

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (PPGBIO)

Mestrado em Biodiversidade Neotropical

Fábio São Pedro da Silva

**Diversidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) na Restinga da Praia do
Peró, Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil.**

Rio de Janeiro

2016

Fábio São Pedro da Silva

**Diversidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) na Restinga da Praia do
Peró, Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (PPGBIO), Instituto de Biociências (IBIO), da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), como pré-requisito à obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Biodiversidade Neotropical)

Orientadora Dr^a. Camila Maistro Patreze
Co-orientador Dr. Orivaldo José Saggin Júnior

**Rio de Janeiro
2016**

S586 Silva, Fábio São Pedro da.
Diversidade de fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) na Restinga da praia do Peró, Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil / Fábio São Pedro da Silva, 2016.
82 f. ; 30 cm

Orientadora: Camila Maistro Patreze.
Coorientador: Orivaldo José Saggin Júnior.
Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Neotropical)
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

1. Fungos. 2. Dunas - Cabo Frio (RJ). 3. Ecossistemas. 4. Biologia - Classificação. I. Patreze, Camila Maistro. II. Saggin Júnior, Orivaldo José. III. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Centro de Ciências Biológicas e de Saúde. Curso de Mestrado em Biodiversidade Neotropical. IV. Título.

CDD – 579.5

Fábio São Pedro da Silva

**Diversidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) na Restinga da Praia do
Peró, Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (PPGBIO) do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Biodiversidade Neotropical).

Aprovado em: 25 de fevereiro de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Dra. Camila Maistro Patreze – Orientadora
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Dr. Orivaldo José Saggini Júnior – Co-orientador
Embrapa Agrobiologia

Dra. Eliane Maria Ribeiro da Silva
Embrapa Agrobiologia

Dr. Ricardo Silva Cardoso
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais, Clarice São Pedro e Pedro Fernandes da Silva, que me possibilitaram chegar aqui aonde cheguei. Desde pequeno me educando e mostrando os caminhos certos e errados a serem escolhidos, mesmo que às vezes fosse sem perceber. São grandes exemplos na minha vida, mostrando que, mesmo com as dificuldades, é possível chegar longe. Passamos por momentos complicados e muitos apertos, mas nada impediu o apoio que me trouxe até aqui. Se hoje consegui meu título de mestre e sou a pessoa que sou, foi graças a vocês, que desempenharam brilhantemente o papel de pais.

Aos meus irmãos Antônio Sacramento e Gisele São Pedro, que me deram suporte para seguir na graduação e no mestrado. Por estarem sempre dispostos a ajudar em qualquer coisa e sempre unidos, em prol de um crescimento único e não individual. Essa nossa união nos torna cada vez mais fortes. Fico muito feliz de ter vocês dois e da forma como convivemos, unidos e fortes. Crescemos mais um pouco e certamente iremos crescer muito mais, sempre juntos!

À minha namorada Taís Vasques, que percorreu junto comigo esta caminhada chamada “mestrado” e foi fundamental para que hoje esteja concluindo esse curso sabendo que dei o melhor de mim. Sempre esteve ao meu lado, desde o princípio, me dando total apoio, não deixando eu perder o foco dos objetivos com minha vontade de fazer mil coisas, me recolocando no eixo quando tudo parecia complicado demais e eu começava perder o rumo e, principalmente, por ser a pessoa que é, tornando os meus dias cada vez melhores sendo capaz de me fazer sorrir e me trazer paz mesmo diante das dificuldades mais complicadas.

Aos meus amigos de graduação, tanto aqueles que seguiram no mestrado comigo, como aqueles que resolveram fazer em outra instituição ou preferiram seguir outros caminhos. Sou muito grato de ter todos vocês e de, mesmo depois de formados, não perdermos nosso contato. Todos aqueles nossos encontros foram importantes não só pelo fato de serem momentos em que as preocupações ficavam para segundo plano, mas por mostrar que tenho amigos de verdade e que estão dispostos a ajudar no que der e vier e a sempre fazer qualquer coisa ser motivo de risos.

À minha orientadora Camila Maistro Patreze e ao meu co-orientador Orivaldo José Saggin Júnior, que acreditaram no meu trabalho e me permitiram seguir no mestrado. Obrigado por me ensinarem a lidar com as diversas dificuldades que a área acadêmica pode reservar, além de todas as críticas, sugestões, correções e apoio.

À equipe de coleta formada por Giulia Caminha, Josane Maria, Vinícius Gomes e Yuli Maia, que foram de grande ajuda nas duas coletas. Obrigado por cada gota de suor em campo. Foi um trabalho árduo e cansativo, mas conseguimos realizá-lo de forma prática e descontraída, com um belo trabalho em equipe.

Agradeço também ao Itamar Garcia, técnico do Laboratório de Micorrizas da Embrapa Agrobiologia, que me ensinou muito sobre a taxonomia dos fungos micorrízicos arbusculares, desde a época de graduação, além das grandes risadas e clima descontraído durante o trabalho cansativo.

À Sandra Zorat, técnica do Herbário Prof. Jorge Pedro Pereira Carauta da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (HUNI), que auxiliou e fez contato com os taxonomistas botânicos que conhecia, além de uma dedicação incrível ao herbário e com as amostras do meu projeto, além de identificar parte delas.

Agradeço aos taxonomistas botânicos Anna Carina (PBV-UFRJ), Cyl Farney e Maria de Fátima (Jardim Botânico do Rio de Janeiro), Marcelo Fraga (UERJ) e Laura Jane, Luiz Fernando e Danilo Carvalho (UNIRIO) que me auxiliaram na identificação do material de coleta. Sem o apoio de vocês não teria conseguido atingir o objetivo de identificação das plantas.

Ao Alexandre Souza do Grupo de Apoio Estatístico da UNIRIO e ao Rafael Fortes, membro do corpo docente da UNIRIO, pelo auxílio na análise estatística desta dissertação. Estava completamente perdido nesta parte, mas com as dicas, tanto com os índices, testes estatísticos e programas, cheguei aos resultados esperados.

Agradeço também à UNIRIO, ao PPGBio e à Embrapa Agrobiologia por auxiliar no desenvolvimento do projeto de pesquisa me dando apoio e estrutura para realização do mesmo, incluindo o apoio ao curso de taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares, fundamental para o desenvolvimento do projeto.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado a mim concedida.

“A causa da derrota não está nos obstáculos, ou no rigor das circunstâncias, está na falta de determinação e na desistência da própria pessoa.”

Siddhartha Gautama

Resumo

A região de Cabo Frio apresenta um microclima do tipo semiárido, com poucas chuvas e altos índices de evaporação. A vegetação local é bastante peculiar, que encontra na baixa pluviosidade o agente mais limitante e selecionador. Os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) são organismos biotróficos obrigatórios que se associam com raízes de plantas, formando uma relação mutualista denominada micorriza. Esses fungos auxiliam na aquisição de nutrientes pelas plantas e estudos comprovam os benefícios desses fungos para o crescimento das mesmas. O objetivo deste estudo foi avaliar a ocorrência e diversidade de FMAs presentes nas dunas e mata de restinga da Praia do Perú, Cabo Frio-RJ, ao final da estação chuvosa e seca, relacionando esta diversidade com características físico-químicas do solo e com as espécies de plantas do local. Foram realizadas duas coletas (Maio: período chuvoso/ Novembro: período seco), de solo rizosférico em 63 pontos amostrais (30 na área de dunas, 30 na área de mata de restinga e 3 no ecótono entre as duas áreas), para extração e identificação morfológica dos glomerosporos, análise de componentes físico-químicos do solo e preparo de culturas-armadilhas referentes a cada uma das amostras. As espécies vegetais em cada ponto amostral foram identificadas. O solo da região foi caracterizado como arenoso, altamente alcalino, com elevada saturação por base. No total foram encontradas 22 espécies de FMAs nas dunas e mata de restinga da Praia do Perú, sendo que nas áreas e nas coletas não houve diferença significativa em relação à composição da comunidade de FMAs. Duas espécies foram identificadas somente em cultura armadilha e a composição de espécies das culturas armadilhas foi semelhante com as do campo. Os dados químicos e físicos dos solos indicaram que as duas áreas diferem significativamente entre si. A área de mata de restinga apresentou aproximadamente 30 e 20 vezes mais glomerosporos que a área de dunas, na primeira e segunda coleta, respectivamente (estações chuvosa e seca). Entretanto, os índices de diversidade e a equitabilidade de Pielou indicaram que a área de dunas possui maior diversidade de espécies de FMAs do que a área de mata de restinga, mesmo apresentando um menor número de glomerosporos. No total, foram encontradas 36 espécies de plantas, das quais oito espécies apresentaram relação positiva com espécies de FMAs. Os atributos do solo interferiram diretamente na ocorrência das espécies de FMAs, principalmente os atributos físicos do solo e o pH. O presente trabalho foi o primeiro levantamento de espécies de fungos micorrízicos arbusculares na Praia do Perú e servirá como base para uma maior compreensão deste ambiente e auxílio da preservação do mesmo.

Palavras-chave: APA do Pau-Brasil; Dunas; Ecossistemas costeiros; Glomeromicota; Levantamento, Taxonomia.

Abstract

The Cabo Frio region has a micro-climate semi-arid type, with low rainfall and high rates of evaporation. The local vegetation is quite quirky and the low rainfall is the most limiting and selecting agent. The arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are obligate biotrophic fungi associated with plant roots, forming a mutualistic symbiosis known as mycorrhiza. These fungi help in acquisition of nutrients by plants and benefits their growth. The objective of this study is to evaluate the occurrence and diversity of AMF in dunes and sandbank of Peró Beach, Cabo Frio - RJ, at the end of the rainy and dry seasons, relating this diversity with soil physico-chemical characteristics and with the local species plant. The sampling occurred in two seasons (May: rainy season/ November: dry season), at the rhizosphere soils in 63 sampling points (30 from the dune area, 30 from the sandbank area and 3 from the ecotone between the two areas) for extraction and morphological identification of glomerospores, analysis of soil physical-chemical components and preparation of crop-traps for each one of the sampling. Plant species in each sample point were identified. The soil of the region was characterized as sandy, highly alkaline, with high base saturation. In total, we found 22 species of AMF at the dunes and sandbank at the Pero Beach. There was no significant difference regarding the composition of the AMF community between the areas or seasons. Two species were identified only in culture-trap and the species composition of crops traps was similar to the field samples in both seasons. The soil chemical and physical data indicated that the two areas differ significantly. The sandbank area showed approximately 30 and 20 times more glomerospores than the dune area in the first and second sampling, respectively (rainy and dry seasons). However, the diversity index and the Pielou's equitability index indicated that the dune area was more diverse in AMF species than the sandbank area, even with smaller number of glomerospores. We found 36 plants species, of which eight species were closely related to the AMF species. The soil attributes directly interfered in the occurrence of AMF species, in special the soil physical properties and pH. This study was the first survey of mycorrhizal fungi species at the Pero Beach and it can help to greater understanding and conservation of this environment.

Keywords: APA of Pau-Brazil; Coastal ecosystems; Dunes; Glomeromycota; Surveying, Taxonomy.

Lista de Figuras

Figura 1 - Área de Proteção Ambiental Pau-Brasil.	25
Figura 2 - Imagem de satélite da Praia do Peró, Cabo Frio, RJ.	29
Figura 3 - Subdivisões da área amostral.	29
Figura 4 - Área amostral com os transectos demarcados por GPS.	30
Figura 5 - Amostragem do solo rizosférico.	32
Figura 6 - Estação meteorológica de Arraial do Cabo.....	33
Figura 7 - Vasos de cultura-armadilha contendo <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Arachis pintoii</i>	34
Figura 8 - Esporos vistos sob microscópio óptico.....	35
Figura 9 - Precipitação média e temperatura média por mês na estação do INMET Arraial do Cabo-RJ, Brasil.....	37
Figura 10 - Alguns exemplares de FMA encontrados na Praia do Peró, Cabo Frio, RJ	42
Figura 11 - Análise de Componentes Principais (PCA) entre a presença e ausência das espécies vegetais relacionadas ao número de glomerosporos de cada espécie fúngica para área de dunas.....	49
Figura 12 - Análise de Componentes Principais (PCA) entre a presença e ausência das espécies vegetais relacionadas ao número de glomerosporos de cada espécie fúngica para área de mata de restinga	51

Figura 13 - Análise de componentes principais (PCA) entre espécies de FMAs e atributos do solo referentes a primeira coleta (maio, estação chuvosa).....53

Figura 14 - Espécies vegetais mais frequentes 60

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Georreferência dos pontos de coleta das áreas.....	31
Tabela 2 - Características químicas e físicas dos solos referentes à primeira coleta (maio, estação chuvosa).....	39
Tabela 3 - Lista de espécies de FMA por família.....	43
Tabela 4 - Número de indivíduos por espécie de FMA.....	44
Tabela 5 - Índices ecológicos por área.....	45
Tabela 6 - Lista de espécies vegetais por família com suas respectivas frequências nos pontos de coletas.....	46

Sumário

1 – Introdução	14
1.1 - Restinga.....	15
1.2 - Fungos micorrízicos arbusculares em Zona Costeira.....	19
1.3 - Diversidade e taxonomia dos FMAs.....	21
1.4 - Área de Proteção Ambiental (APA) do Pau-Brasil.....	24
1.5 - Peculiaridades climáticas de Cabo Frio.....	27
2 – Objetivo	28
3 – Materiais e métodos	28
3.1 - Área de estudo e coleta de solo rizosférico.....	28
3.2 - Obtenção de dados meteorológicos.....	32
3.3 - Cultura-armadilha.....	33
3.4 - Extração e identificação de esporos de FMA.....	34
3.5 - Coleta e identificação das espécies vegetais.....	35
3.6 - Análise ecológica e estatística.....	35
4 – Resultados	36
4.1 - Caracterização do clima local.....	36
4.2 - Caracterização do solo.....	38
4.3 - Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs).....	39
4.4 - Espécies Vegetais.....	45
4.5 - Análises Multivariadas.....	48
5 – Discussão	54
6 – Conclusão	62
7 – Considerações finais	63
8 – Referências bibliográficas	64

1 Introdução

O município de Cabo Frio se encontra na costa Nordeste do Estado do Rio de Janeiro, Brasil, e apresenta peculiaridades climáticas, geológicas e ecológicas que torna esta região bem diferente de todas as outras regiões presentes no Estado do Rio de Janeiro (Coe et al., 2010). O litoral deste Estado encontra-se na zona tropical úmida, apresentando duas estações bem marcadas, uma estação estival úmida e uma invernal seca (Nimer, 1989), tendo uma média de 1.200 a 1.400 mm/ano de precipitações, taxa de evaporação de 700 mm/ano e temperatura média de 23°C (Barbière, 1984). Já a região de Cabo Frio apresenta um microclima particular do tipo semiárido, com média de precipitação entre 770 a 854 mm/ano e por uma taxa de evaporação compreendida entre 1.200 as 1.400 mm/ano (Barbière, 1984). Coe et al. (2010) fizeram um levantamento de uma série de dados de algumas estações meteorológicas do Estado do Rio de Janeiro e de outras da Caatinga no Nordeste brasileiro e Norte de Minas Gerais, e constataram que em Cabo Frio chove em média 770 mm/ano, enquanto no resto do estado a média pluviométrica é superior a 1.100 mm/ano, podendo chegar a 2.000 mm/ano, como no caso de Angra dos Reis. Já nas estações da Caatinga, a média pluviométrica ficou em torno de 800 mm/ano, bem parecido com Cabo Frio, reforçando a ideia de Coe et al. (2007), que consideraram tal região como o “único grande reduto de Caatinga extra-sertanejo do país”.

A vegetação local é bastante peculiar, composta por um mosaico de fisionomias que encontram na baixa pluviosidade o agente mais limitante e selecionador (Coe et al., 2007). Além disso, a distância do mar é outro importante fator. Quanto mais próxima ao mar, a vegetação está sujeita a condições de alta salinidade, ventos fortes e um substrato muito inconstante, além de temperaturas mais extremas. Nos locais mais distantes, as condições são diferentes, tanto em função do tempo que o solo está exposto às condições ambientais, quanto em função do adensamento de plantas que propiciam um aumento da qualidade de matéria orgânica e modificam as condições microclimáticas, amenizando as temperaturas extremas (Azevedo et al., 2014). Nesse sistema em que plantas precisam constantemente lidar com diversos estresses ambientais, a associação simbiótica das plantas com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) representa uma das principais estratégias para a sobrevivência das mesmas, tendo em vista a habilidade das hifas externas dos fungos em absorver os escassos nutrientes e água do substrato, bem como pelo efeito das hifas em contribuir para a agregação do solo (Stürmer et al.,

2010) e tolerância a salinidade (Giri et al., 2002). Além da agregação física feita pelos FMAs, há também agregação por meio da ação química, com a produção de uma glicoproteína denominada glomalina, que une as partículas de solo, conseqüentemente, formando agregados estáveis (Rillig et al, 2006).

Os FMAs são fungos do Filo Glomeromycota, Classe Glomeromycetes (glomeromicetos). São organismos biotróficos obrigatórios que se associam com raízes de plantas vasculares terrestres ou com rizóides e talos de briófitas, formando relação simbiótica mutualista denominada micorriza arbuscular e micotalia, para vegetais com e sem raízes, respectivamente (de Souza et al., 2010). Os FMAs auxiliam na aquisição de nutrientes pelas plantas, principalmente o fósforo (P), um nutriente que pode ser limitante para o crescimento vegetal nos trópicos. Pesquisas realizadas com diversas espécies de plantas e ecossistemas comprovam os benefícios desses fungos para o crescimento de plantas (Berbara et al., 2006; Moreira e Siqueira, 2006; Miranda, 2008).

Determinar a diversidade e os fatores que afetam a estrutura e função das comunidades de FMAs associados às raízes de plantas e sua contribuição para diferentes espécies de plantas cultivadas ou nativas tem sido o objetivo de diversos estudos no Brasil e no mundo. O conhecimento das comunidades de FMAs e a relação dessas com as comunidades de plantas e os fatores ambientais, visando compreender a ecologia desses organismos e o efeito de fatores bióticos e abióticos sobre eles (de Souza et al., 2010), podem contribuir para a preservação dos ecossistemas ou para a recuperação daqueles já degradados.

1.1 Restinga

O termo “restinga” pode ser interpretado de diferentes formas, de acordo com a área de conhecimento. Do ponto de vista geomorfológico, a definição mais aceita é que as restingas são faixas arenosas recentes e instáveis na região litorânea, praticamente sem vegetação e quando presentes são vegetações rasteiras (Souza , 2008). Já na área de ecologia vegetal, o termo “restinga” é utilizado para definir diferentes formas vegetais estabelecidas sobre solos arenosos que ocorrem na região da planície costeira (Azevedo et. al., 2014) formando extensas áreas arenosas quaternárias (Almeida Jr. et al., 2009). De acordo com a Resolução CONAMA 261/99 (Brasil, 1999), o termo “restinga” é definido como um conjunto de ecossistemas que compreende comunidades vegetais florística e fisionomicamente distintas, situadas em terrenos predominantemente arenosos, de origem marinha, fluvial, lagunar, eólica ou combinações destas, de idade

quaternária, em geral com solos pouco desenvolvidos. Com esta definição do CONAMA houve a fusão dos dois conceitos, o fitogeográfico e o geológico, contemplando assim o conceito de ecossistema (Daniel, 2006). Nesta dissertação foi utilizada a definição designada pelo CONAMA.

O litoral brasileiro se estende do Norte do Estado do Amapá ao Sul do Rio Grande do Sul, passando por 17 Estados e sua extensão possui mais de 9.000 km (Cunha, 2005). Cerca de 79% da costa brasileira era coberta por restingas, onde se estendiam desde estreitas até extensas faixas de areia (Lacerda et al., 1993), as quais estão localizados nas áreas de baixadas litorâneas (Capobianco, 2001). De acordo com Souto (2005), a zona costeira do Estado do Rio de Janeiro abrange uma área de aproximadamente 19.000 km², compreendendo uma faixa marítima de 12 milhas náuticas de extensão e uma faixa continental que agrega 34 municípios litorâneos. As restingas deste estado ocupam aproximadamente 1.200 km², correspondendo a 2,8% da área total do Estado (Araújo e Maciel, 1998).

As restingas brasileiras, em geral, apresentam uma baixa riqueza florística, principalmente quando são comparadas com outros ecossistemas do Brasil (Silva, 1999), como uma possível causa das condições adversas e/ou estressantes neste ambiente, à dinâmica do substrato e por serem ambientes relativamente recentes do ponto de vista geológico. A estrutura da fauna de vertebrados e flora que ocorrem nas restingas demonstram que as espécies presentes neste ambiente são uma extensão da distribuição de muitas espécies que ocorrem em ecossistemas próximos, sendo então baixo o número de espécies endêmicas na restinga. Quanto à fauna de invertebrados, existem poucos estudos comparativos entre a fauna da restinga e as demais formações vegetais (Vasconcellos et al., 2005). Porém, as restingas são sistemas muito importantes para a conservação física e biológica de áreas de Mata Atlântica (Lima et al., 2011), pois podem abrigar populações consideráveis de espécies que são raras nos ecossistemas que o cercam (Scarano, 2009).

A região de Cabo Frio apresenta peculiaridades climáticas, geológicas e ecológicas que condicionam diversas formações vegetais, com muitas espécies endêmicas e raras, apresentando um clima mais seco que o restante do litoral fluminense, com características semelhantes à Caatinga, cercada por florestas úmidas da Mata Atlântica (Coe et al., 2010), sendo reconhecida como um importante centro de diversidade vegetal da Região Neotropical (Bohrer et al., 2009). Além disso, as dunas costeiras desta região constituem o mais importante registro eólico ativo do Sudeste

brasileiro (Castro et al., 2003) e constituem habitat para numerosas espécies animais (Cordazzo et al., 1995). Contudo, esses ecossistemas litorâneos estão ameaçados de extinção devido à sua degradação decorrente da privatização de áreas públicas, implantação de loteamentos e condomínios, além de grandes projetos turísticos (Greco et al., 2013).

As restingas são ambientes geologicamente recentes cujas espécies vegetais que ali se encontram são provenientes da Mata Atlântica e de outros biomas, como a Caatinga e Tabuleiros Costeiros, porém apresentam variações fenotípicas devido a diferentes condições que a restinga apresenta em comparação com o seu ambiente original (Freire, 1990). Essas plantas colonizam a areia logo a linha de maré alta, amenizando a ação dos agentes erosivos sobre o ecossistema, protegendo o substrato, principalmente o arenoso. As plantas protegem o substrato da ação dos ventos, que é o maior modificador de paisagem de regiões litorâneas (Lamêgo, 1974), tendo um importante papel na estabilização do substrato (Assumpção et al., 2000).

Restingas são ecossistemas associados ao bioma Mata Atlântica com condições extremas, constituídos por uma combinação de fatores físicos e químicos como elevada temperatura, alta exposição à luminosidade, alta salinidade e difícil retenção de água devido ao solo arenoso (Arbo-Gallas et al., 2012), podendo apresentar a formação de dunas costeiras. Em função destes fatores, a restinga é considerada um ambiente de extrema fragilidade (Thomazi et al., 2013).

As dunas costeiras constituem ambientes de restinga formados a partir da interação entre sedimentos de origem marinha transportados pelo vento em direção ao continente e a vegetação, que atua como uma barreira física aos sedimentos transportados (Carvalho et al., 2008). As dunas se formam onde há grande quantidade de sedimentos arenosos de granulação fina e vento frequente, o qual movimentam tais sedimentos e os levam para os locais de acumulação. As regiões oceânicas são muito propícias à formação de dunas devido à ocorrência de ventos amplos de mar aberto e pela disponibilidade de materiais de praias dissipativas, com gradiente suave, grande acúmulo de areia e cordões arenosos adequados ao acúmulo (Hesp, 2002). As dunas são características de climas áridos, mas também podem ser formadas em climas temperados e mesmo em áreas úmidas, quando podem interagir com a vegetação, que tornam as dunas fixas ou estáveis e, neste caso, a estabilização favorece o crescimento vertical (Hesp, 2002).

Os diferentes tipos de vegetação ocorrentes nas restingas brasileiras variam desde formações herbáceas, passando por formações arbustivas, podendo estas ser abertas ou fechadas, chegando a florestas cujo dossel varia em altura, geralmente não ultrapassando os 20m (Silva, 1999). As restingas, em especial nas regiões Sul e Sudeste, apresentam áreas inundadas em determinados períodos do ano, interferindo assim na distribuição de algumas formações vegetais. A periodicidade com que ocorre o encharcamento e a sua respectiva duração depende diretamente da topografia do terreno, da profundidade do lençol freático e da proximidade de corpos d'água como rios e lagoas, produzindo áreas inundáveis e não inundáveis (Silva, 1999).

As formações vegetais herbáceas ocorrem nas zonas de praia, antedunas e dunas, sendo estas as áreas mais próximas ao mar. Nestas zonas predominam espécies herbáceas com crescimento rizomatoso, cespitoso ou reptante, e, em alguns casos, pequenos arbustos e árvores ocorrem de forma isolada e pouco expressiva ou formando agrupamentos mais densos (Silva, 1999).

As formações vegetais arbustivas das planícies litorâneas são consideradas por muitos autores como sendo a restinga propriamente dita, apresentando os tipos de vegetações que mais chamam a atenção no litoral brasileiro, tanto pelo seu aspecto peculiar, com fisionomia variando desde densos emaranhados de arbustos misturados a trepadeiras, bromélias terrícolas e cactáceas, até moitas com extensão e altura variáveis, intercaladas por áreas abertas tendo a areia como principal constituinte do substrato (Silva, 1999). Estas áreas abertas entre as moitas podem apresentar cobertura vegetal variada, podendo ser constituídas tanto por espécies herbáceas como por “tapetes” mais ou menos extensos de musgos ou agrupamentos de líquens arborescentes (Ribas et al., 1994).

As formações vegetais florestais variam muito ao longo de toda a costa, tanto em seus aspectos florísticos como estruturais. Tais variações geralmente são atribuídas às influências florísticas das formações vegetais adjacentes e às características do substrato, principalmente a origem, composição e condições de drenagem deste. Estas florestas variam desde formações com plantas de altura média de 5 m, geralmente livres de inundações periódicas, até formações mais desenvolvidas, com altura vegetal média de 15 a 20 m, geralmente associadas a solos hidromórficos e/ou orgânicos (Silva, 1999).

A Praia do Perú é formada por dunas eólicas, coberta por vegetação herbácea na região frontal, com espécies de folhas grossas, suculentas, com caule prostrado ou subterrâneo. Esta vegetação torna-se cada vez mais distinta conforme vai se

distanciando do mar, onde há uma transição da vegetação psamófila-reptante para uma vegetação arbustiva, onde ocorre diminuição na ocupação por espécies herbáceas e predomínio de espécies arbustivas, lenhosas e espinhentas (Cordeiro, 2005), a qual, no presente trabalho, foi denominada de “mata de restinga”.

1.2 Micorrizas em Zona Costeira

Micorriza é uma relação mutualista benéfica, com perfeita interação morfofisiológica entre alguns fungos do solo e raízes da maioria dos vegetais, nas quais pode-se classificar, de acordo com as características morfoanatômicas da raiz colonizada, em ectomicorrizas, ectendomicorrizas e endomicorrizas (Oliveira et al., 2009). Dentre estas, a endomicorriza do tipo arbuscular, formada pelos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) é, provavelmente, a simbiose predominante nos ecossistemas terrestres (Smith e Read, 1997).

O caráter cosmopolita dessa simbiose tem base em levantamentos que indicam que 80% das famílias de plantas associam-se com espécies que formam micorrizas arbusculares, além de serem encontradas em todas as latitudes e em quase todos os ecossistemas terrestres (Siqueira e Franco, 1988). Evidências fósseis que indicam que as primeiras plantas terrestres apresentavam estruturas miceliais e esporos similares aos atuais FMAs (Redecker et al., 2000), e estes possivelmente ajudaram no processo de colonização do ambiente terrestre. Atualmente sabe-se que a maioria das angiospermas e muitas gimnospermas, pteridófitas e briófitas formam associações com FMAs (Smith e Read, 1997) e é importante o estudo da associação micorrízica quando se busca entender a ecologia e evolução de plantas, suas comunidades e ecossistemas (van der Heijden et al., 1998).

Os FMAs promovem um incremento significativo da absorção de nutrientes e água das plantas colonizadas, pois aumentam a superfície de absorção e o volume de solo explorado, maximizando o aproveitamento de água e nutrientes, como o fósforo (P), o nitrogênio (N) e o potássio (K) (Smith e Read, 1997). Os FMAs também beneficiam a tolerância do vegetal a estresses abióticos e bióticos como, melhor resistência ao estresse hídrico, salinidade, temperaturas elevadas, acidez, toxidade do solo e proteção do sistema radicular contra patógenos (Smith e Read, 1997; Maia e Yano-Melo, 2005; Maia et al., 2006). Além disso, os FMAs participam da melhoria da estruturação do solo (Rillig et al, 2004), podendo influenciar a diversidade vegetal (Bever, 2003). Os fungos produzem hifas intra e extrarradiculares com funções

distintas. No espaço intracelular, as hifas realizam trocas bidirecionais através dos arbúsculos, estrutura formada pelas hifas do fungo envolvida pela plasmalema de algumas células do córtex radicular. Tal estrutura é fundamental para o desenvolvimento da simbiose micorrízica tendo sua formação dependente da completa interação genética e funcional entre combinações fungo-planta (Harrison, 1999). Já as hifas extrarradiculares são estruturas extremamente longas e finas, atingindo regiões do solo inatingíveis pelas estruturas radiculares e, portanto, são capazes de absorver os elementos minerais mais eficientemente que as raízes (Berbara et al., 2006).

Os FMAs, ao longo de sua evolução, perderam sua capacidade de fixar C, passando a depender exclusivamente do hospedeiro autotrófico como fonte de compostos orgânicos (Gadkar et al., 2001). Já para as plantas, há diferenças na dependência à simbiose, sendo classificadas como micorrízicas facultativas, obrigatórias ou não-micorrízicas (Smith e Read, 1997). No caso de plantas com dependência micorrízica facultativa, em solo com alta disponibilidade de nutrientes, a simbiose pode ser inibida por meio de mecanismos genéticos controlados pela planta, reduzindo assim, a colonização micorrízica (Lambais et al., 2003).

Estudos de associações micorrízicas nos ecossistemas de dunas marítimas brasileiras foram encontrados para as regiões Sudeste e Sul até o ano de 2000, excetuando-se o estudo de Santos et al. (1995) no litoral da Bahia. Trabalhos mais recentes envolvem dunas da região Nordeste. Pereira et al. (2010) analisaram a colonização e diversidade de FMAs em áreas de dunas da Paraíba, encontrando 35 espécies, sendo 25 destas espécies ocorrendo no período seco e 26 no período chuvoso. Cavalcanti et al. (2011) encontraram 43 espécies de FMAs em áreas de dunas no Município de Mataraca, Paraíba, Silva et al. (2011) e Silva (2013) desenvolveram novos trabalhos em áreas de dunas no Município de Mataraca, ao Norte do Estado da Paraíba, sendo encontradas 34 espécies, onde 25 espécies foram encontradas no período seco e 30 espécies foram encontradas no período chuvoso.

No Sudeste, Souza (2007) e Braga et al. (2008) realizaram trabalhos com FMAs na Restinga da Marambaia, sendo encontradas 6 e 13 espécies respectivamente. Andrade (2012) realizou estudos de identificação de fungos micorrízicos arbusculares na Restinga de Massambaba, Arraial do Cabo, RJ, onde identificaram a presença dos gêneros *Glomus*, *Gigaspora* e *Acaulospora*, além da espécie *Fuscutata heterogama*. Na região Sul, Sturmer et al. (2013) fizeram um levantamento da diversidade de FMAs nas dunas das praias de Itapiruba (Sul), Joaquina (Intermediária) e Praia Grande (Norte),

localizadas na costa do Estado de Santa Catarina, encontrando 25 espécies. Há também estudos sendo feitos em dunas em outros países, como o desenvolvido por Blaszkowski et al. (2009), onde foram encontradas duas novas espécies, *Glomus achrum* e *G. bistratum*, uma na Polônia e outra na Grécia, respectivamente. Também foi realizado um estudo na Ilha de Bornholm – Dinamarca, onde foram encontradas 26 espécies descritas e seis morfotipos não descritos (Blaszkowski et al., 2011).

1.3 Diversidade e taxonomia dos FMAs

Em estudos utilizando a taxonomia clássica de FMAs por morfologia dos esporos, a diversidade pode ser subestimada, pois nem todos os componentes da comunidade estão sob a forma identificável, ou seja, muitas espécies podem estar presentes somente na forma vegetativa, e as espécies são definidas a partir de características dos esporos (Bartz et al., 2008). Por isso, a técnica de multiplicação dos esporos em associação com plantas micotróficas, em um processo conhecido como cultura-armadilha (Stutz e Morton, 1996), tem sido feita de forma complementar a amostragem de campo. Brundrett et al. (2013), em um trabalho de diversidade de FMAs na Austrália, utilizaram a cultura-armadilha e encontraram oito espécies a mais das 15 que haviam encontrado analisando apenas os esporos das amostras de campo.

A taxonomia clássica dos fungos micorrízicos arbusculares vem sendo complementada ou substituída com os avanços dos estudos da biologia molecular destes organismos (Tuinen et al., 1998). Krueger et al. (2009) desenvolveram conjuntos de primers para amplificar por PCR a região do DNA ribossomal de todos os *taxa* de Glomeromicetes e mostraram a aplicabilidade dos mesmos na identificação dos FMAs em amostras ambientais dos principais *taxa* de Glomeromicetes. Entretanto, diferentes conjuntos de primers na região do DNA ribossomal vem sendo empregados nos diferentes estudos (ver revisões de Öpik et al. 2006; Patreze et al. 2012). Spruyt et al. (2014), por exemplo, empregaram primers descritos por Lee et al. (2008), e identificaram as espécies de FMAs que colonizavam espécies vegetais em uma área de rejeitos de mineração. Mais recentemente, Stockinger et al. (2014) estabeleceram outra região do DNA, a subunidade maior do gene da RNA polimerase II, como uma nova referência para identificar todas as linhagens de FMAs, combinando a tecnologia de *high-throughput sequencing* de raízes de milho em um experimento de cultivo.

A história da taxonomia dos FMAs inicia com a descrição do primeiro gênero envolvendo as duas primeiras espécies, *Glomus microcarpum* e *Glomus macrocarpum*

(Tulasne e Tulasne, 1845). Entretanto, as espécies de *Glomus* foram com o tempo sendo transferidas para o gênero *Endogone*, família Endogonaceae, Classe Mucorales, filo Zygomycota (Thaxter, 1922), baseado na simples semelhança morfológica dos zigosporos, esporos sexuais do gênero *Endogone* formados pela união de dois gametângios, os quais lembram vagamente os esporos assexuais dos FMAs.

A primeira classificação que forneceu uma base taxonômica para os FMAs utilizando características morfológicas foi a proposta por Gerdemann e Trappe (1974), onde os gêneros *Glomus* e *Sclerocystis* foram recuperados e foram criados dois novos gêneros, *Acaulospora* e *Gigaspora*, mas os FMAs foram ainda mantidos agrupados na ordem Endogonales (Zigomicota) e na família Endogonaceae. A separação dos FMAs em uma unidade taxonômica própria somente ocorreu com o trabalho de Morton e Benny (1990). Os autores utilizando cladística para analisar características morfológicas, formularam uma nova classificação onde os FMAs foram agrupados em uma nova ordem própria, chamada Glomales, composta pelas subordens Glomineae e Gigasporineae. A classe Glomeromicetos foi criada por Cavalier-Smith (1998) para englobar os FMAs dentro do filo Zigomicota.

Com base na análise filogenética de sequência de DNA da subunidade menor do gene ribossomal (SSU rDNA) a taxonomia dos FMAs alterou sensivelmente. Redecker et al. (2000b) transferiu a última espécie do gênero *Sclerocystis* para *Glomus*, concluindo a transferência iniciada por Almeida e Schenck (1990), num trabalho desacreditado no início pois foi baseado apenas em características morfológicas. Morton e Redecker (2001) propuseram as famílias Paraglomeraceae e Archaeosporaceae e seus respectivos gêneros *Paraglomus* e *Archaeospora* com base em características morfológicas e moleculares (SSU rDNA), sendo estas famílias consideradas linhagens ancestrais dos FMAs. No mesmo ano, Schwarzott et al. (2001) propuseram, com base na análise filogenética de sequência do SSU rDNA, a polifilia do gênero *Glomus*, agrupando as espécies deste gênero em três grupos, denominados A, B e C, sendo as espécies do grupo C reclassificadas, posteriormente, para o gênero *Diversispora* por Walker et al. (2004). Schüßler et al. (2001), também com base em análises filogenéticas moleculares (SSU rDNA), propuseram a criação do filo Glomeromicota, o qual agrupa todos os FMAs e o fungo *Geosiphon pyriformis*, onde os FMAs formam um grupo monofilético que compartilha o mesmo ancestral com Basidiomicetos e Ascomicetos, e não com Zigomicota, que forma um grupamento artificial.

A família Pacisporaceae e o gênero *Pacispora* foram propostos por Oehl e Sieverding (2004) com base em uma nova descrição da espécie *Glomus scinthillans* e na descoberta de novas espécies com características morfológicas similares por Walker et al. (2004), cujas espécies apresentavam vesículas e hifas de sustentação características de espécies glomóides e paredes internas flexíveis e escudo de germinação, características encontradas em Acaulosporaceae e *Scutellospora*. Essas evidências morfológicas fortaleceram a ordem Diversisporales, que foi criada apenas com base na análise filogenética do SSU rDNA.

Em 2005, de Souza et al. (2005) fizeram uma avaliação filogenética baseada em sequências do SSU rDNA comparada com características morfológicas no gênero *Scutellospora*. Como resultado os autores indicam que, para algumas espécies as características morfológicas não coincidem com a análise molecular. Espécies com padrão de parede similares se agrupam separadamente na análise molecular, sugerindo que, apesar de essas características morfológicas serem úteis para diferenciar espécies, os agrupamentos feitos com base em critérios morfológicos não são adequados para reconstruir a filogenia deste grupo. Entretanto, a análise filogenética baseada em um só gene também deve ser analisada com cuidado, visto que a evolução de genes nem sempre segue o processo de especiação (Helgason et al., 2003; Corradi et al., 2004). Além disso, diferentes regiões do mesmo gene podem gerar resultados diferentes.

Uma sequência “*barcoding*” do rDNA (de 1500pb) foi proposta para FMAs por Stockinger et al (2010). A análise de outros genes, como betatubulina (Corradi et al., 2004), fator de alongamento alfa 1 (Helgason et al., 2003), tem comprovado o caráter monofilético dos FMAs, porém a posição do grupo ainda continua incerta (Stockinger et al., 2010). A análise parcial do fator de alongamento alfa 1 aponta os Zigomicota como grupo irmão (Helgason et al., 2003), já a betatubulina coloca Glomeromicota como um grupo próximo ao Chitridiomicota, que engloba linhagens ancestrais dos fungos (Corradi et al., 2004). Lutzoni et al. (2004), com o projeto AFToL (“Assembling the Fungal Tree of Life”), está sequenciando um conjunto de genes cromossomais e mitocondriais de representantes de todos os grupos de fungos conhecidos, com o objetivo de aprimorar a filogenia dos fungos. Três projetos vêm sendo desenvolvidos em pesquisa de filogenia de fungos, o “A Phylogeny for Kingdom Fungi (Deep Hypha)” e os sucessivos projetos “Tree of Life”: “Assembling the Fungal Tree of Life” (AFTol-1) e um segundo projeto em andamento chamado AFTol-2 (Blackwell, 2011).

Uma grande dificuldade na classificação de FMAs é o alto grau de polimorfismo entre genes encontrados em um mesmo fungo (Souza et al., 2004). Outra grande dificuldade é o fato de que os FMAs produzem esporos multinucleados e o número varia com a espécie, como, por exemplo, *Gigaspora margarita* que possui uma estimativa de 20.000 núcleos por esporo (Burggraaf e Beringer, 1989). Devido a este grande número de núcleos, os esporos possuem grande diversidade genética, e esta variabilidade ocorre até mesmo entre núcleos de um mesmo esporo (Sanders et al., 1996).

Atualmente há duas propostas taxonômicas para os fungos micorrízicos arbusculares (Sturmer, 2012). Schüßler e Walker (2010) propuseram uma nova família, e 3 novos gêneros. Separaram do gênero *Glomus* os gêneros *Funneliformis*, *Sclerocystis*, e *Rhizophagus*, os quais com as espécies remanescentes de *Glomus* pertencem a família Glomeraceae. E separaram o gênero *Claroideoglomus* para a família Claroideoglomeraceae. Oehl et al. (2011) sugeriram que houvesse 3 classes, 5 ordens, 14 famílias e 29 gêneros de FMAs. Goto et al. (2012) incluíram a essa proposta uma nova família, Intraornatosporaceae (Gigasporales), mais duas famílias e dois novos gêneros. Redecker et al. (2013) realizaram uma revisão bibliográfica e construíram uma classificação *consensu* entre as propostas de Oehl et al. (2011) e Schüßler e Walker (2010). Tal proposta sugere 1 classe, 4 ordens, 10 famílias e 19 gêneros. Marinho et al. (2014), incluíram o gênero *Bulbospora*, e Sieverding et al. (2014) o gênero *Rhizoglomus*, aumentando ainda mais o número de gêneros propostos.

Diante de mudanças rápidas e recentes, ainda não bem sedimentadas, o presente trabalho optou por utilizar a taxonomia apresentada no website da INVAM (The International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi) (INVAM, 2015) o qual se baseia em grande parte na proposta *consensu* de Redecker et al. (2013).

1.4 Área de Proteção Ambiental (APA) do Pau-Brasil

A APA do Pau-Brasil foi criada em seis de julho de 2002 pelo Decreto Estadual 31.346 e está situada entre Cabo Frio e Armação de Búzios, indo desde o Canal Itajuru até a Praia de Tucuns. Dentro desta APA estão incluídas as praias Brava, das Conchas, Però, Caravelas, José Gonçalves e Tucuns, além das ilhas Comprida, Redonda, dos Papagaios, Dois Irmãos, Capões e Emerências (Figura 1). O ecossistema predominante é a Floresta Estacional Semidecidual, mas há também uma vegetação peculiar

denominada savana estépica, caracterizada por grande quantidade de cactos que atingem até 4m de altura, ocorrendo nos morros costeiros de São Pedro da Aldeia, Cabo Frio, Arraial do Cabo e Armação dos Búzios (CILSJ, 2006).



Figura 1. Área de Proteção Ambiental Pau-Brasil. Na imagem são demarcadas as Zonas de Conservação da Vida Silvestre (ZCVS), Zonas de Interferência Experimental (ZIE), Zonas de Ocupação Controlada (ZOC) e Zonas de Preservação da Vida Silvestre (ZPVS). Fonte: Soares (2015).

Esta APA leva esse nome devido ao histórico do local, que envolve a comercialização de pau-brasil (*Caesalpinia echinata*), muito abundante na região no período da colonização. De acordo com Mansur et al. (2007), ocorria um grande comércio na região de Cabo Frio, que compreendia toda a área que atualmente abrange a bacia da Lagoa de Araruama e Una até o rio Macaé. Nesta época a região era habitada pelos índios da tribo Tamoio, havendo rivalidade com os índios da tribo Goytacaz, ao norte do Rio Macaé até o Rio Paraíba, e, ao sul, apresentavam rivalidade com a tribo Tupiniquins e Tupis. Piratas franceses atacavam a Cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro e se abrigavam na costa de Cabo Frio sobre a proteção dos Tamoios até que foram expulsos do Rio de Janeiro em 1565, passando a explorar exclusivamente o pau-brasil presente em Cabo Frio. Em 1575, portugueses, jesuítas e índios amigos foram à

região de Cabo Frio e expulsaram os franceses e os Tamoios do local, implantando uma milícia e, em 1617, o território foi doado para a Companhia de Jesus. Hoje a região entre Cabo Frio e Búzios é a que compreende a APA do Pau-Brasil, cujo nome faz referência a esse histórico de guerras por esta matéria-prima tão preciosa em épocas passadas e que ainda apresenta exemplares desta espécie vegetal.

A região da APA é repleta de dunas e formações salinas, principalmente na área adjacente às praias de Cabo Frio, apresentando vegetação de restinga numa faixa larga de terreno arenoso (Mansur et al., 2007). A modificação do meio se iniciou principalmente com a introdução de salinas para extração de sal marinho por volta de 1870, principalmente na Lagoa de Araruama, sendo criadas fazendas de exposição de água salgada, impermeabilizando o solo e praticamente impossibilitando o retorno da flora natural e sua fauna. Além disso, a exploração imobiliária modificou o cenário local, tendo, em 2007, cerca de 30% da área loteada, reduzindo o aspecto original das matas típicas a bairros. É, portanto, muito importante a manutenção da APA e toda atenção que vem crescentemente sendo dada a este refúgio.

Atualmente há um projeto de construção de um resort sobre a área de restinga da Praia do Perú, Cabo Frio, RJ, em área que se encontra dentro da APA Pau-Brasil. O Resort Costa do Perú deve ocupar uma área de 4,4 milhões de m², sendo o maior complexo hoteleiro-turístico do Sudeste brasileiro. Alguns vereadores e parte da população local, contrários à criação deste empreendimento, entraram com ações na justiça e realizaram protestos na região para interromper a construção (Oliveira, 2014). Houve muitas ações de ativistas organizando manifestações e ações de formação de opinião junto às autoridades e agentes públicos, movimento este que se intitulou “SOS Dunas do Perú”. Além disso, a comunidade científica se pronunciou contra a construção do resort com levantamentos de dados importante, como visto em Sá (2006), que estudou a biodiversidade de Cabo Frio e catalogou as espécies vegetais nativas da região. O caso foi levado a justiça onde três ações se encontram em tramitação, sendo duas na Justiça Federal e uma na Estadual, e as obras estão paralisadas (Martinez, 2015).

1.5 Peculiaridades Climáticas de Cabo Frio

A região de Cabo Frio possui um clima diferenciado do restante do litoral da região Sudeste do Brasil, com um microclima particular do tipo semiárido, com média de precipitação entre 770 a 854 mm/ano e por uma taxa de evaporação compreendida entre 1.200 a 1.400 mm/ano (Barbière, 1984) sendo considerado como o “único grande reduto de caatinga extrassertanejo” (Coe et al., 2007). Essa condição climática é resultante da interação de diversos fatores, entre eles a ressurgência e a falta de efeito orográfico (Bohrer et al., 2009).

O fenômeno de ressurgência é caracterizado pelo afloramento de águas profundas, frias e ricas em nutrientes em determinadas regiões dos oceanos (Leite et al., 2006). Este fenômeno ocorre quando o vento tem uma componente paralela à costa e, com o tempo, devido ao efeito de Coriolis, a água superficial é transportada para longe da costa (transporte de Ekman), permitindo que as águas mais profundas e mais frias aflorem (Ribeiro et al., 2010). Este fenômeno favorece a atividade pesqueira, pois os cardumes são atraídos por fitoplâncton trazidos pelas águas mais frias. A direção do vento e a menor evaporação e temperatura da água inibem a formação de cúmulos, diminuindo as chuvas sobre o continente (Lessa, 2009). Uma forte ressurgência pode causar queda de temperatura superficial da água a 15°C ou menos nas proximidades da costa de Cabo Frio, 10°C mais fria quando comparada com as águas médias ou externas da plataforma (Coe et al., 2007).

Os efeitos orográficos do clima são causados quando uma massa de ar quente e úmida encontra uma encosta, se eleva entrando em contato com o ar frio, o que provoca sua condensação e a ocorrência de chuvas (Milanesi, 2011). Na região de Cabo Frio há um afastamento do maciço montanhoso costeiro, havendo a combinação de redução do efeito orográfico sobre a precipitação e aumento da exposição ao vento nordeste, provocando uma gradativa redução das precipitações, aumento do déficit hídrico e intensificação do fenômeno da ressurgência (Muehe, 2011).

A hipótese deste estudo é que os fungos micorrízicos arbusculares estejam presentes em toda a região de restinga da Praia do Perú e que a área onde a mata é mais abundante e diversa, contenha uma maior abundância e riqueza de espécies de FMAs. Com isso, acredita-se que a diversidade de espécies de FMAs seja maior na área de “mata de restinga”. Além disso, espera-se que fatores como atributos do solo, estação do ano e a vegetação local influenciem tanto na distribuição quanto na abundância e riqueza de espécies de FMAs em ambas as áreas de estudo.

2 Objetivo

O objetivo geral deste estudo foi avaliar a ocorrência e diversidade de FMAs presentes nas dunas e mata de restinga da Praia do Peró, Cabo Frio, RJ. Para isso, os objetivos específicos foram:

- Determinar a diversidade da comunidade de FMAs nas dunas e mata de restinga ao final das duas estações do ano: chuvosa e seca;
- Determinar a diversidade da comunidade de FMAs em cultura armadilha ao final das duas estações do ano: chuvosa e seca;
- Verificar a relação entre as espécies de FMAs com as espécies de plantas nas áreas de dunas e mata de restinga;
- Relacionar a diversidade dos FMAs com características físico-químicas do solo da área de dunas e da área de mata de restinga.

3 Materiais e Métodos

3.1 Área de estudo e coleta de amostras de solo da rizosfera

A área de estudo é situada na Praia do Peró ($-22,838945^{\circ}\text{S}$ $-41,984573^{\circ}\text{W}$), no município de Cabo Frio, no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. O clima local é considerado do tipo semiárido, com média de precipitação de 770 mm/ano e taxa de evaporação compreendida entre 1.200 a 1.400 mm/ano. A área de estudo compreende uma área da praia do Peró distante aproximadamente 2,3 km ao Sul e 0,8 km a Oeste de áreas urbanizadas (Figura 2). Foi subdividida em: “área A”, com o predomínio de dunas e regiões entre dunas e “área B”, de mata arbustiva mais fechada, chamada de mata de restinga (Figura 3).

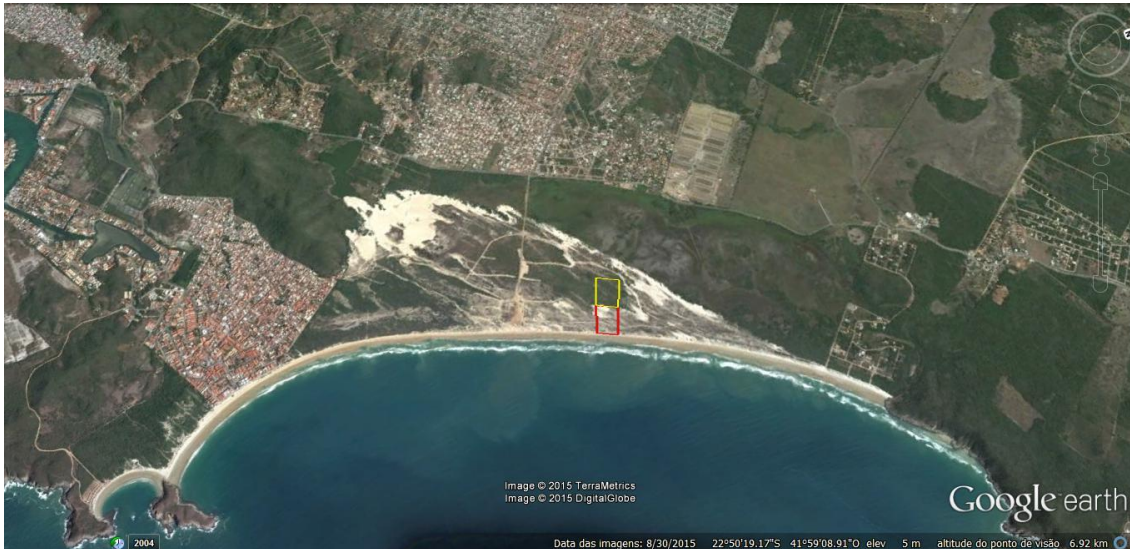


Figura 2. Imagem de satélite da Praia do Perú, Cabo Frio, RJ. A região em vermelho representa a área “A”, onde há o predomínio de dunas e regiões entre dunas, e a região demarcada em amarelo representa a área “B”, com a presença de uma mata arbustiva fechada (mata de restinga), situadas a aproximadamente 2,3 km ao Sul e 0,8 km a Oeste de áreas urbanizadas. Fonte: Google Earth®



Figura 3. Subdivisões da área amostral: Área “A”: área de dunas; Área “B”: área de mata de restinga.

As coletas de amostras de solo foram feitas em duas estações do ano: ao final da época chuvosa (maio de 2014) e no final da época seca (novembro de 2014). As amostras foram distribuídas em três transectos de 200 m de comprimento no sentido praia-interior nas áreas “A” e “B” (Figura 4). Dentro de cada transecto foram coletadas amostras de solo rizosférico a cada 20 m, totalizando 63 pontos em toda a área de estudo. No presente estudo designa-se “solo rizosférico” como sendo o solo próximo a presença de raízes, pois as amostras foram direcionadas para próximo de uma planta ocorrida no local.

Entre áreas “A” e “B” há dunas estacionárias suportadas pela vegetação de restinga arbustiva da área “B” e que são o ponto de maior altitude da área de estudo.

Esses pontos de maior altitude serviram de pontos de referência (I) e marcam a transição entre as áreas “A” e “B”. Foram identificados como pontos I1, I2 e I3 na Figura 4. A distância entre esses pontos definiu a distância mínima entre os transectos que foi de 51 m entre o primeiro e segundo transecto e de 90 m entre o segundo e terceiro transecto.

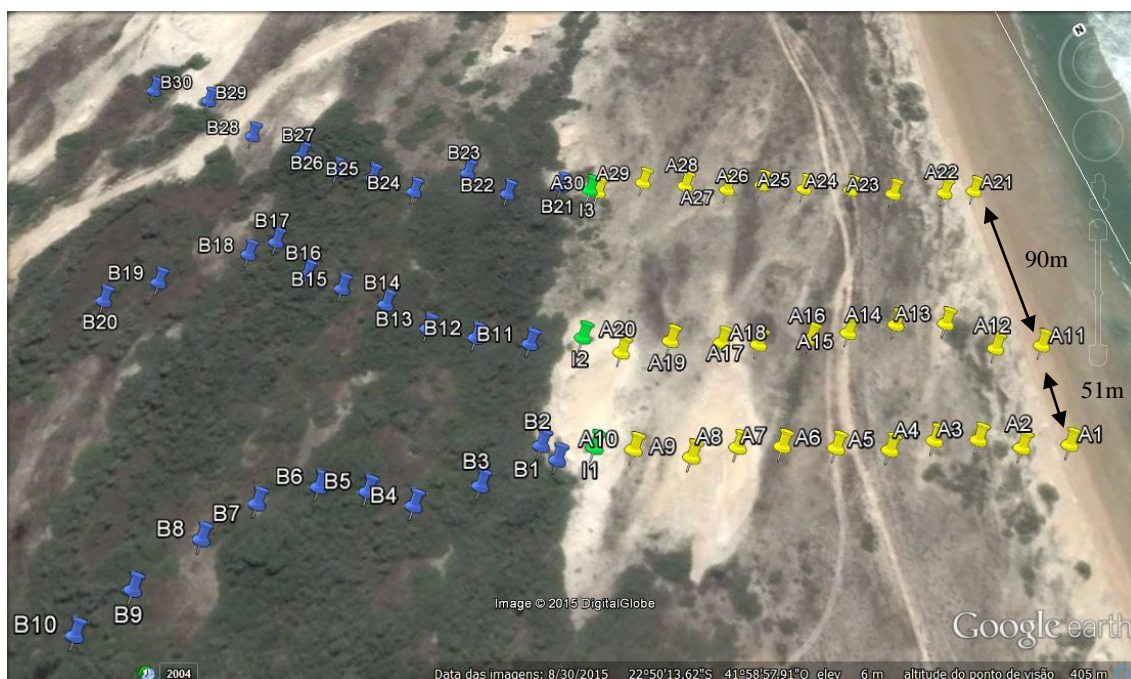


Figura 4. Área amostral com os transectos demarcados por GPS. Os pontos em amarelo representam a área “A”, os pontos verdes representam os picos de dunas que separavam as áreas (pontos I), e os pontos em azul representam a área “B”. A distância entre os transectos está indicada pelas setas. Fonte: Google Earth®

Cada ponto de coleta foi georreferenciado (Tabela 1). Para a coleta das amostras de solo rizosférico utilizou-se tubos de PVC de 40 mm de diâmetro e 20 cm de comprimento. Os tubos foram inseridos em quatro pontos ao redor da planta retirando-se quatro subamostras de 15 cm de profundidade, as quais foram misturadas para formar uma amostra composta por ponto (Figura 5). As amostras compostas apresentaram um peso médio de 800 g, sendo que 50g foram utilizados para extração dos esporos, 300g foram enviados para análises físicas e químicas dos macro e micronutrientes, realizadas pelo Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), e 100g foram utilizados para inoculação dos vasos da cultura armadilha.

Tabela 1. Georreferência dos pontos de coleta das áreas de dunas (A1 a A30), de mata de restinga (B1 a B30) e intermediária (I1 a I3) da Praia do Peró, Cabo Frio, RJ.

Pontos	Georreferência	Pontos	Georreferência	Pontos	Georreferência
A1	22°50'18.6"S, 41°58'52.3"W	I1	22°50'15.3"S, 41°58'58.7"W	B1	22°50'15.0"S, 41°58'59.3"W
A2	22°50'18.3"S, 41°58'53.0"W	I2	22°50'13.9"S, 41°58'58.1"W	B2	22°50'14.9"S, 41°58'59.4"W
A3	22°50'17.9"S, 41°58'53.5"W	I3	22°50'11.6"S, 41°58'56.3"W	B3	22°50'15.0"S, 41°59'0.5"W
A4	22°50'17.6"S, 41°58'54.1"W			B4	22°50'14.8"S, 41°59'1.5"W
A5	22°50'17.4"S, 41°58'54.8"W			B5	22°50'14.3"S, 41°59'2.0"W
A6	22°50'17.0"S, 41°58'55.5"W			B6	22°50'13.9"S, 41°59'2.6"W
A7	22°50'16.6"S, 41°58'56.2"W			B7	22°50'13.7"S, 41°59'3.5"W
A8	22°50'16.3"S, 41°58'56.8"W			B8	22°50'13.8"S, 41°59'4.4"W
A9	22°50'16.1"S, 41°58'57.5"W			B9	22°50'14.0"S, 41°59'5.5"W
A10	22°50'15.6"S, 41°58'58.2"W			B10	22°50'14.2"S, 41°59'6.4"W
A11	22°50'17.2"S, 41°58'51.5"W			B11	22°50'13.4"S, 41°58'58.7"W
A12	22°50'16.9"S, 41°58'52.2"W			B12	22°50'12.9"S, 41°58'59.4"W
A13	22°50'16.2"S, 41°58'52.6"W			B13	22°50'12.4"S, 41°59'0.0"W
A14	22°50'15.6"S, 41°58'53.6"W			B14	22°50'11.7"S, 41°59'0.4"W
A15	22°50'15.6"S, 41°58'54.1"W			B15	22°50'11.1"S, 41°59'0.9"W
A16	22°50'15.4"S, 41°58'54.7"W			B16	22°50'10.6"S, 41°59'1.3"W
A17	22°50'15.1"S, 41°58'55.5"W			B17	22°50'9.8"S, 41°59'1.5"W
A18	22°50'14.8"S, 41°58'56.0"W			B18	22°50'9.8"S, 41°59'2.0"W
A19	22°50'14.4"S, 41°58'56.7"W			B19	22°50'9.6"S, 41°59'3.5"W
A20	22°50'14.2"S, 41°58'57.5"W			B20	22°50'9.5"S, 41°59'4.4"W
A21	22°50'14.5"S, 41°58'50.4"W			B21	22°50'11.1"S, 41°58'56.7"W
A22	22°50'14.3"S, 41°58'50.9"W			B22	22°50'10.8"S, 41°58'57.6"W
A23	22°50'13.9"S, 41°58'51.7"W			B23	22°50'10.1"S, 41°58'58.0"W
A24	22°50'13.5"S, 41°58'52.3"W			B24	22°50'10.0"S, 41°58'59.0"W
A25	22°50'13.1"S, 41°58'53.0"W			B25	22°50'9.4"S, 41°58'59.5"W
A26	22°50'12.7"S, 41°58'53.6"W			B26	22°50'9.0"S, 41°59'0.0"W
A27	22°50'12.5"S, 41°58'54.2"W			B27	22°50'8.4"S, 41°59'0.4"W
A28	22°50'12.1"S, 41°58'54.8"W			B28	22°50'7.6"S, 41°59'1.0"W
A29	22°50'11.7"S, 41°58'55.4"W			B29	22°50'6.5"S, 41°59'1.4"W
A30	22°50'11.5"S, 41°58'56.2"W			B30	22°50'5.8"S, 41°59'2.2"W

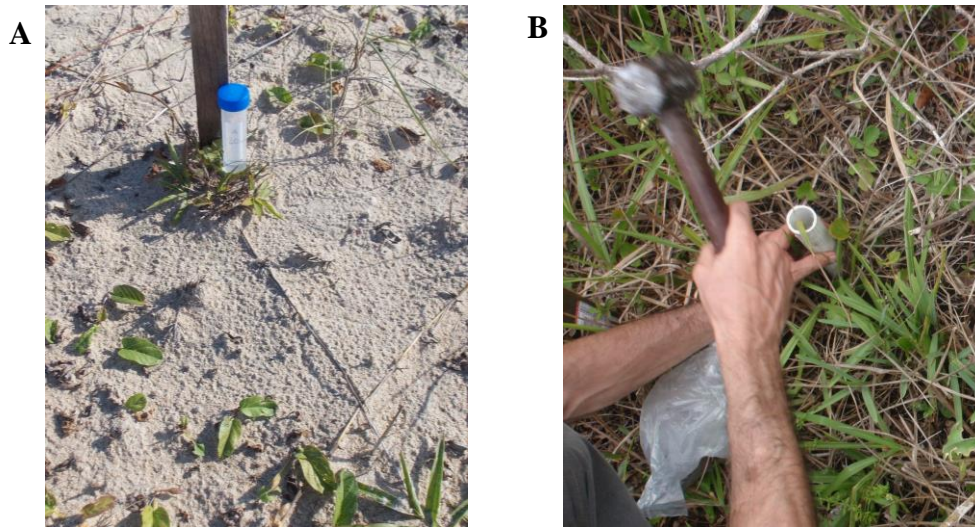


Figura 5. Amostragem do solo rizosférico, mostrando a demarcação do ponto central na área de dunas (A) e a coleta usando tubo de PVC de um dos pontos na área de mata de restinga (B), com a predominância de gramíneas.

3.2 Dados meteorológicos

Dados meteorológicos da região foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015). Os dados foram obtidos da estação meteorológica de Arraial do Cabo, que é o município que possui a estação meteorológica mais próxima à área de estudo, localizada a 10 km de distância de Cabo Frio e aproximadamente 22 km da Praia do Perú (Figura 6). Os dados coletados correspondem a todo o ano de 2014, ano que foram realizadas as coletas.

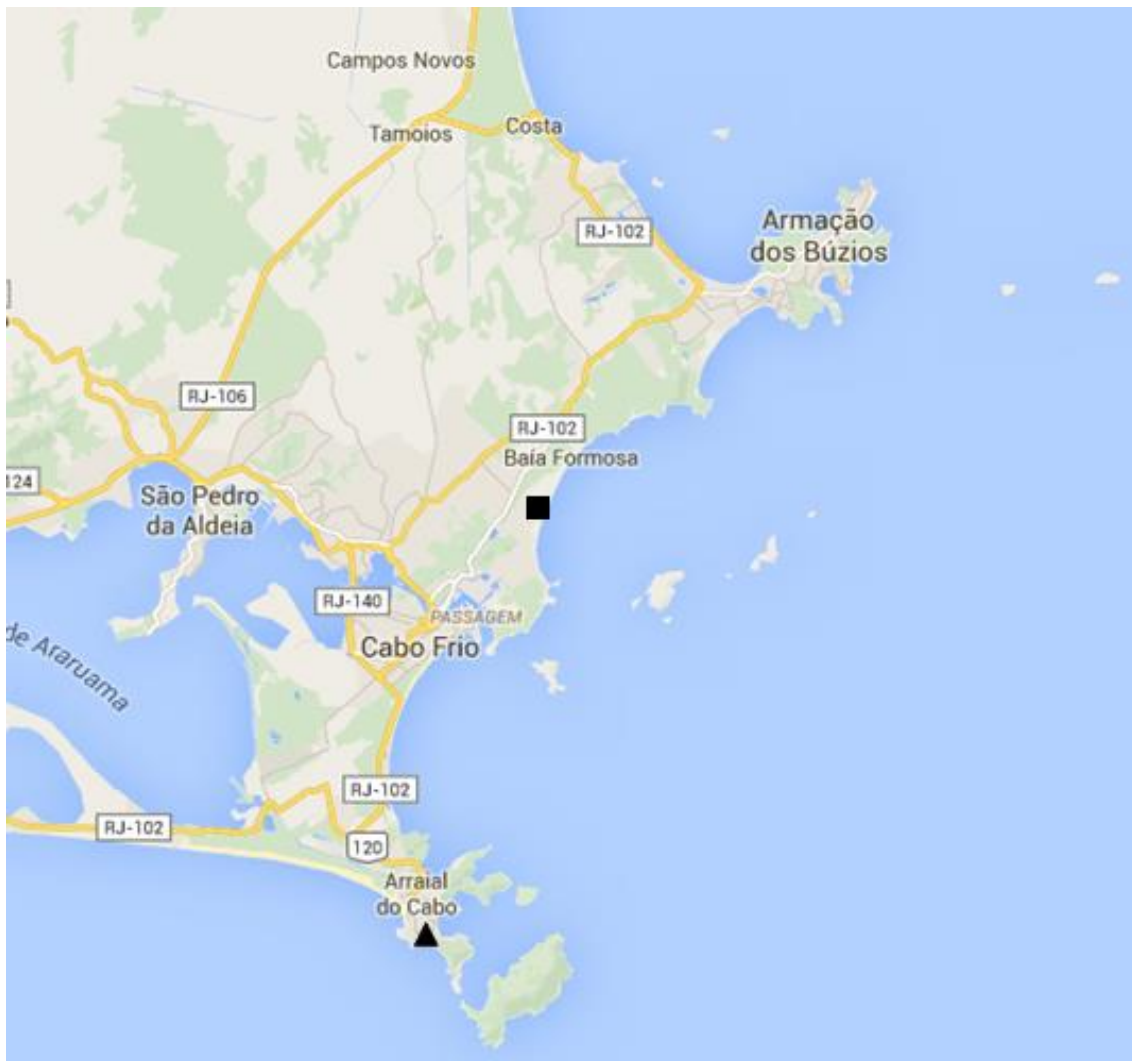


Figura 6. Estação meteorológica de Arraial do Cabo (▲), distante aproximadamente 10 km de Cabo Frio e 22 km da Praia do Peró (■). Fonte: Google Maps®

3.3 Cultura armadilha

As culturas armadilhas foram preparadas seguindo a metodologia descrita em Bartz et al. (2008), com modificações. Para cada ponto de coleta foi montado um vaso de cultura armadilha inoculado com o solo rizosférico amostrado em campo, totalizando 63 vasos; somados a três vasos controle (sem inoculação). Cada vaso (0,5 L) foi preenchido com 210g de substrato estéril (areia-solo 1:1 autoclavado), inoculados com 100g do solo rizosférico e completados com 90g do substrato estéril.

Os vasos foram semeados com *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi* conjuntamente. As sementes foram previamente desinfetadas superficialmente através da lavagem em água corrente; imersão em hipoclorito de sódio 2,5% por trinta minutos; lavagem em água destilada; imersão em álcool 92,8% por cinco minutos e três lavagens seguidas em água destilada. Antes de serem desinfetadas as sementes de *Arachis pintoi*

foram deixadas em água destilada por quarenta e oito horas para acelerar o processo de embebição (Rossetto et al., 2008).

As culturas armadilhas foram preparadas nos meses subsequentes a cada época de coleta (maio e novembro) e mantidas por quatro meses em estufa de incubação, a 25°C e com um fotoperíodo de 16/8 horas de luz/escuro (Figura 7). A cada semana houve mudança na posição dos vasos para homogeneizar a quantidade de luz recebida entre os vasos. Ao final dos quatro meses, foi realizada a extração dos esporos para contagem e identificação das espécies de FMAs.



Figura 7. Vasos de cultura armadilha contendo *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi* em estufa de incubação no Laboratório de Biologia Molecular de Plantas e Fungos (LBMPF) da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO).

3.4 Extração e identificação de esporos de FMAs

A extração dos esporos do solo rizosférico seguiu o protocolo de Gerdemann e Nicolson (1963) de peneiramento úmido, utilizando 50g do solo, seguido de centrifugação em água e, posteriormente, em sacarose (Jenkins, 1964). Após a extração, os esporos foram transferidos para uma placa de Petri canelada para contagem do número de esporos e, em seguida, os esporos foram fixados com PVLG (álcool polivinílico, ácido láctico e glicerol) e PVLG + reagente de Melzer (1:1), em lâminas de

microscopia para identificação das espécies. A identificação foi realizada com base em critérios morfológicos, descritos na *The International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (INVAM, 2015) e nas descrições originais das espécies.

Após a identificação das espécies presentes nas lâminas, o número de esporos (indivíduos) por espécie de cada amostra do campo foi contado em microscópio óptico (Axio Scope A1 Zeiss®) utilizando o aumento de 100 x e uma ocular reticulada (Figura 8).

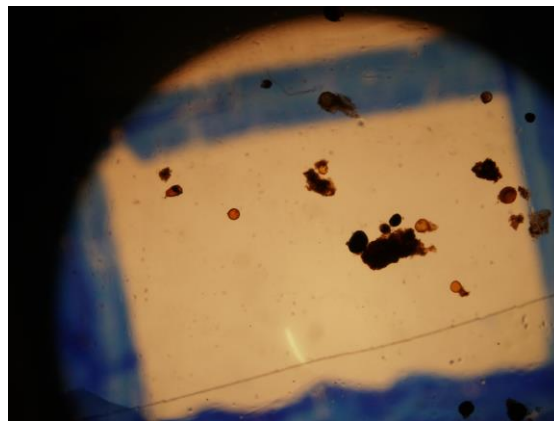


Figura 8: Esporos de uma amostra sob microscópio óptico (aumento de 40x) mostrando o procedimento de contagem do número de indivíduos de FMAs por espécie.

3.5 Coleta e identificação das espécies vegetais

Ramos reprodutivos das espécies vegetais, quando presentes, foram coletados para herborização e depositados no Herbário Prof. Jorge Pedro Pereira Carauta da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (HUNI). Sua identificação foi realizada com auxílio de especialistas em taxonomia botânica, além de consultas no acervo digital do Programa Re flora (2015) e de literatura específica, como a de Cordeiro (2005), que realizou um trabalho de distribuição da vegetação herbácea na Praia do Perú, Cabo Frio, RJ e Araujo et al. (2009), que realizaram um levantamento florístico na Área de Proteção Ambiental de Massambaba, Rio de Janeiro.

3.6 Análise ecológica e estatística

A frequência de ocorrência das espécies de FMAs (F_i) foi estimada de acordo com Santiago et al. (2012) seguindo a equação $F_i = (J_i / k) \times 100$, onde J_i é o número de amostras em que a espécie ocorreu e k é o total de amostras.

O número de indivíduos e a frequência de ocorrência de cada espécie de FMA foram utilizados para a determinação dos Índices de Diversidade de Shannon (H'), Equitabilidade de Pielou (J) e Índice de dominância de Simpson (D), bem como uma comparação das espécies de FMAs do campo com as espécies que se multiplicam em vasos de cultura armadilha por Similaridade de Whittaker (βW), de acordo com Bartz et al. (2008).

Os índices de diversidade de Shannon e Simpson, a Equitabilidade de Pielou e Similaridade de Whittaker foram gerados pelo programa PAST 3.10 (Hammer et al., 2015). O Teste de Wilcoxon Mann-Whitney foi feito no Programa R 3.2.2 (R Core Team, 2015) e foi utilizado para testar as diferenças de atributos químicos dos solos entre as áreas A e B, além de diferenças entre número de indivíduos e de espécie entre as coletas. Optou-se por utilizar o Teste de Wilcoxon Mann-Whitney, pois o teste de Shapiro-wilk indicou que os dados foram não paramétricos.

Para demonstrar a ordenação das espécies de FMAs na área de dunas e na área de mata de restinga, relacionado às plantas presentes, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA) utilizando o programa CANOCO 4.5 (Ter Braak e Smilauer, 2002) para cada uma das áreas. A PCA também foi utilizada para identificar atributos do solo relacionados às espécies de FMA.

4 Resultados

4.1 Caracterização do clima local

Grande parte da precipitação em Arraial do Cabo em 2014 foi registrada entre os meses de março a julho, com menor precipitação nos meses de janeiro, fevereiro e setembro (Figura 9). O nível de precipitação referente ao mês da primeira coleta (Maio) foi de 59 mm/mês, sendo precedido por meses onde houve precipitação de 55 e 131 mm/mês. Já a segunda coleta (Novembro) apresentou nível de precipitação de 44 mm/mês, sendo precedido por meses com 7 e 31 mm/mês. Com relação à temperatura, os dados mostraram uma variação de 21,2 a 24,6 °C no município de Arraial do Cabo. Com base nesses dados foi determinado que a primeira coleta (Maio) ocorreu em um período chuvoso e de queda de temperatura e a segunda coleta (Novembro) em um período seco e de elevação de temperatura.

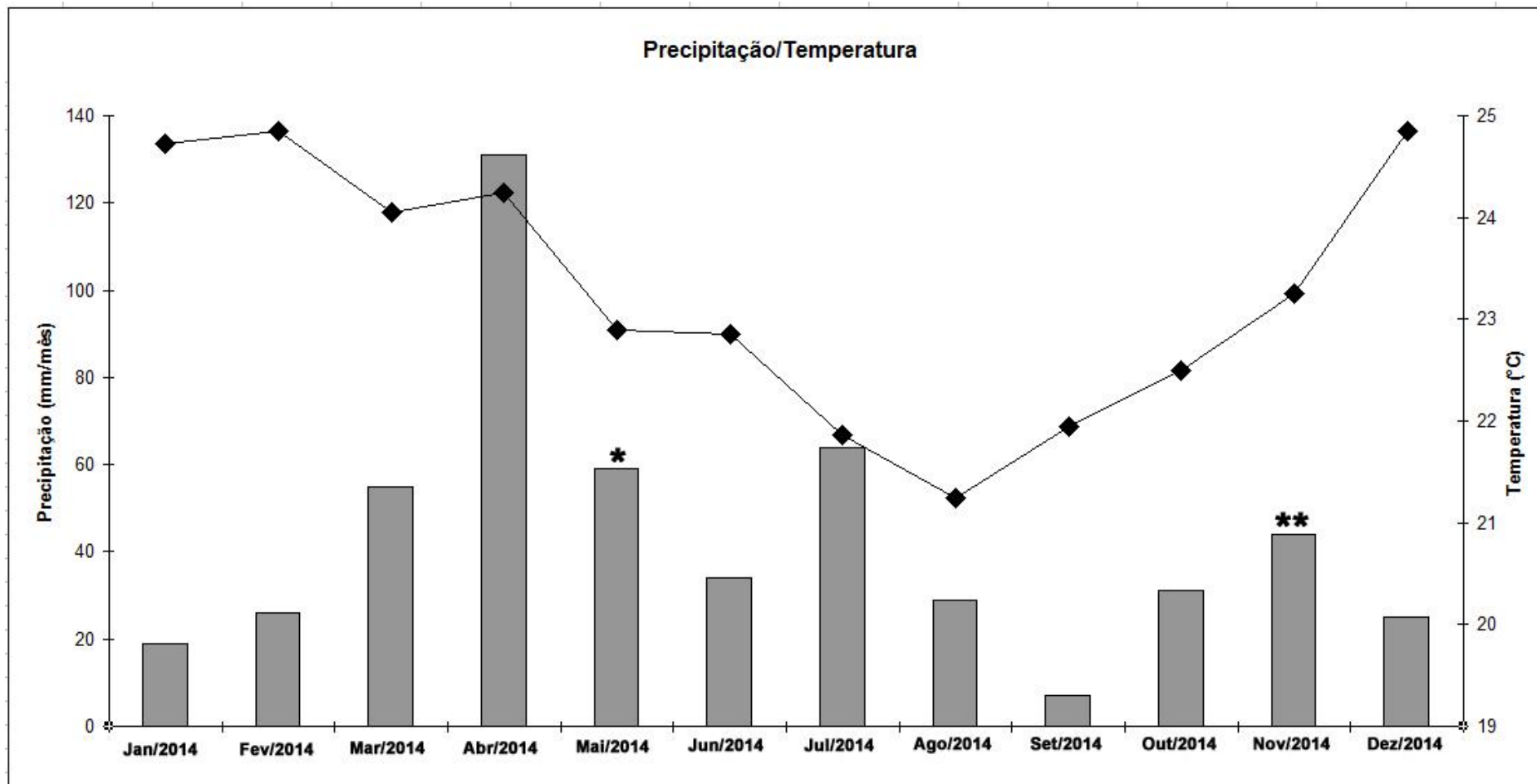


Figura 9. Precipitação média (colunas) e temperatura média (linha) por mês na estação do INMET Arraial do Cabo-RJ, Brasil. Os asteriscos indicam a primeira (*) e segunda (**) coletas.

4.2 Caracterização do solo

Os solos da área de estudo foram caracterizados como altamente alcalinos, com médias de pH acima de 8, além de altamente saturados por base (Tabela 2), de acordo com a classificação de EMBRAPA (2006).

A análise química e física dos solos referentes à primeira coleta (maio, época chuvosa) indicou que as duas áreas de coleta, dunas (A) e mata de restinga (B), diferem em relação à maioria das características químicas analisadas, não diferindo apenas em relação ao teor de manganês (Mn) e enxofre (S), que apresentaram o P-valor (Teste de Wilcoxon) acima de 0,05 (Tabela 2). Tanto os macronutrientes quanto os micronutrientes se encontraram de baixa a média concentração, de acordo com EMBRAPA (2006), exceto o fósforo, que se encontra com alta concentração na área A (33,39 mg/dm³) e em uma concentração média na área B (27,99 mg/dm³); o boro, que está presente em baixa concentração (0,35 mg/dm³) na área A e alta concentração (0,65 mg/dm³) na área B; e a matéria orgânica que se encontra em concentração muito baixa (0,23 dag/kg) na área A e em média concentração (3,30 gag/kg) na área B.

Em relação às características físicas, as áreas A e B diferiram significativamente, sendo que a área A apresentou maior concentração de areia que a área B, a qual teve maiores concentrações de argila e silte que a área A. No entanto, ambas as áreas são altamente arenosas por apresentarem valores superiores a 95 % de areia.

Tabela 2. Características químicas e físicas dos solos das áreas de dunas (A) e mata de restinga (B) da Praia do Peró, Cabo Frio, RJ, referentes à primeira coleta (maio, estação chuvosa). SB = soma das bases; V = saturação em bases; M.O.= Matéria Orgânica.

Solo	Área A	Área B	Wilcoxon p-valor
pH (KCl)	8,90 ± 0,26a	8,22 ± 0,34b	<0,001
K (mg/dm ³)	14,00 ± 3,75b	37,73 ± 13,42a	<0,001
P (mg/dm ³)	33,39 ± 8,19a	27,99 ± 8,36b	0,013
Ca (cmol/dm ³)	1,39 ± 0,33b	4,97 ± 2,03a	<0,001
Mg (cmol/dm ³)	0,18 ± 0,06b	1,14 ± 1,15a	<0,001
H+Al (cmol/dm ³)	0,56 ± 0,02b	0,70 ± 0,15a	<0,001
SB (cmol/dm ³)	1,61 ± 0,37b	6,21 ± 3,00a	<0,001
V (%)	73,46 ± 4,67b	87,74 ± 5,77a	<0,001
M.O. (dag/kg)	0,23 ± 0,18b	3,30 ± 1,88a	<0,001
Zn (mg/dm ³)	0,28 ± 0,08b	0,69 ± 0,93a	<0,001
Fe (mg/dm ³)	11,47 ± 2,02b	27,34 ± 11,62a	<0,001
Mn (mg/dm ³)	5,78 ± 0,70a	6,64 ± 2,34a	0,119
Cu (mg/dm ³)	0,18 ± 0,06a	0,13 ± 0,04b	<0,001
B (mg/dm ³)	0,35 ± 0,05b	0,65 ± 0,18a	<0,001
S (mg/dm ³)	5,88 ± 1,12a	11,52 ± 12,86a	0,052
Argila (dag/kg - %)	0,37 ± 0,49b	2,23 ± 1,30a	<0,001
Silte (dag/kg - %)	0,00 ± 0,00b	2,50 ± 3,05a	<0,001
Areia (dag/kg - %)	99,67 ± 0,48a	95,27 ± 3,37b	<0,001

Dados são médias de 30 replicatas por área. Diferenças não significativas são mostradas pela mesma letra na mesma linha, determinadas usando o Teste de Wilcoxon, ao nível de 5%. A análise de solo foi realizada com as seguintes metodologias: pH em KCl – relação 1:2,5; Ca e Mg – extrator KCl 1mol/L; S – extrator fosfato monocálcico em ácido acético; P, K, Fe, Zn, Mn e Cu – extrator Mehlich 1; H+Al – extrator SMP; M.O. – oxidação Na₂Cr₂O₇ 4N+ H₂SO₄ 10N; B – extrator água quente.

4.3 Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs)

Foram encontradas 22 espécies de FMAs (Tabela 3), sendo estas pertencentes a 5 famílias: Glomeraceae (1 *Funneliformis*, 5 *Glomus*, 2 *Rhizophagus* e 1 *Septoglosum*), Acaulosporaceae (6 *Acaulospora*), Diversisporaceae (1 *Diversispora*), Gigasporaceae (1 *Gigaspora*, 3 *Racocetra* e 1 *Scutellospora*) e Ambisporaceae (1 *Ambispora*) (Figura 10). Das 22 espécies encontradas, *Glomus glomerulatum* e *Acaulospora rhemii* foram identificadas nas amostras do cultivo armadilha sem terem sido encontradas nas amostras coletadas no campo.

Na primeira coleta (maio, estação chuvosa), as três espécies de FMAs mais frequentes na área de dunas (A) foram *Glomus microaggregatum*, *Acaulospora scrobiculata* e *Racocetra fulgida*, e na cultura armadilha correspondente a amostras desta coleta, as espécies mais frequentes foram *G. macrocarpum*, *G. microaggregatum* e *A. scrobiculata* (Tabela 3). Já na área de mata de restinga (B) as espécies mais frequentes foram *G. ambisporum*, *G. clavisporum*, *G. microaggregatum* e *Gigaspora sp.*, todas com 100% de frequência, além de *G. macrocarpum*, *Rhizophagus clarus* e *R.*

fulgida que apresentaram mais de 90% de frequência. Na cultura armadilha referente às amostras desta área, as espécies *G. ambisporum*, *Funneliformis verruculosus*, *G. macrocarpum* e *G. microaggregatum* foram as mais frequentes, apresentando 100% de frequência.

Na segunda coleta (novembro, estação seca), na área A, as espécies mais frequentes foram *A. scrobiculata*, *R. fulgida* e *R. persica*, e na cultura armadilha referente a essas amostras as espécies mais frequentes foram *G. macrocarpum*, *A. scrobiculata* e *G. microaggregatum*. Já na área B, *G. ambisporum*, *G. macrocarpum*, *G. microaggregatum* e *Rh. clarus* foram as espécies que ocorreram em todas as amostras (100%). As espécies *A. scrobiculata*, *Gigaspora sp.* e *R. fulgida* também se destacaram, apresentando frequência maior ou igual a 90%. Na cultura armadilha referente a área B, *G. macrocarpum*, *F. verruculosus*, *G. microaggregatum* e *G. ambisporum* foram as espécies mais frequentes (Tabela 3).

A Similaridade de Whittaker (Tabela 3) indicou uma maior diferença entre campo/cultura armadilha das amostras de ambas as coletas da área A em relação à área B, uma vez que o índice foi de 1,67 e 1,40 (chuvoso e seco) da área A e 0,85 e 0,72 (chuvoso e seco) da área B. Essa diferença está relacionada com o número de espécies e suas respectivas frequências em campo e nos vasos de cultura armadilha, onde, nas amostras relacionadas a área de dunas, na primeira coleta se registrou 16 espécies de FMAs em campo e 21 espécies em vaso, e na segunda coleta foram registradas 18 espécies em campo e 20 espécies em vaso. Já para a área B, foram registradas na primeira coleta 20 espécies de FMAs tanto em campo como em vaso e na segunda coleta registrou-se 17 espécies em campo e 16 espécies em cultura armadilha (Tabela 3).

Quanto ao número total de indivíduos, contabilizado em 30 extrações de 50mL, totalizando 1500mL de solo por área, foi observado que a área B apresentou aproximadamente 30 e 20 vezes mais indivíduos que a área A, na primeira e segunda coleta, respectivamente (Tabela 4).

A ocorrência de glomerosporos na Praia do Perú foi avaliada em duas estações, chuvosa e seca, e em duas áreas (dunas e mata de restinga). Na área A, a época de coleta não interferiu no número total de indivíduos; mas na área B, foi observado que houve maior número de indivíduos na estação chuvosa em relação à seca. Entretanto, observa-se que a espécie *G. macrocarpum* foi a principal responsável por esta diferença, pois somente esta espécie apresentou 23.070 indivíduos a mais na estação chuvosa,

considerando que a diferença total da área B entre as estações foi de 27.721 (Tabela 4). Com relação à diferença relacionada a cada espécie, na área de dunas, das 18 espécies encontradas em campo, três espécies (*G. microaggregatum*; *A. spinosa*; *A. foveata*) apresentaram diferença significativa entre as estações, onde *G. microaggregatum* e *A. spinosa* apresentaram maior número de glomerosporos na estação seca que na estação chuvosa e com *A. foveata* ocorreu o inverso. Já na área de mata de restinga, das 20 espécies presentes, seis espécies reduziram significativamente sua população na estação chuvosa (*G. macrocarpum*, *G. clavisorum*, *Rh. clarus*, *D. tortuosa*, *Gigaspora. sp* e *A. spinosa*).

Na área de dunas (A), em ambas as coletas, as espécies mais abundantes foram *A. scrobiculata*, *G. macrocarpum* e *G. microaggregatum*. Já na área de mata de restinga (B), *G. macrocarpum* e *G. microaggregatum*, foram as espécies com maior número de indivíduos em ambas as coletas.

Os índices de diversidade (Shannon e Simpson) e a Equitabilidade de Pielou indicaram que as áreas A e B diferiram entre si em relação às espécies de FMAs, sendo que a área de dunas (A) apresentou maior índice de Shannon e Equitabilidade de Pielou e menor Dominância de Simpson, indicando maior diversidade destes fungos quando comparada a área de mata de restinga (B), embora a área A tenha apresentado um número menor total de indivíduos (Tabela 5), Em cada área, não houve diferença significativa na diversidade dos FMAs entre as estações chuvosa e seca.

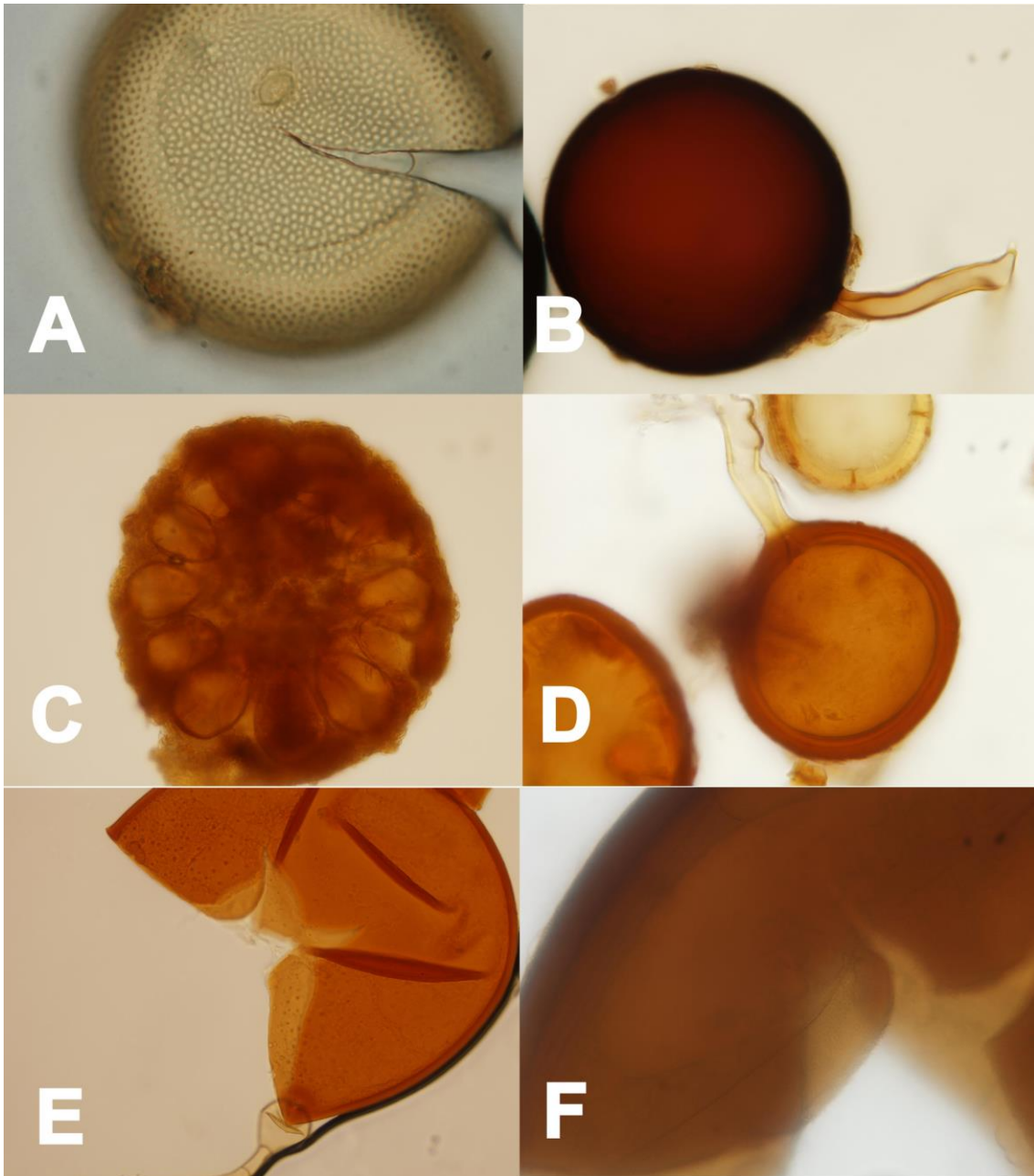


Figura 10: Alguns exemplares de FMA encontrados na Praia do Perú, Cabo Frio, RJ. A: *Acaulospora scrobiculata* (100x); B: *Glomus ambisporum* (100x); C: *G. clavisporem* (40x); D: *G. macrocarpum* (100x); E: *Gigaspora sp.*; F: *Funneliformis verruculosus* (100x).

Tabela 3. Lista de espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares, por família, com suas respectivas frequências de ocorrência nas amostras coletadas nas áreas de dunas (A) e de mata de restinga (B), no campo e na cultura armadilha (vaso), referentes à primeira coleta (maio, estação chuvosa) e segunda coleta (novembro, estação seca) na Praia do Peró, Cabo Frio, RJ.

Família	Espécies(Abreviação)	Frequência (%)							
		1ª coleta				2ª coleta			
		A ($\beta_w= 1,67$) ¹		B ($\beta_w= 0,85$) ¹		A ($\beta_w= 1,40$) ¹		B ($\beta_w= 0,72$) ¹	
	Campo	Vaso	Campo	Vaso	Campo	Vaso	Campo	Vaso	
Glomeraceae	<i>Funneliformis verruculosus</i> (F.ver)	0,0	20,0	76,7	100,0	0,0	33,3	83,3	96,7
	<i>Glomus ambisporum</i> (G.amb)	0,0	20,0	100,0	100,0	6,7	66,7	100,0	90,0
	<i>Glomus clavisporum</i> (G.cla)	73,3	46,7	100,0	66,7	80,0	33,3	93,3	43,3
	<i>Glomus glomerulatum</i> (G.glo)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	23,3
	<i>Glomus macrocarpum</i> (G.mac)	76,7	100,0	96,7	100,0	83,3	100,0	100,0	100,0
	<i>Glomus microaggregatum</i> (G.mic)	90,0	80,0	100,0	100,0	86,7	90,0	100,0	96,7
	<i>Rhizophagus clarus</i> (Rh.cla)	50,0	50,0	93,3	86,7	63,3	86,7	100,0	86,7
	<i>Rhizophagus diaphanus</i> (Rh.dia)	0,0	10,0	3,3	13,3	10,0	40,0	10,0	0,0
	<i>Septoglomus deserticola</i> (Se.des)	0,0	26,7	16,7	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0
Acaulosporaceae	<i>Acaulospora colombiana</i> (A.col)	53,3	20,0	46,7	73,3	56,7	53,3	30,0	76,7
	<i>Acaulospora foveata</i> (A.fov)	63,3	20,0	26,7	16,7	50,0	3,3	13,3	0,0
	<i>Acaulospora rhemii</i> (A.rhe)	0,0	3,3	0,0	3,3	0,0	3,3	0,0	0,0
	<i>Acaulospora scrobiculata</i> (A.scr)	90,0	76,7	83,3	63,3	93,3	96,7	96,7	33,3
	<i>Acaulospora spinosa</i> (A.spi)	26,7	20,0	80,0	53,3	73,3	20,0	66,7	30,0
	<i>Acaulospora tuberculata</i> (A.tub)	10,0	6,7	3,3	16,7	3,3	0,0	0,0	0,0
Diversisporaceae	<i>Diversispora tortuosa</i> (D.tor)	76,7	30,0	83,3	50,0	76,7	30,0	70,0	66,7
Gigasporaceae	<i>Gigaspora sp.</i> (Gi.sp)	70,0	36,7	100,0	63,3	56,7	36,7	93,3	60,0
	<i>Racocetra coralloidea</i> (R.cor)	10,0	13,3	3,3	6,7	0,0	6,7	0,0	0,0
	<i>Racocetra fulgida</i> (R.ful)	86,7	56,7	93,3	63,3	90,0	76,7	90,0	63,3
	<i>Racocetra persica</i> (R.per)	76,7	26,7	70,0	43,3	90,0	43,3	66,7	60,0
	<i>Scutellospora scutata</i> (S.scu)	23,3	3,3	3,3	13,3	13,3	10,0	3,3	3,3
Ambisporaceae	<i>Ambispora leptoticha</i> (Am.lep)	13,3	16,7	23,3	23,3	10,0	36,7	30,0	13,3
	Número de Espécies	16	21	20	20	18	20	17	16

¹ Índice de Similaridade de Whittaker.

Tabela 4. Número de indivíduos (esporos em 1500 mL de solo) por espécie de FMA na área de dunas (A) e de mata de restinga (B) na primeira coleta (maio, estação chuvosa) e segunda coleta (novembro, estação seca) na Praia do Perú, Cabo Frio, RJ.

Espécies	Área A			Área B		
	1ª Coleta	2ª Coleta	Wilcoxon	1ª Coleta	2ª Coleta	Wilcoxon
<i>Glomus macrocarpum</i>	516a	577a	0,76040	52344a	29274b	0,00603
<i>Glomus microaggregatum</i>	453b	722a	0,00510	17275a	20389a	0,84570
<i>Glomus ambisporum</i>	0a	2a	0,34580	7840a	6751a	0,23290
<i>Funnelformis verruculosus</i>	0a	0a	NA	7367a	10009a	0,42090
<i>Glomus clavisporum</i>	108a	144a	0,41540	7095a	6372b	0,00584
<i>Rhizophagus clarus</i>	166a	105a	0,48370	5002a	2271b	0,04167
<i>Diversispora tortuosa</i>	258a	202a	0,05330	4101a	1095b	0,00080
<i>Gisgaspora sp.</i>	65a	50a	0,12260	1794a	542b	0,00042
<i>Acaulospora scrobiculata</i>	962a	1171a	0,10940	1326a	1098a	0,94260
<i>Racocetra fulgida</i>	227a	270a	0,13890	928a	578a	0,26070
<i>Acaulospora spinosa</i>	50b	118a	0,01090	745a	247b	0,02273
<i>Septoglomus deserticola</i>	0a	49a	0,18140	460a	0a	0,05906
<i>Acaulospora colombiana</i>	116a	137a	0,95530	231a	79a	0,08762
<i>Racocetra persica</i>	197a	240a	0,63360	193a	226a	1,00000
<i>Acaulospora foveata</i>	54a	32b	0,04160	36a	9a	0,18290
<i>Ambispora leptoticha</i>	5a	9a	0,86330	35a	61a	0,31750
<i>Rhizophagus diaphanus</i>	0a	43a	0,18140	27a	87a	0,36130
<i>Acaulospora tuberculata</i>	4a	1a	0,34470	8a	0a	1,00000
<i>Scutellospora scutata</i>	16a	7a	0,21400	2a	1a	1,00000
<i>Racocetra coralloidea</i>	3a	0a	0,14890	1a	0a	1,00000
Total de indivíduos	3200a	3879a	0,09875	106810a	79089b	0,04998
Riqueza	16a	18a	0,33450	20a	17a	0,13240

Dados são a soma de glomerosporos de cada espécie em 30 pontos por área. Diferenças não significativas são mostradas pela mesma letra na linha, determinadas usando o Teste de Wilcoxon ao nível de 5%. NA corresponde ao dado não analisado.

Tabela 5: Índices ecológicos por área (A:dunas; B: mata de restinga), nas duas épocas de coleta (chuvosa e seca) na Praia do Peró, Cabo Frio, RJ.

Área	Coleta	Índice de Shannon (H')	Equitabilidade de Pielou (J)	Dominância de Simpson (D)	Riqueza (S)	Nº de indivíduos
A	1 ^a	2,1473	0,7745	0,1579	16	3200
	2 ^a	2,1461	0,7425	0,1641	18	3879
B	1 ^a	1,7245	0,5757	0,2851	20	106810
	2 ^a	1,7384	0,6136	0,2346	17	79089

4.4 Espécies Vegetais

Foram encontradas 36 espécies de plantas distribuídas em 23 famílias, sendo que duas espécies não puderam ser identificadas devido à ausência de estruturas reprodutivas durante as coletas (Tabela 6). Cinco famílias, Amaranthaceae, Asteraceae, Calyceraceae, Euphorbiaceae e Polygalaceae ocorreram exclusivamente na área de dunas (área A), totalizando 6 espécies. Onze famílias, Anacardiaceae, Apocynaceae, Bromeliaceae, Capparaceae, Fabaceae, Moraceae, Myrsinaceae, Myrtaceae, Primulaceae, Rhamnaceae e Sapotaceae e uma das plantas não identificadas ocorreram apenas na área arbustiva (área B), totalizando 15 espécies. A família Solanaceae esteve presente apenas na região intermediária (Área I), com uma espécie (*Cestrum axilare*). As famílias Apiaceae, Boraginaceae, Cactaceae, Convolvulaceae, Cyperaceae e Poaceae ocorreram tanto na área A como na área B, totalizando 14 espécies, sendo que na família Cyperaceae a espécie *Fimbristylis cymosa* ocorreu apenas na área A; as espécies *Fimbristylis sp.* e *Lagenocarpus rigidus* ocorreram apenas na área B e *Remirea maritima* ocorreu em ambas as áreas. Já na família Poaceae a espécie *Panicum racemosum* ocorreu apenas na área A, *Cenchrus echinatus* e *Paspalum maritimum* ocorreram apenas na área B e *Sporobolus virginicus* e *Stenotaphrum secundatum* ocorreram em ambas as áreas. Com isso, das 35 espécies presentes nas áreas A e B, 8 foram encontradas exclusivamente na área A, 19 espécies foram exclusivas na área B, e 8 espécies ocorreram tanto na área A quanto na área B (Tabela 6).

Quanto à frequência de cada espécie vegetal (Tabela 6), na área de dunas (A), a espécie mais frequente foi a *Ipomoea imperati* seguida de *Stenotaphrum secundatum*, *Hydrocotyle bonariensis* e *Remirea maritima*, plantas caracteristicamente de hábito de erva, com crescimento rastejante e estolonífero. Já na área B as espécies mais frequentes foi a *Schinus terebinthifolius* e *Myrsine parvifolia*, que possuem hábitos arbustivo/arborícola, e *Stenotaphrum secundatum*, de hábito de erva.

Tabela 6. Lista de espécies vegetais por família com suas respectivas frequências nos pontos de coletas na área de dunas (A) e na área de mata de restinga (B) na Praia do Perú, Cabo Frio, RJ, e número de tombo de depósito das mesmas no Herbário Prof. Jorge Pedro Pereira Carauta da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (HUNI).

Número de Tombo	Família	Espécies	Hábito	Frequência (%)	
				A	B
HUNI 3492	Amaranthaceae	<i>Alternanthera littoralis</i> var. <i>maritima</i> (Mart.) Pedersen	Subarbusto	3,3	0,0
HUNI 3493		<i>Blutaparon portulacoides</i> (A.St.-Hil.) Mears	Erva	16,7	0,0
HUNI 3494	Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Arbusto, Árvore	0,0	46,7
HUNI 3495	Apiaceae	<i>Hydrocotyle bonariensis</i> Lam.	Erva	60,0	13,3
HUNI 3496	Apocynaceae	<i>Forsteronia leptocarpa</i> (Hook. & Arn.) A.DC.	Trepadeira	0,0	3,3
		<i>Sp1</i>	Trepadeira	0,0	6,7
HUNI 3497	Asteraceae	<i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski	Erva	3,3	0,0
HUNI 3498	Boraginaceae	<i>Varronia curassavica</i> Jacq.	Arbusto	3,3	6,7
	Bromeliaceae	<i>Bromelia antiacantha</i> Bertol.	Erva	0,0	13,3
HUNI 3499	Cactaceae	<i>Cereus fernambucensis</i> Lem.	Arbusto, Subarbusto	13,3	16,7
HUNI 3500	Calyceraceae	<i>Acicarpha bonariensis</i> (Pers.) Herter	Erva	10,0	0,0
HUNI 3501	Capparaceae	<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl	Arbusto	0,0	3,3
HUNI 3502	Convolvulaceae	<i>Ipomoea imperati</i> (Vahl) Griseb.	Erva, Trepadeira	80,0	6,7
HUNI 3503		<i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.) R.Br.	Erva, Trepadeira	30,0	3,3
HUNI 3504	Cyperaceae	<i>Fimbristylis cymosa</i> R.Br.	Erva	13,3	0,0
HUNI 3505		<i>Fimbristylis</i> sp.	Erva	0,0	3,3
HUNI 3506		<i>Lagenocarpus rigidus</i> Nees	Erva	0,0	3,3
HUNI 3507		<i>Remirea maritima</i> Aubl.	Erva	60,0	6,7
HUNI 3508		Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce</i> sp.	Erva	23,3
HUNI 3509		<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Arbusto	0,0	20
HUNI 3510	Fabaceae	<i>Senna pendula</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) H.S.Irwin & Barneby	Arbusto, Árvore, Trepadeira	0,0	23,3
HUNI 3511		<i>Sophora tomentosa</i> L.	Arbusto	0,0	10,0
HUNI 3512	Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.	Árvore	0,0	6,7
HUNI 3513	Myrsinaceae	<i>Myrsine parvifolia</i> A.DC.	Arbusto	0,0	36,7
	Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i> L.	Arbusto	0,0	6,7
HUNI 3514	Poaceae	<i>Cenchrus echinatus</i> L.	Erva	0,0	3,3
HUNI 3515		<i>Panicum racemosum</i> (P. Beauv.) Spreng.	Erva	3,3	0,0

Número de Tombo	Família	Espécies	Hábito	Frequência (%)	
				A	B
HUNI 3516	Poaceae	<i>Paspalum maritimum</i> Trin.	Erva	0,0	23,3
HUNI 3517		<i>Sporobolus virginicus</i> (L.) Kunth	Erva	10,0	3,3
HUNI 3518		<i>Stenotaphrum secundatum</i> (Walter) Kuntze	Erva	66,7	26,7
HUNI 3519	Polygalaceae	<i>Polygala cyparissias</i> A.St.-Hil. & Moq.	Erva, Subarbusto	6,7	0,0
HUNI 3520	Primulaceae	<i>Jacquinia armillaris</i> Jacq.	Arbusto	0,0	6,7
HUNI 3521	Rhamnaceae	<i>Scutia arenicola</i> (Casar.) Reissek	Arbusto	0,0	23,3
HUNI 3522	Sapotaceae	<i>Sideroxylon obtusifolium</i> (Roem. & Schult.) T.D.Penn.	Arbusto, Árvore	0,0	13,3
	Indefinida	<i>Sp2</i>	Árvore	0,0	6,7

4.5 Análises Multivariadas

A Análise de Componentes Principais (PCA) entre a presença e ausência das espécies vegetais relacionadas ao número de glomerosporos de cada espécie fúngica foi realizada por área. Para a área de dunas (A), os eixos PC1 e PC2 explicaram juntos 65,8 e 64,7% da variabilidade para a primeira e segunda coleta, respectivamente (Figura 11). Em ambas as coletas, a PCA indicou relação positiva para a espécie vegetal *Polygala cyparissias* com o fungo *Scutellospora scutata*; *Stenotaphrum secundatum* com os fungos *Acaulospora scrobiculata*, *Glomus macrocarpum*, *G. microaggregatum* e *Racocetra fulgida* e a planta *Remirea maritima* com *A. tuberculata*. As espécies vegetais *Blutaparon portulacoides* e *Ipomoea pes-caprae* apresentaram uma relação negativa com o crescimento populacional de FMAs.

Quando as coletas são observadas separadamente, observou-se que as plantas *Hydrocotyle bonariensis* e *Panicum racemosum* apresentaram relação positiva com a espécie de fungo *A. tuberculata* na primeira coleta (Figura 11A). Na segunda coleta, a planta *Cereus fernambucensis* foi positivamente relacionada com *A. foveata*; *Ipomoea imperati* com *Gigaspora sp.* e *H. bonariensis* com *Rhizophagus diaphanus* (Figura 11B).

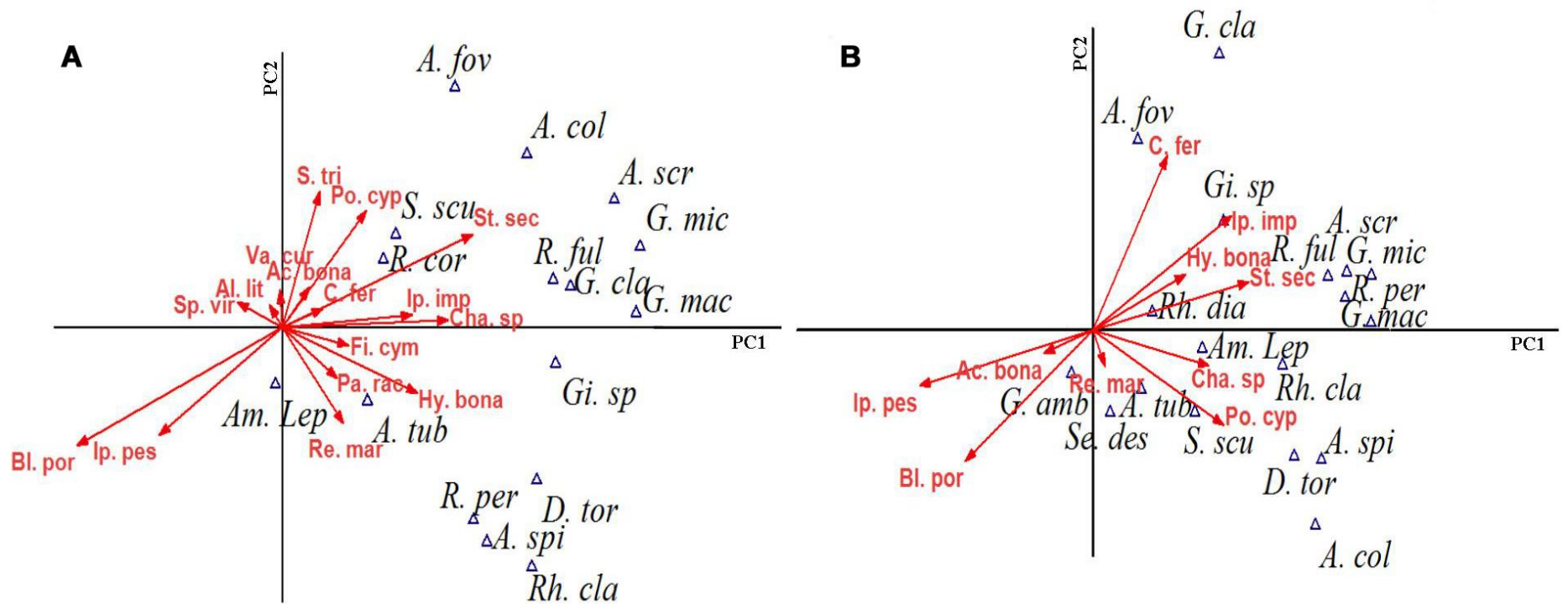


Figura 11. Análise de Componentes Principais (PCA) entre a presença e ausência das espécies vegetais relacionadas ao número de glomerosporos de cada espécie fúngica para área de dunas. A: 1ª coleta, Maio, chuvoso; B: 2ª coleta, Novembro, seco. Em vermelho, estão representadas as espécies vegetais (Ac.bona: *Acicarpa bonariensis*; Al.lit: *Alternanthera littoralis*; Bl.por: *Blutaparon portulacoides*; Br.ant: *Bromelia antiacantha*; C.fer: *Cereus fernambucensis*; Ce.ech: *Cenchrus echinatus*; Ces.axi: *Cestrum axilare*; Cha.sp: *Chamaesyce sp.*; Cy.fle: *Cynophalla flexuosa*; E.uni: *Eugenia uniflora*; Fi.cym: *Fimbristylis cymosa*; Fi.sp: *Fimbristylis sp.*; Fo.lep: *Forsteronia leptocarpa*; Hy.bona: *Hydrocotyle bonariensis*; Ip.imp: *Ipomoea imperati*; Ip.pes: *Ipomoea pes-caprae*; J.arm: *Jacquinia armillaris*; La.rig: *Lagenocarpus rigidus*; Le.leu: *Leucaena leucocephala*; Ma.tin: *Maclura tinctoria*; My.par: *Myrsine parvifolia*; P.mar: *Paspalum maritimum*; Pa.rac: *Panicum racemosum*; Po.cyp: *Polygala cyparissias*; Re.mar: *Remirea maritima*; S.tri: *Sphagneticola trilobata*; Sc.ter: *Schinus terebinthifolius*; Scu.are: *Scutia arenicola*; Se.pen: *Senna pendula*; Si.obt: *Sideroxylon obtusifolium*; So.tom: *Sophora tomentosa*; Sp.vir: *Sporobolus virginicus*; Sp1: Apocynaceae ; Sp2: indefinida; St.sec: *Stenotaphrum secundatum*; Va.cur: *Varronia curassavica*.) Em preto estão representadas as espécies de fungos (ver abreviação na Tabela 3).

Para a área de mata de restinga (B), a PCA mostrou que os eixos PC1 e PC2 explicaram juntos 62,3 e 72,2% para a primeira e segunda coleta, respectivamente (Figura 12). A PCA indicou que a relação entre plantas e FMAs nesta área foi pouco específica na primeira coleta (Figura 12A).

Já para segunda coleta (Figura 12B) é possível observar a formação de dois agrupamentos de espécies de fungos, formando um grupo com espécies de Glomaceae e um grupo com espécies de Acaulosporaceae e Gigasporaceae. As espécies de Glomaceae foram positivamente relacionadas com a espécie de planta *Sophora tomentosa* e Acaulosporaceae e Gigasporaceae foram relacionadas com as espécies vegetais *Ipomoea imperati*, *Cereus fernambucensis* e *Remirea maritima* (Figura 12B).

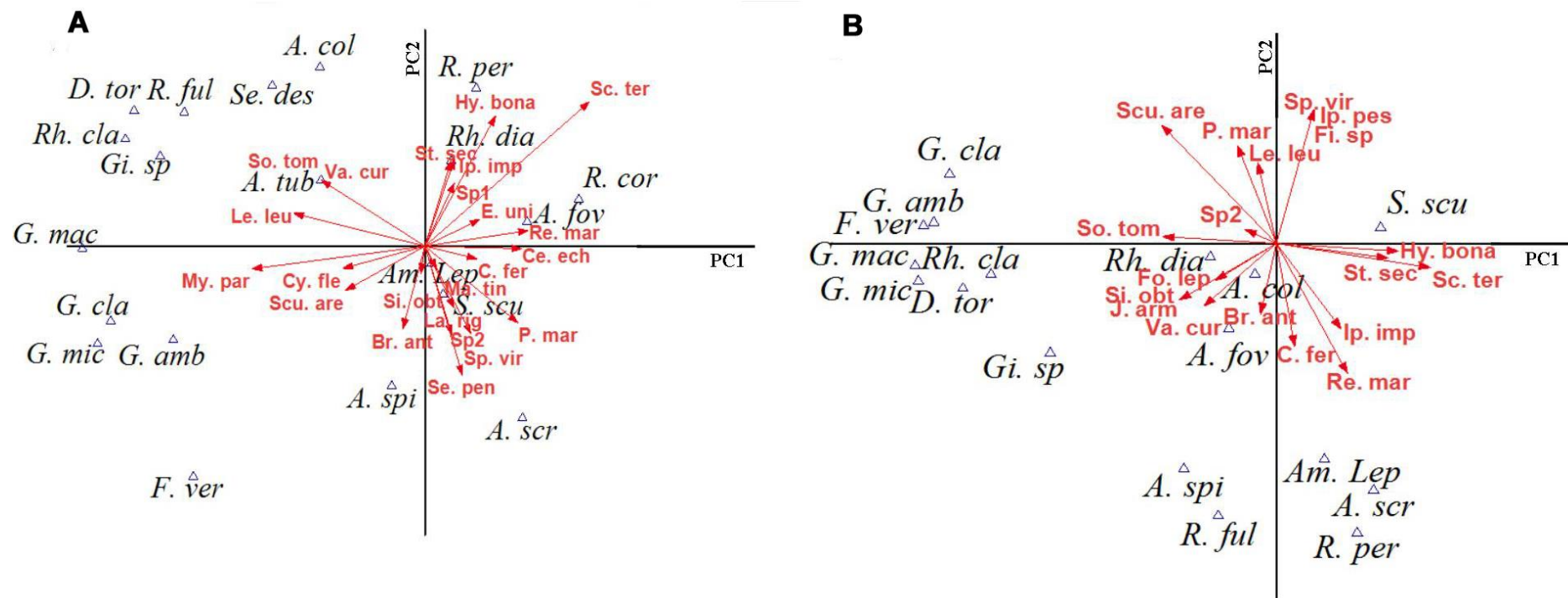


Figura 12. Análise de Componentes Principais (PCA) entre a presença e ausência das espécies vegetais relacionadas ao número de glomerosporos de cada espécie fúngica para área de mata de restinga. A: 1ª coleta, Maio, chuvoso; B: 2ª coleta, Novembro, seco. Em vermelho, estão representadas as espécies vegetais (Ac.bona: *Acicarpha bonariensis*; Al.lit: *Alternanthera littoralis*; Bl.por: *Blutaparon portulacoides*; Br.ant: *Bromelia antiacantha*; C.fer: *Cereus fernambucensis*; Ce.ech: *Cenchrus echinatus*; Ces.axi: *Cestrum axilare*; Cha.sp: *Chamaesyce* sp.; Cy.fle: *Cynophalla flexuosa*; E.uni: *Eugenia uniflora*; Fi.cym: *Fimbristylis cymosa*; Fi.sp: *Fimbristylis* sp.; Fo.lep: *Forsteronia leptocarpa*; Hy.bona: *Hydrocotyle bonariensis*; Ip.imp: *Ipomoea imperati*; Ip.pes: *Ipomoea pes-caprae*; J.arm: *Jacquinia armillaris*; La.rig: *Lagenocarpus rigidus*; Le.leu: *Leucaena leucocephala*; Ma.tin: *Maclura tinctoria*; My.par: *Myrsine parvifolia*; P.mar: *Paspalum maritimum*; Pa.rac: *Panicum racemosum*; Po.cyp: *Polygala cyparissias*; Re.mar: *Remirea maritima*; S.tri: *Sphagneticola trilobata*; Sc.ter: *Schinus terebinthifolius*; Scu.are: *Scutia arenicola*; Se.pen: *Senna pendula*; Si.obt: *Sideroxylon obtusifolium*; So.tom: *Sophora tomentosa*; Sp.vir: *Sporobolus virginicus*; Sp1: Apocynaceae ; Sp2: indefinida; St.sec: *Stenotaphrum secundatum*; Va.cur: *Varronia curassavica*.) Em preto estão representadas as espécies de fungos (ver abreviação na Tabela 3).

A Análise de Componentes Principais referente às características do solo e as espécies de FMAs de todas as amostras das áreas (A, B e I) referentes à primeira coleta usando espécies de FMAs e atributos químicos do solo mostrou que os eixos PC1 e PC2 explicaram juntos 75,9% dos dados analisados (Figura 13). As áreas A e I ficaram agrupadas, à esquerda do eixo PC2 e a área B ficou à direita do mesmo eixo (Figura 13A). As espécies de FMAs *A. foveata*, *R. coralloidea*, *S. scutata* e *R. persica* apresentaram seus vetores apontando para a esquerda, indicando a relação dessas espécies com a área de dunas (A). Já as demais espécies tiveram seus vetores voltados para direita, indicando a relação dessas espécies com a área de mata de restinga (B).

A Figura 13B mostra as relações entre as espécies de FMAs e os dados físicos dos solos. Praticamente as mesmas espécies relacionadas com a área de dunas (*A. foveata*, *R. coralloidea*, *S. scutata* e *R. persica*) relacionaram-se com o teor de areia.

Com relação aos componentes químicos do solo (Figura 13C), os parâmetros pH, P e Cu apresentaram seus vetores para a esquerda do eixo PC2 e estão mais relacionados com a área A e com as quatro espécies relacionadas a essa área (*A. foveata*, *R. coralloidea*, *S. scutata* e *R. persica*) enquanto Zn, S, H+Al, Mg, SB, M.O., Mn, Fe, B, V, K e Ca estiveram mais relacionadas a área B e as espécies relacionadas a ela pois seus vetores apresentaram direção para direita do mesmo eixo. As espécies *Se. deserticola*, *R. fulgida*, *D. tortuosa*, *Rh. clarus*, *Gigaspora. sp.*, *A. tuberculata*, *Rh. diaphanus*, *A. colombiana* e *G. macrocarpum* apresentaram relação positiva com o teor de Mn, enquanto os teores de Zn, S, H+Al, Mg, S, SB, M.O., K, Ca, B, V e Fe foram mais relacionados às espécies de *G. microaggregatum*, *G. clavisporum*, *A. spinosa*, *G. ambisporum*, *Am. leptoticha*, *A. scrobiculata* e *F. verruculosus*.

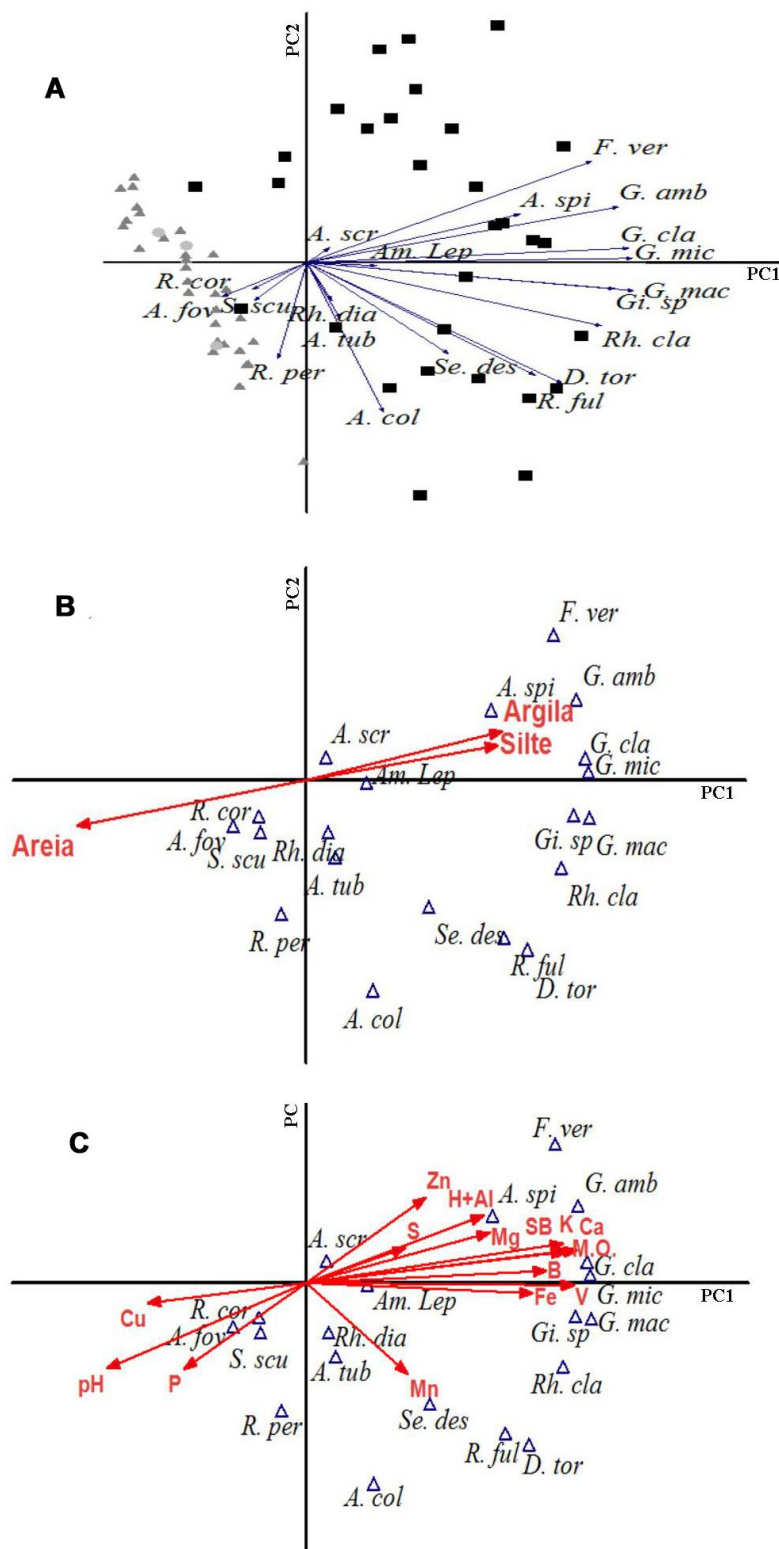


Figura 13. Análise de componentes principais (PCA) entre espécies de FMAs e atributos do solo referentes a primeira coleta (maio, estação chuvosa). A: Coordenadas entre espécies de FMAs x áreas (▲ : área A; ■: área B; ●: área D); B: Coordenadas entre espécies de FMAs x atributos físicos do solo; C: Coordenadas entre as espécies de FMAs x atributos químicos do solo. As abreviações das espécies de fungos se encontram na Tabela 3.

5 Discussão

A ocorrência de glomerosporos na Praia do Perú foi avaliada em duas estações, chuvosa e seca, e em duas áreas (dunas e mata de restinga) onde, na área de dunas, as espécies *G. microaggregatum*, *A. spinosa* e *A. foveata* apresentaram diferenças significativas entre as estações e na área de mata de restinga, as espécies *G. macrocarpum*, *G. clavisporum*, *Rh. clarus*, *D. tortuosa*, *Gigaspora. sp* e *A. spinosa* reduziram significativamente sua população na estação chuvosa. De acordo com Bonfim (2011), a influência da época do ano sobre a ocorrência de glomerosporos ainda não está bem elucidada, onde há registros de maior número de glomerosporos na estação chuvosa (Aidar et al., 2004; Moreira et al., 2006), e outros registros onde o número de glomerosporos é maior na estação seca (Silva et al., 2006; Bonfim et al., 2010).

Essa diferença de registros pode estar relacionada com a umidade de cada solo, intensidade e duração do comprimento do dia, características morfofisiológicas da planta hospedeira (Moreira et al., 2009; Oehl et al., 2009) e a estratégia de vida dos FMA (Moreira e Siqueira, 2006), além de diferença da dinâmica sazonal de esporulação de cada espécie (Oehl et al., 2009).

Quando observado apenas a área de mata de restinga, a explicação para uma maior esporulação na estação chuvosa pode estar relacionada com a maior intensidade luminosa neste período (verão), onde uma maior exposição das plantas a luz e a disponibilidade de água e nutrientes tem como consequência um maior crescimento radicular e concentração de carboidratos na raiz, contribuindo para o crescimento populacional dos FMAs (Gehring et al., 2003). Já as espécies que apresentam maior esporulação na estação seca, podem estar representadas principalmente por aquelas que os esporos geralmente necessitam de um período de dormência antes da germinação, conforme sugerido por Oehl et al. (2009).

As espécies que esporularam mais abundantemente na estação seca foram as das famílias Acaulosporaceae e Gigasporaceae, as quais muitas espécies têm períodos de dormência dos esporos, conforme verificado por Douds e Schenck (1991) e Gemma e Koske (1988). Oehl et al. (2009) sugerem que espécies que apresentam pouca sazonalidade na esporulação são aquelas que esporulam preferencialmente dentro de raízes. Entretanto, muitas espécies apresentaram algum efeito de sazonalidade na esporulação, inclusive espécies que tipicamente esporulam dentro de raízes como as

espécies de *Rhizophagus*. Porém, espécies desse gênero também apresentam dormência dos esporos (Juge et al., 2002).

As espécies de FMAs encontradas já foram registradas em outros estudos em ambiente de restinga no Brasil, exceto *Rh. clarus*, *Rh. diaphanus* e *Funneliformis verruculosus* e *Gigaspora sp.*, a qual não foi identificada a nível de espécie. Entretanto, *Rh. clarus* está presente na Caatinga (Nobre, 2014) e já foi registrada em dunas dos EUA (Koske e Gemma, 1997), *Rh. diaphanus* foi encontrado em Petrolina, PE, em latossolo (Melo et al., 1997), e já houve ocorrência de *F. verruculosus* na Caatinga (Santos, 2014). *Acaulospora colombiana*, *Diversispora tortuosa*, *Glomus ambisporum*, *G. clavisorum*, *G. glomerulatum*, *G. macrocarpum*, *G. microaggregatum* e *Septoglomus deserticola* foram registrados no estudo de Silva (2013) em áreas de restinga naturais e revegetadas no município de Mataraca, PB, *Scutellospora scutata* em Stürmer e Bellei (1994) em áreas de dunas de Santa Catarina, SC, *A. foveata* e *A. rhemii* em Stürmer et al. (2013) nas Praias de Itapirubá, Joaquina e Praia Grande, SC, *A. scrobiculata*, *A. tuberculata*, *Racocetra coralloidea* e *R. persica* em Trufem et al. (1989) e *A. spinosa* e *R. fulgida* em Trufem et al. (1994), ambas na Praia de Fora, no Parque Estadual da Ilha do Cardoso, SP, e *Ambispora leptoticha* em Córdoba et al. (2001) na praia de Joaquina, SC.

Das espécies que ocorreram em campo, 40% pertencem à família Glomeraceae e, dessas espécies, *G. macrocarpum* e *G. microaggregatum* apresentaram grande quantidade de glomerosporos e alta frequência tanto em dunas como na mata de restinga. Na área de mata de restinga houve um grande domínio de espécies pertencentes a esta família, com grande número de glomerosporos e alta frequência de *G. macrocarpum*, *G. microaggregatum*, *G. ambisporum*, *F. verruculosus*, *G. clavisorum* e *Rh. clarus*. O pH pode estar favorecendo a ocorrência de *Glomus* na Praia do Perú, pois a mesma apresenta solos com uma média de pH de 8,2 a 8,9 e, de acordo com Siqueira e Franco (1988), espécies do gênero *Glomus* são favorecidas em solos com pH entre 6,0 e 8,0. Além disso, uma maior ocorrência de *Glomus* pode estar relacionada com a morfologia desses glomerosporos, pois apresentam paredes mais espessas, o que os torna mais resistentes ao ataque de predadores, são facilmente transportados pelo vento e pela água, pois são pequenos, e apresentam elevada capacidade reprodutiva (Carrenho et al, 2001).

A umidade do solo também pode influenciar no predomínio do gênero *Glomus*, pois os seus glomerosporos apresentam maior capacidade de germinação em solos

úmidos (Silveira, 1998). A área de mata de restinga apresentou um número de glomerosporos muito superior ao da área de dunas, tendo um grande domínio das espécies da família Glomeraceae, em especial *G. macrocarpum* e *G. microaggregatum*. Isso pode estar relacionado com a taxa de armazenamento de água no solo, pois a área de dunas apresenta um menor potencial de armazenamento de água quando comparado com a área de mata de restinga, pois esta apresenta uma maior cobertura vegetal e maior teor de argila e silte. De acordo com Nicodemo et al. (2009), áreas com maior vegetação auxiliam na manutenção da umidade relativa do ar e aumenta o potencial de armazenamento de água no solo. Porém, a ideia de que o gênero *Glomus* é favorecido com o aumento da umidade do solo, não deve ser generalizada, pois, de modo geral, sob condições de campo, as diferentes espécies podem apresentar diversas tolerâncias e responder de maneiras distintas quando as condições ambientais são alteradas (Moreira et al., 2009).

O gênero *Acaulospora* apresentou 25% das espécies encontradas em campo. O número de glomerosporos e a frequência de cada espécie foi similar entre as estações na maioria das espécies do gênero *Acaulospora* tanto em dunas como na mata de restinga, exceto *A. spinosa* que apresentou maior frequência na estação seca na área de dunas. *A. foveata* apresentou redução significativa no número de glomerosporos na estação seca na área de dunas e foi similar na área de mata de restinga entre as estações e *A. spinosa* reduziu o número de glomerosporos na época seca na área de dunas, mas aumentou sua população no mesmo período na área de dunas. Nobre (2014) realizou trabalho em Caatinga e encontrou resultado similar, onde a frequência e abundância dos FMAs entre as estações chuvosa e seca foram similares. *A. scrobiculata* apresentou alta frequência tanto em área de dunas e mata de restinga, e seu número de glomerosporos não variou entre as áreas do presente estudo, mas foi a espécie mais dominante na área de dunas. Essa espécie tem ampla distribuição geográfica e possivelmente grande capacidade de se adaptar, podendo ter ecótipos adaptados para ambientes tão diversos quanto Mata Atlântica (Zangaro e Moreira, 2010), Caatinga (Nobre, 2014), dunas e restinga (Silva, 2013), dentre outros ecossistemas.

Nos vasos de cultura armadilha todas as espécies do campo foram encontradas, tanto na área de dunas como na mata de restinga, além de *G. glomerulatum* e *A. rhemii*, que só foram encontradas nos vasos de cultura armadilha. Silva (2013) identificou 34 espécies em seu trabalho, sendo cinco registradas apenas em vasos de cultura armadilha e Brundrett et al. (2013), das 23 espécies de FMAs identificadas, oito foram encontradas

apenas em cultura armadilha. Esses resultados mostram que a riqueza de espécies encontradas apenas em coleta de campo não é suficiente para inferir sobre a composição da comunidade total e que técnicas como a cultura armadilha podem auxiliar na recuperação de espécies que não estavam esporulando no momento da coleta (Blaszkowski et al., 2002). Os resultados mostram que as espécies estão distribuídas por toda região, já que todas as espécies ocorreram em todas as culturas armadilhas, independente da área, mas, variaram sua ocorrência em função do microclima, da vegetação local, atributos do solo ou outros fatores de cada área em campo, e que, determinadas espécies não estavam esporulando ou tiveram sua esporulação limitada.

Os índices ecológicos indicaram que a área de dunas possui uma maior diversidade de FMAs quando comparada com a área de mata de restinga. O índice de Shannon é um dos mais utilizados para realizar trabalhos desse tipo pois ele favorece espécies raras (Caproni et al., 2003), e o índice de Simpson reduz a importância de espécies raras, mas auxilia na identificação de dominância local. A área de dunas provavelmente é mais diversa (maior índice de Shannon) que a área de mata de restinga devido a melhor distribuição das espécies. Isso é corroborado pela equitabilidade de Pielou, que indica o grau de distribuição de indivíduos em seu habitat, onde valores mais próximos de um indicam uma melhor distribuição das espécies. Também é corroborado pelo menor índice de dominância de Simpson, que indica menor presença de espécies dominantes na área de dunas. Verifica-se que as populações de cada espécie foram menores, mas mais proporcionais nesta área (Tabela 4), confirmando os resultados estimados por esses índices ecológicos.

Um dos fatores que podem estar influenciando esta diferença de diversidade e maior equitabilidade na área de dunas é a ação dos ventos. A vegetação sobre as dunas é incapaz de controlar totalmente a mobilidade da areia, de forma que o vento tende a remover e transportar o solo nessas áreas com poucos obstáculos (Ramalho et al., 2013). Assim, o vento é capaz de transportar junto grãos de pólen e microrganismos do solo, incluindo FMAs (Carrenho et al., 2001). A vegetação da área de mata de restinga forma uma barreira natural para o deslocamento de dunas, favorecendo o crescimento vertical das plantas e um maior bloqueio dos ventos (Hesp, 2002). Tendo o vento uma maior ação na região de dunas, ele pode estar facilitando a dispersão dos esporos no local, fazendo com que haja uma menor população, mas ao mesmo tempo uma distribuição mais homogênea das espécies, quando comparada à área de mata de restinga.

Além do vento, outros fatores devem estar influenciando nesta redução da população e maior equitabilidade e diversidade na área de dunas. Fatores como menor presença de cobertura vegetal, menor quantidade de raízes, solo mais arenoso, com menos matéria orgânica acumulada e sujeito a maior insolação provavelmente influenciam neste evento. A proximidade do mar também pode estar influenciando a maior diversidade e equitabilidade da área de dunas quando comparada com a mata de restinga. Pela proximidade do mar, a área de dunas recebe também uma maior influência da salinidade e de inundações periódicas por ressacas do mar.

Foram encontradas 16 espécies vegetais na área de dunas e 27 espécies na área de mata de restinga (Tabela 6). Percebe-se na área de estudo que há uma sucessão ecológica entre as espécies vegetais na direção da praia para o interior, sendo a área de dunas caracterizada como uma comunidade pioneira e a mata de restinga uma comunidade secundária, com a presença de vegetação arbustiva. Com isso, esperava-se uma maior diversidade de espécies na área de mata de restinga quando comparada com a área de dunas, já que a diversidade das espécies vegetais de plantas aumenta à medida que o processo sucessional avança (Boerger et al., 2005). De acordo com Carrenho et al. (2001), com o aumento da diversidade vegetal, diferentes espécies de FMAs podem se associar com um maior número de espécies potencialmente hospedeiras e dessa forma haver um aumento da riqueza da comunidade de FMA. Porém o aumento de espécies vegetais não contribuiu para o aumento da riqueza de espécies de FMA, mostrando que a riqueza de espécies vegetais não deve ser considerada isoladamente, pois esse aumento pode não ser acompanhado pelo aumento da riqueza de FMA (Stürmer et al., 2006).

Na comparação de ambientes com microclima tão distintos, apesar de próximos, como as dunas e a mata de restinga, os efeitos ambientais são mais importantes na definição de diversidade de FMAs do que a diversidade vegetal. Mudanças no microclima podem tornar o meio inóspito para diversas espécies de organismos, ao mesmo tempo em que pode favorecer o estabelecimento de outras espécies (Scariot et al., 2003). Ambientes com o microclima semelhante, como quando se compara uma área de reflorestamento com uma floresta nativa, podem apresentar uma comunidade semelhante e levar a relação direta no aumento da diversidade vegetal com o aumento da diversidade fúngica. Já em áreas com microclimas muito distintos, como em dunas e na mata de restinga, essa diferença pode levar esses ambientes a apresentarem uma

comunidade distinta, onde os fatores microclimáticos interferem diretamente na diversidade vegetal e fúngica.

Todas as plantas identificadas já foram registradas para o Estado do Rio de Janeiro por Cordeiro (2005) e Araújo et al. (2009). Das 36 espécies encontradas, 32 espécies foram identificadas ao nível de espécie e, de acordo com o acervo digital do Programa Re flora (2015), 31 são nativas, sendo *Forsteronia leptocarpa* e *Polygala cyparissias* endêmicas do Brasil, e *Leucaena leucocephala* é reconhecida como naturalizada.

Não houve especificidade entre planta e FMAs, como mostraram as análises de componentes principais, tanto da área de dunas quanto na de mata de restinga. Algumas espécies vegetais apresentaram relação positiva com diferentes espécies fúngicas em cada coleta, como por exemplo, *Hydrocotyle bonariensis* que, na primeira coleta, estava relacionada com *A. tuberculara* e na segunda coleta com *Rhizophagus diaphanus*. Houve também casos onde uma única espécie de FMA esteve relacionada com mais de uma espécie vegetal, como no caso de *Rh. diaphanus* que esteve relacionada com *H. bonariensis*, *Stenotaphrum secundatum*, *Ipomoea imperati*, *Forsteronia leptocarpa*, *Jacquinia armillaris* e *Sideroxylon obtusifolium*. Isto foi considerado, já que os FMAs não possuem hospedeiro específico, eles podem se associar a um grande número de plantas, independente de seu tamanho ou desenvolvimento (van der Heijden e Horton, 2009).

Na área de dunas as espécies *Ipomoea pes-caprae* e *Blutaparon portulacoides* apresentaram uma relação negativa com o crescimento populacional de FMAs em ambas as coletas. Em Trufem et al. (1994), estas espécies, que normalmente se situam na linha de frente do litoral arenoso, apresentaram menores médias de glomerosporos em suas rizosfera. A rizosfera de pontos amostrais da Praia do Perú onde *I. pes-caprae* e *B. portulacoides* ocorriam isoladamente, apresentaram de 7 a 20 glomerosporos, considerado como pouco em nossa análise. Em todo o período do estudo de Trufem (1994), *I. pes-caprae* não apresentou colonização em suas raízes.

I. imperati foi a espécie vegetal mais frequente na área de dunas, com rara ocorrência na área de mata de restinga (Figura 14). Esta espécie mostrou relação positiva com os FMAs, como *Gigaspora sp.* e *Rh. diaphanus*, apesar de ser do mesmo gênero que *I. pes-caprae*, indicada por Trufem (1994) como não micotrófica. Isso mostra que espécies de mesmo gênero não necessariamente terão relações similares com

FMA. No entanto, como não foram encontrados estudos prévios relacionando *I. imperati* com FMAs, o presente trabalho é o primeiro registro desta possível relação.

Schinus terebinthifolius foi a espécie vegetal mais frequente na área de mata de restinga e se mostrou exclusiva desta área (Figura 14). No presente estudo, foi observado que esta espécie não apresentou relação clara com os FMAs. No estudo de Souza (2007), onde se avaliou o estabelecimento de simbiose de *S. terebinthifolius* com *Gi. margarita* e *Rh. clarus*, estas espécies fúngicas não ocasionaram incremento no crescimento das mudas desta planta.

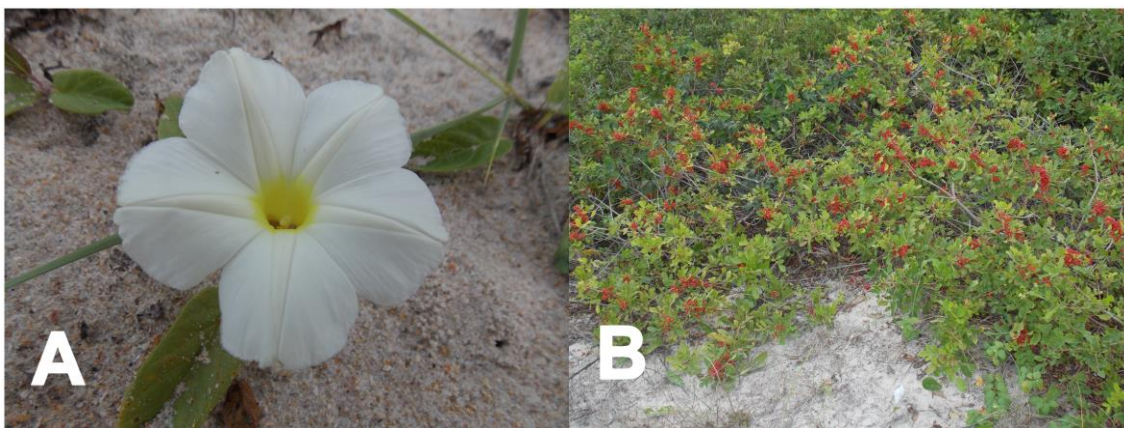


Figura 14: Espécies vegetais mais frequentes na área amostral. A: *Ipomoea imperati* (mais frequente na área de dunas) e *Schinus terebinthifolius* (mais frequente na área de mata de restinga).

A PCA entre atributos físicos do solo com as espécies de FMAs indicaram uma maior relação das espécies *A. foveata* (Acaulosporaceae), *R. coralloidea*, *S. scutata* e *R. persica* (Gigasporaceae) com a área de dunas, onde o teor de areia é maior do que a área de mata de restinga. Isso mostra que, dentre as quatro espécies relacionadas com a área de dunas, três pertencem à família Gigasporaceae, corroborando com Lekberg et al. (2007), que mostraram que as características físicas do solo podem influenciar na distribuição das espécies de FMAs, onde solos com uma textura mais argilosa e média argilosa contribuíram para a maior ocorrência de *Glomus* e *Acaulospora* e solos com textura arenosa favoreceram o crescimento de *Gigaspora* e *Scutellospora*. Porém, apesar das áreas da restinga da Praia do Perú serem todas do tipo arenosa, a família Glomeraceae apresentou as maiores frequências, número de glomerosporos e número de espécies, seguido da família Acaulosporaceae e Gigasporaceae, indicando que a dominância de espécies de outras famílias pode estar relacionada a outro fator ambiental ou fisiológico.

Um dos principais componentes do solo utilizado para justificar a presença ou ausência de determinados táxons de FMA é o pH (Nobre, 2014). Espécies das famílias

Acaulosporaceae e Gigasporaceae adaptam-se melhor em pH entre 4,0 e 6,0 e espécies da família Glomeraceae são favorecidas em solos com valores de pH entre 6,0 e 8,0 (Siqueira e Franco, 1988). O pH poderia ser um grande indicativo na explicação da ampla distribuição e alto número de glomerosporos de espécies da família Glomeraceae no presente estudo, já que as médias foram próximas a 8,0, mas a PCA indicou que o maior pH está relacionado as espécies *A. foveata* (Acaulosporaceae), *R. coralloidea*, *S. scutata* e *R. persica* (Gigasporaceae), pois a área de dunas apresentou maior pH que a área de mata de restinga. A presença destas espécies das famílias Acaulosporaceae e Gigasporaceae mostra que existem espécies ou ecótipos adaptados a solos alcalinos, mesmo que a literatura sugira que eles sejam mais comuns em solos ácidos. Em Silva (2013), um resultado semelhante foi encontrado, onde houve uma elevada abundância e riqueza de espécies da família Glomeraceae na mata de restinga herbácea (mais próxima ao mar), onde era esperada maior abundância apenas de esporos da família Gigasporaceae. Neste caso, esse resultado foi explicado pelo elevado teor do pH (7,6) na região.

Outro atributo do solo que se mostrou favorável a *A. foveata*, *R. coralloidea*, *S. scutata* e *R. persica* foi o fósforo (P). Em geral a literatura indica que baixas ou altas concentrações de fósforo no solo podem aumentar ou suprimir a penetração das hifas nas raízes e, conseqüentemente, a colonização micorrízica (Aguilera et al. 1998). Solos com baixo nível de P são mais ricos em espécies de FMA (Mello et al. 2012; Oliveira et al. 2013). Em Nascimento et al. (2011), o excesso de P no solo reduziu o efeito da micorrização, assim como em Oliveira et al. (2013), onde houve uma redução na taxa de esporulação de *Rh. clarus* e *Claroideoglobus etunicatum* com a elevação de fósforo. A metodologia de análise do P disponível no solo do presente trabalho não foi a adequada para solo alcalino, devido a metodologia padrão nos laboratórios de solos brasileiros serem padronizadas para solos ácidos, utilizando o extrato ácido Mehlich I. Isso deve ter superestimado a disponibilidade de P nas áreas estudadas pela solubilização do fosfato de cálcio que provavelmente se encontrava precipitado nos solos (Santos et al., 2008). Particularmente no solo de dunas, onde o pH era mais elevado, provavelmente haveria menos fósforo disponível que no solo de mata de restinga.. Assim, a relação verificada na PCA das espécies *A. foveata*, *R. coralloidea*, *S. scutata* e *R. persica* com pH e P na realidade pode ser inversa, pois quanto mais elevado o pH, possivelmente menos P disponível existia nesses solos (Devau et al., 2009).

6 Conclusão

Foram encontradas 22 espécies de FMAs na restinga da Praia do Perú, sendo a família Glomeraceae a mais representativa, apresentando nove espécies e elevado número de glomerosporos.

As estações chuvosa e seca na Praia do Perú não influenciaram no número de glomerosporos totais na área de dunas, mas houve uma redução significativa de glomerosporos totais na área de mata de restinga, principalmente da espécie de fungo *G. macrocarpum*, que apresentou uma queda considerável na quantidade de esporos da estação chuvosa para a seca. Quanto à composição das espécies de FMA, não houve diferença entre as estações chuvosa e seca.

A área de dunas da Praia do Perú possuiu maior diversidade de espécies de FMAs quando comparada com a área de mata de restinga, mesmo possuindo um número muito inferior de glomerosporos. A maior equitabilidade das espécies de FMAs e a menor dominância na área de dunas interferem diretamente nessa diferença de diversidade.

Duas espécies de FMAs foram encontradas somente em cultura armadilha (*Acaulospora rhemii* e *Glomus glomerulatum*). Além disso, as culturas armadilhas foram bons indicativos para mostrar que as espécies de FMAs encontradas estão presentes tanto na área de dunas como na área de mata de restinga, já que ocorreram em todas as culturas armadilhas independentes da respectiva amostra das mesmas, mas que as condições físicas, químicas e biológicas de cada área interferem na esporulação destas espécies.

Foram encontradas 36 espécies vegetais no presente estudo, onde sete delas apresentaram relação positiva com espécies de FMAs. Estudos mais específicos entre a relação destas espécies vegetais com espécies de fungos micorrízicos arbusculares precisam ser realizados para uma melhor compreensão das mesmas.

Os atributos do solo interferiram diretamente na ocorrência das espécies de FMA, em especial os atributos físicos do solo e o pH, que separaram as espécies *A. foveata*, *R. coralloidea*, *S. scutata* e *R. persica* das demais espécies, indicando que estas estão mais relacionadas a área de dunas, enquanto as demais estão mais relacionadas com a área de mata de restinga.

7 Considerações finais

Este estudo fez um primeiro levantamento da ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares na restinga da Praia do Perú-RJ e trouxe uma importante contribuição para a necessidade de preservação do ambiente, tanto de dunas quanto de mata de restinga, por suas peculiaridades e funções ecossistêmicas.

Contrariamente à hipótese inicial, foi observada maior diversidade de FMAs na área de dunas em relação à mata de restinga, evidenciando que mesmo as dunas, apesar da pouca vegetação aparente, devem ser preservadas pois possuem diversidade fúngica e possivelmente de outros microrganismos importantes ao ecossistema. Estes dados, aliados a estudos de outros organismos ou atributos físicos, geológicos podem ser úteis na tomada de decisões na ocupação da área, visando à conservação e/ou uso sustentável.

8 Referências bibliográficas

Aguilera, L.E.; Gutierrez, J.R. e Moreno, R.J. 1998. Vesículo arbuscular micorrízico associado com saltbushes *Atriplex* spp. (Chenopodiaceae) na zona árida chilena. *Revista Chilena de Historia Natural* 71: 291-302.

Aidar, M.P.M.; Carrenho, R.; Joly, C.A. 2004. Aspectos de fungos micorrízicos arbusculares em uma cronosequência florestal atlântica em Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), SP. *Biota Neotropical*, Campinas, 4:1-15.

Almeida, R.T.; Schenk, N.C. 1990. A revisão do gênero *Sclerocystis* (Glomaceae, Glomales). *Mycologia*. 82(6):703-714.

Almeida Jr, E. B.; Olivo, M. A.; Araújo, E. L.; Zickel, C. S., 2009. Caracterização da vegetação de restinga da RPPN de Maracáípe, PE, Brasil, com base na fisionomia, flora, nutrientes do solo e lençol freático. *Acta bot. bras.* 23(1):36-48.

Andrade, O.F. 2012. Identificação de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) em Formação Vegetal Psamófila-Reptante: Ecologia e Micorriorremediação. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia.

Araújo, D.S.D.; Maciel, N.C., 1998. Restingas fluminenses: biodiversidade e preservação. *Boletim FBCN*, 25:27-51.

Araujo, D.S.D., Sá, C.F.C., Fontella-Pereira, J., Garcia, D.S., Ferreira, M. V., Paixão, R.J., Schneider, S.M., Fonseca-Kruel, V.S., 2009. Área de proteção ambiental de Massambaba, Rio de Janeiro: caracterização fitofisionômica e florística. *Rodriguésia* 60(1): 067-096.

Arbo-Gallas, D.; Verçoza, F.C., 2012. A família Cactaceae na Restinga de Grumari, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Revista Eletrônica de Biologia*. 5:129 – 143.

Assumpção, J.; Nascimento, M. T., 2000. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no complexo lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, RJ, Brasil. Acta bot. Bras. 14(3):301-315.

Azevedo, N.H.; Martini, A.M.Z.; Oliveira, A.A.; Scarpa, D.L. 2014. Ecologia na restinga: uma sequência didática argumentativa. 1ed. São Paulo: Edição dos autores, Janeiro de 2014.

Barbière, E. B. 1984, 'Cabo Frio e Iguaba Grande, dois microclimas distintos a um curto intervalo espacial' in Restingas: origem, estrutura, processos, ed. CEUFF, Niterói. 3-13.

Bartz, M.L.C., Carrenho, R., Gomes-da-Costa, S.M., Filho, A.C.F. e Tormena, C.A., 2008. Comparação entre as técnicas de amostragem direta em campo e cultura-armadilha para mensuração da diversidade de espécies de fungos micorrízicos arbusculares. Hoehnea. 35:159 – 164.

Berbara, R. L. L.; Souza, F. A. ; Fonseca, H. A. M. 2006. Fungos Micorrízicos Arbusculares: Muito além da nutrição. In: Fernandes, M.S. Nutrição Mineral De Plantas. Viçosa, MG: UFV, 2006, v. , p. 53-88.

Bever, J.D., 2003. Soil community feedback and the coexistence of competitors: conceptual frameworks and empirical tests. New Phytologist. 157:465 – 473.

Blackwell, M. 2011. The Fungi: 1,2,3...5.1 Million species? American Journal of Botany, Baltimore, 98:426-438.

Blaszkowski, J., Tadych, M., Madej, T. 2002. Arbuscular mycorrhizal fungi (Glomales, Zygomycota) of the Bledowska desert, Poland. Acta Societatis Botanicorum Poloniae 71: 71-85.

Blaszkowski, J., Ryska, P., Oehl, F., Koegel, S., Wiemken, A., Kovács, G.M. e Redecker, D. 2009. *Glomus achrum* and *G. bistratum*, two new species of arbuscular

mycorrhizal fungo (Glomeromycota) found in maritime sand dunes. NRC Research Press. 87:260-271.

Blaszkowski, J.; Czerniawska, B. 2011. Arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota) associated with roots of *Ammophila arenaria* growing in maritime dunes of Bornholm (Denmark). Acta Societatis Botanicorum Poloniae. 80(1):63-76.

Boeger, M.R.T.; Wisniewski, C.; Reissmann, C.B. 2005. Nutrientes foliares de espécies arbóreas de três estádios sucessionais de Floresta Ombrófila densa no Sul do Brasil. Acta Botânica Brasilica, São Paulo. 19:167-181.

Bohrer, C.B.A.; Dantas, H.G.R.; Cronemberger, F.M.; Vicens, R.S.; Andrade, S.F., 2009. Mapeamento da Vegetação e do Uso do solo no Centro de Diversidade Vegetal de Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil. Rodriguésia. 60(1):01-23.

Bonfim, J.A.; Matsumoto, S.N.; Lima, J.M.; César, F.R.C.F.; Santos, M.A.F. 2010. Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e aspectos fisiológicos em cafeeiro cultivados em sistema agroflorestal e a pleno sol. Bragantia, Campinas. 69:201-206.

Bonfim, J.A., 2011. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em áreas restauradas de Mata Atlântica, São Paulo, Brasil. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

Braga, T.V.S.; Silva, E.M.R., 2008. Associação com fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de nitrogênio em *Allagoptera arenaria* (GOMES) O. Kuntze na Restinga de Marambaia, RJ. Monografia Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

BRASIL. Conselho Regional do Meio Ambiente (CONAMA). Aprova como parâmetro básico para análise dos estágios sucessionais da vegetação de Restinga para o Estado de Santa Catarina. Resolução n. 261, de 30 de junho de 1999. Publicação no Diário Oficial da União – 02/08/1999.

BRASIL. Decreto Nº31.346 de 06 de junho de 2002. Dispõe da criação da área de proteção ambiental – APA do Pau Brasil, no Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://oads.org.br/leis/2596.pdf>>. Acesso em: 24 de novembro de 2014.

Brundrett, M. C.; Ashwath, N. 2013. Glomeromycotan mycorrhizal fungi from tropical Australia III. Measuring diversity in natural and disturbed habitats. *Plant Soil*. 370:419-433.

Burggraaf, A.J.P.; Beringer, J.E. 1989. Absence of nuclear DNA synthesis in vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi during in vitro development. *New Phytologist*, Cambridge.111(1):25-33.

Capobianco, J. P. R. 2001. Dossiê Mata Atlântica 2001: Projeto Monitoramento Participativo da Mata Atlântica. Disponível em: http://site-antigo.socioambiental.org/banco_imagens/pdfs/54.pdf Acessado em: 10 de janeiro de 2016.

Caproni, A.L.; Franco, A.A.; Berbara, R.L.L. 2003. Capacidade infectiva de fungos micorrízicos arbusculares em áreasreflorestadas após mineração de bauxita no Pará. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 38(8): 937-945.

Carrenho, R.; Trufem, S.F.B.; Bononi, V.L.R. 2001. Fungos micorrízicos arbusculares em rizosfera de três espécies de fitobiontes em área de mata ciliar revegetada. *Acta bot. Bras.* 15(1): 115-124.

Carvalho, R.V., Silva, K. G., Crivellaro, C.V.L., 2008. Gestão Ambiental das Dunas Costeiras. Disponível em: <http://www.nema-rs.org.br/files/publicacoes/dunas.pdf> Acessado em: 13 de janeiro 2016

Castro, J. W. A. ; Antonelo, L. L. ; Goncalves, R. A. 2003. Dunas costeiras obliquas do município de Cabo Frio / RJ - Brasil. *Ciências da Terra, Monte Caparica – Portugal*.5:26-29.

Cavalcanti, T.T.W.; Maia, L.C. 2011. Fungos Micorrízicos Arbusculares em Áreas de Restinga e de Dunas Naturais e Revegetadas no Litoral da Paraíba. XIX CONIC III CONIT VII JOIC.

Cavalier-Smith, T. 1998. A revised six-kingdom system of life. Biol. Rev. 73:203-266.

CILSJ, Consórcio Internacional Lagos São João, 2006. Disponível em : http://www.lagossaojoao.org.br/sig/Projeto_SIG_Lagos_Sao_Joao.pdf Acessado em: 17 de janeiro de 2016.

Coe, H. H. G. ; Carvalho, C.N.; Souza, L.O.F.; Soares, A. 2007. Peculiaridades Ecológicas da região de Cabo Frio, RJ. Revista Tamoios (Online) , Julho:1-20.

Coe, H. H. G. ; Carvalho, C. N. 2010. Seria Cabo Frio um enclave semiárido no litoral úmido do Estado do Rio de Janeiro?. In: VI Seminário Latino-americano e II Seminário Íbero-americano de Geografia Física, 2010, Coimbra. VI Seminário Latino-americano e II Seminário Íbero-americano de Geografia Física, 2010.

Cordazzo, C. V; Seeliger,U. 1995. Guia Ilustrado da Vegetação Costeira no Extremo Sul do Brasil. ed. 2. Rio Grande (RS): FURG.

Cordeiro, S. Z., 2005. Composição e distribuição da vegetação herbácea em três áreas com fisionomias distintas na Praia do Peró, Cabo Frio, RJ, Brasil. Acta bot. bras. 19:679 – 693.

Cordoba, A.S.; Mendonça, M.M.; Stürmer, S.L. e Rygiewicz, P.T. 2001. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi along a sand dune stabilization gradient: a case study at Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, South Brasil. Mycoscience, 42:379-387.

Corradi, N.; Kuhn, G.; Sanders, I.R. 2004. Monophyly of beta-tubulin and H⁺-ATPase gene variants in *Glomus intraradices*: consequences for molecular evolutionary studies of AM fungal genes. Fungal Gen. Biol., 41:262-273.

Cunha, I. 2005. Desenvolvimento sustentável na costa brasileira. *Revista Galega de Economia* 14: 1-14.

Daniel, R.B. 2006. Florística e fitossociologia da restinga herbáceo-arbustiva do Morro dos Conventos, Araranguá, SC. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade do Extremo Sul Catarinense.

de Souza, F. A., Declerck, S., Smit, E.; Kowalchuk, G. A. 2005. Morphological, ontogenetic and molecular characterization of *Scutellospora reticulata* (Glomeromycota). *Mycological Research*. 109:697-706.

de Souza, F.A.; Stürmer, S.L.; Carrenho, R.; Trufem, S.F.B. 2010. Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. In: Siqueira, J.O.; Souza, F.A.; Cardoso, E.J.B.N.; Tsai, S.M. *Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil*. Editora UFLA, 15-73 p.

Devau, N., Cadre, E. L., Hinsinger, P., Jaillard, B. & Gérard, F. 2009. Soil pH controls the environmental availability of phosphorus: Experimental and mechanistic modeling approaches. *Applied Geochemistry*, 24: 2163-2174.

Douds, D. D.; Schenck, N. C. 1991. Germination and hyphal growth of VAN fungi during and after storage in soil at five matric potentials. *Soil Biol. Biochem.* 23:177-183.

EMBRAPA, 2006. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.: il. ISBN 85-85864-19-2.

Freire, M. S. B. 1990. Levantamento florístico do Parque Estadual das Dunas de Natal, *Acta Botanica Brasilica* 4: 41-59.

Gadkar, V.; David, S.R.; Kunik, T. & Kapulnik, Y. 2001. Arbuscular mycorrhizal fungal colonization. Factors involved in host recognition. *Plant Physiol.* 127:1493-1499.

Gehring, C.A. 2003. Growth responses to arbuscular mycorrhizae by rain forest seedling vary with light intensity and tree species. *Plant Ecology*, Perth, 167:127-139.

Gemma, J. N.; Koske, R. E. 1988. Plantfungus symbiosis may aid conservation of the Hawaiian flora. *Bull. Pac. Trop. Bot. Gard.* 18(2-3): 38-41.

Gerdemann, J.W.; Nicolson, T.H. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 46: 235-246.

Gerdemann, J.W.; Trappe, J.M. 1974. The *Endogonaceae* in the Pacific Northwest. *Mycol. Mem.*, 5:1-76.

Giri, B.; Kapoor, R.; Mureji, K. G. 2002. VA Mycorrhizal Techniques/ VAM Technology in establishment of plant under salinity stress conditions. In: Mureji, K. G.; Manoharachary, C.; Chamola, B. P. *Techniques in mycorrhizal studies*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2002.

Goto, B. T. ; Silva, G.A. ; Assis, D. M. ; Silva, D.K.A. ; de Souza, R. G. ; Ferreira, A. C. A. ; Jobim, K. ; Mello, C. A. ; Evagelista- Vieira, H.E. ; Maia, L.C. ; Oehl, F. 2012. *Intraornatosporaceae* (Gigasporales), a new family with two new genera and two new species. *Mycotaxon*. 119:117-132.

Greco, A.V.; Rodarte, A.T.A.; Barros, A.A.M.; Carvalho, H.A.L.; Correia, M.C.R.; Oliveira, P., 2013. Uma nova abordagem em educação ambiental na restinga de Maricá, RJ-Brasil. *Anais – Uso Público em Unidades de Conservação*. 1:182 – 191.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. 2015. PAST - Palaeontological statistics. Disponível em: <http://folk.uio.no/ohammer/past/> Acessado em: 15 de janeiro de 2016.

Harrison, M.J. 1999. Biotrophic interfaces and nutrient transport in plant fungal symbioses. *J. Exper. Bot.*, 50:1013-1022.

Helgason, T.; Watson, I.J. & Young, J.P.W. 2003. Phylogeny of the Glomerales and

Diversisporales (Fungi: Glomeromycota) from actin and elongation factor 1-alpha sequences. *Fems Microb. Lett.*, 229:127-132.

Hesp, P. A., 2002. Foredunes and blowouts: Initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology* 48: 245-68.

Koske, R.E.; Gemma, J.N. 1997. Mycorrhizae and succession in plantings of beachgrass in sand dunes. *American Journal of Botany*, 84:118-130.

Krueger, M.; Stockinger, H.; Krueger, C.; Schuessler, A. 2009. DNA-based species level detection of Glomeromycota: one PCR primer set for all arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*. 183(1):212-223.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. 2015. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/> Acessado em: 24 de Janeiro de 2016.

INVAM. International culture collection of vesicular and arbuscular mycorrhizal fungi: species description. Morgantown: West Virginia Agriculture and Forestry Experimental Station, 2000. Disponível em: <<http://www.invam.caf.wvu.edu>>. Acesso em: 02 janeiro 2016.

Jenkins, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter* 48: 692.

Juge, C.; Samson, J.; Bastien, C.; Vierheilig, H.; Coughlan, A.P.; Piché, Y. 2002. Breaking dormancy in spores of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* a critical cold-storage period. *Mycorrhiza*. 12:37-42.

Lacerda, L.D., Araujo, D.S.D.; Maciel, N.C. 1993. Dry coastal ecosystems of the tropical Brazilian coast. In *Dry coastal-ecosystems: Africa, Asia, Oceania* (E. Van der Maarel, ed.). Elsevier, Amsterdam. 477-493.

Lambais, M.R.; Rios-Ruiz, W.F.; Andrade, R.M. 2003. Antioxidant responses in bean (*Phaseolus vulgaris*) roots colonized by arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytol.*, 160:421-428.

Lamêgo, A. R. 1974. *O Homem e a Restinga*. 2a ed. Editora Lidador, Rio de Janeiro.

Lee, J., Lee, S., Young, P.W., 2008. Improved PCR primers for the detection and identification of arbuscular mycorrhizal fungi. *FEMS Microbiol. Ecol.* 65:339–349.

Lekberg, Y.R.T.; Koide, R.; Rohr, J.R.; Aldrich-Wolfe, L.; Morton, J.B. 2007. Role of niche restrictions and dispersal in the composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Journal of Ecology*, Malden. 95:95-105.

Leite, G. S. ; Dourado, M. ; Candella, R. 2006. estudo preliminar da ressurgência de Cabo Frio. In: XIV - Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006, Florianópolis. Estudo preliminar da ressurgência de Cabo Frio, 2006.

Lessa, D.V.O. 2009. Variabilidade da ressurgência na região de Cabo Frio (RJ) durante os últimos 1000 anos com base na associação de foraminíferos planctônicos. 134f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) Universidade Federal Fluminense.

Lima, R.A.F., Oliveira, A.A., Martini, A.M.Z., Sampaio, D., Souza, V.C., Rodrigues, Rodrigues, R.R., 2011. Structure, diversity, and spatial patterns in a permanent plot of a high Restinga forest in Southeastern Brazil. *Acta Botanica Brasilica*. 25(3):633-645.

Lutzoni, F.; Kauff, F.; Cox, C.J.; Mclaughlin, D.; Celio, G.; Dentinger, B.; Padamsee, M.; Hibbett, D.; James, T.Y.; Baloch, E.; Grube, M.; Reeb, V.; Hofstetter, V.; Schoch, C.; Arnoldae Miadlikowska, J.; Spatafora, J.; Johnson, D.; Hambleton, S.; Crockett, M.; Shoemaker, R.; Sung, G.H.; Lücking, R.; Lumbsch, T.; O'donnell, K.; Binder, M.; Diederich, P.; Ertz, D.; Gueidan, C.; Hall, B.; Hansen, K.; Harris, R.C.; Hosaka, K.; Lim, Y.W.; Matheny, B.; Nishida, N.; Pfister, D.; Rogers, J.; Rossman, A.; Schmitt, I.; Sipman, H.; Stone, J.; Sugiyama, J.; Yahr, R. & Vilgalys, R. 2004. Assembling the fungal tree of life: classification and the evolution of their their subcellular traits? *Am. J. Bot.* 91:1446-1480.

Maia, L.C.; Yano-Melo, A.M., 2005. Role of arbuscular mycorrhizal fungo in saline soils. In Mycorrhizas: role and applications (V.S. Mehrotra,ed). Allied Publishers, New Dehli, 282 – 302.

Maia, L.C., Silveira, N.S.S. e Cavalcante, U.M.T., 2006. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungo and root pathogens. In Handbook of microbial biofertilizers (M.K. Rai, org.). The Haworth Press Inc, New York. 325 – 352.

Mansur, D. R.; Mansur, K.; Schmitt, R.; Tiellet, L.; Bueno, C.; Silva, P. P. L. 2007. APA do Pau Brasil - Patrimonio Historico, Economico e Ambiental da Região dos Lagos. Iguaba grande: IPEDS.2000:52.

Marinho, F. ; Silva, G.A. ; Ferreira, A. C. A. ; Veras, J. S. N. ; Sousa, N. M. F. ; Goto, B. T. ; Maia, L.C. ; Oehl, F. 2014 . *Bulbospora minima*, a new genus and a new species in the Glomeromycetes from semi-arid Northeast Brazil. Sydowia.66:313-323.

Martinez, N. 2015. Revista Cidade. Disponível em: <http://www.revistacidade.com.br/especiais/78-dunas-do-pero/263-dunas-do-pero-construir-ou-nao-construir> Acessado em: 13 de setembro de 2015.

Mello, C. M. A.; Silva, I.R.; Pontes, J. S.; Goto, B. T.; Silva, G.A.; Maia, L.C. 2012. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em área de Caatinga, PE, Brasil. Acta Botanica Brasilica. 26(4):938-943.

Milanesi, M. A. ; Galvani, E. 2011 . Efeito orográfico na Ilha de São Sebastião (Ilhabela - SP). Revista Brasileira de Climatologia.9:68-79.

Miranda, J.C.C., 2008. Cerrado: micorriza arbuscular - ocorrência e manejo. Planaltina, Embrapa Cerrados.

Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O., 2006. Microbiologia e Bioquímica do Solo, 2º edição revisada e ampliada. Lavras, Editora UFLA.

Moreira, M.; Baretta, D.; Tsai, S.M.; Cardoso, E.J.B.N. 2006. Spore density and root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi in preserved or disturbed *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Ecosystems. Scientia Agrícola, Piracicaba. 63:380-385.

Moreira, M.; Baretta, D.; Tsai, S.M.; Cardoso, E.J.B.N. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in native and in replanted *Araucaria* forest. Scientia Agrícola, Piracicaba. 66:677-684.

Morton, J.B.; Benny, G.L. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. Mycotaxon, 37:471-491.

Morton, J.B.; Redecker, D. 2001. Two new families of Glomales, Archaeosporaceae and Paraglomaceae, with two new genera *Archaeospora* and *Paraglomus*, based on concordant molecular and morphological characters. Mycologia. 93:181-195.

Muehe, D. 2011. Erosão costeira - tendência ou eventos extremos? O litoral entre Rio de Janeiro e Cabo Frio, Brasil. Revista de Gestão Costeira Integrada. 11:315-325.

Nicodemo, M.L.F.; Primavesi, O. 2009. Por que manter árvores na área urbana?. Dados eletrônicos. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste.

Nimer, E. 1989, Climatologia do Brasil, Rio de Janeiro, IBGE.

Nobre, C.P. 2014. Fungos Micorrízicos Arbusculares no Bioma Caatinga: Ecologia e Caracterização da Estrutura da Comunidade de FMA em Função da Variação na Fisionomia Vegetal. 115f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo). Curso de pós-graduação em Agronomia Ciência do Solo – UFRRJ.

Oehl, F.; Sieverding, E. 2004. *Pacispora*, a new vesicular arbuscular mycorrhizal fungal genus in the glomeromycetes. J. Appl. Bot. Food Qual.78:72-82.

Oehl, F.; Sieverding, E.; Ineichen, K.; Mader, P.; Wienkem, A.; Boller, T. 2009. Distinct sporulation dynamics of arbuscular mycorrhizal fungal communities from different agroecosystems in long-term microcosms. *Agriculture, Ecosystems e Environment*, Amsterdam. 134:257-268.

Oehl, F. ; Silva, G.A. ; Goto, B. T. ; Sieverding, E. 2011 . Glomeromycota: three new genera and glomoid species reorganized. *Mycotaxon*. 116:75-120.

Oliveira, J.R.G.; Souza, R.G.; Silva, F.S.B.; Mendes, A.S.M., Yano-Melo, A.M., 2009. O papel da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) autóctones no desenvolvimento de espécies vegetais nativas em área de dunas de restinga revegetadas no litoral do Estado da Paraíba. *Revista Brasil. Bot.* 32:663 – 670.

Oliveria, J.J.F.; Sousa, R. F.; Carneiro, R.F.V.; Fonseca, J. M. 2013. Crescimento inicial de plantas de leucena frente à inoculação micorrízica e adubação orgânica. *Revista Brasileira de Agroecologia*. 8(3):212-220.

Öpik M., Moora M., Liira J., Zobel M. 2006. Composition of root-colonizing arbuscular mycorrhizal fungal communities in different ecosystems around the globe. *Journal of Ecology*. 94:778–790.

Patreze C.M., Moreira M., Tsai S.M. 2012. Advances in Molecular Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (Phylum Glomeromycota) in Forest Ecosystems, *Forest Ecosystems - More than Just Trees*, Dr Juan A. Blanco (Ed.), ISBN: 978-953-51-0202-1, InTech, DOI: 10.5772/32185. Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/forest-ecosystems-more-than-just-trees/advances-in-molecular-diversity-of-arbuscular-mycorrhizal-fungi-phylum-glomeromycota-in-forest-ecosy>. Acesso em 03 de fevereiro de 2016.

Pereira, C.M.R.; Maia, L.C., 2010. Colonização Micorrízica e Diversidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares em Áreas de Dunas Naturais e Revegetadas Após Atividade de Mineração. XVIII Conic e II Coniti.

R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acessado em: 25 de novembro de 2015.

Ramalho, M.F.J.L.; Lourenço, C. C. C.; Medeiros, L.F.C. 2013. Efeitos da dinâmica eólica no ambiente de dunas em Natal/RN. *Sociedade e Território*, Natal. 25(1):30-44.

Redecker, D. 2000. Specific PCR primers to identify arbuscular mycorrhizal fungi within colonized roots. *Mycorrhiza*. 10:73-80.

Redecker, D.; Morton, J.B.; Bruns, T.D. 2000b. Ancestral lineages of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomales). *Molec. Phylog. Evol.* 14:276-284.

Redecker, D. ; Schussler, A. ; Stockinger, H. ; Stürmer, S. L. ; Morton, J. B. ; Walker, C. 2013. An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). *Mycorrhiza* (Berlin). 23:515-531.

Reflora - Herbário Virtual. Disponível em: <http://www.herbariovirtualreflora.jbrj.gov.br/jabot/herbarioVirtual/> Acesso em 18 de janeiro de 2016

Ribas, L. A.; Hay, J. D. & Caldas-Soares, J. F. 1994. Moitas de restinga: Ilhas ecológicas. In: ACIESP (org.). 3º Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Brasileira. *Anais*. 2:79-88.

Ribeiro, 2010. Padrões das circulações atmosférica e oceânica na região de ressurgência costeira de Cabo Frio. 139f. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo.

Rillig, M.C., 2004. Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation. *Canadian Journal of Soil Science*. 84:355 – 363.

Rillig, M. C.; Mummey, D. L. 2006. Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist*. 171:41-56.

Rossetto, C. A.; Alves, E.P.,2008. Tratamento pré-germinativo em sementes de *Arachis pintoi*. Ciênc. agrotec., Lavras. 32(1):174-179.

SÁ, C.F.C, 2006. Estrutura e diversidade de Angiospermas no Centro de Diversidade Vegetal de Cabo Frio, RJ. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Sanders, I.R., Clapp, J.P.; Wiemken, A. 1996. The genetic diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in natural ecosystems - a key to understanding the ecology and functioning of mycorrhizal symbiosis. *New Phytologist*, Cambridge. 133(1):95-101.

Santiago, A.L.C.M.A, Santos, P.J.P.,Maia,L.C., 2012. Mucorales from the semiarid of Pernambuco, Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology Online Ahead of Print*.

Santos, O.M.; Oliveira, N.C. & Novais, R.F. 1995. Observações preliminares sobre fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em plantas crescendo em dunas na Bahia. *Revista Ceres* 42(240): 191-202.

Santos, J.G.D., Siqueira, J.O., Moreira, F.M.S. 2008. Eficiência de fungos micorrízicos arbusculares isolados de solos de áreas de mineração de bauxita no crescimento inicial de espécies nativas. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. 32:141-150.

Santos, V.L.S. 2014. *Spondias tuberosa* (umbuzeiro) e *Poincianella pyramidalis* (catingueira): Importância para o nordestino e qualidade de mudas inoculadas com Fungos Micorrízicos Arbusculares. 183f. Tese (Doutorado em Ciências). Programa de pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais – UFRRJ. 24 de fevereiro de 2014.

Scarano, F.R. 2009. Plant communities at the periphery of the Atlantic rain forest: Rare-species bias and its risks for conservation. *Biological Conservation* 142: 1201-1208.

Scariot, A.; Freitas, S. R. ; Mariano Neto, E. ; Nascimento, M. T. ; Oliveira, L. C. ; Sanaiotti, T. ; Sevilha, A. C. ; Villela, D. 2003. Vegetação e Flora. In: Denise Rambaldi; Daniela America Suarez de Oliveira. (Org.). Fragmentação de Ecossistemas:

Causas e Efeitos sobre a Biodiversidade e Recomendações de Políticas Públicas. Brasília: CID, 2003.

Schwarzott, D., Walker, C.; Schüßler, A. 2001. *Glomus*, the largest genus of the arbuscular mycorrhizal fungi (Glomales), is non-monophyletic. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 21: 190–197.

Schüßler, A.; Schwarzott, D.; Walker, C. 2001 A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycol. Res.* 105:1413-1421.

Schüßler, A.; Walker, C. 2010. The Glomeromycota: a species list with new families and new genera. :1-58

Sieverding, E.; Silva, G.A.; Berndt, R.; Oehl, F. 2014. *Rhizoglomus*, a new genus of the Glomeraceae. *Mycotaxon.* 129(2):373-386.

Silva, S.M. 1999. Diagnóstico das Restingas no Brasil. Departamento de botânica-setor de ciências biológicas. Universidade Federal do Paraná.

Silva, C.F.; Pereira, M.G.; Silva, E.M.R.; Correia, M.E.F.; Saggin-Júnior, O.J. 2006. Fungos micorrízicos arbusculares em áreas no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar em Ubatuba (SP). *Caatinga, Mossoró.* 19:1-10.

Silva, D.K.A.; Cavalcanti, T.T.W.; Sousa, N.M.F.; Souza, R.G.; Oehl, F.; Silva, G.A.; Maia, L.C., 2011. Diversidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares em Áreas de Dunas Impactadas por Mineração, Paraíba. X Congresso de Ecologia do Brasil, São Lourenço - MG.

Silva, D.K.A. 2013. Diversidade e Ecologia de Fungos Micorrízicos Arbusculares em Áreas de Dunas e Restingas Naturais e Revegetadas Após Atividade de Mineração no Município de Mataraca, Paraíba. 142f. Tese (Doutorado em Biologia de Fungos) Universidade Federal de Pernambuco. 26 de fevereiro de 2013.

Silveira, A. P. D. 1998. Ecologia de fungos micorrízicos arbusculares. In: MELO, J. L. (ed). Ecologia microbiana. Jaguariúna: Embrapa. 61-83.

Siqueira, J.O.; Franco, A. A., 1988. Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas. Brasília, DF: MEC/ESAL/FAEPE/ABEAS.

Smith, S.E, Read, D.J. 1997. Mycorrhizal symbiosis. London: Academic Press; Vesicular-arbuscular mycorrhizas. 9–160.

Souto,R.D. 2005. Avaliação do Impacto antropogênico na zona costeira do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2005 (Monografia de Bacharelado em Oceanografia).

Souza, R.C 2007. Caracterização da Biota do Solo da Restinga da Marambaia, RJ, e Estabelecimento de Simbiose Micorrízica em *Schinus terebinthifolius* Raddi. 123f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 03 de maio de 2007.

Souza, R.G. 2008. Aspectos Ecológicos e introdução de mudas micorrizadas para revegetação de áreas de dunas mineradas, no litoral da Paraíba. 148. Tese (Doutorado em Micologia Aplicada). Programa de pós-graduação em biologia de Fungos da Universidade Federal de Pernambuco. 28 de fevereiro de 2008.

Spruyt, A.; Buck, M. T.; Mia, A.; Straker, C. J. 2014. Arbuscular mycorrhiza (AM) status of rehabilitation plants of mine wastes in South Africa and determination of AM fungal diversity by analysis of the small subunit rRNA gene sequences. South African Journal of Botany.94:231-237.

Stockinger, H. Krüger, M. & Schüßler, A. 2010. DNA barcoding of arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytologist 187: 461-474.

Stockinger, H.; Peyret-Guzzon, M.; Koegel, S.; Bouffaud, M.-L.; Redecker, D. 2014. The Largest Subunit of RNA Polymerase II as a New Marker Gene to Study Assemblages of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in the Field. PLoS One. 9(10).

Stürmer, S.L.; Bellei, M.M. 1994. Composition and seasonal variation of spore populations of arbuscular mycorrhizal fungi in dune soils on the island of Santa Catarina, Brazil. *Can. J. Bot.* 72:359-363.

Stürmer, S.L., Filho, O.K., Queiroz, M.H., Mendonça, M.M. 2006. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in soils of early stages of a secondary succession of Atlantic Forest in South Brazil. *Acta Botanica Brasilica* 20(3): 513-521.

Stürmer, S.L.; Melloni, R.; Caproni, A.L., 2010. Micorrizas arbusculares em dunas marítimas e em áreas de mineração. In: Siqueira, J.O.; Souza, F.A.; Cardoso, E.J.B.N.; Tsai, S.M. *Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil*. Editora UFLA, 341-360 p.

Stürmer, S. L. 2012. A history of the taxonomy and systematics of arbuscular mycorrhizal fungi belonging to the phylum Glomeromycota. *Mycorrhiza*. 22(4):247-258.

Stürmer, S.L., Stürmer, R. e Pasqualini, D. 2013. Taxonomic diversity and community structure of arbuscular mycorrhizal fungus (Phylum Glomeromycota) in three maritime sand dunes in Santa Catarina state, south Brazil. *Elsevier: Fungal Ecology*. 6:27-36.

Stutz, J.C. e Morton, J.B. 1996. Successive pot cultures reveal high species richness of arbuscular endomycorrhizal fungi in arid ecosystems. *Canadian Journal of Botany*. 74:1883-1889.

Ter Braak, C.J.F.; P. Smilauer. 2002. *CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*. Microcomputer Power, Ithaca

Thaxter, R. 1922. A revision of the Endogoneae. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*. 57:289-350.

Thomazi, R.D., Rocha, R.T., Oliveria, M.V., Bruno, A.S., Silva, A.G., 2013. Um panorama da vegetação das restingas do Espírito Santo no contexto do litoral brasileiro. *Natureza on line* 11(1): 1-6

Trufem, S.F.B.; Otomo, H.S. e Malatinszky, S.M.M. 1989. Fungos micorrízicos vesículos-arbusculares em rizosfera de plantas de dunas do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, SP, Brasil. *Acta Bot. Brás.* 8:219-229.

Trufem, S.F.B.; Malatinszky, S.M.M e Otomo, H.S. 1994. Fungos micorrízicos vesículos-arbusculares em rizosfera do litoral arenoso do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, SP, Brasil. *Acta Bot. Brás.* 8:219-229.

Tuinen, D.; Jacquot, E.; Zhao, B. van; Gollotte, A.; Gianinazzi- Pearson, V. 1998. Characterization of root colonization profiles by a microcosm community of arbuscular mycorrhizal fungi using 25S rDNA-targeted nested PCR. *Molecular Ecology* , Oxford. 7:879-887.

Tulasne, L.-R.; Tulasne, C. 1845. Description d'une espèce nouvelle du genre *Secotium* Kze., appartenant à la flore française. *Annales des Sciences Naturelles Botanique.* 4:169-177

Van der Heijden, M.G.A., Klironomos, J.N., Ursic, M., Moutoglis, P., Streitwolf-Engel, R., Boller, T. 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature.* 396:72–75

Van der Heijden, M.G.A., Horton, T.R. 2009. Socialism in soil? The importance of mycorrhizal fungal networks for facilitation in natural ecosystems. *Journal of Ecology* 97: 1139-1150.

Vasconcellos, A.; Mélo, A.C.S.; Segundo, E.M.V.; Bandeira, A.G. 2005. Cupins de duas florestas de restinga do nordeste brasileiro. *Iheringia, Série Zoologia.* 95(2):127-131.

Walker, C.; Schüler, A. 2004. Molecular clarifications and new taxa in the Glomeromycota. *Mycological Research*. 108:981-982.

Zangaro, W.; Moreira, M. 2010 Micorrizas arbusculares nos biomas Floresta Atlântica e Floresta de Araucária. In: Siqueira, J.O.; Souza, F.A.; Cardoso, E.J.B.N.; Tsai, S.M. *Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil*. Editora UFLA, 279-310 p.