícula (VES) e Arbúsculo (ARB) (1000x); B – ARB (1000x); C – ARB, Esporo (ESP) e Hifa do Esporo (HES) (1000x); D – Hifas Intraradicular (HIR) e ARB (1000x); E – F – HIR e ARB (400x).....	35
Figura 3 – Alguns dos tipos de glomerosporos extraídos do solo coletado No Mangue de Pedra, Armação dos Búzios – RJ.....	38
Figura 4 – Espécie de FMA em solo coletado no Mangue de Pedra sob diferentes ângulos. Todas as imagens sob lente de aumento de 400x.....	39
Figura 5 – Espécie de FMA em solo coletado no Mangue de Pedra sob diferentes ângulos. Todas as imagens sob lente de aumento de 400x.....	40

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo 1 – Porcentagem (%).....	9
Símbolo 2 – Micro (μ).....	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALERJ – Assembleia Legislativa do Rio de Janeiro.

APA – Área de Proteção Ambiental.

C – Carbono.

CAT – Catalase.

Cd – Cádmiio.

CDVCF - Centro de Diversidade Vegetal de Cabo Frio.

CLP – Controladores Lógicos Programáveis.

cm – centímetro.

CO₂ – Dióxido de Carbono.

Cu – Cobre.

DSE - *Dark Septate Endophytes*.

DSEF – Fungos endofíticos septados escuros.

FMA – Fungo Micorrízico Arbuscular.

FPSO – *Floating Production Storage and Offloading*.

g – grama.

GSH – Glutathiona.

ha – hectare.

HCl – Ácido clorídrico.

IB/UFRJ – Instituto de Biologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.

IEAPM – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira.

IFFluminense – Instituto Federal Fluminense.

IFRJ – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro.

INEA – Instituto Estadual do Ambiente.

INVAM – *International Culture Collection of Arbuscular Mycorrhizal Fungi*.

km² – quilômetro quadrado.

KOH – Hidróxido de potássio.

LEMAM – Laboratório de Ecotoxicologia e Microbiologia Ambiental.

m – metro.

MA – Micorriza Arbuscular.

mm – milímetro.

MP – Ministério Público.

MPF – Ministério Público Federal.

m/s – metros por segundo.

nº – número.

NE – Nordeste.

Ni – Níquel.

P – Fósforo.

PECS – Parque Estadual da Costa do Sol Anita Mureb.

PFO – Polifenol oxidases.

PPEA – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

PMAB – Prefeitura Municipal de Armação dos Búzios.

RJ – Rio de Janeiro.

rpm – rotações por minuto.

S-SW – Sul-Sudoeste.

SC – Santa Catarina.

SIGABI – Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade.

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.

SOD – Superóxido dismutase.

TAC – Termo de Ajustamento de Conduta.

UC – Unidade de Conservação.

UENF – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

UFLA – Universidade Federal de Lavras.

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

VANT – Veículo Aéreo Não Tripulado.

Zn – Zinco.

µm – micrômetro.

°C – Graus Celcius.

**IDENTIFICAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMAs)
ASSOCIADOS AOS VEGETAIS DO MANGUE DE PEDRA, ARMAÇÃO DOS BÚZIOS, RJ
(BRASIL) E USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) COMO
FERRAMENTA AUXILIAR PARA O MONITORAMENTO**

RESUMO

Área de raro valor ambiental, científico e social, o “Mangue de Pedra”, se destaca dos demais pela singularidade de sua ocorrência, pois se desenvolve em área sujeita à maré, porém em substrato arenoso e sem a presença de rios para aporte de água doce. É um dos últimos manguezais que ainda resta na localidade e apenas um dos três últimos exemplares existentes no mundo. Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizado: (i) uma revisão bibliográfica sistemática com a finalidade de levantar informações atuais no cenário local acerca do tema, tanto para questões ambientais quanto técnico-científicas; (ii) identificação das áreas consideradas prioritárias para a revegetação da área degradada e monitoramento do Mangue de Pedra através de imagens obtidas por veículo aéreo não tripulado (VANT); e a (iii) verificação da ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e fungos endofíticos em solo e raízes de plântulas de mangue coletados no Mangue de Pedra. As raízes foram clarificadas e coradas segundo a técnica apresentada por Souza e Guerra (1998) – adaptada e UFLA (2015). A extração de esporos foi realizada pelo método de decantação, seguido de peneiramento úmido de acordo com Gerdermann e Nicolson (1963). Então, os esporos foram separados, seguido da preparação das lâminas com água para observação em microscópio óptico. Os resultados indicaram que o solo do manguezal e as raízes de *Avicennia schaueriana* coletados estavam colonizados apenas por FMAs. Estes resultados se tornam relevantes à medida que poucos estudos têm sido conduzidos sobre a presença de FMAs e fungos endofíticos (DSE) em manguezais em todo mundo. Acredita-se que estes fungos sejam alternativas promissoras quando se trata de biorremediação em áreas de manguezais impactados e na proteção de espécies vegetais em ambientes sob estresse (como inundações, salinidade e alta luminosidade).

Palavras-chave: FMAs. Fungos Endofíticos. Micorriza. Manguezal. Mangue de Pedra.

IDENTIFICATION OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI (AMF) ASSOCIATED WITH THE VEGETABLES OF MANGUE DE PEDRA VEGETABLES, ARMAÇÃO DOS BÚZIOS, RJ (BRAZIL) AND USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) AS AN AUXILIARY TOOL FOR MONITORING

ABSTRACT

*An area of rare environmental, scientific and social value, the "Mangue de Pedra" stands out from the rest because of its unique occurrence, since it develops in an area subject to the tide, but in sandy-rocky substrate and without the presence of rivers for fresh water supply. It is one of the last mangroves left in the area and only one of the last three in the world. For the development of this work was carried out: (i) a systematic bibliographic review in order to gather current information in the local scenario on the subject, both for environmental and technical-scientific issues; (ii) identification of areas considered a priority for revegetation of the degraded area and monitoring of the Mangue de Pedra through images obtained by an unmanned aerial vehicle (UAV); and (iii) verification of the occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and endophytic fungi in soil and roots of mangrove seedlings collected from the Mangue de Pedra. The roots were clarified and stained according to the technique presented by Souza and Guerra (1998) - adapted and UFLA (2015). Spore extraction was performed by the decantation method, followed by wet screening according to Gerdermann and Nicolson (1963). Then, the spores were separated, followed by preparation of the slides with water for observation under an optical microscope. The results indicated that the mangrove soil and the collected *Avicennia schaueriana* roots were colonized only by AMF. These results become relevant as few studies have been conducted on the presence of AMF and endophytic fungi (DSE) in mangroves worldwide. These fungi are believed to be promising alternatives when it comes to bioremediation in impacted mangrove areas and the protection of plant species in stressed environments (such as floods, salinity and high luminosity).*

Keywords: *AMF. Endophytic Fungi. Mycorrhiza. Mangrove. Mangue de Pedra.*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE SÍMBOLOS.....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	ix
RESUMO.....	xi
<i>ABSTRACT</i>	xii
APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	01
ARTIGO CIENTÍFICO 1 CARACTERIZAÇÃO DO MANGUE DE PEDRA, ARMAÇÃO DOS BÚZIOS – RJ PARA O MONITORAMENTO ATRAVÉS DE IMAGENS OBTIDAS POR VANT.....	09
INTRODUÇÃO.....	09
MATERIAL E MÉTODOS.....	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
CONCLUSÃO.....	16
AGRADECIMENTOS.....	16
REFERÊNCIAS	16
ARTIGO CIENTÍFICO 2 IDENTIFICAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMAs) ASSOCIADOS AOS VEGETAIS DO MANGUE DE PEDRA, ARMAÇÃO DOS BÚZIOS, RJ (BRASIL) E USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) COMO FERRAMENTA AUXILIAR PARA O MONITORAMENTO.....	18
1. INTRODUÇÃO.....	20
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	21
2.1. Biorremediação.....	21
2.1.1 Fitorremediação.....	23
2.1.2. Rizorremediação.....	24
2.2. Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs).....	25
2.3. “ <i>Dark Septate Endophytes</i> ” – DSE (Fungos endófitos).....	28
3. MATERIAL E MÉTODO.....	30
3.1. Área de estudo.....	30
3.2. Metodologia de amostragem do solo e plantas para estudo.....	32
3.3. Extração e identificação de esporos.....	33
3.4. Avaliação das raízes de <i>Avicennia</i> sp.....	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34

4.1. Identificação de estruturas fúngicas em raízes de <i>Avicennia</i> sp.....	34
4.2. Colonização de raízes de <i>Avicennia</i> sp. por FMA.....	36
4.3. Tipos de glomerosporos encontrados no solo.....	36
5. CONCLUSÃO.....	40
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA APRESENTAÇÃO.....	54

APRESENTAÇÃO

Em novembro de 2011, um vazamento de petróleo foi detectado nas proximidades do Campo de Frade, na Bacia de Campos, no litoral do Rio de Janeiro. O vazamento de óleo foi causado por falhas técnicas, durante a perfuração de um poço de petróleo, operado pela petrolífera americana Chevron. O acidente resultou na poluição do leito do mar com 3.700 barris de petróleo (OLIVEIRA; BARBOSA, 2019)¹. Em março de 2012, novos vazamentos de óleo voltaram a ocorrer no local.

A petrolífera Chevron tem um histórico de desastre ambiental por ter contaminado grandes áreas da Amazônia equatoriana, no período de 1964 a 1990. Pelo menos 30 mil pessoas, entre camponeses e indígenas, foram afetadas. Diferentemente do Equador, os tribunais brasileiros praticamente inocentaram a multinacional pelos danos causados ao ecossistema marinho. Houve apenas uma penalidade irrisória de R\$95 milhões em compensações ambientais², podendo logo retomar suas atividades de exploração e transporte de petróleo (OLIVEIRA; BARBOSA, 2019).

Na última década, a Petrobras ampliou significativamente seus investimentos na área de exploração e produção de petróleo e gás natural na Bacia de Santos³, desde a prospecção de novos reservatórios até a implantação de plataformas e gasodutos para viabilizar a extração desses recursos (PETROBRAS/MINERAL ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE, 2017).

Os vazamentos acidentais de combustível e/ou óleo cru no mar podem atingir áreas de manguezais, contaminando e impactando esses ambientes, que são extremamente sensíveis. A partir da avaliação de dispersão do óleo para o Projeto Etapa 3 (estudos de modelagem), verificou-se que diversas áreas de manguezais têm possibilidade de serem atingidas, caso ocorra acidentes com vazamento (PETROBRAS/MINERAL ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE, 2017).

As duas formas como o óleo causa impactos nos manguezais estão ligadas ao recobrimento (efeito físico) e aos efeitos tóxicos (efeito químico) sobre os organismos vivos naquele ambiente. Se o acidente estiver relacionado ao vazamento de combustível, pelo fato de ser um óleo mais leve, o principal impacto será o efeito tóxico nos organismos vivos. Se for óleo cru, como aquele oriundo dos *Floating Production Storage Offloading* (FPSOs), por ser mais pesado, o principal impacto será o recobrimento dos organismos presentes no local (PETROBRAS/MINERAL ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE, 2017).

¹ As referências contidas nesta apresentação encontram-se na seção “Referências Bibliográficas da Apresentação”.

² Os danos causados ao ecossistema marinho, foram reduzidos, na prática, a um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC).

³ Situa-se na Região Sudeste do país, parte marinha e costeira entre o litoral de Cabo Frio (RJ) e Florianópolis (SC).

O recente vazamento de óleo no litoral nordestino já é considerado o maior acidente ambiental em extensão e duração no país. Desde 30 de agosto de 2019, resíduos de petróleo cru invadem as praias da região (OLIVEIRA; BARBOSA, 2019). Segundo o mais recente balanço do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2019) atualizado no dia 17 de novembro de 2019, 643 localidades já foram afetadas pelo óleo, em 116 municípios de 10 estados. No total, nove estados do Nordeste já foram afetados, além do Espírito Santo, primeiro estado da Região Sudeste a ser atingido pelo óleo, no dia 07 de novembro (OLIVEIRA; BARBOSA, 2019).

Catorze unidades de conservação federais marinhas já foram atingidas pelo óleo que contamina o litoral nordestino, segundo monitoramento do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), órgão do Ministério do Meio Ambiente. São Áreas de Proteção Ambiental, Áreas de Relevante Interesse Ecológico, Parques Nacionais, Reservas Biológicas e Reservas Extrativistas (GIRARDI; EMIR, 2019). E para além dos impactos que afetam toda a Região Nordeste do Brasil, e esse constitucional patrimônio nacional que é a zona costeira, tem-se os danos Estado a Estado.

O óleo chegou a manguezais em pelo menos três Estados (GRAGNANI, 2019). Segundo Santos (2019) a mancha de óleo se espalhou por praias e mangues da costa nordeste e já chegou a áreas marinhas protegidas como o Parque Nacional de Abrolhos, um dos principais bancos de corais e berço de biodiversidade marinha do Atlântico Sul.

No Laboratório de Genética e Biotecnologia Vegetal do Instituto de Biologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IB/UFRJ), o biólogo geneticista Marcio Alves-Ferreira vem se dedicando a estudos que podem, no futuro, gerar um kit diagnóstico para o monitoramento das áreas costeiras ameaçadas por derramamento de óleo (GUATIMOSIM, 2018). Em alguns dos experimentos realizados no laboratório, o pesquisador Alves-Ferreira (2018) constatou que:

Quando a *Laguncularia racemosa* (mangue branco), uma das principais espécies de árvore que compõem os manguezais, é exposta ao petróleo, sofre um processo de impermeabilização, resultando na hipóxia, ou seja, incapacidade da planta de realizar as trocas gasosas, em receber oxigênio, o que decorre em grandes problemas metabólicos. Outro impacto decorrente da impermeabilização é causado pelo estresse ao calor, pois, como as trocas gasosas são reduzidas, a planta não consegue baixar sua temperatura, o que prejudica a produção de enzimas e proteínas, levando a espécie a expressar genes que respondem ao calor.

Alves-Ferreira (2018) explica que “essas plantas não têm a capacidade evolutiva para lidar com o petróleo, já que esse evento não faz parte do histórico de estresse a que geralmente estão submetidas, como inundações, salinidade e alta luminosidade”. Com a planta sob estresse, “o bioma passa a sofrer por conta de seu estado” (ALVES-FERREIRA, 2018). Isso se deve ao fato de as plantas cessarem sua atividade de crescimento e deixarem de se reproduzir, sem produzir novas raízes ou folhas, flores e

sementes. Com a ausência dessa produção, os animais vão deixar a região afetada, e em curto prazo será possível notar uma redução no pescado, afetando toda a cadeia alimentar.

Além do mais, não haverá novas plantas para substituir as que morreram. O próximo estágio é o impacto crônico. No qual, quando o petróleo começar a se decompor, moléculas que podem ser nocivas irão ser liberadas (ALVES-FERREIRA, 2018). Logo, os animais que entrarem em contato com as moléculas dissolvidas podem apresentar respostas de deformação de tecidos e órgãos, levando à morte. E, se não morrerem, isso pode ser transferido na cadeia alimentar.

Segundo definição de Schaeffer-Novelli (1995) o manguezal constitui um:

Ecosistema costeiro, de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característicos de regiões tropicais e subtropicais, sujeito ao regime de marés. É constituído de espécies vegetais lenhosas típicas (angiospermas), além de micro e macroalgas (criptógamas), adaptadas à flutuação de salinidade e caracterizadas por colonizarem sedimentos predominantemente lodosos, com baixos teores de oxigênio. Ocorre em regiões costeiras abrigadas e apresenta condições propícias para alimentação, proteção e reprodução de muitas espécies animais, sendo considerado importante transformador de nutrientes em matéria orgânica e gerador de bens e serviços.

Os manguezais desempenham um importante papel na produtividade primária da zona costeira. E, por essa razão, constituem-se em ecossistemas complexos, sendo um dos mais férteis e diversificados do planeta. A sua biodiversidade faz com que essas áreas se constituam em grandes “berçários” naturais, tanto para as espécies típicas, como para animais, aves, peixes, moluscos e crustáceos, que encontram neste ambiente as condições ideais para reprodução, eclosão, criadouro e abrigo (SOFFIATI, 2011).

Os manguezais ainda contribuem com a redução da vulnerabilidade da zona costeira às mudanças climáticas. A presença desses sistemas pode reduzir a vulnerabilidade da zona costeira à ocorrência de tempestades e eventos extremos e a inundações, além de promover a retenção de sedimentos que contribui para compensar parcialmente a elevação do nível do mar e reduzir a vulnerabilidade a processos erosivos (ICMBio, 2018).

Em relação à dinâmica dos sedimentos costeiros, a vegetação dos manguezais serve para fixar os solos, pois suas raízes funcionam como filtros na retenção dos sedimentos, impedindo a erosão e contribuindo para a estabilização da linha de costa (SOFFIATI, 2011). As raízes constituem ainda importante banco genético para a recuperação de áreas degradadas, por exemplo, como aquelas por metais pesados.

A instabilidade do solo, provocada pela alta acidez, alta salinidade e a baixa concentração de oxigênio, faz com que as espécies vegetais que ali ocorram possuam adaptações morfológicas, fisiológicas e ecológicas específicas para se estabelecerem e sobreviverem em tal ambiente (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995; KATHIRESAN; BINGHAM, 2001). Por isso, os manguezais apresentam estruturação relativamente simples e baixa diversidade de espécies, quando comparada com outras florestas tropicais (KATHIRESAN, 2008).

Apesar de sua importância, os manguezais no Brasil são vulneráveis a uma série de ameaças, tais como a perda e fragmentação da cobertura vegetal, a deterioração da qualidade dos habitats aquáticos, devido sobretudo à ocupação, à poluição e às mudanças na hidrodinâmica, o que tem promovido a diminuição na oferta de recursos dos quais muitas comunidades tradicionais e setores dependem diretamente para sobreviver (ICMBio, 2018). Destaca-se a pesca artesanal, o extrativismo, a coleta de mariscos e o turismo.

Em antagonismo, tem-se a relação direta entre comunidades tradicionais litorâneas e os manguezais. É notório, como já observado por Diegues (1987), que estas comunidades desenvolveram um modo de vida em que as atividades econômicas, sociais e culturais dependem fundamentalmente, direta e indiretamente, desses ecossistemas e dos ciclos biológicos que neles se desenvolvem.

O município de Armação dos Búzios, localizado no estado do Rio de Janeiro (Brasil), abriga um dos últimos manguezais que ainda resta na localidade e apenas um dos três últimos exemplares de mangue de pedra existentes no mundo (MEHDI; SOUZA, 2012). Os outros dois estão localizados no Recife e no Japão. Área de raro valor ambiental, científica (botânica, geomorfológica, hidrogeológica, paleoambiental, sedimentar e tectônica), além de interesse histórico/cultural pela presença de comunidades remanescentes de quilombolas na área (MANSUR *et al.*, 2012). Segundo Oliveira (2007), o “Mangue de Pedra” se destaca dos demais pela singularidade de sua ocorrência, pois se desenvolve em área sujeita à maré, porém em substrato roc e sem a presença de rios para aporte de água doce.

O manguezal é abastecido por água doce de origem subterrânea (Aquífero do Mangue de Pedra), proveniente da infiltração das águas pluviais na área da Rasa e do Arpoador da Rasa. Este lençol d'água flui pelas areias, cascalhos e lamas. O aquífero deve-se manter em equilíbrio dinâmico com o ecossistema local, por isso, evitar a contaminação da água subterrânea, proteger sua área de recarga, impedir o desmatamento da mata nativa e a ocupação desordenada tornam-se cruciais para a conservação desta região singular (REBELO, 2013).

Apesar da presença de resíduos sólidos presos às raízes das árvores trazidos por correntes marinhas, o manguezal da Praia Gorda não exhibe fisionomia alterada por tensores antrópicos (REBELO, 2013). Em áreas circunvizinhas ao Mangue de Pedra são observadas as mais variadas formas de intervenção antrópica, das quais se destacam: abertura de estradas, assentamentos humanos irregulares, avanço imobiliário acentuado, constante retirada de pedras, desmatamento da vegetação de restinga, poluição e etc. (MANSUR, 2010, p. 96-132; MEHDI; SOUZA, 2012; REBELO, 2013).

A ação contínua dos agentes antrópicos constitui um fator que pode dificultar o desenvolvimento do ecossistema ou mesmo torná-lo mais vulnerável aos distúrbios naturais aos quais está sujeito (LUGO; SNEDAKER, 1974).

Pela importância incontestável do “bioma Mangue de Pedra” e seu entorno, o movimento ambientalista/quilombola/cientistas defende a criação de uma Unidade de Conservação de Proteção Integral e, entre estas estão o Monumento Natural/Parque Municipal, a fim de: (i) preservar o Mangue de Pedra e proteger o patrimônio da biodiversidade de fauna e flora, o patrimônio geológico e o patrimônio histórico/cultural oriundo das populações tradicionais da região; (ii) preservar espécies raras e endêmicas, ameaçadas de extinção e insuficientemente estudadas; (iii) incentivar o turismo científico e cultural; (iv) preservar e recuperar os remanescentes de Mata Atlântica e os recursos hídricos; e (v) preservar o Mangue de Pedra em benefício das atuais e futuras gerações, reconhecendo sua relevância para o desenvolvimento socioeconômico da região. Sugere-se também a inclusão da parte marinha na Unidade de Conservação (UC) e a criação da “Reserva Extrativista Marinha do Mangue de Pedra” (MEHDI; SOUZA, 2012).

A recente criação da Área de Proteção Ambiental Municipal Mangue de Pedra (APA Mangue de Pedra) é considerada hoje uma proposta atrasada por ser menos restritiva e de uso sustentável (GOMES, 2018). No site da Prefeitura Municipal de Armação dos Búzios (PMAB) consta a informação distorcida de que a instituição desta APA é uma “antiga aspiração” da população local e de ambientalistas, o que provocou apreensão devido aos referidos considerarem a UC – APA, um “instrumento frágil do ponto de vista da preservação, por não ser de proteção integral, como o Monumento Natural” (GOMES, 2018).

Em abril de 2019, a Petrobras apurou a causa do terceiro vazamento de óleo no ano que atingiu cinco praias da Região dos Lagos Fluminense – RJ, afetando a atividade pesqueira da região. Destacam-se as praias dos municípios de Armação dos Búzios, Arraial do Cabo e Cabo Frio, locais com grande fluxo de turistas (HALLACK, 2019). A Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Pesca

de Armação dos Búzios acredita que o óleo não seja bruto, mas proveniente da limpeza de tanques de grandes embarcações (ABDALA, 2019).

A Guarda Marítima de Armação dos Búzios, o Ibama e a Petrobras participaram das vistorias nas praias da cidade, que foram atingidas pelo vazamento de óleo de atividades da estatal. Ainda segundo o órgão, foram encontrados resíduos do óleo no Mangue de Pedra e na Praia de Manguinhos. O Instituto Estadual do Ambiente (Inea) e o ICMBio, coletaram as amostras do resíduo na região, que foram encaminhados para análise do IBAMA (G1, 2019).

No mês de setembro de 2019, a Petrobras realizou um treinamento para situações de vazamento de óleo no município de Arraial do Cabo. O treinamento faz parte das medidas adotadas pela estatal por determinação do Ministério Público Federal (MPF) após o vazamento de óleo em abril deste ano. Segundo a empresa, o treinamento foi sobre segurança e foram realizados também exercícios de simulação para recolhimento de petróleo. Participaram da ação: equipes da Guarda Marítima, da Defesa Civil e secretarias de Arraial do Cabo, Armação dos Búzios e Cabo Frio (HALLACK, 2019).

Porém, no último dia 22 de novembro de 2019, 300 granas de amostras de óleo foram encontrados pela primeira vez no estado do Rio de Janeiro, na praia de Grussaí, em São João da Barra. A Marinha do Brasil, no dia 24 de novembro de 2019, recolheu pequenas amostras de óleo nas praias de Santa Clara e Guriri, em São Francisco de Itabapoana; e na praia do Barreto, em Macaé. No Canal das Flechas, em Quissamã, foi recolhido aproximadamente um quilo de resíduo de óleo. Ainda não se sabe se o óleo encontrado nessas cidades é o mesmo que chegou às praias do Nordeste, do Espírito Santo e ao município de São João da Barra, também no Norte Fluminense. O material recolhido nas praias do Norte Fluminense foi encaminhado ao Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM), em Arraial do Cabo (MOTA, 2019).

Uma reunião com representantes da Marinha, Exército, Ibama, ICMBio, órgãos estaduais e secretarias municipais de Meio Ambiente e Defesa Civil das cidades da região foi realizada na sede da Capitania dos Portos de Macaé a fim de discutir deliberações relacionadas às ações de cooperação para mitigar os efeitos da chegada do óleo ao litoral do Norte Fluminense e atuar preventivamente em caso de aparecimento de novos indícios de óleo no estado do Rio (MOTA, 2019).

Devido à volatilidade de substâncias derivadas do petróleo e à presença marcante de ventos nas regiões litorâneas, tais poluentes podem ser facilmente transferidos para ambientes naturais, como os manguezais, contaminando e comprometendo a fauna, a flora e o solo de forma preocupante.

Um dos aspectos relacionados aos manguezais é a microbiota associada aos vegetais que os compõem. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são conhecidos por colonizarem uma ampla variedade de plantas terrestres, estabelecendo com elas uma relação simbiótica (GIANINAZZI; GIANINAZZI-PEARSON, 1986; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Já os *Dark Septate Endophytes*

(DSE) ou fungo endofítico septado escuro estão entre os colonizadores mais abundantes de raízes das plantas (JUMPPONEN; TRAPPE, 1998).

Tanto os FMAs quanto os DSE estão entre os colonizadores mais abundantes de raízes de diversas espécies de plantas e podem apresentar um significativo papel em áreas de manguezais impactados por ações antrópicas. Devido à importância destes fungos, seja na biorremediação de ambientes contaminados ou na tolerância das plantas a contaminantes como metais pesados e hidrocarbonetos derivados de petróleo, faz-se necessário estudos a fim de investigar sua ocorrência em ecossistema de manguezal.

Em virtude desta e de outras vulnerabilidades, esta dissertação tem como objetivo verificar a ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e fungos endofíticos no solo e nas raízes de plântulas de mangue coletados no Mangue de Pedra, localizado no município de Armação dos Búzios, RJ, Brasil; e utilizar veículo aéreo não tripulado (VANT) como ferramenta auxiliar para o monitoramento em ambiente antropizado. Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizado: (i) uma revisão bibliográfica sistemática com a finalidade de levantar informações atuais no cenário local acerca do tema, tanto para questões ambientais quanto técnico-científicas; (ii) identificação das áreas consideradas prioritárias para a revegetação da área degradada e monitoramento do Mangue de Pedra através de imagens obtidas por veículo aéreo não tripulado (VANT); e a (iii) verificação da ocorrência de FMAs e fungos endofíticos no solo e nas raízes de plântulas de mangue coletados no Mangue de Pedra. As raízes foram clarificadas e coradas segundo a técnica apresentada por Souza e Guerra (1998) – adaptada e UFLA (2015). A extração de esporos foi realizada pelo método de decantação, seguido de peneiramento úmido de acordo com Gerdermann e Nicolson (1963). Então, os esporos foram separados, seguido da preparação das lâminas com água para observação em microscópio óptico. Os resultados indicaram que o solo do manguezal e as raízes de *Avicennia schaueriana* coletados estavam colonizados apenas por FMAs. Acredita-se que os FMAs e os fungos endofíticos sejam alternativas promissoras quando se trata de biorremediação em manguezais impactados e na proteção de espécies vegetais em ambientes sob estresse (como inundações, salinidade e alta luminosidade).

A dissertação estrutura-se em dois artigos científicos, conforme estabelecido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense. O artigo científico I se propôs a identificar quais áreas deveriam ser consideradas prioritárias para a revegetação da área degradada e posterior monitoramento no Mangue de Pedra por meio de veículo aéreo não tripulado (VANT). Este artigo foi aceito e publicado em formato de artigo completo em evento de abrangência nacional, intitulado de “Caracterização do Mangue de Pedra, Armação dos Búzios – RJ para o monitoramento através de imagens obtidas por VANT”, publicado no 8º Simpósio de Gestão

Ambiental e Biodiversidade (SIGABI), realizado no município de Três Rios – RJ. O artigo científico II apresenta os resultados das análises laboratoriais para a verificação da ocorrência de FMAs e fungos endofíticos no solo e nas raízes de plântulas de mangue coletados no Mangue de Pedra. Pretende-se encaminhar o segundo artigo para o Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego.

Paralelamente, foram apresentados dois trabalhos sob a forma de banner em eventos de abrangência regional. O trabalho intitulado: “Conservação do Mangue de Pedra, Armação dos Búzios – RJ: Revegetação e Monitoramento”, apresentado no VI Seminário Regional sobre Gestão de Recursos Hídricos – *Soluções Inovadoras e Gestão das Águas e Território* (VII SRHIDRO), realizado no município de Cabo Frio – RJ; e o trabalho: “Proposta de Plano de Recuperação da APA Mangue de Pedra, Armação dos Búzios – RJ”, no IV Congresso Fluminense de Pós-Graduação, realizado no município de Campos dos Goytacazes – RJ.

ARTIGO CIENTÍFICO 1

8º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade (07 a 09 de maio 2019)
ISSN 2525-4928 <http://itr.ufrj.br/sigabi/anais>



CARACTERIZAÇÃO DO MANGUE DE PEDRA, ARMAÇÃO DOS BÚZIOS – RJ PARA O MONITORAMENTO ATRAVÉS DE IMAGENS OBTIDAS POR VANT

Thaís de Oliveira Bomfim¹, Álvaro Domingues da Silva¹ & Victor Barbosa Saraiva¹
(¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Rodovia Amaral Peixoto, km 164, Imboassica, Macaé, Rio de Janeiro, 27932-050; thais.deob@hotmail.com)

INTRODUÇÃO

Os manguezais são ecossistemas costeiros de transição entre ambientes terrestre e marinho, característicos de regiões tropicais e subtropicais, sujeito ao regime das marés (Schaeffer-Novelli 1995).

Por ser um ambiente bastante rico e diversificado, apresenta-se como um importante berço de informações históricas e socioambientais, tudo isto em função das diferentes localizações geográficas. Apesar de sua importância, os manguezais são vulneráveis a uma série de ameaças antropogênicas.

Os manguezais e outros ecossistemas costeiros ainda têm sentido significativamente o impacto do desenvolvimento costeiro e outras conversões de habitats, além da poluição e descarga de sedimentos, entre outros fatores.

No estado do Rio de Janeiro, o município de Armação dos Búzios abriga um dos últimos manguezais que ainda resta na localidade e apenas um dos três últimos exemplares de mangue de pedra existentes no mundo. Os outros dois estão localizados no estado do Recife e no Japão. O Mangue de Pedra situado na extensão da Praia Gorda, Praia de Manguinhos e, de forma inicial, na Praia da Foca ocupa uma área estimada em aproximadamente 0,014 km² e sua bacia contribuinte é de 0,180 km² (Rio de Janeiro 2018), conforme a Figura 1.

Carta Imagem - Localização do Mangue de Pedra, Armação dos Búzios - RJ

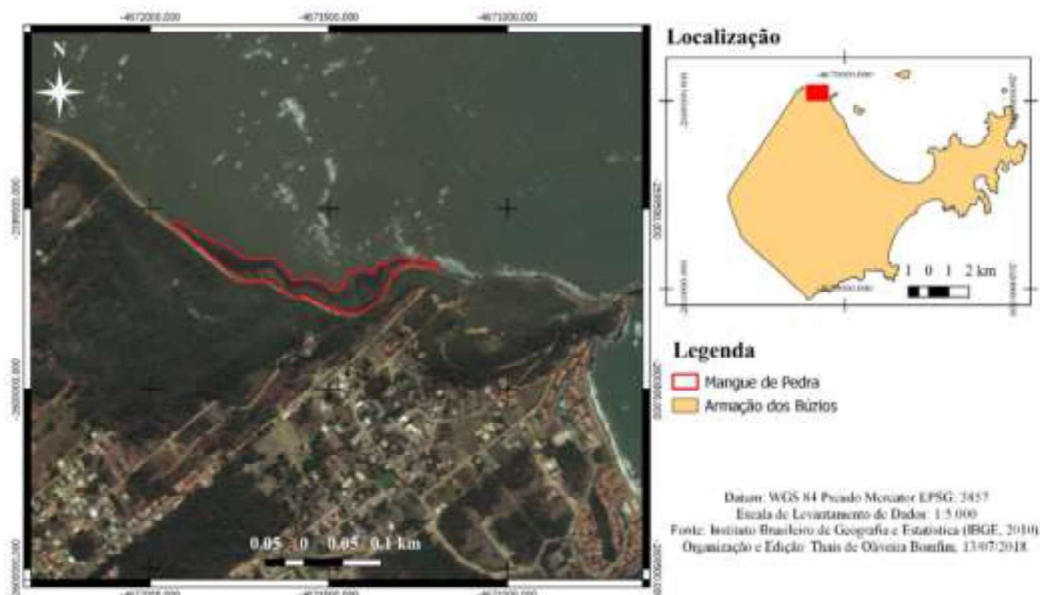


Figura 1. Carta Imagem – Localização do Mangue de Pedra, Armação dos Búzios – RJ.
Fonte: Autora, 2018.

O Mangue de Pedra apresenta algumas particularidades e deve receber uma atenção ainda maior. Abriga um ecossistema muito frágil e raro, e ainda pouco estudado. É marcado por dois diferenciais. O primeiro é a infiltração da água da chuva no solo que percola na encosta do morro e aflora nas areias da praia, onde se mistura à água salgada do mar e resulta em água salobra, responsável pela existência desse ecossistema. O segundo é a ausência da *Rhizophora mangle* (mangue vermelho). De acordo com Soares (2017), a explicação mais plausível para esta característica é pelo fato de a árvore possuir sementes grandes e estas não conseguirem se manter fixas na estreita faixa de terra, sendo arrastadas novamente para o mar.

O porte das árvores e a grande quantidade de mudas em crescimento indicam que o ecossistema está em franco desenvolvimento. As árvores existentes no manguezal chegam a alcançar até quatro metros de altura e suas raízes são fixadas nas pedras, assim, algumas delas, por falta de substrato, acabam caindo, não resistindo às correntes de maré. Porém, as raízes continuam alimentando as plantas que produzem sementes, perpetuando as espécies (Soffiati 2011).

A localidade tem importância científica (botânica, geomorfológica, hidrogeológica, paleoambiental, sedimentar e tectônica), além de valor cultural pela presença de comunidades remanescentes de quilombolas na área (Mansur *et al.* 2012).

Em 2012, foi aprovado a construção do empreendimento *Gran Reserva 95* com 221 casas geminadas em 5 vilas, o que infringe o Plano Diretor do município de Búzios. A legislação determina que em Áreas de Proteção Ambiental (APA) o máximo de construções permitidas seja de 5 % do total do terreno. Qualquer ação imobiliária no local afetaria de forma desastrosa e irreversível a manutenção do Mangue de Pedra, seja pela impermeabilização do solo para a construção ou pela poluição (Brum 2018).

Após intensa pressão popular e diversas denúncias ao Ministério Público (MP), a justiça concedeu uma liminar suspendendo as obras do empreendimento. No dia 9 de novembro de 2018, foi publicado no Boletim Oficial nº 1059, o decreto que cria a Área de Proteção Ambiental Mangue de Pedra (APA Mangue de Pedra).

A instituição desta APA é uma antiga aspiração de ambientalistas e da população local. A decisão em transformar a área em APA considerou principalmente o aspecto sustentável desta unidade de conservação – prevista no Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC): oferecer oportunidades de visitação, recreação, interpretação, educação e pesquisa científica; assegurar a continuidade dos serviços ambientais prestados pela natureza; e possibilitar o desenvolvimento do turismo e atividades econômicas em bases sustentáveis (César *et al.* 2007).

Cabe ressaltar que todas as atividades econômicas sustentáveis só poderão ser iniciadas, após a criação do plano de manejo participativo, mediante a criação do Conselho Gestor, que serão realizadas ao longo de 5 anos. Neste tempo, fica vetado qualquer nova construção na zona de abrangência da APA (Pieron 2018). A área da APA Mangue de Pedra é de aproximadamente 75 hectares (ha) e engloba a Ponta do Pai Vitório e a Praia Gorda, e com esse ato a Prefeitura de Búzios está assegurando a existência deste ecossistema singular.

O objetivo deste trabalho foi identificar quais áreas deverão ser consideradas prioritárias para a revegetação da área degradada e monitoramento no Mangue de Pedra, no município de Armação dos Búzios – RJ por meio de veículo aéreo não tripulado (VANT), que de acordo com Everaerts (2008), trata-se de aeronaves controladas à distância, por meios eletrônicos e computacionais, sob a supervisão e governo humanos, ou sem a sua intervenção, por meio de controladores lógicos programáveis (CLP).

MATERIAL E MÉTODOS

A primeira parte desta seção descreve os materiais utilizados para o processamento das imagens. A segunda parte apresenta o método utilizado para a validação do resultado.

Para elaboração deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais: drone *DJI Spark*, guiado por seu controle remoto conectado ao celular *Asus Zenfone 5*® com sistema operacional *Android* e aplicativo específico da própria desenvolvedora – *DJI go*® para obtenção de imagens aéreas; e auxílio do *software Google Earth*® para determinar a área a ser estudada, bem como as coordenadas geográficas para registro com localizações exatas.

O método utilizado constituiu voos livres com VANT, com base nas coordenadas referenciadas pelo *Google Earth* no Mangue de Pedra e entorno, no município de Búzios – RJ (22°44'00" S e 41°58'00" O), delimitando inicialmente a Praia Gorda e o Mangue de Pedra.

Denominados Área de Estudo 1 (área da Praia Gorda) e Área de Estudo 2 (área do Mangue de Pedra), conforme as Figuras 2 e 3. Tais áreas foram escolhidas com base nas informações obtidas a partir da revisão de literatura sobre o ecossistema manguezal e os manguezais brasileiros, mas especificamente o Mangue de Pedra por apresentar apenas dois tipos de árvores exclusivas desse ecossistema: *Avicennia schaueriana* (mangue preto) e *Laguncularia racemosa* (mangue branco). Além disso, o manguezal ocorre lado a lado com a vegetação típica da região, considerada altamente diversa e endêmica (que só ocorre na região entre Armação dos Búzios, Cabo Frio e Arraial do Cabo) (Mansur *et al.* 2012).



Figura 2. A – Praia Gorda em 2009. B – Praia Gorda em 2019.
Fonte: Programa *Google Earth* adaptado pela autora, 2019.



Figura 3. A – Mangue de Pedra em 2009. B – Mangue de Pedra em 2019.
 Fonte: Programa *Google Earth* adaptado pela autora, 2019.

Após testar e ajustar a variável altura para melhor visualização e possibilidade de identificação da área em questão, foi realizado o voo livre por meio de VANT com altura de pré-determinada de 15 metros para a Praia Gorda e de 25 metros para o Mangue de Pedra.

Antes de se apresentar os resultados obtidos é válido ressaltar as limitações e cuidados ao se utilizar o VANT para a obtenção de imagens. Em dias chuvosos e de ventos fortes não é recomendável utilizar o equipamento, pois o mesmo pode danificar; também não é permitido utilizar o VANT no raio de 8 km de um aeroporto sem que haja autorização prévia; deve-se ter o cuidado para não filmar sobre as residências, pois o mesmo pode caracterizar invasão de privacidade e dentre outras orientações.

Segundo Pereira (2017), este trabalho foi caracterizado como exploratória, já que proporcionou uma maior familiaridade com a questão, suscitando numa melhor compreensão da problemática que sustentou as informações obtidas por meio do levantamento bibliográfico. Cabe ressaltar que o estudo teve sua etapa *in loco* e que buscou uma abrangência qualitativa, pois tratou de um acompanhamento sistemático voltado para a compreensão estrutural da área que vem sendo degradada.

Foram realizadas capturas de imagens em vários ângulos com foco no ecossistema manguezal, a partir das imagens geradas foi realizado a fotointerpretação para poder trabalhar os dados obtidos. Na sequência foram analisadas e comparadas as imagens do VANT com as do *Google Earth*, e assim observado o comportamento da vegetação nativa e também da área degradada.

A fotointerpretação é o estudo da imagem fotográfica visando à descoberta e avaliação por métodos indutivos, dedutivos e comparativos do significado, função e relação dos objetos correspondentes às imagens (Soares 1976).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nas imagens do *Google Earth* e delimitadas as áreas da Praia Gorda e do Mangue de Pedra mais somadas as imagens obtidas por VANT, foi possível identificar a área degradada para posterior revegetação e monitoramento.

A utilização do VANT foi imprescindível para a identificação da área degradada com maior precisão em comparação às imagens de satélite, além de agilizar o tempo da tarefa de mapeamento.

Dois campos foram realizados com a finalidade de conferir a verdade terrestre de uma área de manguezal. O primeiro campo foi realizado por dois pesquisadores e demandou uma manhã inteira de atividade de campo e caminhada com tempo médio de uma hora da Praia Gorda ao Mangue de Pedra para que fosse possível a identificação da área degradada. Um segundo campo foi realizado para este trabalho, no mesmo local do campo anterior e levaram-se apenas trinta minutos para se obter as imagens aéreas com qualidade suficiente (alta resolução) para uma descrição mais fidedigna da cobertura.

A seguir são mostrados os resultados obtidos com a utilização do Drone *DJI Spark* nas Figuras 4, 5 e 6:



Figura 4. Praia Gorda, Armação dos Búzios - RJ. A - B: Dois belos exemplares de *Avicennia schaueriana* (mangue preto). C - D: Exemplar de *Avicennia schaueriana* visto a uma altura de 15 metros. E - F: Extensão da Praia Gorda, onde há uma descarga de água doce do aquífero Barreiras (cujá infiltração se dá na parte alta das paleofalésias), na beira do mar.
 Fonte: Autora, 2018.



Figura 5. Mangue de Pedra, Armação dos Búzios - RJ. A – D: Um dos acessos ao Mangue de Pedra. E – F: Praia com a areia coberta de pedras, onde ergue-se o manguezal de franja formado por mangue preto e branco.

Fonte: Autora, 2018.

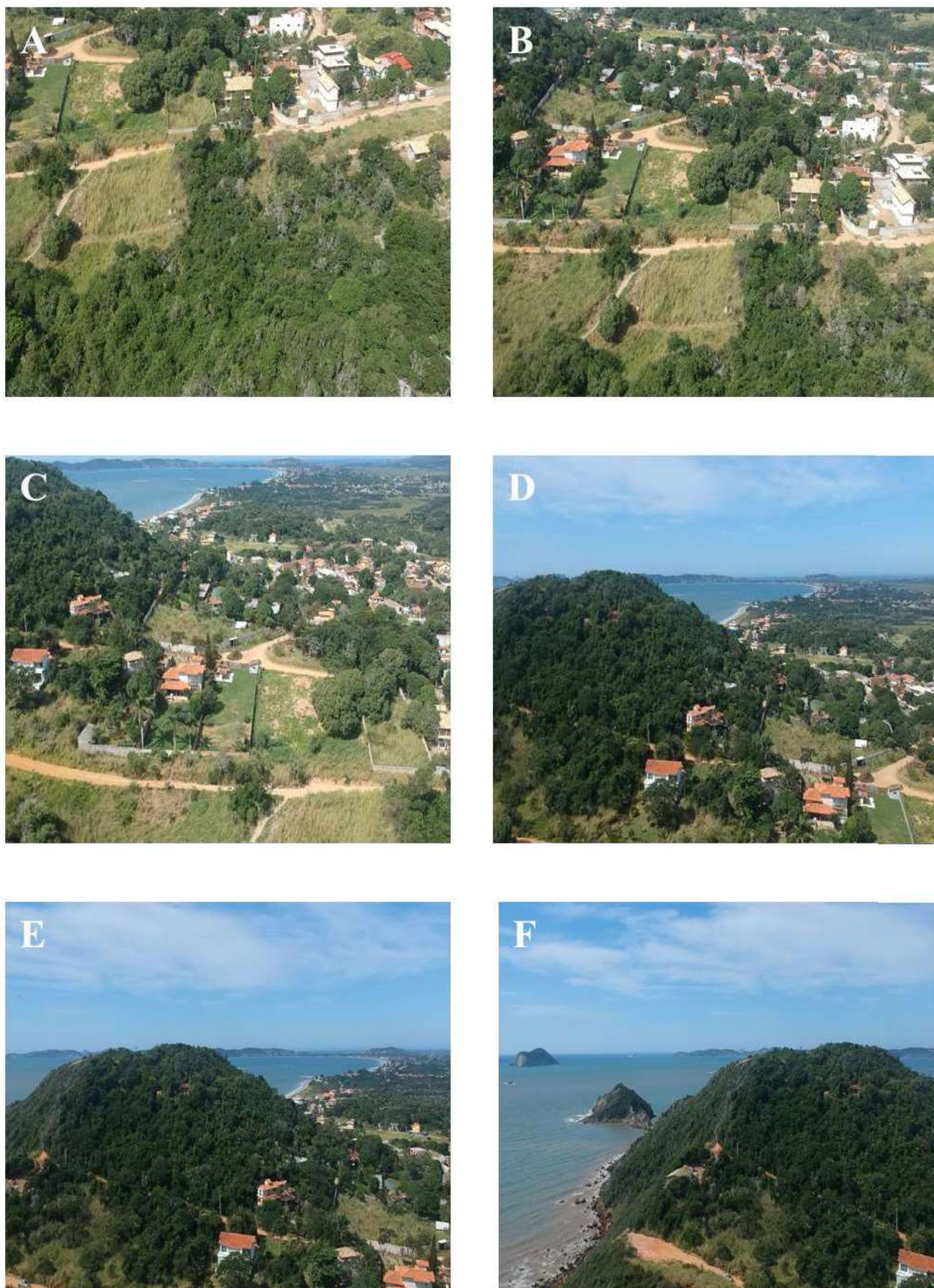


Figura 6. A – F: Área de ocupação urbana no entorno do Mangue de Pedra, Armação dos Búzios – RJ.
Fonte: Autora, 2018.

A Figura 4 (A) apresenta o fragmento de área em processo de degradação onde por meio de estudos futuros será analisado a implantação do processo de revegetação e monitoramento contínuo; e a Figura 4 (D) exibe um dos dois exemplares de *Avicennia schaueriana* (mangue preto) presentes na Praia Gorda em Búzios.

Para Florenzano (2002), em estudos ambientais, o sensoriamento remoto é reconhecidamente uma ferramenta muito útil, inclusive de avaliação de impactos. Quando comparadas as técnicas de sensoriamento remoto via satélite de alta resolução e a aerofotogrametria, as principais mudanças que ocorreram com a chegada do VANT foram a diminuição dos custos, a logística e a facilidade na operação.

De modo geral, o VANT é uma tecnologia que fornece imagens de alta resolução e em tempo real, duas necessidades atuais, em se tratando de meio ambiente (Pina 2016).

CONCLUSÃO

O uso de VANTs pode contribuir significativamente para estudos ambientais naturais e culturais. Os resultados obtidos demonstram que o uso de VANTs para auxiliar na tarefa de mapeamento de áreas para estudos ambientais é uma solução viável e que melhora significativamente a compreensão da análise do uso da terra.

Através de imagens obtidas por VANT foi possível identificar quais áreas deverão ser consideradas prioritárias para a revegetação da área degradada e monitoramento no Mangue de Pedra, no município de Armação dos Búzios – RJ. A fim de conservar o Mangue de Pedra faz-se necessário o monitoramento continuado para a proteção ambiental da área estudada.

Este trabalho atingiu o objetivo esperado, contribuindo através de uma solução de baixo custo para a correta identificação de regiões de interesse, que no caso tratou de área degradada por ação antrópica.

O que motivou a realização deste trabalho foi o fato da tecnologia VANT ainda ser pouco utilizada no tocante ao monitoramento ambiental e poder ajudar na tomada de decisão, propiciando direcionar o recurso de forma mais assertiva em um curto espaço de tempo.

Este trabalho também buscou contribuir para o processo de conhecimento acerca do tema e a divulgação de informações técnico-científicas.

AGRADECIMENTOS

Ao IFFluminense *campus* Cabo Frio – RJ.

REFERÊNCIAS

Brum F (16 de agosto de 2018) Especulação Imobiliária e Pesca no Mangue de Pedras – Búzios. Agência Búzios Comunicação Digital, Armação dos Búzios. Disponível: <https://agenciabuzios.com.br/especulacao-imobiliaria-e-pesca-no-mangue-de-pedras-buzios/>. Acessado em 18 de março de 2019.

César PAB et al. (2007) Ecoturismo – Caminhos do Futuro. Ministério do Meio Ambiente – AVT/IAP – NT/USP. São Paulo: IPSIS.

Everaerts J (2008) The Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVS) for Remote Sensing and Mapping, In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. ISPRS Congress, Beijing, China, XXXVII. Part. B1, 1187-1192.

Florenzano TG (2002) Imagens de satélite para estudos ambientais. São Paulo: Oficina de Textos.

Mansur KL et al. (2012) Geoparque Costões e Lagunas do Estado do Rio de Janeiro (RJ): proposta. In: Schobbenhaus C, Silva CR (Orgs.). Geoparques do Brasil: propostas. Rio de Janeiro: CPRM, 2012. Cap. 19. Disponível: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17154/1/costoeselagunasdorj.pdf>. Acessado em 18 de março de 2019.

Pereira BCB (2017) Análise da evolução de processos erosivos com fotografias obtidas por VANT (RPAS).

Pieron T (13 de novembro de 2018) Criação da APA do Mangue de Pedras, em Búzios, é oficializada. Clique Diário. Macaé. Disponível: <https://cliquediario.com.br/cidades/criacao-da-apa-do-mangue-de-pedras-em-buzios-e-oficializada>. Acessado em 18 de março de 2019.

Pina G (10 de junho de 2016) As vantagens do monitoramento ambiental por veículos aéreos não tripulados. Revista Eletrônica de Jornalismo Científico – Com Ciência. Campinas. Disponível: <http://comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=124&id=1505>. Acessado em 10 de março de 2019.

Rio de Janeiro (Estado) Projeto de Lei nº 3.908/2018. Modifica os limites do Parque Estadual da Costa do Sol, criado pelo Decreto nº 42.929, de 18 de abril de 2011, na sua porção situada nos municípios de Cabo Frio e Armação dos Búzios e dá outras providências. Disponível: <http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/scpro1519.nsf/1061f759d97a6b24832566ec0018d832/a83d546ab08bd052832582510061b026?OpenDocument>. Acessado em 13 de maio de 2018.

Schaeffer-Novelli Y (1995) Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar. São Paulo, Caribbean Ecological Research. 64p.

Soares DS (12 de setembro de 2017) Búzios abriga um dos três mangues de pedras do mundo. Grupo BZ. Disponível: <https://www.grupobz.com.br/buzios-abriga-um-dos-tres-mangues-de-pedras-do-mundo/#.XJZ65ihKhPY>. Acessado em 17 de março de 2019.

Soares PC, Fiori AP (1976) Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. *Notícia Geomorfológica*, v. 16, n. 32, p. 71-104.

Soffiati A (2011) Os manguezais de Búzios. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego. Campos dos Goytacazes - RJ.* v.5, n.1, p. 11-33.

ARTIGO CIENTÍFICO 2

IDENTIFICAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMAs) ASSOCIADOS AOS VEGETAIS DO MANGUE DE PEDRA, ARMAÇÃO DOS BÚZIOS, RJ (BRASIL) E USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) COMO FERRAMENTA AUXILIAR PARA O MONITORAMENTO

*IDENTIFICATION OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI (AMF) ASSOCIATED WITH THE
VEGETABLES OF MANGUE DE PEDRA VEGETABLES, ARMAÇÃO DOS BÚZIOS, RJ (BRAZIL)
AND USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) AS AN AUXILIARY TOOL FOR
MONITORING*

Thaís de Oliveira Bomfim - IFFluminense/PPEA

Giovanni Redon Lins - IFFluminense

Monique Rocha Ribeiro - IFFluminense

Ocimar Ferreira de Andradre - IFFluminense

Manildo Marcião de Oliveira - IFFluminense/PPEA

Maria Inês Paes Ferreira - IFFluminense/PPEA

Victor Barbosa Saraiva - IFFluminense/PPEA

RESUMO

O município de Armação dos Búzios, RJ (Brasil), outrora grande detentor de área de manguezal, tem atualmente uma realidade equiparada com outros locais do mundo que vem perdendo sua extensão de manguezal devido à forte pressão socioeconômica. Nesta perspectiva, destaca-se o Mangue de Pedra, área de raro valor ambiental, científico e social que se destaca dos demais pela singularidade de sua ocorrência. As alterações na vegetação provenientes das atividades que degradam o ambiente podem promover modificações na capacidade infectiva dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), especialmente daqueles que colonizam novas raízes a partir de hifas vegetativas. Logo, os FMAs e os fungos endofíticos estão geralmente associados de forma simbiótica a diversas espécies de vegetais. Sendo assim, este trabalho objetivou verificar a ocorrência de FMAs e fungos endofíticos associados aos vegetais do Mangue de Pedra. Este trabalho teve sua etapa *in loco* para as campanhas de coletas de solo e plântulas de mangue, e análises laboratoriais no Laboratório de Ecotoxicologia e

Microbiologia Ambiental (LEMAM) – IFFluminense, *campus* Cabo Frio – RJ. As raízes foram clarificadas e coradas segundo a técnica apresentada por Souza e Guerra (1998) – adaptada e UFLA (2015). A extração de esporos foi realizada pelo método de decantação, seguido de peneiramento úmido de acordo com Gerdermann e Nicolson (1963). Então, os esporos foram separados, seguido da preparação das lâminas com água para observação em microscópio óptico. Os resultados indicaram que o solo do manguezal e as raízes de *Avicennia schaueriana* coletados estavam colonizados apenas por FMAs. Acredita-se que os FMAs e os fungos endofíticos sejam alternativas promissoras quando se trata de biorremediação em manguezais impactados e na proteção de espécies vegetais em ambientes sob estresse (como inundações, salinidade e alta luminosidade).

Palavras-chave: FMAs. Fungos Endofíticos. Mangue de Pedra.

ABSTRACT

*The municipality of Armação dos Búzios, RJ (Brazil), once a large holder of mangrove areas, now has a reality comparable to other locations in the world that has been losing its mangrove area due to strong socioeconomic pressure. In this perspective, the Mangue de Pedra stands out, an area of rare environmental, scientific and social value that stands out from others for the uniqueness of its occurrence. Changes in vegetation resulting from activities that degrade the environment can promote changes in the infective capacity of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), especially those that colonize new roots from vegetative hyphae. Therefore, AMF and endophytic fungi are generally symbiotically associated with several plant species. Thus, this study aimed to verify the occurrence of AMF and endophytic fungi associated with plants of the Stone Mangrove. This work had its stage in loco for the campaigns of collecting soil and mangrove seedlings, and laboratory analysis in the Laboratory of Ecotoxicology and Environmental Microbiology (LEMAM) - IFFluminense, campus Cabo Frio - RJ. The roots were clarified and stained according to the technique presented by Souza and Guerra (1998) - adapted and UFLA (2015). Spore extraction was performed by the decantation method, followed by wet screening according to Gerdermann and Nicolson (1963). Then, the spores were separated, followed by preparation of the slides with water for observation under an optical microscope. The results indicated that the mangrove soil and the collected *Avicennia schaueriana* roots were colonized only by AMF. AMF and endophytic fungi are believed to be promising alternatives when it comes to bioremediation in impacted mangroves and the protection of plant species in stressed environments (such as floods, salinity and high luminosity).*

Keywords: AMF. Endophytic Fungi. Mangue de Pedra.

1. INTRODUÇÃO

O termo manguezal é usado para descrever comunidades florestais ou o ecossistema manguezal, espaço onde interagem populações de animais, plantas e de micro-organismos ocupando a área do manguezal e seu ambiente físico (abiótico). Os manguezais são um dos ecossistemas mais produtivos do planeta, e sua importância para a manutenção de bens e serviços é enorme. No entanto, apesar da importância desse ecossistema para a zona costeira, os manguezais têm apresentado alterações significativas oriundas da influência da ação antrópica no ambiente (VALIELA *et al.*, 2001; ALONGI, 2002). Essas modificações alteram a cobertura vegetal, que por sua vez, influenciam todo o ecossistema ali instalado (GALVANI; LIMA, 2010; MEDELLU *et al.*, 2012, LIMA *et al.*, 2013).

O município de Armação dos Búzios, localizado na Região dos Lagos Fluminense, no estado do Rio de Janeiro, outrora grande detentor de área de manguezal, tem atualmente uma realidade equiparada com aquelas existentes em outros locais do mundo que vem perdendo sua extensão de manguezal devido à forte pressão socioeconômica (SEMADS, 2001). Dentre as belezas cênicas deste município encontra-se entre a Praia Gorda e a Praia Rasa, o Mangue de Pedra - um dos últimos manguezais que ainda resta na localidade e apenas um dos três últimos exemplares existentes no mundo, devido sua rara formação geológica (MEHDI; SOUZA, 2012).

A origem deste raro ecossistema está ligada à existência de um lençol freático formado pelas águas da chuva que se infiltram pelo solo e afloram na praia. O morro adjacente, com sua cobertura vegetal funciona como um grande reservatório de água doce que ao se misturar com a água salgada vinda do mar cria as condições necessárias para a manutenção deste exótico manguezal (MANSUR, 2010). A presença de um substrato composto por blocos de rocha faz com que apenas os propágulos das espécies de *Avicennia schaueriana* (mangue preto) e *Laguncularia racemosa* (mangue branco) possam coexistir, uma vez que são menores que os propágulos da *Rhizophora mangle* (mangue vermelho) (SANTOS, 2016).

Quase todos os ecossistemas estão sujeitos a perturbações periódicas por eventos naturais, contudo, tendem a se recuperar naturalmente, o que permite aos ecossistemas adaptação às variações ambientais. Nos sistemas saudáveis, estas perturbações são temporárias, e sua recuperação é relativamente rápida. Já em ecossistemas em estresse antropogênico, é complexa a recuperação, principalmente, pela perda da biodiversidade, diminuição da resiliência e a redução da produção primária (MENDES-FILHO, 2004).

As alterações na vegetação provenientes das atividades que degradam o ambiente podem promover modificações na capacidade infectiva dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs),

especialmente daqueles que colonizam novas raízes a partir de hifas vegetativas. Estes fungos são comuns na biota do solo e ocorrem de forma generalizada nos ecossistemas tropicais, onde são de particular importância e ocorrem com grande frequência e estão bem distribuídos (SMITH; READ, 1997), colonizando cerca de 80 a 97% das espécies vegetais (BERBARA; SOUZA; FONSECA, 2006; NOGUEIRA, 2007). Uma das associações simbióticas mais conhecidas e comuns estabelecidas entre fungos e plantas é entre FMAs e vegetais.

Os FMAs representam uma promissora ferramenta para ambientes em processo de revegetação, contribuindo para o sucesso no estabelecimento das plantas. Estes fungos proporcionam maior capacidade de absorção de nutrientes, estabilidade do solo e melhoram a capacidade das plantas micorrizadas em competir por recursos (JASPER, 1994). Mas, ainda pouco se conhece de seus benefícios para o funcionamento e estabilidade dos ecossistemas não perturbados e da essencialidade ou benefícios desta simbiose para o crescimento de espécies vegetais que compõem o ecossistema manguezal.

Assim com os FMAs, o fungo endofítico foi identificado como colonizador frequente da rizosfera vegetal (MASSENSINI *et al.*, 2014; SCERVINO *et al.*, 2009; MANDYAM; JUMPPONEN, 2005). Mandyam & Jumpponen (2005, 2008; REDMAN *et al.*, 2002) sugere que estes fungos associados à raiz da planta, como os *Dark Septate Endophytes* (DSE), possam auxiliar aos vegetais a superar estresses abióticos e bióticos, e a biorremediação de ambiente contaminados (SILVA *et al.*, 2006; BENTO, 2008; ANDRADE, 2012; LI *et al.*, 2012; SHEN *et al.*, 2015). Os DSE são cosmopolitas e têm sido detectados em centenas de espécies de plantas (MANDYAM; JUMPPONEN, 2005; REININGER; GRÜNIG; SIEBER, 2012). Quanto a sua importância, estes fungos podem apresentar relevante papel em áreas de manguezais impactados por ações antrópicas.

Nesta perspectiva, este trabalho objetivou verificar a ocorrência destes fungos associados aos vegetais do Mangue de Pedra, Armação dos Búzios, RJ (Brasil).

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Biorremediação

A biorremediação é uma técnica de descontaminação de ambientes contaminados que se utiliza de organismos vivos, normalmente plantas, micro-organismos ou suas enzimas (bactérias e fungos), com a finalidade de atenuação ou recuperação de determinados contaminantes presentes no meio

ambiente (águas ou solos contaminados). Todavia, para que haja eficiência nesse processo, alguns fatores tornam-se condicionantes como: pH, presença de oxigênio, nutrientes e temperatura (BERGER, 2005; MUTECA, 2012).

A comunidade científica tem pesquisado e recomendado intensamente este processo biotecnológico, como uma alternativa viável para a descontaminação de ambientes. Embora existam outras técnicas que utilizam processos físicos e/ou químicos para descontaminar ambientes poluídos, o processo biológico de biorremediação é uma alternativa ecologicamente mais adequada e eficaz para o combate de ambientes contaminados com moléculas de difícil degradação denominadas “recalcitrantes”, bem como também os metais tóxicos (GAYLARDE *et al.*, 2005).

Segundo Rosato (1997 *apud* COSTA FILHO, 2011) existem diversos métodos para a descontaminação de um ambiente, no entanto, poucas são tão eficientes quanto à biorremediação, que surge como uma técnica de baixo custo, menor agressividade ao meio e uma maior adaptação para manutenção do equilíbrio ambiental. A fitorremediação e a remediação microbiana (biorremediação) estão emergindo como tecnologias econômicas e amigáveis ao meio ambiente (MA *et al.*, 2016).

Os processos relacionados à biorremediação podem ser classificados de acordo com o tratamento e a fase empregada. De acordo com o local de tratamento, os processos de biorremediação são denominados *in situ*, realizado no próprio local, sem que haja remoção de material contaminado ou *ex situ*, quando há a necessidade de retirada do solo ou efluente do local contaminado para que os mesmos sejam tratados em outro local, o que aumenta o custo do tratamento, tornando-o menos atrativo que o tratamento no local (ANDRADE *et al.*, 2010).

No que diz respeito aos tipos de utilização da técnica, quanto ao local de tratamento, a biorremediação *in situ* é a mais empregada no mundo. Porém, independentemente do local de aplicação, a biorremediação, assim como as demais técnicas químicas de degradação, tem como objetivo principal a mineralização completa dos contaminantes, ou seja, transformá-los em produtos com pouca ou nenhuma toxicidade (inócuos), como CO₂ (dióxido de carbono) e água. Em síntese, os micro-organismos metabolizam as substâncias orgânicas, das quais se obtêm nutrientes e energia. Sendo que, para que isso ocorra, os micro-organismos devem estar ativos para desempenharem a sua tarefa de biodegradação.

Para cada processo deve se levar em conta qual tipo e quantidade de poluente, os custos para implementá-lo, sobretudo, a concentração final ao término do tratamento, pois é a partir desses fatores, que se possibilitará o uso futuro dessa área.

De acordo com Prince (1993 apud COSTA FILHO, 2011) existiram casos aos quais a técnica de biorremediação foi aplicada e após um ano se obteve a eficácia de 90% de redução da contaminação existente, enquanto nas regiões em que não se obteve o seu uso, tiveram apenas 15% dessa redução. Logo, considera-se que a biorremediação tornou-se o aprimoramento da biodegradação.

2.1.1. Fitorremediação

Dentro da biorremediação insere-se a fitorremediação, que, segundo Accioly & Siqueira (2000) envolve o emprego de plantas, sua microbiota associada e de amenizantes (corretivos, fertilizantes, matéria orgânica e etc.) do solo, além de práticas agronômicas que, se aplicadas em conjunto, removem, imobilizam ou tornam os contaminantes inofensivos ao ecossistema.

A fitorremediação pode ser usada em solos contaminados com substâncias orgânicas ou inorgânicas, como agrotóxicos, elementos contaminantes, explosivos, hidrocarbonetos de petróleo, metais pesados, solventes clorados e subprodutos tóxicos da indústria (Cunningham *et al.*, 1996). De acordo com Accioly & Siqueira (2000) a pesquisa com metais pesados tem sido a mais difundida, como é o caso de algumas espécies que já têm sua eficiência comprovada. Recentes pesquisas têm apresentado a utilização de plantas na fitorremediação de agrotóxicos (ANDERSON; COATS, 1995; CUNNINGHAM *et al.*, 1996; FERNANDEZ *et al.*, 1999; VOSE *et al.*, 2000; PIRES *et al.*, 2001).

A fitorremediação tem sido considerada vantajosa quando comparada com técnicas tradicionais como bombeamento e tratamento, ou remoção física da camada contaminada, principalmente por sua eficiência na descontaminação e pelo baixo custo (PERKOVICH *et al.*, 1996; CUNNINGHAM *et al.*, 1996).

Os manguezais são ambientes vulneráveis a compostos tóxicos. Estudos apontam que certas espécies de mangue são grandes acumuladoras de metais, tornando-as importantes na fitoestabilização de contaminantes em manguezais impactados (ALENCAR, 2016).

Almahasheer e colaboradores (2014), verificaram a acumulação de metais em *Avicennia marina* em manguezais de uma baía no leste da Arábia Saudita e encontraram maiores concentrações nas raízes do que nos sedimentos. Conclui-se que esta espécie faz a depuração de sedimentos contaminados por metais, alocando-os em seus tecidos. Pakzadtoochaei (2013), estudou a mesma espécie em manguezais da costa Iraniana e constatou que a mesma acumula metais como: cádmio (Cd), cobre (Cu), níquel (Ni) e zinco (Zn) em vários tecidos sem apresentar nenhuma injúria ou lesão.

Moreira e colaboradores (2011) observaram que mudas de *Rizophora mangle* apresentaram, após 90 dias, uma maior eficiência na remoção de hidrocarbonetos de um sedimento de manguezal

contaminado (87%) quando comparado com a biorremediação intrínseca ou remediação natural (técnica baseada no monitoramento da capacidade de biodegradação dos microrganismos nativos degradarem o contaminante, sem que haja o acréscimo de nutrientes ou qualquer adequação do ambiente). Logo, a fitorremediação por *Rizophora mangle* apresenta-se como uma alternativa promissora de descontaminação em ambientes de manguezal.

Para Chaudhry e colaboradores (2005; MA *et al.*, 2011) as associações simbióticas micro-organismo-plantas podem desempenhar um importante papel na fitorremediação de solos contaminados por metais pesados tóxicos ou produtos químicos. A remediação feita através dessa associação denomina-se rizorremediação (KUIPER *et al.*, 2004).

2.1.2. Rizorremediação

A rizorremediação é uma forma específica de fitorremediação envolvendo plantas e seus associados micro-organismos rizosféricos (bactérias e fungos). Segundo Kuiper e colaboradores (2004) na rizorremediação o processo de degradação pode ocorrer naturalmente ou pode ser facilitado por meio da inoculação do solo com micro-organismos capazes de degradar os contaminantes ambientais.

Estudos apontam que em solos vegetados contaminados por hidrocarbonetos do petróleo há uma estimulação para o crescimento microbiano e por conseguinte, uma maior densidade de micro-organismos é encontrada nesses solos em comparação com solos sadios (NAKATANI *et al.*, 2008). Bento (2008), relata que as raízes das plantas liberam exsudatos como açúcares e aminoácidos que estimulam o crescimento de bactérias e fungos ao redor da raiz, além de provocarem maior aeração do meio promovendo transformações aeróbias próximas à raiz.

Os micro-organismos presentes na rizosfera (interface raiz-solo) participam da degradação dos compostos orgânicos – já que estes não podem ser absorvidos pelas plantas, e utilizam o carbono (C) dos contaminantes como fonte de energia (BENTO, 2008).

Sem a contribuição microbiana, a fitorremediação por si só pode não ser uma técnica viável para muitos poluentes orgânicos hidrofóbicos (CHAUDHRY *et al.*, 2005; MA *et al.*, 2011) então, a utilização de populações de rizomicróbios presentes na rizosfera de plantas, e de bactérias endofíticas para biorremediação, pode ser fundamental (ANDERSON; GUTHRIE; WALTON, 1993; KUIPER *et al.*, 2004).

Os FMAs, por exemplo, em solos contaminados por metais pesados, e associados as raízes de plantas podem beneficiar a retenção desses metais nas raízes evitando a translocação para parte aérea, impedindo distúrbios maiores causados pelo contaminante ao vegetal (CHRISTIE *et al.*,

2004). A técnica que consiste na utilização de fungos micorrízicos para a remediação de solos contaminados é chamada micorizorremediação (KHAN, 2006).

Dentre os fungos associados a raízes de vegetais e que possuem importante papel em ambientes contaminados destacam-se: os FMAs e os fungos do tipo *Dark Septate Endophytes* (DSE).

2.2. Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs)

Os FMAs (filó Glomeromycota) são encontrados nos solos de diversos ecossistemas naturais, estabelecendo uma associação simbiótica com as plantas, conhecida como micorriza arbuscular (MA) (SMITH; READ, 2008). As micorrizas formadas pelos FMAs, são o tipo de simbiose radicular mais comum, encontradas em torno de 80% das plantas vasculares (SMITH; READ, 1997). Os FMAs possuem importante papel na manutenção da diversidade e produtividade dos ecossistemas vegetais terrestres (SOUZA *et al.*, 2010), e são encontrados numa grande variação de plantas em ecossistemas diversos no Brasil.

Por serem obrigatoriamente simbiotróficos, o ciclo de vida dos FMAs é completado somente mediante associação a uma raiz hospedeira, e está lhe fornece nutrientes (principalmente hidrocarbonetos) essenciais ao seu desenvolvimento e reprodução (SIQUEIRA; LAMBAIS; STÜRMER, 2002; BERBARA; SOUZA; FONSECA, 2006). Existem três componentes principais envolvidos na associação de micorrizas arbusculares com plantas simbiotes: (i) as características do solo; (ii) o tipo de fungo e (iii) a planta com características ideais para a simbiose (BRUNDRETT *et al.*, 1996). Os FMAs favorecem o crescimento da planta hospedeira – já que aumentam sua área de captação d'água e nutrientes, principalmente o fósforo (P), à medida que as plantas fornecem fotoassimilados necessários ao desenvolvimento e reprodução destes fungos (BERBARA *et al.*, 2006; SMITH; READ, 2008).

Segundo Berbara e colaboradores (2006) os FMAs se reproduzem assexuadamente, não existindo evidências de que se reproduzam de forma sexuada. Estes são constituídos por uma rede de hifas (ou filamentos revestidos de parede rígida), em geral asseptadas, com vários núcleos no mesmo citoplasma. O conjunto de hifas e o micélio apresenta a capacidade de se diferenciar em diferentes outras células.

Já a colonização das raízes pelos FMAs se dá por hifas originadas de propágulos encontrados no solo na forma de esporos, micélio e fragmentos de raízes colonizadas. De acordo com Berbara e

colaboradores (2006; PARNISKE, 2008) os exsudados liberados pela planta susceptível à micorrização na rizosfera e fatores físico-químicos podem estimular o desenvolvimento de hifas e a colonização das raízes.

Após a formação do apressório na epiderme e penetração na raiz, a hifa cresce intercelularmente, acomodando-se entre as paredes celulares do tecido vegetal e alcançando o córtex, onde ocorre também a colonização intracelular. Ao chegar ao córtex radicular, as hifas se ramificam dentro e entre as células, dando origem aos arbúsculos. Durante o desenvolvimento dos arbúsculos ocorre a invaginação na plasmalema, o que aumenta a superfície de contato com a célula vegetal e torna os arbúsculos o principal local de troca de metabólitos entre o FMA e a planta (HARRISON, 1999; BERBARA *et al.*, 2006). Em contrapartida, o vegetal fornece fotoassimilados ao fungo, e este os elementos minerais necessários extraídos do solo.

A hifa intrarradicular se torna fina após penetrar a parede celular da célula vegetal, permitindo assim a eficiente troca de nutrientes entre os organismos devido ao aumento da superfície entre as membranas celulares dos simbioses. Enquanto a hifa extrarradicular, por ser longa e fina, se torna mais eficaz na captura de nutrientes do que as raízes, podendo explorar volumes do solo inatingíveis por estruturas radiculares (BERBARA *et al.*, 2006). No espaço inter e intracelular do córtex da raiz também podem ser formadas estruturas ovais ou esféricas chamadas vesículas. Berbara e colaboradores (2006; OEHL *et al.*, 2011) afirmam que estas estruturas podem ser formadas por certos gêneros de FMAs e estes possuem a função de armazenar lipídeos e grânulos de glicogênio, funcionando como órgão de reserva para o fungo. Alguns FMAs possuem as chamadas células auxiliares cuja função também é servir de reserva para o fungo. Estas células são ricas em lipídeos e são formadas fora das raízes (MORTON; BENTIVENGA, 1994).

Segundo Moreira e Siqueira (2006) os esporos de FMAs são estruturas que reúnem todas as informações genômicas do fungo, podem permanecer por anos no solo, suportando situações ambientais adversas e ao encontrarem uma situação favorável, podem germinar e dar início a uma nova simbiose. Os esporos que compõem o filo Glomeromycota são chamados de glomerosporos (GOTO; MAIA, 2006). A identificação taxonômica dos FMAs está baseada nas características morfológicas de seus esporos como cor, forma, tamanho e características da parede como tipo e quantidade (WALKER, 1983; MORTON; BENNY, 1990; WALKER; VESTBERG, 1998). As diferenças nas características dos esporos nem sempre são evidentes, dificultando a sua identificação (GOTO *et al.*, 2009). Fatores como esporos parasitados, maturidade dos esporos, paredes degradadas e poucos esporos encontrados no local de coleta podem influenciar diretamente na identificação. O avanço na

taxonomia dos FMAs baseada em análises moleculares tem evoluído, permitindo chegar a novas classificações e descobertas destes fungos (SCHÜBLER *et al.*, 2001; SCHÜBLER; WALKER, 2010; GOTO *et al.*, 2012; OEHL *et al.*, 2011, 2014; REDECKER *et al.*, 2013).

De acordo com Brundrett e Kendrick (1996; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006), a associação entre os vegetais e os FMAs podem auxiliar no crescimento, estabelecimento e sobrevivência das espécies, especialmente em ambientes estressantes. Como decorrência da imensa quantidade de hifas produzidas por FMAs, existe significativo impacto sobre a estruturação e estabilidade de agregados em solos (JASTROW *et al.*, 1998). Essa função é importante porque a estruturação do solo modifica a capacidade de mobilização de nutrientes, o conteúdo de água, a penetração de raízes e o potencial erosivo dos solos. Os FMAs conferem também incrementos à resistência de plantas diante do ataque patogênico (HWANG *et al.*, 1992), à tolerância ao estresse hídrico, à eficiência fotossintética (BROWN; BETHLENFALVAY, 1987) e ao intemperismo de minerais (VAN BREEMEN *et al.*, 2000). Essas características fazem com que a simbiose micorrízica Arbuscular tenha potencial biotecnológico e ecológico imenso ainda a ser explorado.

Os FMAs também podem aumentar a tolerância de plantas submetidas a ambientes poluídos por compostos orgânicos e metais pesados tóxicos, sendo que as mesmas, quando colonizadas por estes fungos, possuem maior capacidade de nutrição. Deste modo, os FMAs podem amenizar o estresse causado pelos contaminantes (SILVA *et al.*, 2006; BENTO, 2008; ANDRADE, 2012). Segundo Paula e colaboradores (2006; NAKATANI *et al.*, 2008; PINTO, 2016), alguns estudos têm revelado a capacidade dos FMAs em biodegradar compostos derivados do petróleo, como os hidrocarbonetos.

Estudos prévios têm sido desenvolvidas com o objetivo de verificar a ocorrência da relação simbiótica entre FMAs e plantas de manguezal. A ocorrência de colonização de vegetais por FMAs foi observada em alguns trabalhos realizados em manguezais da Índia (SENGUPTA; CHAUDHURI, 2002; KUMAR; GHOSE, 2008; SOUZA; RODRIGUES, 2013) e da China (WANG *et al.*, 2010), porém, estes ainda são escassos. Estudos que abordem esta temática se tornam relevantes, visto que estes ambientes são propícios a serem impactados por poluentes inorgânicos e/ou orgânicos. Portanto, a presença de FMAs pode indicar maior tolerância das espécies vegetais aos contaminantes como também seu potencial biodegradador em manguezais contaminados.

Segundo Lima e colaboradores (2007; SIQUEIRA *et al.*, 2007) a degradação dos ecossistemas é resultado de diversos fatores que atuam sobre o solo e sua vegetação, alterando suas propriedades físico-químicas e principalmente biológicas, comprometendo o funcionamento dos sistemas

simbióticos, tais como as micorrizas arbusculares. A baixa resiliência é uma característica marcante de um ecossistema degradado, pois a sua recuperação pode ser lenta ou até mesmo não ocorrer, o que demanda a intervenção antrópica por meio de práticas de recuperação do solo e conseqüentemente o monitoramento da sua eficácia (LIMA *et al.*, 2007).

2.3. “*Dark Septate Endophytes*” – DSE (Fungos endófitos)

Os fungos do tipo “*Dark Septate Endophytes*” (DSE) ou fungos endofíticos septados escuros (DSEF) constituem o grupo mais abundante de fungos endofíticos de raízes de plantas. De acordo com Wilson (1995) os fungos chamados endofíticos ocorrem dentro do tecido dos vegetais. Read e Haselwandter (1981) introduziram o termo “DS hifas” ou hifas escuras septadas para caracterizar hifas escuras, septadas, estéreis responsáveis por formar os microescleródios que ocorrem em raízes de diversas plantas alpinas. Posteriormente, o termo ganhou nova denominação. Stoyke e Currah (1991), utilizaram o termo DSE para descrever os fungos que formam hifas septadas parcialmente ou totalmente melanizadas dentro dos tecidos saudáveis das raízes.

Os DSE são encontrados em todo o mundo e coexistem frequentemente com diferentes fungos micorrízicos como os FMAs. São encontrados no córtex, epiderme e sobre a superfície das raízes. Embora seu papel ecológico ainda seja pouco conhecido, estudos prévios têm relatado uma “co-colonização” de DSE e FMAs em raízes de plantas hospedeiras (JUMPPONEN; TRAPPE, 1998; GARCÍA; MENDOZA; POMAR, 2012), porém os DSE também têm sido relatados em espécies de plantas não micorrízicas (REININGER; GRÜNIG; SIEBER, 2012). Já foram reportadas mais de 600 espécies de plantas colonizadas por DSE (JUMPPONEN; TRAPE, 1998). A ampla associação de espécies de DSE com diversos outros vegetais têm sido verificados (JUMPPONEN; TRAPPE, 1998; PEREIRA *et al.*, 2011; LIKAR; REGVAR, 2013; SEERANGAN; THANGAVELU, 2014).

A colonização de raízes por DSE segue um padrão similar em diferentes plantas (JUMPPONEN; TRAPPE, 1998). Inicialmente a colonização ocorre por hifas que crescem entre células epidérmicas e podem colonizar o espaço entre as células corticais ao longo do eixo principal da raiz. As hifas ocasionalmente penetram nas células corticais externas. As hifas após chegarem à camada da epiderme, crescem paralelamente para o eixo principal da raiz e de célula em célula dentro da epiderme. Currah e colaboradores (1993) afirmam que as hifas passam entre as células da epiderme pela penetração de estreitos tubos unidos a sua parede.

A classificação dos DSE é uma certeza devido suas estruturas reprodutivas sexuais e assexuais serem raras ou ausentes, ou produzidas sob condições específicas. Reininger e colaboradores (2012) destacaram que espécies de DSE não podem ser diferenciadas com base na morfologia, mas por meio de marcadores moleculares genéticos da população. Evidências moleculares comprovam a afinidade de muitos DSE com os Ascomicetos (LOBUGLIO *et al.*, 1996; JUMPPONEN; TRAPPE, 1998) sendo classificados como pertencentes a este grupo (JUMPPONEN, 2001; ADDY *et al.*, 2005).

Quanto a reprodução dos DSE pouco se conhece. Mas, a fragmentação micelial pode ser a principal forma de dispersão destes fungos, sendo também possível a dispersão por conidiósporos. Currah e colaboradores (1993) afirmam que a reprodução sexual também pode ocorrer, ainda que nenhuma conexão dos estados anamorfos (assexual) e telomorfos (sexual) tenham sido estabelecidas.

A colonização dos DSE ocorre frequentemente em partes mais velhas da raiz, indicando a preferência deste fungo por tecidos mais velhos. Para Livingston e Blaschke (1984) os DSE também podem estar reciclando os nutrientes das células senescentes para células mais jovens.

Segundo Lingfei e colaboradores (2005; RODRIGUEZ *et al.*, 2009), os DSE atuam como promotores do crescimento vegetal, facilitando a aquisição de nutrientes. Alguns DSE possuem ainda a capacidade de produzir enzimas extracelulares como amilases, lacases, lipases e polifenol oxidases (PFO), e algumas destas estão envolvidas em processos como a degradação inicial da lignina. Ahlich (1997) afirma que em geral as enzimas lignofíticas e celulíticas são requeridas quando o fungo penetra as paredes da célula hospedeira.

Apesar de os FMAs serem cosmopolitas, os DSE são particularmente encontrados em ambientes estressados (GARCÍA; MENDOZA; POMAR, 2012; KNAPP *et al.*, 2012). A presença de melanina nos DSE lhes dá uma vantagem seletiva devido à sua presença em diferentes ambientes sob condições extremas, como ambientes sob estresse hídrico (KNAPP *et al.*, 2012), condições ácidas (POSTMA *et al.*, 2007), e solos contaminados por metais pesados (BAN *et al.*, 2012; ZHAO *et al.*, 2016). Segundo Gadd (1993; LI *et al.*, 2012) os estudos revelam que a presença de melanina diminui a toxicidade dos metais. As enzimas também são outro importante agente de tolerância a metais. Estudos têm comprovado que enzimas antioxidante como catalase (CAT), glutatona (GSH) e superóxido dismutase (SOD) têm suas atividades aumentadas em DSE submetidos a altas concentrações de metais pesados, e também representam um significativo mecanismo de defesa celular contra os danos oxidativos causados pelas espécies reativas de oxigênio na exposição a tais metais (BAN *et al.*, 2012; SHEN *et al.*, 2015; ZHAN *et al.*, 2015).

Sengupta e Chaudhuri (1994; WANG; LI, 2003) relataram a presença dos DSE em manguezais em estudos prévios. Porém, apesar destes estudos, a literatura sobre a presença de DSE em ambientes de manguezais ainda é insuficiente. A microbiota também é outra temática pouco conhecida e carente de mais estudos a fim de se fazer sua caracterização. É possível que estes organismos estejam em associação com raízes de vegetais de manguezais e sejam importantes aliados a espécies de mangue na proteção e na tolerância a metais pesados bem como ótimos indicadores da presença destes contaminantes em manguezais.

Em relação a interação entre os DSE e FMAs e os vegetais de manguezal pouco se conhece. No Brasil, há poucos relatos da ocorrência desses fungos em manguezais. Neste contexto, pesquisas que avancem de modo a se verificar a presença de DSE e FMAs neste ecossistema se tornam relevantes, devido à importância destes fungos na biorremediação e na proteção de espécies vegetais em ambientes sob estresse (como inundações, salinidade e alta luminosidade).

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Área de estudo

O presente estudo foi conduzido no Mangue de Pedra, localizado na extensão da Praia Gorda, no bairro da Rasa, no município de Armação dos Búzios – Rio de Janeiro (Brasil) (22°44'00" S e 41°58'00" O).

Barbière (1975) classifica o clima desta região como uma variação do clima semiárido quente (Bsh de Köppen), com temperaturas médias anuais em torno de 25°C podendo chegar a 40°C no verão, caracterizado por fracas precipitações (em média em torno de 770 a 854 mm/ano) e por uma taxa de evaporação compreendida entre 1200 e 1400 mm/ano (BARBIÉRE, 1984), notadamente em período estival. Duarte (1988) demonstrou que esta região tem um período de estiagem de até cinco meses.

A região é caracterizada pela existência de duas estações bem marcadas: uma estação estival úmida e uma invernal seca (NIMER, 1989). O verão é caracterizado pela predominância de ventos de direção NE, enquanto o inverno é marcado por períodos descontínuos de ventos do S-SW, ligados à passagem de sistemas frontais provenientes de médias latitudes. Os ventos possuem velocidade média em torno de 6 m/s e com apenas 12% do ano de calmaria (FIDERJ, 1978).

O Mangue de Pedra se desenvolve sobre solo composto por areia grossa, grânulos e blocos de rocha em uma enseada. Na geologia regional destaca-se a Falha do Pai Vitório, que é o limite sul do Gárben de Barra de São João (SANTOS, 2016).

Incluído no Centro de Diversidade Vegetal de Cabo Frio (CDVCF), Armação dos Búzios, apresenta uma variada caracterização de fisionomias vegetais, com campos, florestas e restingas, relacionadas à sua fisiografia e ao clima da região (SANTOS, 2019). A classificação da vegetação da região é motivo de controvérsias entre os autores. A vegetação da região está inserida no bioma Mata Atlântica, compreendendo formações florestais e ecossistemas diversos, além de mangues (como os das praias da Foca, Manguinhos e Gorda – o Mangue de Pedra) (ARAUJO, sem data).

Considerando-se elementos condicionantes da paisagem na escala local, na região de Cabo Frio em geral (ARAUJO *et al.*, 1998) e no município de Armação dos Búzios em particular, observa-se que a vegetação, tanto arbórea como a arbustiva, apresenta variações fisionômicas e florísticas ao longo de gradientes ambientais condicionados por características dos solos, especialmente textura e umidade, e ao relevo, relacionado à exposição aos ventos e à salinidade (DANTAS; LIMA; BOHRER, 2009).

De acordo com a Alerj (2018), o Projeto de Lei nº 3908/2018 modifica os limites do Parque Estadual da Costa do Sol Anita Mureb (PECS), criado pelo Decreto nº 42.929, de 18 de abril de 2011, na sua porção situada nos municípios de Cabo Frio e Armação dos Búzios e dá outras providências:

Art. 2º Fica incluído nos limites do Parque Estadual da Costa do Sol, criado pelo Decreto 42.929, de 18 de abril de 2011, o Mangue de Pedra, no município de Armação dos Búzios, localizado na extensão da praia Gorda, praia de Manguinhos e, de forma inicial, na praia da Foca. Sua ocorrência está ligada a nascentes de água subterrânea na linha de costa, entrando em contato com a água do mar.

Parágrafo único A área ocupada pelo Mangue de Pedra é de 0,014 km² e sua bacia contribuinte é de 0,180 km².

O Mangue de Pedra é uma área de valor científico, cultural e paisagístico (MANSUR *et al.*, 2012). “Antes de se alcançar a Ponta do Pai Vitório, numa praia com areia coberta de pedras, ergue-se um belo manguezal de franja formado por mangue-preto e branco” (SOFFIATI, 2011, p. 16). Seus propágulos provêm de manguezais existentes nas fozes dos rios Una (localizado no município de Cabo Frio) e São João (localizado no município de Casimiro de Abreu), e são transportados pelas correntes marítimas até se prenderem nas pedras existentes na enseada.

Na costa de Búzios, só se encontra a *Rhizophora mangle* (mangue vermelho) no rio Una. Nos manguezais das praias Gorda e de Manguinhos, ocorrem a *Avicennia shaueriana* (mangue preto) e

Laguncularia racemosa (mangue branco). Na praia da Foca, apenas a *Avicennia schaueriana*. Deve-se considerar que tais praias são bastante estreitas, o que, talvez, explicaria a ausência do mangue vermelho (SOFFIATI, 2011).

Nos últimos quarenta anos o crescimento urbano vem reduzindo e fragmentando a sua cobertura vegetal natural (DANTAS *et al.*, 2009). Esse raro ecossistema é considerado um verdadeiro santuário ecológico e está sendo ameaçado pela constante retirada de pedras e pela pressão do avanço imobiliário acentuado, pois trata-se de uma região turística caracterizada por casas e propriedades de veraneio (MANSUR, 2010, p. 96-132). Por isso, evitar a contaminação da água subterrânea, proteger sua área de recarga, impedir o desmatamento da mata nativa e a ocupação desordenada dessa área tornam-se cruciais para a conservação desta região singular (REBELO, 2013).

3.2. Metodologia de amostragem do solo e plantas para estudo

Para a verificação da presença de FMAs e DSE no Mangue de Pedra, amostras de solo e plântulas de mangue foram coletadas por meio de uma amostragem inteiramente aleatória. As amostras de plântulas de mangue foram retiradas com o auxílio de uma pá a uma profundidade de, em média, 10 cm e raio de 2 m. Foram recolhidos quatro amostras de solo. As amostras coletadas estavam imersas na água, constatando às alterações de maré, o que faz com que os indivíduos fiquem submersos quando a maré está alta (Figura 1).

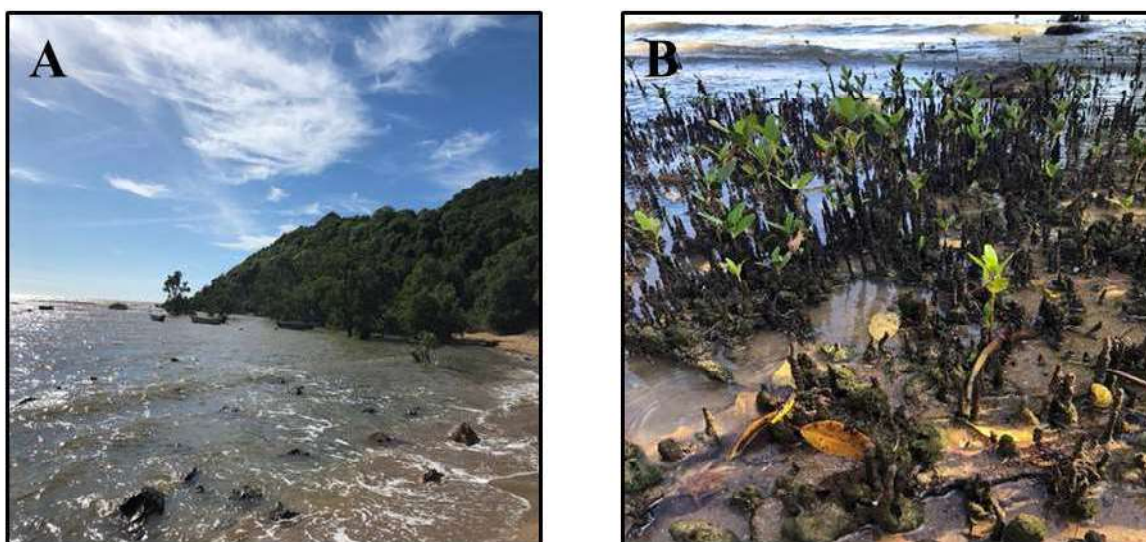


Figura 1: A – Mangue de Pedra com a primeira preia-mar de 1,1 m. B – Raízes respiratórias (ou pneumatóforos) de *Avicennia schaueriana* (mangue preto) no Mangue de Pedra.

Fonte: Autora (2019).

As amostras foram devidamente condicionadas em sacos plásticos estéreis e transportadas em recipiente adequado para o Laboratório de Ecotoxicologia e Microbiologia Ambiental (LEMAM) – IFFluminense, *campus* Cabo Frio – RJ, onde foram realizadas as devidas análises.

3.3. Extração e identificação de esporos

Para experimentos a quantidade de solo padroniza-se usar 50 g de solo. Gerdermann e Nicolson (1963) adaptaram o método de extração de nematóides para a extração de esporos de FMAs e a metodologia foi complementada por Jenkins (1964) para a extração de nematóides: centrifugação por gradiente de densidade.

Para a extração de esporos pelo método de decantação e peneiramento úmido foram utilizadas peneiras com malhas de 450 e 53 μm , seguido de centrifugação em água a 3000 rpm durante três minutos e, em seguida, em solução de sacarose a 50% a 2000 rpm durante dois minutos (GERDERMANN; NICOLSON, 1963).

Após a extração pelo peneiramento úmido foram montadas lâminas com água e os esporos observados sob microscópio óptico (Novel BM 2100) para identificação, realizado com o auxílio de publicações de pesquisadores especialistas em taxonomia de FMAs e do banco de dados *International Culture Collection of Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (INVAM).

3.4. Avaliação das raízes de *Avicennia* sp.

As raízes foram lavadas com água abundante e as amostras foram cortadas em fragmentos de aproximadamente 2 cm de comprimento e colocadas em tubo de ensaio. A avaliação das raízes foi realizada por tratamento de clarificação, onde os fragmentos foram imersos em solução de KOH a 10% (70°C em banho-maria/30 minutos). Após este processo, as amostras foram enxaguadas em água abundante e colocadas em solução de HCl a 1% (30 minutos a temperatura ambiente). Em seguida, as amostras foram novamente lavadas e coradas em azul de Trypan a 0,05% (90°C em banho-maria/30 minutos) (SOUZA e GUERRA, 1998 – adaptado; UFLA, 2015).

As lâminas foram montadas com lactoglicerol e observadas em microscópio óptico acoplado a uma câmera fotográfica (Toup CAM UCMOS05100KPA). As imagens foram tiradas no programa Toup View, tratadas no programa ToupLite e ImageJ.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Identificação de estruturas fúngicas em raízes de *Avicennia* sp.

Estruturas como arbúsculos (Figura 2 – A, B, C, D, E, F), esporo (Figura 2 – C), hifa do esporo (Figura 2 – C), hifas intraradiculares (Figura 2 – D, E, F) e vesícula (Figura 2 – A) puderam ser observadas nos fragmentos de raízes analisadas de *Avicennia schaueriana*, confirmando que os vegetais presentes no Mangue de Pedra são simbioses de FMAs (Figura 2).

Os FMAs proporcionam maior capacidade de absorção de nutrientes, participação na ciclagem de nutrientes, estabilidade do solo, manutenção da diversidade vegetal e melhora na capacidade das plantas micorrizadas em competir por recursos (JASPER, 1994). Estes fungos representam uma promissora ferramenta para ambientes em processos de revegetação, contribuindo para o sucesso no estabelecimento das plantas. Apesar de reconhecidamente importantes na maioria dos ecossistemas terrestres, dados ecológicos e biológicos básicos sobre os FMAs ainda são escassos, com poucos trabalhos sobre a sua ocorrência em ecossistemas naturais no Brasil.

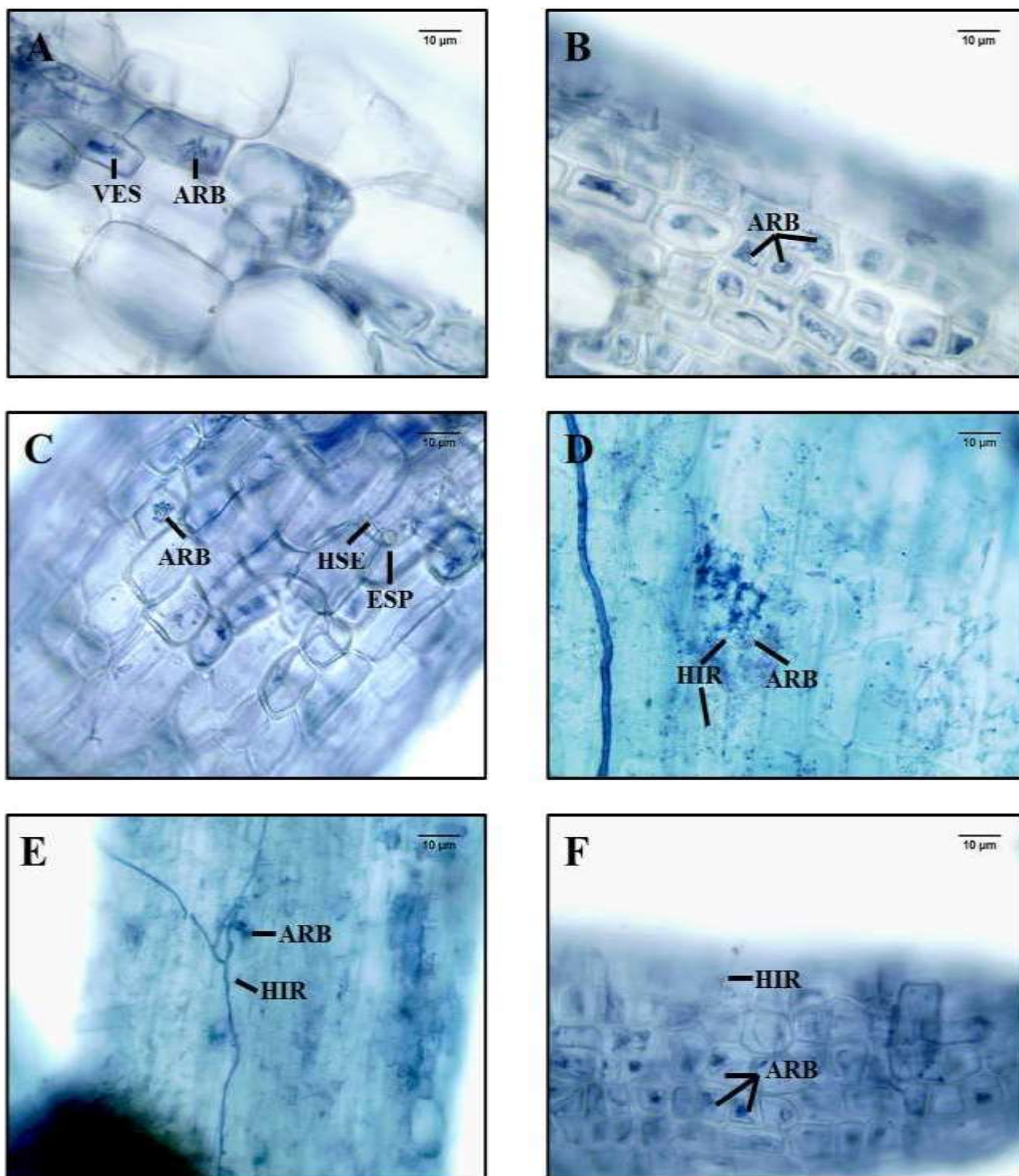


Figura 2: Estruturas de FMA em raízes de *Avicennia schaueriana* coletadas no Mangue de Pedra, Armação dos Búzios – RJ. A – Vesícula (VES) e Arbúsculo (ARB) (1000x); B – ARB (1000x); C – ARB, Esporo (ESP) e Hifa do Esporo (HSE) (1000x); D – Hifas Intraradiculares (HIR) e ARB (1000x); E – F – HIR e ARB (400x).

Fonte: Autora (2019).

4.2. Colonização de raízes de *Avicennia* sp. por FMA

A colonização fúngica corresponde à colonização por FMA e DSE (identificados por meio do micélio), e as estruturas fúngicas correspondem às estruturas típicas de FMAs como arbúsculos, esporos e vesículas. Nos resultados das amostras analisadas foram encontrados: arbúsculos, esporo, hifas e vesícula, confirmando que as estruturas de FMAs estão presentes nas raízes de *Avicennia* sp. coletadas no Mangue de Pedra.

É possível que as características do Mangue de Pedra – por ser um manguezal fixado sobre substrato areno-rochoso com formação de mangue e estar sujeito a inundações frequentes de maré (duas vezes por dia) – resultem na alta taxa de colonização por FMA neste local, devido a este fungo apresentar importante papel na estabilização e agregação do solo (BERBARA *et al.*, 2006).

Wang e colaboradores (2010) investigaram a simbiose entre FMAs e espécies de mangue em dois manguezais no sul da China, e verificaram a ocorrência de vesículas nas raízes estudadas enquanto os arbúsculos foram raros ou ausentes. Segundo Miransari (2011) vesículas de FMA podem acumular íons de sódio e cloreto em ambientes halófitos. Provavelmente este seja o motivo da frequente ocorrência de vesículas em plantas de manguezal. Os FMAs são capazes de suportar ambientes com teores de sais moderados, porém, a alta salinidade pode ter feitos negativos sobre estes fungos.

A germinação de esporos e conseqüente crescimento da hifa, podem ser reduzidos com aumento da salinidade (JUNIPER; ABBOTT, 1993). Em estudo nos manguezais da Índia, Kumar e Ghose (2008) observaram que a frequência micorrízica e a riqueza de esporos de FMAs estavam negativamente correlacionadas com a salinidade do solo. Já Wang e colaboradores (2010) observaram que houve simbiose entre FMAs e plantas de mangue expostas a condições de inundação por mais de 11 horas por dia, indicando que existem espécies de FMA que suportam condições de baixa concentração de oxigênio (hipoxia), embora também tenham observado a supressão da colonização por FMA em condições de hipoxia por longo tempo nos dois manguezais estudados.

4.3. Tipos de glomerosporos encontrados no solo

Seerangan e Thangavelu (2014) observaram que os esporos fúngicos estavam presentes em apenas nove das 55 espécies analisadas. A ausência de esporos de FMA em zonas de raiz de diversas plantas micorrizadas foi observado também pelos pesquisadores, sugerindo que o processo inicial de colonização de plantas aquáticas seja realizado por outros tipos de propágulos como hifas extrarradiculares e raízes micorrizadas uma vez que a taxa de colonização por FMA média de raízes das espécies estudadas foi de 68%, considerada alta.

De acordo com Zhao (1999) fatores como características do solo, idade das plantas hospedeiras, quantidade de fósforo (P), sazonalidade e umidade podem interferir diretamente na densidade de esporos. Quanto à sazonalidade, Bonfim (2015) não observou variação no número de esporos extraídos de solo de Mata Atlântica, apenas a colonização radicular que foi maior no período do verão e outono. Kumar e Ghose (2008) em estudo nos manguezais da Índia observaram que a disponibilidade de P estava negativamente correlacionada com a riqueza de esporos de FMA.

Os esporos encontrados no solo coletado no Mangue de Pedra foram os mais diversos (Figura 3). Foram feitas consultas com o auxílio de publicações de pesquisadores especialistas em taxonomia de FMAs e do banco de dados INVAM, porém, o fato de haver diferentes tipos de esporos, mas um número irrisório de um determinado tipo dificultou a identificação. Então, optou-se por deixá-los sob a nomenclatura de glomerosporos.

A Figura 3 apresenta alguns tipos de glomerosporos extraídos do solo coletado, e as Figuras 4 e 5 apresentam uma determinada espécie de FMA presente no solo coletado no Mangue de Pedra sob diferentes ângulos, verificando somente a ocorrência de esporos de FMA. Considerando que não foram identificados a ocorrência de hifas de DSE.

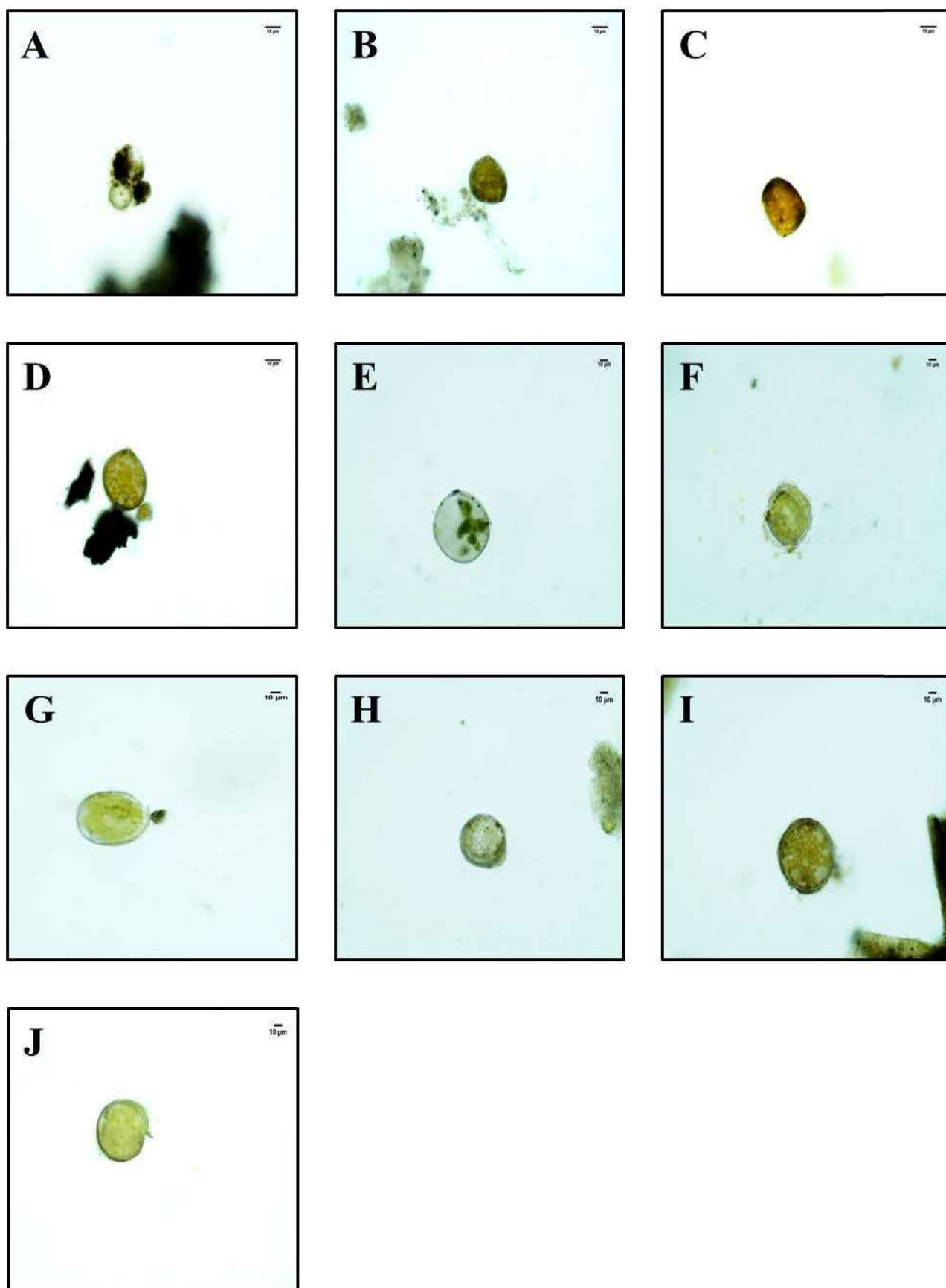


Figura 3: Alguns dos tipos de glomerosporos extraídos do solo coletado no Mangue de Pedra, Armação dos Búzios – RJ. Imagens A – J sob lente com aumento de 400x.

Fonte: Autora (2019).

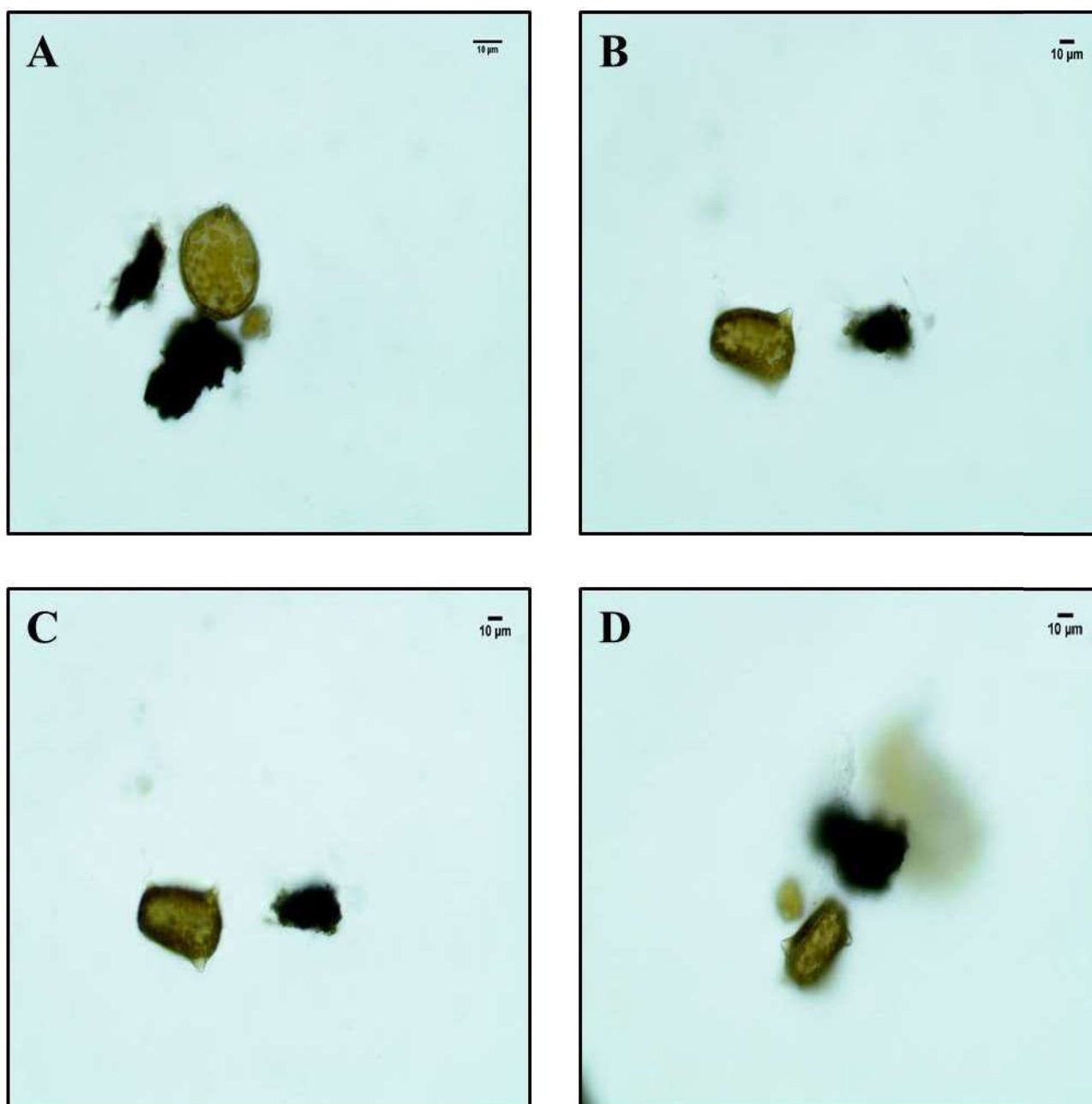


Figura 4: Espécie de FMA em solo coletado no Mangue de Pedra sob diferentes ângulos. Todas as imagens sob lente com aumento de 400x.

Fonte: Autora (2019).

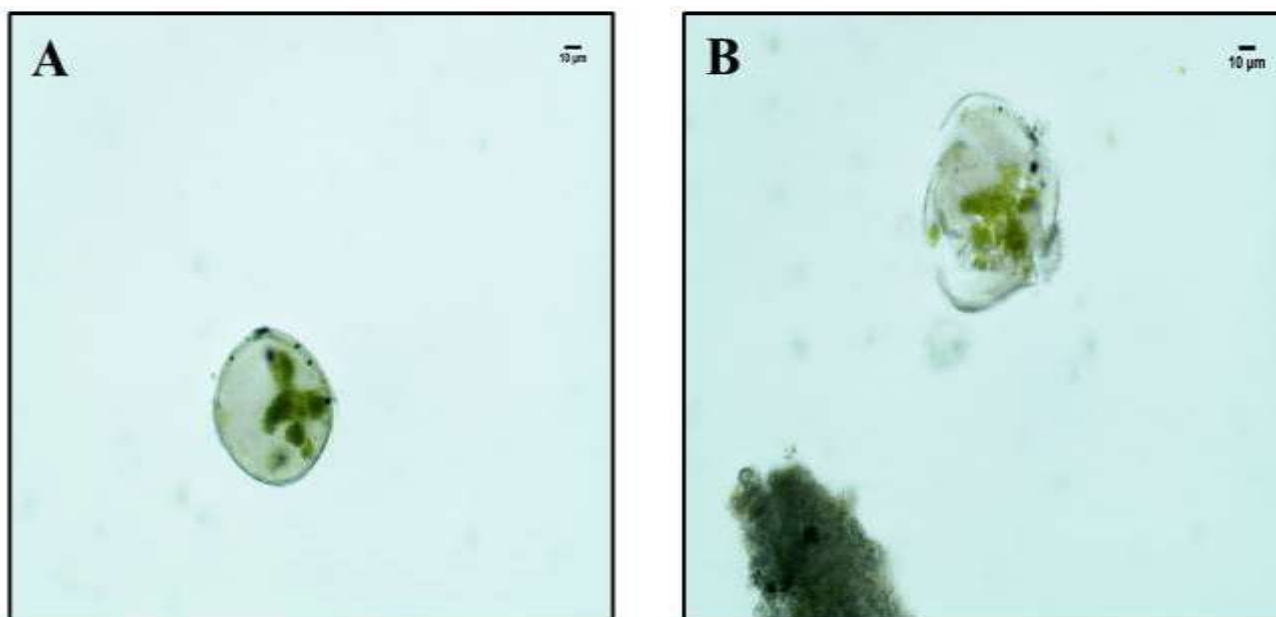


Figura 5: Espécie de FMA em solo coletado no Mangue de Pedra sob diferentes ângulos. Todas as imagens sob lente com aumento de 400x.

Fonte: Autora (2019).

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho foram verificadas e identificadas estruturas micorrízicas arbusculares (arbúsculos, esporos, hifas dos esporos, hifas intraradiculares e vesículas) em raízes de *Avicennia schaueriana* (mangue preto) coletadas no Mangue de Pedra, Armação dos Búzios, RJ (Brasil), confirmando a associação simbiótica com essa espécie. Também foram encontrados esporos no solo coletado. Deste modo, verificou-se a ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) neste manguezal.

A presença de hifas septadas melanizadas e/ou estruturas semelhantes a microescleródios não foram observadas nas raízes analisadas, fazendo-se necessárias novas pesquisas e coletas para a caracterização.

Diante da possibilidade do Centro de Diversidade Vegetal de Cabo Frio (CDVCF), onde se insere o Mangue de Pedra, sofrer impactos por metais pesados e/ou derivados do petróleo devido à crescente atividade antrópica na região, este trabalho aponta ainda a necessidade de intensificar os estudos que caracterizem, quantifiquem e testem os impactos do aumento da utilização e possíveis derramamentos de petroderivados em solo de manguezais. Assim como, novos trabalhos que abordem a ecologia e a ocorrência dos FMAs e fungos endofíticos em manguezais. Acredita-se que estes fungos sejam alternativas promissoras quando se trata de biorremediação em áreas de manguezais impactados

e na proteção de espécies vegetais em ambientes sob estresse (como inundações, salinidade e alta luminosidade).

O recente vazamento de óleo ocorrido no litoral nordestino já é considerado o maior acidente ambiental em extensão e duração no país. No total, nove estados do Nordeste já foram afetados, além do Espírito Santo e até o então momento, a praia de Grussaí, em São João da Barra. A mancha de óleo se espalhou por praias e manguezais da costa nordeste e já chegou a áreas marinhas protegidas.

Perante a real singularidade do ecossistema manguezal é reiterada a necessidade de que a área do Manguê de Pedra seja valorizada como unidade de conservação que é, a fim de proteger sua raridade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1. p. 299-352.

ADDY, H. D.; PIERCEY, M. M.; CURRAH, R. S. Microfungal Endophytes in roots. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 83, p. 1-13, 2005.

AHLICH, K. **Vorkommen und Charakterisierung von dunklen, septierten Hyphomyceten (DSH) in Gehölzwurzeln**. PhD Dissertation, Swiss Federal Institute of Technology, Department of Forest Sciences, Zürich, Switzerland, 1997.

ALENCAR, T. dos S. **Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) e Dark Septate Endophytes (DSE): identificação em vegetais do manguezal de Gargaú, São Francisco de Itabapoana, RJ (Brasil)**. Dissertação (mestrado) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, campus Campos Centro, Curso de Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental, Campos dos Goytacazes, RJ, 73 f.: il., 2016.

ALERJ – Assembleia Legislativa do Rio de Janeiro. **Projeto de Lei nº 3908/2018**. Modifica os limites do Parque Estadual da Costa do Sol, criado pelo Decreto nº 42.929, de 18 de abril de 2011, na sua porção situada nos municípios de Cabo Frio e Armação dos Búzios e dá outras providências. Disponível em:

<<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/scpro1519.nsf/1061f759d97a6b24832566ec0018d832/a83d546ab08bd052832582510061b026?OpenDocument>>. Acesso em: 13 maio 2019.

ALMAHASHEER, H. B.; AL-TAISAN, W. A.; MOHAMED, M. K. **Metals Accumulation in Grey Mangrove (*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.) Inhabiting Tarut Bay, Eastern Saudi Arabia.** *Journal of Agricultural Science*, vol. 6, n. 1, 2014.

ALONGI, D. M. **Present state and future of the world's mangrove forests.** *Environmental Conservation*, v. 29, n. 3, p. 331-349, 2002. Foundation for Environmental Conservation.

ANDERSON, T. A.; COATS, J. R. Screening rhizosphere soil samples for the ability to mineralize elevated concentrations of atrazine and metolachlor. **J. Environ. Sci. Health**, B, v. 30, p. 473-484, 1995.

_____; GUTHRIE, E. A.; WALTON, B. T. *Environmental Science & Technology*, v. 27, p. 2630-2636, 1993.

ANDRADE, O. F. de. **Identificação de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em formação vegetal psamófila-reptante: ecologia e micorrizorremediação.** Dissertação (Mestrado). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, 2012.

ANDRADE, J. A.; AUGUSTO, F.; JARDIM, I. C. S. F. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. **Eclética Química**, São Paulo, v.35, n.3, set. 2010.

ARAUJO, D. S. D. A vegetação e a flora da região de Cabo Frio. (sem data). Disponível em: <http://www.reservataua.com.br/vegetacao_flora_cabo_frio.htm>. Acesso em: 12 nov. 2018.

_____; LIMA, H. C.; FARÁG, P. R.; LOBÃO, A. Q.; SÁ, C. F. & KURTZ, B. O centro de diversidade vegetal de Cabo Frio: levantamento preliminar da flora. In. IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros, Águas de Lindoia. Pub. ACIESP nº 104. São Paulo 2:165-170. 1998.

BAN, Y. *et al.* **The Response of Dark Septate Endophytes (DSE) to Heavy Metals in Pure Culture.** PLOS ONE. Volume 7, Issue 10, 2012.

BARBIÉRE, E. B. Ritmo climático e extração do sal em Cabo Frio. **Rev. Bras. Geografia**, v. 37, n. 4, p. 23-109, 1975.

_____. Cabo Frio e Iguaba Grande, dois microclimas distintos a um curto intervalo espacial. In: (Ed.). Restingas: origem, estrutura, processos. Niterói: CEUFF, p.3-13, 1984.

BENTO, R. A. **Simbioses Radiculares e a Fitorremediação de Solo Contaminado por Resíduos Oleosos de Refinaria de Petróleo**. Trabalho de conclusão de curso (Monografia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008.

BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos Micorrízicos Arbusculares: Muito Além da Nutrição. In **Nutrição Mineral das Plantas**. SBCS, Viçosa, 2006: 53-85, (ed. FERNANDES, M. S.). 432p.

BERGER, T. M. **Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos totais de petróleo – enfoque na aplicação do processo Terraferm**. Tese (Doutorado em Ecologia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 86p. 2005. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10900/000590396.pdf?s>>. Acesso em: 28 maio 2019.

BONFIM, J. A. **Fungos micorrízicos arbusculares e endofíticos dark septate em áreas de Mata Atlântica em um gradiente altudinal**. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo (USP). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba – SP, 2015.

BROWN, M. S. & BETHLENFALVAY, G. J. Glycine-Glomus-Rhizobium symbiosis. VI. Photosynthesis in nodulated, mycorrhizal, or N- and P-fertilized soybean plants. **Plant Physiol.**, 85:120-123, 1987.

BRUNDRETT, M. *et al.* **Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture**. ACIAR Monograph 32. 37. 1996. ISBN 186320 181 5. Disponível em: <<http://aciarc.gov.au/publication/MN032>>. Acesso em: 20 maio 2019.

BRUNDRETT, M. C.; KENDRICK, W. B. **A developmental study of early stages in vesicular arbuscular mycorrhiza formation**. Canadian Journal Botany, 66: 184–194, 1996.

CHAUDHRY, Q. *et al.* **Environmental Science and Pollution Research**, v. 12, p. 34-48, 2005.

COSTA FILHO, G. F. da. **Biodegradação de Óleos Derivados do Petróleo e de Origem Vegetal Estimulada por Biossurfactantes em Meio Aquoso e Monitoramento de sua Toxicidade**. 2011. 68f. TCC (Graduação em Curso de Ecologia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2011. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/118752/costafilho_gf_tcc_rcla.pdf?sequence=1>. Acesso em: 10 maio 2019.

CHRISTIE, P.; LI, X.; CHEN, B. **Arbuscular mycorrhiza can depress translocation of zinc to shoots of host plants in soils moderately polluted with zinc.** *Plant and Soil*, v.261, p.209-217, 2004.

CUNNINGHAM, S. D.; ANDERSON, T. A.; SCHWAB, A. P. Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. **Adv. Agron.**, v. 56, p. 55-114, 1996.

CURRAH, R. S.; TSUNEDA, A. **Vegetative and reproductive morphology of *Phialocephala fortinii* (Hiphomycetes, *Mycelium radicis atrovirens*) in culture.** *Transactions of Mycological Society in Japan* 34:345-356, 1993.

DANTAS, H. G. R.; LIMA, H. C. de; BOHRER, C. B. de A. Mapeamento da vegetação e da paisagem do município de Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro - JBRJ, v. 60, n. 1, p. 25-38, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S217578602009000100025&lng=en&nr m=iso&tlng=pt>. Acesso em: 19 out. 2019.

DUARTE, A. C. **Condições morfoclimáticas e vegetação do ambiente estépico da região de Cabo Frio, RJ, Brasil:** avaliação atual para uma perspectiva de preservação. Niterói, 83 p. Dissertação (Mestrado em Geociências). Programa de Pós-graduação em Geociências - Universidade Federal Fluminense, 1998.

FERNANDEZ, R. T. *et al.* Evaluating semiaquatic herbaceous perennials for use in herbicide phytoremediation. **J. Am. Soc. Hortic. Sci.**, v. 124, p. 539-544, 1999.

FIDERJ. Indicadores climatológicos do estado do Rio de Janeiro. Governadoria do estado do Rio de Janeiro, Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral (SEC-PLAN), Fundação Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Rio de Janeiro (FIDERJ). Sistemas de Informação para o Planejamento Estadual (SIPE), 156 p. 1978.

GADD, G. M. **Interactions of fungi with toxic metals.** *New Phytologist*, vol. 124, n. 1, pp. 25-60, 1993.

GALVANI, E.; LIMA, N. G. B. **Estudos climáticos nas escalas inferiores do clima:** manguezais da Barra do Rio Ribeira, Iguape, SP. *Revista Mercator*, v. 9, n. 1, p. 25-38, 2010.

GARCÍA, I.; MENDOZA, R.; POMAR, M. C. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and dark septate endophytes under contrasting grazing modes in the Magellanic steppe of Tierra del Fuego. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 155. 2012. p. 194– 201.

GAYLARDE, C. C.; BELLINASSO, M. de L.; MANFIO, G. P. **Aspectos biológicos e técnicas da biorremediação de xenobióticos.** Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento. Brasília, v. 8, n. 34, p. 36-43, 2005.

GERDERMANN, J. N.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, Cambridge, v. 46, n. 2, p. 235-244, 1963.

GOTO, B. T. *et al.* **Glomus halonatum** Rose & Trappe (Glomeromycota) in South America: **comments on the morphological characteristics of the species.** *Acta bot. bras.* 23(4): 1167-1170. 2009.

_____; MAIA, L. C. **Glomerospores:** a new denomination for the spores of Glomeromycota, a group molecularly distinct from the Zygomycota. *Mycotaxon*, v. 96, 129-132, 2006.

_____; SILVA, G. A.; ASSIS, D. M. A.; SILVA, D. K. A.; SOUZA, R. G.; FERREIRA, A. C. A.; JOBIM, K.; MELLO, C. M. A.; VIEIRA, H. E. E.; MAIA, L. C.; OEHL, F. **Intraornatosporaceae (Gigasporales), a new family with two genera and two new species.** *Mycotaxon* 119: 117-132, 2012.

HARRISON, M. **Molecular and cellular aspects of the arbuscular micorrizhal symbiosis.** *Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, Palo Alto, v.50, p.361-389, 1999.

HWANG, S. F.; CHANG, K. F. & CHAKRAVARTY, P. **Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the development of Verticillium and Fusarium wilts of alfalfa.** *Plant Dis.*, 76:239-243, 1992.

JASPER, D. A. Management of mycorrhizas in revegetation. In: ROBSON, A. D.; ABBOTT, L. K.; MALAJCZUK, N. (Ed.). **Management of mycorrhizas in agriculture, horticulture and forestry.** Boston: Kluwer Academic, 1994, p. 211-219.

JASTROW, J. D.; MILLER, R. M.; LUSSENHOP, J. **Contributions of interacting biological mechanisms to soil aggregate stabilization in restored prairie.** *Soil Biol. Biochem.*, 30:905-916, 1998.

JENKINS, W. R. **A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil.** *Plant disease reporter*, v. 48, n. 9, p. 692, 1964.

JUNIPER, S.; ABBOTT, L. **Vesicular arbuscular mycorrhizas and soil salinity.** *Mycorrhiza* 4:45-57, 1993.

JUMPPONEN, A. **Dark septate endophytes – are they mycorrhizal?** *Mycorrhiza* 11:207– 211, 2001.

_____; TRAPPE J. M. Dark septate endophytes: a review of facultative biotrophic root colonizing fungi. *New Phytologist* 140: 295–310, 1998.

KHAN, A. G. **Mycorrhizoremediation - an enhanced form of phytoremediation.** *Journal of Zhejiang University Science B* Volume 7, Number 7, 503-514, DOI: 10.1631 - 2006.

KNAPP, D. G. *et al.* The Dark Side Is Not Fastidious – Dark Septate Endophytic Fungi of Native and Invasive Plants of Semiarid Sandy Areas. **PLOS one.** volume 7, n. 2, p. e32570, 2012.

KUIPER, I.; LAGENDIJK E. L; BLOEMBERG, G. V. & LUGTENBERG, B. J. J. **Mol Plant Microbe Interact** v.17, p. 6-15, 2004.

KUMAR, T.; GHOSE, M. **Status of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in the Sundarbans of India in relation to tidal inundation and chemical properties of soil.** *Wetlands Ecol Manage*, 16:471–483, 2008.

LI, H. Y.; LI, D. W.; HE, C. M.; ZHOU, Z. P.; MEI, T. **Diversity and heavy metal tolerance of endophytic fungi from six dominant plant species in a Pb-Zn mine wasteland in China.** *Fungal Ecol* 5: 309–315, 2012.

LIKAR, M.; REGVAR, M. **Isolates of dark septate endophytes reduce metal uptake and improve physiology of *Salix caprea* L.** *Plant Soil* 370:593–604, 2013.

LIMA, R. L. F. A. *et al.* Propágulos de fungos micorrízicos arbusculares em solos deficientes em fósforo sob diferentes usos, da região semi-árida no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 02, p. 257-268, 2007.

LIMA, N. G. B.; GALVANI, E. FALCÃO, R. M.; CUNHA-LIGNON, M. Air temperature and canopy cover of impacted and conserved mangrove ecosystems: a study of a subtropical estuary in Brazil. **Journal of Coastal Research**, Special Issue 65 — International Coastal Symposium, v. 2, p. 1152-1157, 2013.

LINGFEI, L.; YANG, A.; ZHAO, Z. W. **Seasonality of arbuscular mycorrhizal symbiosis and dark septate endophytes in a grassland site in Southwest China.** *FEMS Microbiology Ecology*, v.54, p.367-373, 2005.

LIVINGSTON, W. H.; BLASCHKE, H. **Deterioration of mycorrhizal short roots and occurrence of *Mycelium radicans* on declining Norway spruce in Bavaria.** *European Journal of Forest Pathology* 14:340-348, 1984.

LOBUGLIO, K. F.; BERBEE, M. L.; TAYLOR, J. W. **Phylogenetic origins of the asexual mycorrhizal symbiont *Cenococcum geophilum* Pr. And other mycorrhizal fungi among the ascomycetes.** *Molecular Phylogenetics and Evolution* 6: 287-294. 1996.

MA, Y. *et al.* Beneficial role of bacterial endophytes in heavy metal phytoremediation. **Journal of environmental management**, v. 174, p. 14-25, 2016.

_____ *et al.* Plant growth promoting rhizobacteria and endophytes accelerate phytoremediation of metalliferous soils. **Biotechnology Advances**. v. 29, p. 248-258, 2011.

MANDYAM, K.; JUMPPONEN, A. **Seasonal and temporal dynamics of arbuscular mycorrhizal and dark septate endophytic fungi in a tallgrass prairie ecosystem are minimally affected by nitrogen enrichment.** *Mycorrhiza*, v. 18, n. 3, p. 145-155, 2008.

_____; JUMPPONEN, A. Seeking the elusive function of the root-colonizing dark septate endophytic fungi. **Studies in Mycology**, v.53, p.173-189, 2005.

MANSUR, K. **Diretrizes para Geoconservação do Patrimônio Geológico do Estado do Rio de Janeiro: o caso do Domínio Tectônico Cabo Frio.** Rio de Janeiro, 2010. 350p. Tese (Doutorado em Geologia). Apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociência da Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ.

_____ *et al.* Geoparque Costões e Lagunas do Estado do Rio de Janeiro (RJ): proposta. In. Schobbenhaus, C.; Silva, C. R. (Orgs.). **Geoparques do Brasil: propostas.** Rio de Janeiro: CPRM, Cap. 19. 2012. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17154/1/costoeselagunasdorj.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2019.

MASSENSINI, A. M. *et al.* **Microorganismos do solo e suas funções nas interações entre plantas daninhas e culturas.** *Planta daninha* [online]. 2014, vol.32, n.4, pp.873-884. ISSN 0100-8358.

MEDELLU, C. S.; SOEMARNO, M.; BERHIMPON, S. The Influence of Opening on the Gradient and Air Temperature Edge Effects in Mangrove Forests. **International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS**, v. 12, n. 2, p. 53-57, 2012.

MEHDI, A. R.; SOUZA, R. de. **Projeto de Lei Parque Estadual do Mangue de Pedra**. 2012. 31 slides. Disponível em: <<https://www.slideshare.net/annaroberta/mangue-de-pedra-de-armao-dos-bzios>>. Acesso em: 19 out. 2019.

MENDES-FILHO, P. F. **Potencial de reabilitação do solo de uma área degradada, através da revegetação e do manejo microbiano**. 2004. 89 f. Tese. (Doutorado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade de São Paulo.

MIRANSARI, M. **Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and soil bacteria**. Appl Microbiol Biotechnol. 89:917–930, 2011.

MOREIRA, I. T. A.; OLIVEIRA, O. M. C; TRIGUIS, J. A; SANTOS, A. M. P; QUEIROZ, A. F. S; MARTINS, C. M. S; SILVA, C. S; JESUS, R. S. **Phytoremediation using Rizophora mangle L. in mangrove sediments contaminated by persistent total petroleum hydrocarbons (TPH's)**. Microchemical Journal 99 376–382, 2011.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. 2^a ed. Lavras: Editora UFLA, 720p. 2006.

MORTON, J. B; BENNY, J. L. **Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zigomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, with emendations of Glomaceae**. Mycotaxon, v. 37, 471-491, April/June 1990.

_____; BENTIVENGA, S. P. **Levels of diversity in endomycorrhizal fungi (Glomales, Zigomycetes) and their role in defining taxonomic and non-taxonomic groups**. Plant and Soil, The Hague, v. 159, n. 7, p. 47-59, 1994.

MOTA, A. **Marinha recolhe óleo em mais três cidades do RJ e envia para análise**. Inter TV - Norte Fluminense. 25 nov. 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rj/norte-fluminense/noticia/2019/11/25/marinha-recolhe-amostras-de-oleo-no-litoral-de-mais-3-cidades-do-rj-e-envia-para-analise.ghtml>>. Acesso em: 25 nov. 2019.

MUTECA, F. L. **Biorremediação de solo contaminado com óleo cru proveniente de Angola**. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Programa em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://tpqb.eq.ufrj.br/download/biorremediacao-de-solocontaminado-com-oleo-cru.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2019.

NAKATANI, A. S. *et al.* Comunidades microbianas, atividade enzimática e fungos micorrízicos em solo rizosférico de “landfarming” de resíduos petroquímicos. **Rev. Bras. De Ciências do Solo**. v.32, p. 15011512, 2008.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

NOGUEIRA, M. A. Micorrizas Arbusculares e Metais Pesados. **In: SILVEIRA, A. P. D. da; FREITAS, S. dos S. (Eds).** Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental. Campinas: Instituto Agrônômico, p.218-238. 2007.: il. ISBN: 978-85-85564-14-8 (Publicação online).

OEHL, F. *et al.* **Advances in Glomeromycota taxonomy and classification**. International Mycological Association – Fungus, v.2, n.2, p.191–199, 2011.

PAKZADTOOCHAEI, S. **Comparing the concentration of heavy metals (Cd, Cu, Ni and Zn) in the sediment and different tissues of *Avicenna marina* in Iranian coasts of the Oman Sea**. International Research Journal of Applied and Basic Sciences, vol. 4 (3), 561- 569, 2013.

PARNISKE, M. **Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses**. Nature Reviews Microbiology, v. 6, p. 763-775, 2008.

PAULA, A. M.; SOARES, C. R. F. S.; SIQUEIRA, J. O.- **Biomassa, atividade microbiana e fungos micorrízicos em solo de landfarming de resíduos petroquímicos**. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.10, n.2, p.448–455, 2006.

PEREIRA, G. M. D.; RIBEIRO, K. G.; JÚNIOR, P. I. F.; VITAL, M. J. S.; KASUYA, M. C. M.; ZILLI, J. L. **Ocorrência de fungos endofíticos "dark septate" em raízes de *Oryza glumaepatula* na Amazônia**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.46, n.3, p.331-334, 2011.

PERKOVICH, B. S. *et al.* Enhanced mineralization of [14C] atrazine in *K. scoparia* rhizosferic soil from a pesticide-contaminated site. **Pestic. Sci.**, v. 46, p. 391-396, 1996.

PINTO, H. C. A. **Potencial fitorremediador de sabiá (*mimosa caesalpinifolia* benth.) associada a fungo micorrízico arbuscular em solo contaminado com óleo diesel**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Campos dos Goytacazes – RJ, 2016.

PIRES, F. R. *et al.* Uso da fitorremediação na descontaminação do solo. In: ENCONTRO REGIONAL DE BOTÂNICOS, 23., 2001, Viçosa, MG. **Resumos...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. p. 104.

POSTMA, J. W. M. *et al.* Root colonization by arbuscular mycorrhizal, fine endophytic and dark septate fungi across a pH gradient in acid beech forests. **Soil Biol. Biochem.** v39, p. 400 e 408, 2007.

PRINCE, R. C. Petroleum spill bioremediation in marine environments, *Critical. Reviews in Microbiology*, v. 19, p. 217-242, 1993.

READ, D. J.; HASELWANDTER K. Observation on the mycorrhizal status of some alpine plant communities. **New Phytol** 88:341–352, 1981.

REBELO, V. A. L. C. **Caracterização Hidrogeológica e Hidrogeoquímica da região do Mangue de Pedra (Armação dos Búzios, RJ)**. 2013. 170 f. Trabalho Final de Curso (Monografia) – Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro. 2013. Disponível em: <<https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/5398/1/REBELO%2c%20V.A.L.C.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2019.

REDECKER, D.; SCHÜSSLER, A.; STOCKINGER, H.; STÜRMER, S. L.; MORTON, J. B.; WALKE, C. **An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota)**. Mycorrhiza, Review, 2013.

REDMAN, R.; SHEELHAN, K. B.; STOUT, R. G.; RODRIGUEZ, R. J.; HENSON, J. M. Thermo tolerance generated by plant/fungal symbiosis. **Science**, v.298, n.5598, p.1581, nov., 2002.

REININGER, V.; GRÜNIG, C. R.; SIEBER, T. N. Host species and strain combination determine growth reduction of spruce and birch seedlings colonized by root-associated dark septate endophytes. **Environmental Microbiology**. 2012. 14(4), 1064–1076 doi:10.1111/j. 1462-2920.2011.02686.

RODRIGUEZ, R. J; WHITE, F. A. JR.; ARNOLD, A. E.; REDMAN, R. S. **Fungal endophytes: diversity and functional roles**. *New Phytol* 182:314–330, 2009.

SANTOS, D. O que se sabe até agora sobre o derramamento de óleo no Nordeste. **WWF-Brasil**, 12 nov. 2019. Disponível em: <<https://www.wwf.org.br/?73944/O-que-se-sabe-ate-agora-sobre-o-derramamento-de-oleo-no-Nordeste>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

SANTOS, E. A. R. **Delimitação, inventário e avaliação da distribuição das espécies formadoras do Mangue da Pedra, Praia Gorda, Armação dos Búzios, RJ**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal) – Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ, 2016.

SCERVINO, J. M.; GOTTLIEB, A.; SILVANI, V. A.; PERGOLA, M.; FERNANDEZ, L.; GODEAS, A. M. **Exudates of dark septate endophyte (DSE) modulate the development of the arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) *Gigaspora rosea***. *Soil Biology & Biochemistry* 41 1753–1756, 2009.

SCHÜBLER, A. *et al.* **A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution**. *Mycological Research*, v.105, p. 1413–1421, 2001.

_____; WALKER C. **The Glomeromycota – a species list with new families and new genera**. *in* libraries at The Royal Botanic Garden Edinburgh, The Royal Botanic Garden Kew, Botanische Staatssammlung Munich, and Oregon State University, 2010.

SEERANGAN, K.; THANGAVELU, M. **Arbuscular Mycorrhizal and Dark Septate Endophyte Fungal Associations in South Indian Aquatic and Wetland Macrophytes**. Hindawi Publishing Corporation *Journal of Botany* Volume, Article ID 173125, 14 p. 2014.

SEMADS. **Manguezais: educar para proteger**. Fundação de Estudos do Mar. Rio de Janeiro, p. 96. 2001. (ISBN).

SENGUPTA, A.; CHAUDHURI, S. **Arbuscular mycorrhizal relations of mangrove plant community at the Ganges river estuary in India**. *Mycorrhiza* 12:169–174, 2002.

_____; CHAUDHURI, S. **Atypical root endophytic fungi of mangrove plant community of Sundarban and their possible significance as mycorrhiza**. *J Mycopathol Res* 32:29–39, 1994.

SHEN, M.; ZHAO, D. K.; QIAO, Q.; LIU, L.; WANG, J. L.; CAO, G. H.; LI, T.; ZHAO, Z. W. **Identification of Glutathione S-Transferase (GST) Genes from a Dark Septate Endophytic Fungus (*Exophiala pisciphila*) and Their Expression Patterns under Varied Metals Stress**. *Journal pone*, April 17, 2015.

SILVA, S.; SIQUEIRA, J. O.; SOARES, C. R. F. S. **Fungos micorrízicos no crescimento e na extração de metais pesados pela braquiária em solo contaminado**. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.41, n.12, p.1749-1757, 2006.

SIQUEIRA, J. O. *et al.* **Micorrizas e degradação do solo: caracterização, efeitos e ação recuperadora**. *In*: CERETTA, C. A; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 219-306.

_____; LAMBAIS, M. R.; STÜRMER, S. L. - **Fungos Micorrízicos Arbusculares- Rev. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento - nº 25- março/abril 2002 – pp.18-21.**

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Micorrhizal symbiosis**. 2.ed. London: Academic Press, 1997. 605p.

_____; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. London, Academic Press, 2008. 787p.

SOFFIATI, A. **Os manguezais de Búzios**. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego. Campos dos Goytacazes - RJ. v.5, n.1, p. 11-33, 2011.

SOUZA, F. A. *et al.* Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. *In*: SIQUEIRA, J. O. *et al.* **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: Editora UFLA, 2010. p. 15-73.

_____; GUERRA, J. G. M. Emprego de Técnicas do Número mais Provável (NMP) no Estudo de populações de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs). Seropédica: **Embrapa. Agrobiologia** – 1998. 34p. (Embrapa-CNPAB.Circular Técnica nº 2 – ISSN 1516-0653).

SOUZA, J. D.; RODRIGUES, B. F. **Biodiversity of Arbuscular Mycorrhizal (AM) fungi in mangroves of Goa in West India**. Journal of Forestry Research. Article ID196527,7 pages, 2013.

STOYKE, G.; CURRAH, R. S. **Endophytic fungi from the mycorrhizae of alpine ericoid plants**. Can J Bot 69:347–352, 1991.

UFLA. **Coleção de Fungos Micorrízicos da Faculdade Federal de Lavras**. 2015. Disponível em: <http://www.dcs.ufla.br/micorriza/fungos_micorrzicos_arbusculares.html>. Acesso em: 26 maio 2018.

VALIELA, I.; BOWEN, J. L.; YORK, J. K. **Mangrove Forests: One of the World's Threatened Major Tropical Environments**. BioScience, v. 51, n. 10, p. 807-815, 2001.

VAN BREEMEN, N.; LUNDSTRÖM, U. S.; JONGMANS, A. G. Do plants drive podzolization via rock-eating mycorrhizal fungi? Geoderma, 94:163-171. 2000.

VOSE, J. M. *et al.* Leaf water relations and sapflow in Eastern cottonwood (*Populus deltoides* Bartr.) trees planted for phytoremediation of a groundwater pollutant. **Intern. J. Phytoremediation**, v. 2, p. 53-73, 2000.

WALKER, C. **Taxonomic concepts in the Endogenaceae: spore wall concepts in species descriptions**. Micotaxon, v. 18, p. 443-455, 1983.

_____; VESTBERG, M. **Synonymy amongst the arbuscular mycorrhizal fungi: *Glomus claroideum*, *G. maculosum*, *G. multisubstensum* and *G. fistulosum***. *Annals of Botany*, v.82, p.601-624, 1998.

WANG, G., LI, H. **Primary Investigation on Radicular Endophytes of Mangrove at Qinzhou Bay in Guangxi**. *Guangxi Florestry Science*, 2003.

WANG, Y.; QIU, Q.; YANG, Z.; HU, Z.; TAM, N. F. Y.; XIN, G. **Arbuscular mycorrhizal fungi in two mangroves in South China**. *Plant and Soil*, vol. 331, no. 1, pp. 181–191, 2010.

WILSON, D. **Endophyte: the evolution of a term and clarification of its use and definition**. *Okios*. 73, 274-276, 1995.

ZHAN, F.; HE, Y.; LI, T.; YANG, Y.; TOOR, G. S.; ZHAO, Z. **Tolerance and Antioxidant Response of a Dark Septate Endophyte (DSE), *Exophiala pisciphila* to Cadmium Stress**. *Bull Environ Contam Toxicol* 94:96–102, 2015.

ZHAO, X. *et al.* **Arbuscular mycorrhizal and dark septate fungal associations in riparian plants of the Three Gorges Reservoir Region, Southwest China**. *Aquatic Botany*, v. 133, p. 28- 37, 2016.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA APRESENTAÇÃO

ABDALA, V. **Vazamento de óleo atinge praias da Região dos Lagos**. Agência Brasil. [S.I.] 2019. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-04/vazamento-de-oleo-atinge-praias-de-arraial-do-cabo-no-rio>>. Acesso em: 13 abr. 2019.

ALVES-FERREIRA, M. Estudo avalia impacto do vazamento de petróleo em manguezais. [Entrevista cedida a] Paula Guatimosim. **FAPERJ** - Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 09 nov. 2018. Disponível em: <<http://www.faperj.br/?id=3656.2.2>>. Acesso em: 08 nov. 2019.

DIEGUES, A. C. S. Conservação e desenvolvimento sustentado dos ecossistemas litorâneos no Brasil. **In** Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira. ACIESP, São Paulo, p. 196-243. 1987.

GERDERMANN, J. N.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, Cambridge, v. 46, n. 2, p. 235-244, 1963.

GIANINAZZI, S.; GIANINAZZI-PEARSON, V. **Progress and headaches in endomycorrhiza biotechnology**. *Symbiosis* 2, 139–149, 1986.

GIRARDI, G.; EMIR, D. Óleo já atingiu 14 unidades de conservação federais, diz Ministério do Meio Ambiente. **O Estado de S. Paulo**, São Paulo, 11 out. 2019. Disponível em: <<https://sustentabilidade.estadao.com.br/noticias/geral,oleo-ja-atingiu-14-unidades-de-conservacao-federais-diz-ministerio-do-meio-ambiente,70003046967>>. Acesso em: 13 out. 2019.

GOMES, L. C. **Em vez de Monumento Natural a Prefeitura de Búzios cria uma APA no Mangue de Pedra**. Armação dos Búzios - RJ, 14 nov. 2018. Disponível em: <<https://ipbuzios.blogspot.com/2018/11/em-vez-de-monumento-natural-prefeitura.html>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

GRAGNANI, J. Essenciais para o planeta, manguezais no Nordeste são “sufocados” por petróleo. **BBC News**, 25 out. 2019. Disponível em: <<https://www.wwf.org.br/?73944/O-que-se-sabe-ate-agora-sobre-o-derramamento-de-oleo-no-Nordeste>>. Acesso em: 01 nov. 2019.

Guarda Marítima vistoria praias de Búzios, RJ, atingidas por óleo da Petrobras. **G1** – Região dos Lagos, 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rj/regiao-dos-lagos/noticia/2019/04/26/guarda>>

maritima-vistoria-praias-de-buzios-rj-atingidas-por-oleo-da-petrobras.ghtml>. Acesso em: 28 abr. 2019.

GUATIMOSIM, P. Estudo avalia impacto do vazamento de petróleo em manguezais. **FAPERJ** - Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 09 nov. 2018. Disponível em: <<http://www.faperj.br/?id=3656.2.2>>. Acesso em: 08 nov. 2019.

HALLACK, L. **Petrobras faz treinamento para situações de vazamento de óleo em praias do interior do RJ**. Inter TV - Região dos Lagos. 26 set. 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rj/regiao-dos-lagos/noticia/2019/09/26/petrobras-faz-treinamento-para-situacoes-de-vazamento-de-oleo-em-arraial-do-cabo-no-rj.ghtml>>. Acesso em: 27 set. 2019.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS E RENOVÁVEIS. 2019. **Lista Oficial das Áreas com Localidades Oleadas no Litoral Brasileiro**. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/emergenciasambientais/2019/manchasdeoleo/2019-11-17_LOCALIDADES_AFETADAS.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2019.

ICMBio – INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Atlas dos Manguezais do Brasil**. Brasília, DF: ICMBio, 176 p., 2018. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/manguezais/atlas_dos_manguezais_do_brasil.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2019.

JUMPPONEN, A.; TRAPPE, J. M. **Dark Septate Endophytes**: A review of facultative biotrophic root-colonising fungi. *New Phytol* 140:295–310, 1998.

KATHIRESAN, K. **Methods of study mangroves**. 2008. Disponível em: <<http://ocw.unu.edu/international-network-onwater-environment-and-health/unu-inweh-course-1-mangroves/unuinweh-course-1-mangroves.zip/view>>. Acesso em: 20 out. 2019.

_____; BINGHAM, B. L. Biology of mangroves and mangrove ecosystems. **Advances in Marine Biology**, Plymouth, v. 40, p. 81-251, 2001.

LUGO, A. E.; SNEDAKER, S. C. **The Ecology of Mangroves**. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 1974.

MANSUR, K. **Diretrizes para Geoconservação do Patrimônio Geológico do Estado do Rio de Janeiro**: o caso do Domínio Tectônico Cabo Frio. Rio de Janeiro, 2010. 350p. Tese (Doutorado em

Geologia). Apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociência da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ.

_____ *et al.* Geoparque Costões e Lagunas do Estado do Rio de Janeiro (RJ): proposta. In. Schobbenhaus, C.; Silva, C. R. (Orgs.). **Geoparques do Brasil**: propostas. Rio de Janeiro: CPRM, Cap 19. 2012. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17154/1/costoeselagunasdorj.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2019.

MEHDI, A. R.; SOUZA, R. de. **Projeto de Lei Parque Estadual do Mangue de Pedra**. 2012. 31 slides. Disponível em: <<https://www.slideshare.net/annaroberta/mangue-de-pedra-de-armao-dos-bzios>>. Acesso em: 19 out. 2019.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ª ed. Lavras: Editora UFLA, 720p. 2006.

OLIVEIRA, A. E. S. **Caracterização do Mangue da Praia Gorda, Armação dos Búzios, Estado do Rio de Janeiro - RJ**. Revista Cient. Cent. Univ. Barra Mansa – UBM. Barra Mansa - RJ. 2007.

OLIVEIRA, L.; BARBOSA, H. A. **5 fatos que não te contaram sobre a poluição por óleo no Litoral do Nordeste**. Maceió – AL, 19 out. 2019. Disponível em: <<https://letrasambientais.com.br/posts/5-fatos-que-nao-te-contaram-sobre-a-poluicao-por-oleo-no-litoral-do-nordeste>>. Acesso em: 8 nov. 2019.

PETROBRAS/MINERAL ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE. RIMA – Relatório de Impacto Ambiental da Atividade de Produção e escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 3. Revisão 01. Mineral Engenharia e Meio Ambiente. Out. 2017. Disponível em: <https://www.comunicabaciadesantos.com.br/sites/default/files/RIMA_Etapa_3.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2019.

REBELO, V. A. L. C. **Caracterização Hidrogeológica e Hidrogeoquímica da região do Mangue de Pedra (Armação dos Búzios, RJ)**. 2013. 170 f. Trabalho Final de Curso (Monografia) – Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro. 2013. Disponível em: <<https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/5398/1/REBELO%2c%20V.A.L.C.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2019.

SANTOS, D. O que se sabe até agora sobre o derramamento de óleo no Nordeste. **WWF-Brasil**, 12 nov. 2019. Disponível em: <<https://www.wwf.org.br/?73944/O-que-se-sabe-ate-agora-sobre-o-derramamento-de-oleo-no-Nordeste>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal**: Ecossistema entre a terra e o mar. São Paulo. Caribbean Ecological Research. 64p. 1995.

SOFFIATI, A. **Os manguezais de Búzios**. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego. Campos dos Goytacazes - RJ. v.5, n.1, p. 11-33, 2011.

SOUZA, F. A. de; GUERRA, J. G. M. Emprego de Técnicas do Número mais Provável (NMP) no Estudo de populações de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs). Seropédica: **Embrapa. Agrobiologia** – 1998. 34p. (Embrapa-CNPAB.Circular Técnica nº 2 – ISSN 1516-0653).

UFLA. **Coleção de Fungos Micorrízicos da Faculdade Federal de Lavras**. 2015. Disponível em: <http://www.dcs.ufla.br/micorriza/fungos_micorrzicos_arbusculares.html>. Acesso em: 26 maio 2018.