

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ROBERTTA MORYEL PELLANDA

**ADAPTAÇÕES MORFOANATÔMICAS DO SISTEMA RADICULAR
EM ESPÉCIES DA RESTINGA**

CURITIBA

2016

ROBERTTA MORYEL PELLANDA

**ADAPTAÇÕES MORFOANATÔMICAS DO SISTEMA RADICULAR
EM ESPÉCIES DA RESTINGA**

Monografia apresentada o curso de Ciências Biológicas, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof^a. Dra. Cleusa Bona

CURITIBA
2016

Dedico à minha Nona Maria Clélia (*in memoriam*)
pelo amor às plantas, em mim semeado e que hoje floresce...

Ofereço aos meus pais, Maria e Mario!

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela minha vida e fonte de sabedoria;

À minha orientadora, Profa Dra. Cleusa Bona, por ter se aventurando comigo no universo da anatomia e morfologia das plantas da restinga, até então desconhecido por nós, como também por toda sua atenção com nosso trabalho;

À Giovana e ao Gustavo pelo importante esforço de coleta;

Ao pessoal do laboratório de Botânica Estrutural, pela ajuda e dicas de trabalho;

Aos meus pais, Maria e Mario, por tanto terem lutado para que aqui eu chegasse! Amo vocês incondicionalmente!

Ao meu irmão, Yúri, pela amizade e companheirismo;

Ao Maicon, amor dessa vida e companheiro de jornada, não tenho palavras para tanto lhe agradecer!

Meu sincero obrigada!

“Em seu poder estamos nós,
as nossas palavras,
a nossa inteligência
e as nossas habilidades.
Ele me concedeu o conhecimento [...]
a variedade das plantas
e a propriedade das raízes.”

SABEDORIA, 7, 16-20

RESUMO

As restingas ocorrem ao longo das planícies litorâneas, no bioma Mata Atlântica. Contempla uma vegetação adaptada a características ambientais extremas, como: solo instável, com baixo teor de nutrientes e baixa retenção de água, alta dinâmica eólica, regime de marés, inundações pluviais, salinidade, altas temperaturas e insolação. A análise morfoanatômica de raízes de plantas herbáceas foi realizada com o objetivo de detectar caracteres adaptativos, relacionando-os com as condições ambientais da restinga, além de identificar se, entre ambas as áreas de estudo haveriam caracteres morfoanatômicos distintos no sistema radicular. Para tanto, foram coletadas duas espécies provenientes do campo aberto inundável, nas zonas intercordões (*Kyllinga vaginata* Lam. Cyperaceae e *Microstachys corniculata* (Vahl) Griseb. Euphorbiaceae) e outras duas espécies do campo aberto não inundável, nos cordões litorâneos (*Spartina ciliata* Brongn. Poaceae e *Polygala cyparissias* A.St.-Hil. & Moq. Polygalaceae), da Ilha do Mel, no litoral do Paraná. *P. cyparissias* e *S. ciliata* são espécies exclusivas de restinga. Amostras do sistema radicular foram fixadas em FAA 50, com posterior infiltração em resina, seccionamento em micrótomo, coloração com Azul de Toluidina e montagem permanente. Morfologicamente, *K. vaginata* e *S. ciliata* são espécies rizomatosas com raízes adventícias com muitas ramificações laterais, enquanto que *M. corniculata* e *P. cyparissias* apresentam sistema radicular pivotante. *P. cyparissias* apresenta xilopódio. Anatomicamente, a epiderme de todas as espécies é uniestratificada, com células arredondadas ou achatadas em *S. ciliata*, paredes delgadas em *M. corniculata* e *K. vaginata* e paredes periclinais externas ligeiramente espessadas em *P. cyparissias*. A epiderme persiste no início do crescimento secundário em *P. cyparissias*. Tricomas radiculares são abundantes e longos especialmente em *S. ciliata* e *K. vaginata*, surgindo muito próximos ao ápice da raiz. A exoderme não é distinguível nas raízes primárias de *M. corniculata* e de *P. cyparissias*. Na raiz secundária inicial de *M. corniculata*, a exoderme torna-se espessada e persistente. Em *K. vaginata* e *S. ciliata*, a exoderme possui várias camadas, com espessamento parietal. O córtex de *M. corniculata* e *P. cyparissias* é parenquimático e em *K. vaginata* e *S. ciliata* é aerênquimatoso ou hipertrofiado no ápice das raízes, como em *K. vaginata*. A endoderme possui paredes delgadas, evidenciando estrias de caspary em *M. corniculata* e *P. cyparissias*, com espessamento em O em *K. vaginata* e, em U, em *S. ciliata*. O periciclo é esclerificado em *K. vaginata* e *S. ciliata* e parenquimático em *M. corniculata*. O cilindro vascular é diarco em *M. corniculata* e *P. cyparissias* e, poliarco em *K. vaginata* e *S. ciliata*. O xilema secundário é composto de vasos solitários em *M. corniculata* e *P. cyparissias* e o tecido fundamental do cilindro vascular é esclerificado nas duas monocotiledôneas. A ocorrência de xilopódio, paredes celulares espessadas e esclerificadas, abundância de tricomas absorventes muito próximos ao ápice radicular, epiderme e exoderme persistentes, e aerênquima são apontados como prováveis caracteres adaptativos ao ambiente de restinga. Estes caracteres relacionam-se com as pressões ambientais da restinga, como: solo instável e com baixa retenção de água e nutrientes, e inundações. Além disso, entre as duas áreas de estudo não há diferentes caracteres morfoanatômicos no sistema radicular.

Palavras-chave: Ilha do Mel. Planície costeira. *Kyllinga vaginata*. *Microstachys corniculata*. *Polygala cyparissias*. *Spartina ciliata*.

ABSTRACT

The *restinga* occur along the coastal plains, in the Atlantic Forest. It includes vegetation adapted to extreme environmental characteristics, such as: unstable soil, low nutrient content and low water retention, high wind dynamics, tidal regime, floods, salinity, high temperatures and sunshine. The morpho-anatomical analysis of roots of herbaceous plants was performed with the objective of detecting adaptive traits, relating them to the environmental conditions of the *restinga*, as well as identifying if there were different morphoanatomic characters in the root system between both study areas. In order to do so, two species were collected from the open flooded field in the intercordions zones (*Kyllinga vaginata* Lam. Cyperaceae and *Microstachys corniculata* (Vahl) Griseb, Euphorbiaceae) and two other non-flooded open field species in coastal strands (*Spartina ciliata* Brongn. Poaceae and *Polygala cyparissias* A.St.-Hil. & Moq. Polygalaceae), from Ilha do Mel, on the coast of Paraná. *P. cyparissias* and *S. ciliata* are exclusive species of *restinga*. Samples of the root system were fixed in FAA 50, with posterior resin infiltration, microtome sectioning, Toluidine Blue staining and permanent assembly. Morphologically, *K. vaginata* and *S. ciliata* are rhizomatous species with adventitious roots with many lateral branches, whereas *M. corniculata* and *P. cyparissias* present a pivoting root system. *P. cyparissias* presents xylopodium. Anatomically, the epidermis of all species is unstratified, with rounded or flattened cells in *S. ciliata*, thin walls in *M. corniculata* and *K. vaginata* and external periclinal walls slightly thickened in *P. cyparissias*. The epidermis persists at the beginning of secondary growth in *P. cyparissias*. Root hairs are abundant and long especially in *S. ciliata* and *K. vaginata*, appearing very close to the apex of the root. The exoderm is not distinguishable in the primary roots of *M. corniculata* and *P. cyparissias*. In the initial secondary root of *M. corniculata*, the exoderme becomes thickened and persistent. In *K. vaginata* and *S. ciliata*, the exoderm has several layers, with parietal thickening. The cortex of *M. corniculata* and *P. cyparissias* is parenchymatic and in *K. vaginata* and *S. ciliata* is aerenchymal or hypertrophied at the apex of the roots, as in *K. vaginata*. The endoderm has thin walls, evidencing caspary striations in *M. corniculata* and *P. cyparissias*, thickening in O in *K. vaginata* and in U in *S. ciliata*. The pericycle is sclerified in *K. vaginata* and *S. ciliata* and parenchymatic in *M. corniculata*. The vascular cylinder is diarco in *M. corniculata* and *P. cyparissias*, and polyarco in *K. vaginata* and *S. ciliata*. The secondary xylem is composed of solitary vessels in *M. corniculata* and *P. cyparissias* and the fundamental tissue of the vascular cylinder is sclerified in the two monocotyledons. The occurrence of xylopodium, thickened and sclerified cell walls, abundance of absorbent hairs very close to the root apex, persistent epidermis and exoderme, and aerenchyma are indicated as probable characters adaptive to the *restinga* environment. These characters are related to the environmental pressures of the *restinga*, such as: unstable soil with low retention of water and nutrients and flooding. In addition, between the two study areas there are not different morphoanatomic characters in the root system.

Keywords: Ilha do Mel. Coastal plain. *Kyllinga vaginata*. *Microstachys corniculata*. *Polygala cyparissias*. *Spartina ciliata*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa da Ilha do Mel.....	22
Figura 2 – Área de coleta, na Praia da Fortaleza, Ilha do Me/PR	23
Figura 3 – Espécies coletadas e seus sistemas radiculares	30
Figura 4 – Anatomia da raiz de <i>Kyllinga vaginata</i>	33
Figura 5 – Anatomia da região dilatada das raízes curtas de <i>Kyllinga vaginata</i>	34
Figura 6 – Anatomia da raiz de <i>Spartina ciliata</i>	36
Figura 7 – Anatomia da raiz de <i>Microstachys corniculata</i>	39
Figura 8 – Anatomia da raiz de <i>Polygala cyparissias</i>	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	O QUE É RESTINGA?	10
1.2	A RESTINGA NO PARANÁ	13
1.3	A RESTINGA E A CIÊNCIA	15
1.4	SITUAÇÃO ATUAL DAS RESTINGAS	19
1.5	OBJETIVOS	21
2	METODOLOGIA	22
2.1	ÁREA DE COLETA	22
2.2	CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS VEGETACIONAIS	23
2.3	PROCEDIMENTOS DE COLETA	24
2.3.1	Espécies amostradas	25
2.3.1.1	<i>Kyllinga vaginata</i> Lam.	25
2.3.1.2	<i>Spartina ciliata</i> Brongn.	25
2.3.1.3	<i>Microstachys corniculata</i> (Vahl) Griseb.	26
2.3.1.4	<i>Polygala cyparissias</i> A.St.-Hil. & Moq.	26
2.4	PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE	26
2.4.1	ANÁLISE ANATÔMICA	26
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
3.1	DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA	28
3.2	DESCRIÇÃO ANATÔMICA	31
3.2.1	Anatomia das raízes de <i>Kyllinga vaginata</i>	31
3.2.2	Anatomia das raízes de <i>Spartina ciliata</i>	35
3.2.3	Anatomia das raízes de <i>Microstachys corniculata</i>	37
3.2.4	Anatomia das raízes de <i>Polygala cyparissias</i>	40
3.3	ADAPTAÇÕES DO SISTEMA RADICULAR	43
3.3.1	Xilopódio	43
3.3.2	Abundância de Tricomas Radiculares	44
3.3.3	Aerênquima	44
3.3.4	Epiderme e Exoderme Persistentes	46
3.3.5	Paredes Celulares Espessadas e Esclerificada	47
4	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

1.1 O QUE É RESTINGA?

“Um conceito multidisciplinar que caracteriza um ambiente” (PEREIRA *et al.*, [201?]) “com características morfológicas únicas” (HESP, 2002), incluída no bioma Mata Atlântica na planície costeira (MARQUES *et al.*, 2015). Esta definição é um tanto vaga, mas aponta a importância de estudar cientificamente este ambiente singular, abalado pela especulação imobiliária, economia, turismo e, principalmente, pela difusão de conhecimentos errôneos a seu respeito, incluindo sua importância ecológica. A restinga é um dos ambientes relativamente mais estudados dentre os tipos vegetacionais da planície costeira brasileira, porém não agrupa estudos suficientes para compreender sua dinâmica, principalmente, quanto a “comunidade halófila-psamófila” (MENEZES-SILVA, 1999).

A restinga foi incluída por Veloso *et al.* (1991), no chamado “complexo vegetacional edáfico de primeira ocupação”, como uma formação pioneira. Esta denominação se refere a uma vegetação que ocorre sobre um solo instável, constantemente “rejuvenescido pelas constantes deposições de areias”. De acordo com o levantamento de Menezes-Silva & Britez (2005), *in* Marques & Britez (2005), alguns pesquisadores que se debruçaram sobre estudos da vegetação da planície costeira, referiram-se a esta região como um “complexo, dada a sua grande heterogeneidade”. Entretanto, a planície costeira pode ser composta ainda por outras formações vegetais, como a Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, além da restinga, sob a forma das características apontadas acima (Menezes-Silva & Britez, 2005, *in* MARQUES & BRITTEZ, 2005).

As planícies costeiras brasileiras são formadas por praias, dunas frontais, cordões litorâneos e zonas intercordões (depressões) (MENEZES-SILVA, 1999). Desta forma, a vegetação que ocorre sobre estes solos arenosos é diretamente influenciada por eles e suas dinâmicas, principalmente a eólica (HESP, 2002). Entretanto, outras condições ambientais extremas configuram plantas altamente adaptadas, como os regimes de marés, inundações, salinidade e solo desfavorável, com baixo teor de nutrientes (RODERJAN *et al.*, 2002; MARQUES *et al.*, 2015).

As restingas são um tipo edáfico de vegetação, como mencionado anteriormente, em que o solo é decisivo no desenvolvimento das espécies. A textura

arenosa facilita a drenagem rápida e excessiva da água, devido à alta macroporosidade e baixa capacidade de retenção de água (MAUN, 2009; BONILHA *et al.*, 2013). Para tanto, as plantas possuem caracteres foliares que auxiliam em condições eventuais de seca (ANDRADE, 1964). As altas temperaturas nas regiões costeiras contribuem para o aumento na absorção de energia pelas folhas. Sendo assim, para evitar o sobreaquecimento, as folhas possuem ceras, orientam-se verticalmente em relação ao solo e são pilosas, evitando o estresse hídrico (MAUN, 2009).

A precipitação possui um impacto significativo sobre o crescimento e estabelecimento da vegetação, pois influencia a coesão da areia, a colonização das plantas, a diminuição da salinidade e o desenvolvimento do perfil do solo. Locais com alta precipitação promovem a decomposição mais rápida da matéria orgânica (MAUN, 2009).

As espécies vegetais enfrentam também solos com baixa disponibilidade de nutrientes e alta saturação por alumínio, de modo que a distribuição do sistema radicular se concentra nas camadas superficiais do solo, na qual a maior fertilidade do solo está concentrada (BONILHA *et al.*, 2013). Alguma quantidade de matéria orgânica, primariamente, ocorre pela deposição de detritos jogados em terra pelas ondas. O acúmulo ocorre com a estabilização da vegetação (MAUN, 2009). A disponibilidade de nutrientes funciona como um fator de zonação da vegetação em restingas, de modo que as espécies possuem estratégias adaptativas eficientes para habitar solos com diferentes níveis nutricionais (LOURENÇO-JUNIOR *et al.*, 2007).

A salinidade é outro fator importante para a vegetação. A pulverização constante de gotas de água salgada, carreados pela brisa, deposita sal e outros nutrientes (em uma proporção desequilibrada) sobre o solo e a vegetação. Entretanto, o sal logo é lixiviado, resultando em um baixo teor de NaCl junto a superfície (ANDRADE, 1964; MAUN, 2009). O pH diminuiu significativamente ao longo do gradiente mar-interior, principalmente devido a diminuição de sprays marinhos e o aumento da concentração da matéria orgânica, na costa do Mediterrâneo (RUOCCO *et al.*, 2014). Esta mudança foi apontada por Ruocco *et al.*, (2014) como responsável pela alteração nas comunidades de plantas tolerantes ao sal (MAUN, 2009) em direção ao interior da costa.

A vegetação de restinga, que ocorre sobre este solo peculiar, pode incluir os seguintes tipos: herbáceo, arbustivo e arbóreo, que contemplam as variações de

fisionomia desde a praia até o interior da planície (VELOSO *et al.*, 1991). Especificamente, a vegetação herbácea ocorre geralmente em solos bastante instáveis (BLUM, 2008)¹. Esta vegetação possibilita tanto a formação de dunas quanto a sua fixação, impedindo o transporte de areias pelo vento e durante a maré alta. Sendo assim, a vegetação destes locais é chamada de psamófila (ANDRADE, 1964). Afastando-se da praia, a vegetação se mostra mais desenvolvida e estável. Em seguida, nos solos mais desenvolvidos tem-se a vegetação arbórea (BLUM, 2008)².

O estudo revisional de Marques *et al.* (2015) revelou 1 588 espécies compondo a flora das restingas do sul e do sudeste brasileiros, das quais 47% são árvores, 16% epífitas, 12% ervas, 10% lianas, 4% herbáceas e 10% ocorrendo em mais de uma forma de vida. Deste total, 67 espécies são citadas apenas em restingas, sugerindo um relativo grau de endemismos, apesar da planície costeira ser recente, datando do Quaternário.

As plantas que ocorrem neste complexo possuem adaptações de caráter ecológico, sugeridas pelo ambiente pioneiro (VELOSO *et al.*, 1991). Mas o que seria uma adaptação? Quais caracteres representam adaptações ao ambiente estressante de restinga?

Adaptação refere-se “àquelas propriedades dos seres vivos que os tornam capazes de sobreviver e de se reproduzirem na natureza” (RIDLEY, 2006). As plantas que ocorrem em ambiente de restinga, mais próximos a linha da praia, são chamadas comumente de halófilas-psamófilas, apresentando diversas características em resposta ao ambiente salino e com alta mobilidade do solo, respectivamente. Inclui-se ainda a baixa disponibilidade de matéria orgânica, drenagem rápida da água e alta insolação e temperatura, como pressões ambientais (ANDRADE, 1966³, *apud* BOEGER & GLUZEZAK, 2006).

Várias características das plantas, como anatômicas e morfológicas, refletem o resultado da evolução e processos pelos quais as comunidades passaram, respondendo a fatores ambientais, abióticos e bióticos (CICCARELLI, 2015). Dentre as adaptações morfológicas e anatômicas ocorrem folhas suculentas para armazenamento de água (hipertrofia celular), epiderme pilosa e uma cutícula espessa,

¹ Disponível em: <http://www.chaua.org.br/restinga>. Acesso em 15 out. 2016.

² Disponível em: <http://www.chaua.org.br/restinga>. Acesso em 15 out. 2016.

³ ANDRADE, M.A. 1966. Anatomia foliar de algumas plantas freqüentes nas praias arenosas do Estado de São Paulo. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 28, n. 11, p. 1297-1305.

verticalização da folha, hábito prostrado, entre outras, reduzindo a transpiração e perda de água e suportando a cobertura pela areia (HESP, 1991; CICCARELLI *et al.*, 2009; MAUN, 2009; MELO-JÚNIOR, 2015). As plantas evoluíram, principalmente, nas estratégias para evitar o sal em vez da tolerância ao sal, que é uma adaptação energeticamente cara (MAUN, 2009). Além disso, as plantas também apresentam mecanismos fisiológicos, auxiliando a sobrevivência nas restingas.

Em termos ecológicos, as variações de características de raízes são importantes, pois sendo o primeiro órgão destinado a aquisição de água e nutrientes e também de transferência para os demais órgãos, deve responder a heterogeneidade de disponibilidade de recursos em escalas espacial e temporal, resistindo a ataques e a estresses ambientais (PÉREZ-HARGUINDEGUY *et al.*, 2013). Na restinga, as plantas respondem as variáveis ambientais com modificações fisiológicas e morfológicas, que resultam em mudanças na arquitetura do sistema radicular (BONILHA *et al.*, 2013).

1.2 A RESTINGA NO PARANÁ

A restinga da planície litorânea do Estado do Paraná caracteriza-se por faixas de restinga, formadas por cordões litorâneos sucessivos intercalados por porções baixas e brejosas. Além disso, da praia em direção ao interior do continente, observam-se as antedunas, ocupadas por *Ipomoea pes-caprae* e *Remirea maritima*, seguidas por pequenas dunas eólicas. No Paraná, a umidade contribui para a menor mobilidade das areias em direção a terra (BIGARELLA, 2001).

Na Ilha do Mel, localizada no litoral paranaense, mais especificamente na desembocadura da baía de Paranaguá, município a qual a ilha pertence, ocorre a vegetação de restinga. Tratam-se de 2.894 hectares de área e um perímetro igual a 35 quilômetros, sob a jurisdição do Instituto Ambiental do Paraná (IAP) (Britez & Marques, 2005, *in* MARQUES & BRITTEZ, 2005).

A ilha é formada por planícies litorâneas arenosas, com relevo suave ondulado, apontando a presença de cordões litorâneos (Ângulo & Souza, 2005, *in* MARQUES & BRITTEZ, 2005) e, em minoria, têm-se regiões mais elevadas e rochosas (Britez, 2005, *in* MARQUES & BRITTEZ, 2005). As praias apresentam intensos e rápidos processos de erosão e sedimentação. As dunas formam-se pela deposição da areia da praia, auxiliada pela vegetação pioneira (Ângulo & Souza, 2005, *in*

MARQUES & BRITTEZ, 2005). Encontra-se na área de transição entre as zonas temperada e tropical, apresentando clima mesotérmico, superúmido, sem estação seca e sem geada. A temperatura média anual é de 21,09°C e a precipitação média de 1.959 mm anuais, revelando uma alta pluviosidade (Britez & Marques, 2005, *in* MARQUES & BRITTEZ, 2005).

Menezes-Silva, 1998 e Menezes-Silva & Britez, 2005, *in* MARQUES & BRITTEZ, 2005 apresentaram uma classificação das principais formações vegetais que ocorrem na planície litorânea da Ilha do Mel. Esta classificação tem apenas abrangência regional, dado o grande número de variações da vegetação da planície litorânea brasileira, já mencionado anteriormente, para a descrição de restinga.

A vegetação identificada na Ilha do Mel pode ser subdividida em três formações distintas: a campestre, a arbustiva e a arbórea. O critério de classificação das subdivisões que cada formação apresenta se dá, principalmente, pela variação na cobertura vegetal e ocorrência ou não de alagamentos. Na formação arbustiva predominam arbustos com árvores isoladas, além de apresentar quatro subdivisões observadas em campo. Nos três tipos vegetacionais arbóreos predominam árvores, epífitas e lianas. Por fim, nas formações campestres, na qual serão coletadas espécies para estudo, são plantas herbáceas, cespitosas, reptantes e rizomatosas que predominam (Menezes-Silva & Britez, 2005, *in* MARQUES & BRITTEZ, 2005). Esta formação apresenta quatro subdivisões, sendo elas (MENEZES-SILVA, 1998; Menezes-Silva & Britez, 2005, *in* MARQUES & BRITTEZ, 2005):

- Campo fechado inundável: áreas com cobertura maior que 60%; inundável pela ascensão do lençol freático, praticamente, permanentemente; dominância de herbáceas cespitosas de até 2 m de altura;
- Campo aberto não inundável: áreas com cobertura inferior a 60%; substrato composto por areia marinha; presença de herbáceas reptantes e cespitosas, inferiores a 50 cm;
- Campo aberto inundável: áreas com cobertura inferior a 60%; substrato arenoso; alagamentos em períodos chuvosos; ocorrência de herbáceas rizomatosas, eretas e reptantes;
- Campo aberto inundável halófilo: áreas com cobertura inferior a 60%; substrato areno-lodoso e níveis salinos elevados; afetado pelas marés; inclui a formação herbácea chamada de “marisma”.

A Ilha do Mel já foi palco para inúmeros estudos, citando alguns de caráter botânico: sobre morfofuncionalidade de plântulas (CAVICHIOLO, 2006); ciclagem de nutrientes (BRITTEZ, 1997; PIRES, 2001); a flora de Myrtaceae (LIMA *et al.*, 2015); sobre epifitismo vascular (KERSTEN & SILVA, 2001); sobre dispersão e regeneração de plantas (MARQUES, 2002); fenologia (MARQUES & OLIVEIRA, 2004); composição e fitossociologia (MENEZES-SILVA, 1990); formações vegetais (MENEZES-SILVA, 1998); a baixa produção de serapilheira, associada a baixas taxas de decomposição, e a sua importância para a vegetação (PIRES *et al.*, 2006); e o efeito do alumínio sobre plantas (BRITTEZ, 2001). Entretanto, não existem trabalhos em morfologia e anatomia de plantas adultas da planície litorânea da Ilha do Mel.

1.3 A RESTINGA E A CIÊNCIA

Nas restingas brasileiras inúmeros são os trabalhos realizados. Em geral, encontra-se uma extensa gama de trabalhos florísticos dos ambientes costeiros em diversos estados brasileiros, a citar-se: as restingas pernambucanas (SACRAMENTO *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2008; ALMEIDA JR *et al.*, 2009); de São Paulo (MARTINS *et al.*, 2008a); do Pará (SILVA *et al.*, 2010; QUARESMA & JARDIM, 2014); do Espírito Santo (PEREIRA & ASSIS, 2000; FERREIRA *et al.*, 2007; BRAZ *et al.*, 2013; GIARETTA *et al.*, 2013; MONTEIRO *et al.*, 2014); do Rio Grande do Sul (MENEZES & ARAUJO, 1999; PALMA & JARENKOW, 2008; SANTOS *et al.*, 2012); do Rio de Janeiro (SILVA & OLIVEIRA, 1989; ASSUMPTÃO & NASCIMENTO, 2000); o estudo comparativo da florística de restingas do Rio de Janeiro e do Espírito Santo (MAGNAGO *et al.*, 2011); da Bahia (FERNANDES & QUEIROZ, 2015); de Santa Catarina (MELO-JÚNIOR & BOEGER, 2015); e no Paraná, flora e estrutura de restinga da Ilha do Mel (MENEZES-SILVA, 1990; MENEZES-SILVA, 1998) e a elaboração de uma “Lista Preliminar de Espécies Vegetais da Formação Pioneira de Influência Marinha (Restinga) no Paraná” por Blum (2008)⁴.

Entretanto, trabalhos com enfoque morfológico e anatômico são menos representativos. A folha é um dos órgãos vegetais mais estudados em ambientes de restinga, devido a sua grande plasticidade fenotípica em resposta ao ambiente

⁴ Disponível em: <http://www.chaua.org.br/restinga>. Acesso em 15 out. 2016.

(SMITH *et al.*, 1997⁵ *apud* BOEGER & GLUZEZAK, 2006). A presença de folhas com xemorfismo ou escleromorfia, em plantas ocorrentes em dunas, são características apontadas como adaptações as condições adversas do ambiente (GUSMÃO *et al.*, 1992).

O número de espécies esclerófilas correlacionadas ao estágio sucessional de uma floresta ombrófila densa de Terras baixas, através de estudos morfoanatômicos e nutricionais de folhas de sol de diferentes espécies, foi identificado por Boeger (2000). De acordo com a autora, este processo está associado com a acumulação de serapilheira sobre o solo, produzido pela própria floresta, além das alterações nas condições ambientais produzidas pela dinâmica da floresta, ao longo da sucessão (BOEGER, 2000).

Mantuano *et al.* (2006) observaram a plasticidade ecológica da folha da espécie arbustiva *Erythroxylum ovalifolium*, através de estudos anatômicos, em populações de três ambientes de restinga, incluindo três microhabitats em cada ambiente. A variação de respostas foi associada aos distintos regimes de umidade e diferentes regimes de luminosidade. Nascimento *et al.*, 2008, também trabalharam com adaptações em relação a distintas incidências de luz, observando a ocorrência de folhas 30% mais espessas e duas vezes mais pilosas na borda de floresta de restinga, respondendo a maior intensidade luminosa desta região, em relação a folhas glabras e menos espessas no interior da restinga.

A plasticidade fenotípica também foi demonstrada por Melo-Júnior (2015). Através da análise de caracteres morfológicos e anatômicos de folhas e da madeira, concomitante as análises de solo, em um gradiente edáfico de formações vegetais de restinga em Santa Catarina, observou que: atributos morfológicos apresentam maior plasticidade fenotípica; a luminosidade apresenta maior influência nas respostas morfoanatômicas foliares que as características edáficas; e, há um aumento da dissimilaridade entre espécies dominantes em direção as formações arbóreas mais interioranas e uma maior redundância funcional em espécies mais próximas a praia, de caráter herbáceo, o que aumenta a competição por recursos. Entretanto, demonstrou-se que o solo e sua disponibilidade de água e nutrientes ao longo do

⁵ SMITH, W.K.; VOLGELMANN, T.C.; DELUCIA, E.H.; BELL, D. T.; SHEPHERD, K.A. 1997. Leaf Form and Photosynthesis: Do leaf structure and orientation interact to regulate internal light and carbon dioxide? **Bioscience**, Washington, v. 47, p. 785-793.

gradiente edáfico estão fortemente conectados as adaptações morfoanatômica das comunidades vegetais.

As análises estruturais de folhas de sete espécies na área de dunas de Santa Catarina apresentaram, através de determinadas combinações de caracteres, as adaptações para colonização e sobrevivência, que respondem a este ambiente estressante e caracterizado com uma vegetação halófila-psamófila e pioneira (BOEGER & GLUZEZAK, 2006). A anatomia foliar de sete espécies de uma restinga no Rio de Janeiro, identificou, também, caracteres associados as mesmas pressões ambientais (ARRUDA *et al.*, 2009). Outros estudos em anatomia e morfologia foliar de plantas de restinga foram conduzidos por Lucena *et al.* (2013) com espécies de Amaranthaceae; Voltolini & Santos (2011) e as análises de uma espécie de bromélia sob diferentes formas de vida e graus de exposição a irradiação solar; e, Martins *et al.* (2008b) com *Cyperus maritimus*. Destes estudos, destaca-se a ocorrência de suculência nas folhas (MARTINS *et al.*, 2008b; LUCENA *et al.*, 2013).

Martins *et al.* (2008c) analisou tanto folhas como o sistema radicular de *Hydrocotyle umbellata*. Os autores destacam a ocorrência de folha dorsiventral e anfiestomática; estômatos, em maioria, na face abaxial; e, rizoma com variação de 10 a 15 camadas de células corticais, com endoderme bem delimitada. Kuster (2010) caracterizou a morfoanatomia de raízes e caules relacionando-a com características ambientais, tanto climáticas quanto edáficas. As espécies estudadas apresentaram variações nas estratégias adaptativas na formação halófila-psamófila, sendo algumas delas destacadas: parede periclinal da epiderme espessada (caule), parênquima aquífero (caule), parênquima aerífero (raízes) e reservas de amido (rizomas, estolões e raízes). Santos *et al.* (2013) realizou a análise anatômica da lâmina foliar, do caule e de raiz de *Sporobolus virginicus*, ocorrente em uma restinga no Pará. Verificou-se a presença de aerênquima e um anel esclerenquimático na raiz; medula fistulosa no caule; e cristais, cutículas espessadas, e estômatos em criptas nas lâminas foliares. A anatomia da raiz da bromélia *Cryptanthus beuckeri* foi descrita por Ribeiro & Aoyama (2013), que observou muitos espaços intercelulares no córtex interno de espécimes sob sol pleno e em outras duas áreas sombreadas e poucos espaços intercelulares de espécimes em uma área sombreada específica. Como é possível observar, estudos morfoanatômicos com raízes e caules de espécies de restinga são escassos na literatura.

Outro trabalho em morfoanatomia apontou conclusões importantes com relação as adaptações ambientais. De acordo com Vailati (2009), as mesmas adaptações morfoanatômicas observadas em determinado ambiente também ocorrem em espécies de outros ambientes. Assim, não podemos apontar que determinadas adaptações respondem unicamente a dadas pressões ambientais específicas, de modo que, representam caracteres ancestrais ao longo da diversificação de um dado grupo, como é o caso de Bromeliaceae e a presença de caracteres xeromórficos. Estes caracteres permitem a sobrevivência em diversos ambientes, incluindo a restinga, por exemplo (VAILATI, 2009).

As espécies que serão analisadas no presente trabalho ocorrem na restinga da Ilha do Mel/PR, sendo *Spartina ciliata* e *Polygala cyparissias* nas dunas frontais e *Kyllinga vaginata* e *Microstachys corniculata* nas depressões dos cordões, onde ocorre alagamento temporário. Dessas espécies, o gênero *Spartina* é conhecido pela ocorrência de esclerênquima, anatomia Kranz, lacunas aeríferas, glândulas de sal e epiderme com cutícula espessada na face abaxial, na anatomia foliar (SANTOS & ALMEIDA, 2000). Um estudo, conduzido por Andrade (1967), avaliou caracteres anato-ecológicos das folhas de espécies da restinga, incluindo *Spartina ciliata*. Esta espécie apresenta em suas folhas, além das características já citadas acima, saliências e sulcos na face adaxial com tricomas unicelulares, onde também se encontram as células buliformes (ANDRADE, 1967). A anatomia foliar de cinco espécies do gênero *Polygala* indicou que, dentre as espécies provenientes da restinga, duas apresentaram caracteres mesomórficos e uma com caracteres xeromórficos, sendo esta a *Polygala cyparissias*. Dentre os caracteres xeromórficos das folhas de *Polygala cyparissias* cita-se consistência semicarnosa, área foliar reduzida e mesofilo homogêneo (AGUIAR-DIAS *et al.*, 2012). Um estudo com 11 gêneros de *Kyllinga*, ocorrentes na África do Sul, demonstrou uniformidade nas características anatômicas do gênero. *Kyllinga odorata* e *Kyllinga vaginata* ocorrem nas proximidades das margens de rios da estepe argentina, das quais os rizomas foram estudados anatomicamente, devido ao uso medicinal. Em ambas as espécies, verifica-se a presença de conteúdo de reserva, endoderme com estrias de caspary e, esclerênquima em diferentes regiões (MONTI & MANDRILE, 1998). Com relação a *Microstachys corniculata* não há registros na literatura sobre a anatomia da espécie.

Em geral, como é possível observar nesta compilação de estudos, não há conhecimentos suficientes a respeito das adaptações do sistema subterrâneo das espécies de restinga.

1.4 SITUAÇÃO ATUAL DAS RESTINGAS

As regiões costeiras, historicamente, foram as primeiras regiões brasileiras a serem ocupadas pelos “colonizadores”. Atualmente, grandes cidades brasileiras localizam-se próximas a estas regiões, havendo um contínuo crescimento e pressão sobre esses ecossistemas.

Rosa & Cordazzo (2007) listaram as principais perturbações antrópicas na vegetação de dunas de uma praia do Rio Grande do Sul. Dentre elas cita-se algumas: extração da areia; recreação, com formação de trilhas e pisoteamento humano que culmina com a compactação do solo; deposição de poluentes e lixo; e, introdução de espécies exóticas. Estas perturbações, como apontadas pelos autores, descaracterizam o ambiente das restingas, restringindo a ocorrência de espécies nativas e importantes ecologicamente. Outras perturbações são citadas por Araujo *et al.* (2016) em praias maranhenses, como: remoção da vegetação para empreendimentos civis, urbanos e comerciais; tráfego de carros sobre a vegetação; e, evidência de extração de espécies de interesses paisagísticos.

No litoral do Paraná, certamente, perturbações semelhantes estão presentes. Prova disto são os recentes alagamentos e destruições na orla marítima das cidades litorâneas do estado, causados por uma intensa ressaca do mar⁶. A proximidade dos imóveis, bem como a ausência da vegetação de restinga, podem ser apontados como as principais causas dos estragos e problemas observados.

As regiões costeiras, altamente complexas e diversas, podem ser consideradas como zonas de interface, pois limitam-se com praticamente todos os biomas brasileiros, promovendo a ligação entre os ecossistemas marinhos e terrestres. As funções ecológicas destas regiões relacionam-se com “a prevenção de inundações, a intrusão salina e da erosão costeira; a proteção contra tempestades; a

⁶ Alves, D. M.; Martins, K. M. Ressaca causa grandes prejuízos aos litorais do Paraná e de Santa Catarina. Paraná: Gazeta do Povo, 29/10/2016. Disponível em: <http://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/ressaca-causa-grandes-prejuizos-aos-litorais-do-parana-e-de-santa-catarina-cubh2qd2zdn7lusy63gjxwuxe>. Acesso em 15 nov. 2016.

reciclagem de nutrientes e substâncias poluidoras; e a provisão de habitats e recursos para uma variedade de espécies”. Entretanto, a degradação nas zonas costeiras tem acarretado a perda de habitats; queda da qualidade dos lençóis freáticos; florações de algas marinhas; diminuição da pesca comercial e artesanal; diminuição dos estoques de recursos; e poluição, erosão e enchentes (BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, 2007).

Segundo Marques *et al.* (2015) é prioritária a investigação de longo prazo, bem como a conservação da biodiversidade das áreas costeiras. Embora os estudos individuais contribuam para o entendimento da vegetação em questão, constata-se que, para um entendimento amplo das estratégias adaptativas da vegetação costeira, um estudo mais abrangente, com maior número de espécies e nas diferentes regiões desse ecossistema, possa fornecer informações ecológicas relevantes que venham auxiliar na preservação e recomposição desse ecossistema tão frágil.

Os estudos de Ciccarelli *et al.* (2009, 2010, 2015), que procuram identificar diferentes tipos funcionais de plantas em ambientes costeiros extremos, concluem que há a necessidade da continuidade desse tipo de avaliação, uma vez que essas áreas ainda são pouco conhecidas e sofrem alterações constantes. Avaliação semelhante é feita por Marques *et al.* (2015) mediante uma ampla revisão de estudos na área da restinga do sul e sudeste do Brasil. Os autores constatam que esse ecossistema se encontra altamente fragmentado e que existem lacunas no conhecimento (fisiológicos e morfológicos), que poderiam auxiliar no entendimento dos mesmos em futuras estratégias de conservação.

No Brasil, as áreas de restinga, são consideradas áreas de preservação permanente, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues, desde 1965 e hoje protegidas pela [Lei 12.651, de 25 de maio de 2012](#)⁷. No entanto, devido à grande pressão imobiliária restam poucas áreas de formações de restingas não alteradas. As Unidades de Conservação do Parque Nacional do Superaguí (RODERJAN *et al.*, 2002) e a Ilha do Mel são áreas bem preservadas e de extrema importância para a pesquisa desse ecossistema (MARQUES & BRITZ, 2005).

Com base nas informações contidas nessa introdução, tem-se como hipóteses: (1) em cada uma das áreas de estudo há diferentes caracteres

⁷ Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em 17 nov. 2015.

morfoanatômicos no sistema radicular?; e, (2) as adaptações morfoanatômicas do sistema radicular relacionam-se com as pressões ambientais que ocorrem na restinga?

Sendo assim, espera-se contribuir para uma ampla avaliação morfo-ecológica, das espécies que ocorrem nos diferentes gradientes de restinga da Ilha do Mel, através do estudo de grupos morfo-funcionais, que auxiliam no entendimento funcional de ecossistemas, oferecendo uma ferramenta promissora para os estudos em ecologia preditiva e em mudanças globais, segundo compilação de Ciccarelli (2015). Por fim, futuros projetos para definição dos tipos eco e morfo-funcionais de plantas costeiras poderão ser realizados com base no presente estudo.

1.5 OBJETIVOS

- Caracterizar a estrutura morfoanatômica da raiz de quatro espécies, sendo duas predominantes nos campos abertos não inundáveis e duas nos campos abertos inundáveis, da Ilha do Mel.
- Identificar prováveis caracteres adaptativos do sistema radicular, relacionando-os com as condições ambientais da restinga.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE COLETA

As coletas foram feitas na Ilha do Mel, na restinga da Praia da Fortaleza (Fig. 1), entre o istmo que conecta as duas porções da ilha e o Morro da Fortaleza. Esta área foi selecionada por apresentar uma vegetação, próxima a praia, bastante preservada e que apresenta as formações vegetacionais de interesse (Fig. 2).

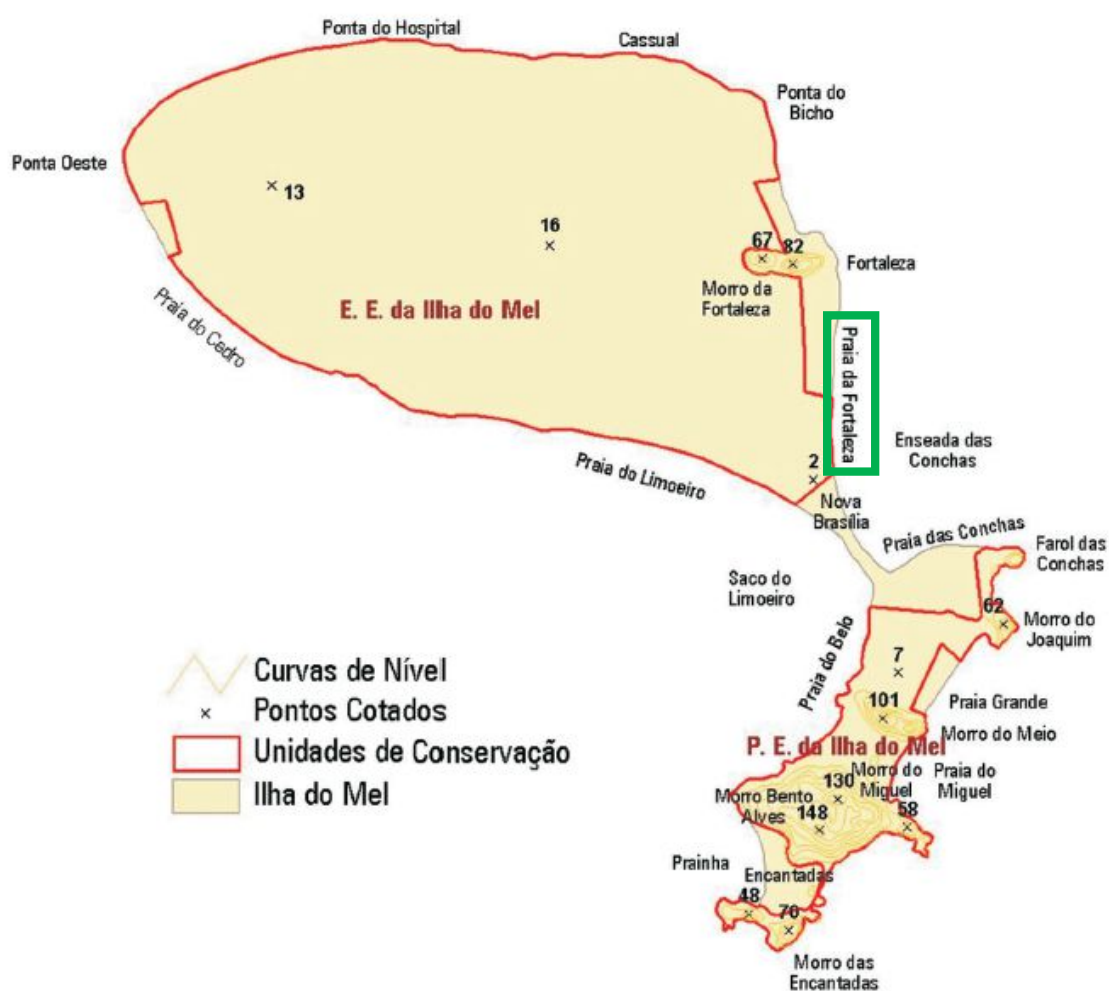


Figura 1 – Mapa da Ilha do Mel. Em verde, sinaliza-se a área de coleta de espécies da restinga.
 Fonte: Modificado de Brites & Marques, 2005, *in* MARQUES & BRITIZ, 2005.



Figura 2 – Área de coleta, na Praia da Fortaleza, Ilha do Me/PR. Neste ambiente está compreendida ambas as áreas vegetacionais de interesse: o campo aberto não inundável e o campo aberto inundável.

Foto: a autora.

As formações vegetais determinadas para coleta, na planície litorânea da Ilha do Mel, correspondem a sucessão de diferentes áreas vegetais a partir da praia, sendo elas o campo aberto não inundável e o campo aberto inundável.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS VEGETACIONAIS

As formações vegetais das áreas de coleta foram caracterizadas de acordo com Menezes-Silva & Britez, 2005, *in* MARQUES & BRITEZ, 2005:

O campo aberto não inundável é considerado como a primeira faixa de vegetação após a linha da praia, nas chamadas “antedunas”, circundando 80% da ilha. Esta vegetação campestre tem sido privilegiada nos últimos 15 anos devido a formação de depósitos de sedimentos. Como o próprio nome sugere, não ocorre inundações, nem no período de chuvas, nem acumulação de água doce pela

ascensão do lençol freático, ao contrário do que ocorre nas áreas de campo aberto inundável, em depressões.

Além de ocorrer em depressões entre os cordões litorâneos, a vegetação do tipo campo aberto inundável pode ser encontrada em áreas abertas e úmidas no interior da planície. Esta formação pode ser considerada como a segunda faixa de vegetação, após o campo aberto não inundável, em um gradiente sucessional, que parte da praia em direção ao centro da ilha.

Com relação as espécies presentes em ambas formações campestres, a presença de herbáceas reptantes é comum. Entretanto, além destas, espécies cespitosas também ocorrem na Área 1 e, espécies rizomatosas e eretas, na Área 2.

Dentre as espécies mais comuns no campo aberto não inundável cita-se: *Blutaparon portulacoides*, *Alternanthera marítima*, *Ipomoea pes-caprae*, diversas Poaceae e Cyperaceae (em depressões úmidas) e a espécie *Dalbergia ecastophylla*, ocorrendo isolada e de encontro com o frutíceto fechado inundável (Menezes-Silva & Britez, 2005, in MARQUES & BRITZ, 2005).

Dentre as espécies comumente identificadas no campo aberto inundável tem-se: *Bacopa monnieri*, *Xyris jupicai* var. *jupicai*, *Fymbristylis diphylla*, *Cyperus ligularis*. Nas áreas abertas, mais interioranas desta formação, encontra-se *Blechnum serrulatum* como dominante, junto de Poaceae e Cyperaceae (Menezes-Silva & Britez, 2005, in MARQUES & BRITZ, 2005).

2.3 PROCEDIMENTOS DE COLETA

As espécies estudadas foram definidas em campo, de acordo com a predominância, após observação da flora que ocorre em ambas as áreas de estudo, baseando-se no levantamento de Menezes-Silva (1998).

Em cada área foram coletadas duas espécies de plantas distintas, totalizando quatro espécies diferentes: *Polygala cyparissias* e *Spartina ciliata*, no campo aberto não inundável; e *Kyllinga vaginata* e *Microstachys corniculata*, no campo aberto inundável. Cada espécie teve um total de 3 espécimes coletados, totalizando 12 amostras do sistema radicular para análise morfoanatômica comparativa. As coletas foram no início da primavera.

A escavação delicada da areia foi necessária a fim de preservar as zonas de absorção. Plantas pequenas foram coletadas em seu todo. Se tratando de solos

arenosos, a lavagem das raízes para retirada de excedentes do solo foi branda e delicada, preservando, principalmente, as regiões com crescimento primário, geralmente finas (PÉREZ-HARGUINDEGUY *et al.*, 2013), com a utilização de bandejas plásticas.

Para a análise anatômica, amostras da região apical, de distensão e pilífera da raiz de cada espécime foram fixadas ainda em campo, em FAA 50.

Para cada espécie foi coletado material testemunho, na forma de exsicata, para confirmação da identificação de acordo com material depositado no Herbário do Departamento de Botânica (UPCB) da Universidade Federal do Paraná no setor de Ciências Biológicas, no campus Centro Politécnico, Curitiba, Paraná.

2.3.1 Espécies Amostradas

2.3.1.1 *Kyllinga vaginata* Lam.

A espécie *Kyllinga vaginata* Lam. é uma erva, pertencente à família Cyperaceae. Espécie nativa do Brasil, mas não endêmica, apresentando ocorrências confirmadas em todos os estados e biomas brasileiros. Ocorre em vegetações do tipo campo limpo, floresta ciliar e aquática (ALVES *et al.*, 2015). No estado do Rio Grande do Sul, a espécie foi “encontrada preferencialmente na região litorânea associada a campos arenosos úmidos, dunas e gramados” (TREVISAN *et al.*, 2007, p. 33). Semelhante ao encontrado em campo, Trevisan *et al.* (2007, p. 33) observa que “em ambientes sob forte estresse hídrico [...], as folhas são reduzidas à bainha”. A espécie foi coletada no campo aberto inundável da Ilha do Mel, em período em que o solo não estava alagado.

2.3.1.2 *Spartina ciliata* Brongn.

Pertencente à família Poaceae, *Spartina ciliata* Brongn. é uma erva nativa, não endêmica do Brasil. Ocorre nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo e em todos os estados da região Sul, nos domínios Mata Atlântica e Pampa. O tipo de vegetação associado são manguezais e a restinga (FILGUEIRAS & VALLS, 2015). A espécie fora encontrada no campo aberto não inundável, representado pelas dunas mais próximas a linha da praia.

2.3.1.3 *Microstachys corniculata* (Vahl) Griseb.

Ocorrendo no campo aberto inundável, *Microstachys corniculata* (Vahl) Griseb. é uma espécie nativa, não endêmica do Brasil, pertencente à família Euphorbiaceae. Apresenta-se sob a forma de subarbustos, em vegetações de caatinga (stricto sensu), campo rupestre, cerrado (lato sensu) e restinga, dos domínios Amazônia, caatinga, cerrado e Mata Atlântica. Desta forma, sua ocorrência é confirmada em todas as regiões geográficas brasileiras (CORDEIRO *et al.*, 2015). Entretanto, o gênero *Microstachys* ocorre de preferência no Cerrado, mas também em restinga, no estado de São Paulo (PSCHEIDT & CORDEIRO, 2012).

2.3.1.4 *Polygala cyparissias* A.St.-Hil. & Moq.

Pertencente à família Polygalaceae, *Polygala cyparissias* A.St.-Hil. & Moq foi coletada no campo aberto não inundável, nas dunas após a linha da praia. Sob a forma de uma erva ou subarbusto é uma espécie nativa e endêmica do Brasil. Ocorre ao longo do litoral brasileiro, nos domínios Mata Atlântica e Pampa, em vegetação de restinga (PASTORE *et al.*, 2015), exclusivamente em dunas costeiras e antedunas (LÜDTKE *et al.*, 2013). A espécie apresenta hábito escandente, com folhas em posição vertical, em relação ao sol (AGUIAR-DIAS *et al.*, 2012). A espécie floresce e frutifica todos os meses do ano (LÜDTKE *et al.*, 2013).

2.4 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE

As análises foram realizadas no Laboratório de Botânica Estrutural, abrigado pelo Departamento de Botânica, no Setor de Ciências Biológicas, campus Centro Politécnico, da Universidade Federal do Paraná.

2.4.1 ANÁLISE ANATÔMICA

Para a análise anatômica, as amostras fixadas foram armazenadas em etanol 70, infiltradas em historresina (Leica ®), seccionadas em micrótomo de rotação, corados com azul de toluidina e montadas de forma permanente. Quando necessário,

cortes à mão livre com navalha descartável foram realizados e montados de modo semipermanente.

As lâminas foram analisadas qualitativamente e fotografadas em microscópio com câmera digital acoplada (SC30 – Olympus).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Todas as espécies analisadas apresentaram hábito de vida herbáceo, tendo sido coletadas em vegetação campestre, na qual esse hábito é predominante. Isto é constatado ao observar as espécies que ocorrem nesta vegetação da Ilha do Mel.

As monocotiledôneas, *Kyllinga vaginata* (Fig. 3A-B) e *Spartina ciliata* (Fig. 3C), possuem caule rizomatoso.

O rizoma de *K. vaginata* encontrou-se mais superficialmente que os rizomas de *S. ciliata*, os quais encontravam-se em relativa profundidade no solo das dunas.

Raízes adventícias de dois tipos (Fig. 3D), provenientes do rizoma, foram identificadas em *K. vaginata*. As raízes jovens na extremidade do rizoma eram mais curtas e de coloração esbranquiçada, com algumas regiões próximas aos ápices radiculares dilatados (Fig. 3E). Nestas regiões havia a proliferação de muitas raízes laterais com abundância de tricomas. As raízes mais desenvolvidas eram longas e apresentaram coloração avermelhada com muitas raízes laterais finas.

A gramínea *S. ciliata* possuía também raízes adventícias de dois tipos. Raízes longas e sem ramificações secundárias, pouco comuns e próximas as extremidades dos rizomas, provavelmente representando raízes de exploração do ambiente. As raízes mais desenvolvidas eram longas, com muitas raízes laterais finas (Fig. 3F). Estas raízes possuem a função de absorção devido à presença de tricomas radiculares absorventes.

K. vaginata e *S. ciliata* apresentaram muitas raízes laterais. Isto pode estar relacionado com o solo pobre em nutrientes, que culmina com a produção de aglomerados densos de raízes laterais (DICKISON, 2000). Entretanto, quando há um aumento do potencial hídrico do solo, o sistema radicular xeromórfico desenvolve novas raízes laterais (DICKISON, 2000). Desta forma, é importante estudar a morfologia radicular das espécies em condições de maior umidade, já que as espécies foram coletadas em período relativamente seco.

As eudicotiledôneas *Microstachys corniculata* e *Polygala cyparissias* apresentaram caule aéreo, sendo ereto ou prostrado em *M. corniculata* (Fig. 3G) e prostrado em *P. cyparissias* (Fig. 3H). O sistema radicular de ambas as espécies era pivotante (Figs. 3I e 3J-K, respectivamente).

Em *M. corniculata* a raiz primária é evidente, em relação as raízes de segunda ordem (Fig. 3I). Em *P. cyparissias*, o hipocótilo é robusto e desenvolve-se num provável xilopódio, o qual constitui-se de várias gemas e ramos na região do nó cotiledonar (Fig. 3J-L). A análise sob microscópio estereoscópico notou possíveis gemas radiculares, que originariam caules subterrâneos, com provável função de propagação vegetativa.



Figura 3 – Espécies coletadas e seus sistemas radiculares: (A, B) *Kyllinga vaginata*. (B) Apresentação do rizoma (seta) e raízes. (C) *Spartina ciliata*. (D) Destaque para os dois tipos de raízes adventícias observados em *K. vaginata*, curtas (seta branca) e longas (seta preta). (E) Região apical de uma raiz curta de *K. vaginata*, indicando a coifa (seta) e a região dilatada (*). (F) Raízes adventícias com ramificações laterais (seta) de *Spartina ciliata*. (G) *Microstachys corniculata*. (H) *Polygala cyparissias*. (I) Sistema radicular de *M. corniculata*. (J) Plântula de *P. cyparissias*, com destaque para os cotilédones (seta branca) e gemas caulinares (seta preta) no ápice do hipocótilo. (K) Raiz pivotante de *P. cyparissias*. (L) Destaque para o xilopódio (seta branca) e ramos caulinares (seta preta) de *P. cyparissias*. Escalas: (B, D, F, J) 1cm; (E) 500 μ m; (I, K) 3cm.

3.2 DESCRIÇÃO ANATÔMICA

3.2.1 Anatomia das raízes de *Kyllinga vaginata*

As raízes de *Kyllinga vaginata* possuem uma pequena coifa, seguida por uma incipiente zona de alongamento (Fig. 4A-B-C). Em seguida, a zona pilífera com tricomas muito abundantes (Fig. 4B) se prolonga nas zonas de ramificação (Fig. 4D).

Em corte transversal, raízes jovens e ricas em tricomas apresentaram exoderme com células com paredes delgadas, córtex parenquimático com espaços intercelulares e endoderme com paredes delgadas (Fig. 4E). Nestas raízes é possível identificar a endoderme se dividindo (Fig. 4F), sendo apontada como a região de origem da hipertrofia dos tecidos radiculares, observado na região dilatada de raízes curtas. Outras raízes, de menor calibre, apresentam as mesmas características acima, com exceção da endoderme, que apresenta espessamento em O (Fig. 4G).

Em geral, as raízes apresentam tricomas simples, que podem apresentar paredes ligeiramente espessadas (Fig. 4H); epiderme simples com paredes delgadas (Fig. 4H-J); exoderme com cerca de três camadas, com paredes ligeiramente espessadas (Fig. 4I-J); córtex com aerênquima lisígeno tangencial, com raios de células vivas (intactas) em formato arredondado (Fig. 4I-J); duas a três camadas do córtex interno com paredes espessadas (Fig. 4K-L); endoderme com paredes muito espessadas, em O (Fig. 4K-L), com células de passagem (Fig. 4K); periciclo esclerificado (Fig. 4L); cilindro vascular poliarco com um vaso de metaxilema tardio no centro da medula, envolto por tecido fundamental esclerificado (Fig. 4K-L).

Segundo Getliffe Norris (1983), a anatomia da raiz jovem de espécies de *Kyllinga* da África do Sul tem estrutura semelhante às raízes de *K. vaginata*. No entanto, apresentaram tecido aerenquimatoso formado de modo radial pelas células corticais, e não tangencial como observado em *K. vaginata*.

A anatomia da região dilatada das raízes curtas (Fig. 5A) revelou um córtex hipertrofiado com proliferação de células parenquimáticas (Fig. 5A-B). Nessa região a endoderme está rompida (Fig. 5C) e o cilindro vascular desorganizado devido à presença de células hipertrofiadas com paredes finas e citoplasma denso (Fig. 5C-D), semelhante a células secretoras. Uma investigação mais apurada precisa ser realizada para entender sua origem e função. O metaxilema central é visível (Fig. 5A), porém o protoxilema e o floema apresentam-se desorganizados de modo geral (Fig.

5C-E-F). Além disso, a uma intensa proliferação de raízes laterais (Fig. 5E-F). Na literatura não há registros sobre esta estrutura. Sendo assim, recomenda-se um estudo ontogênico para compreender sua funcionalidade nestas raízes.

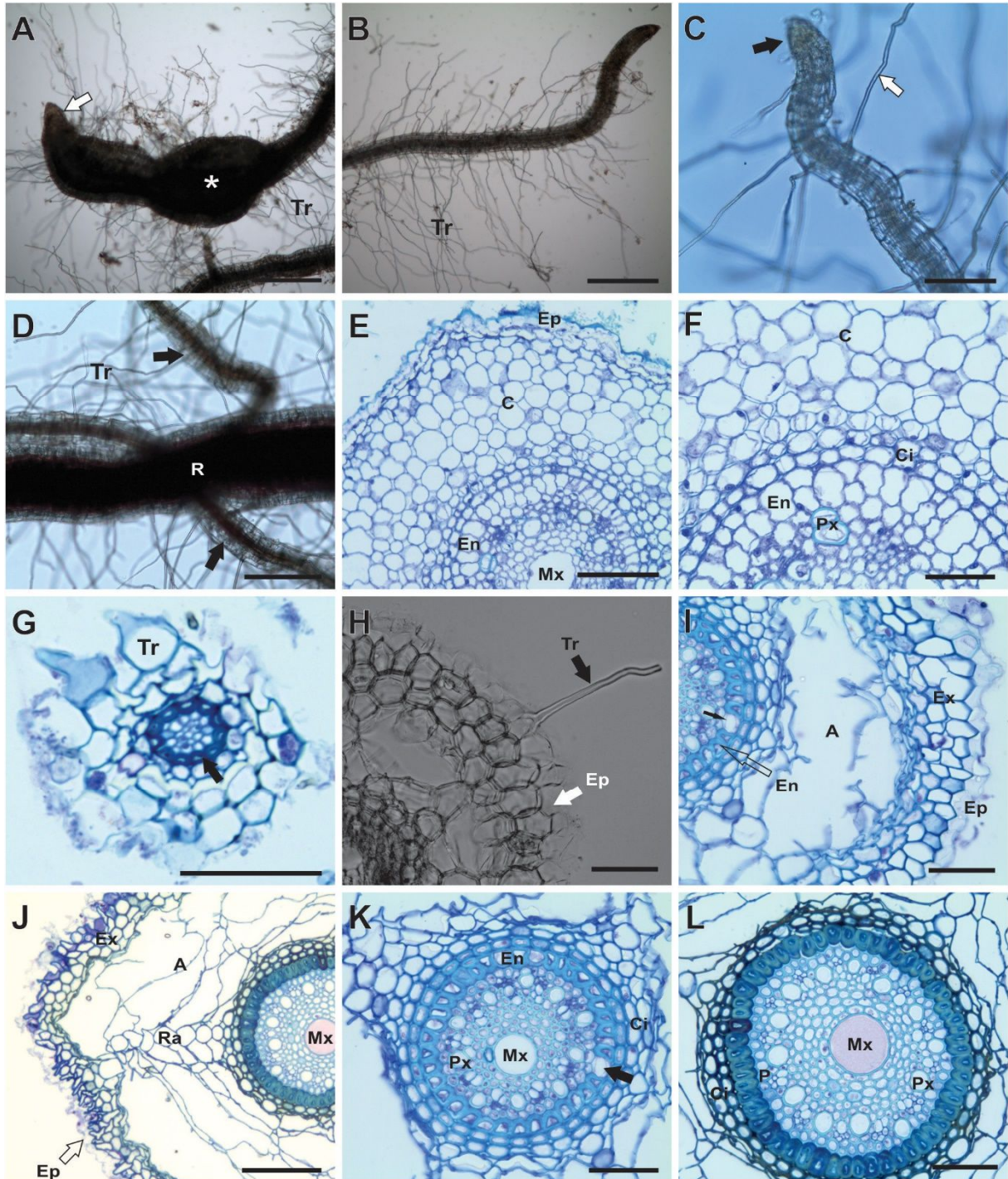


Figura 4 – Anatomia da raiz de *Kyllinga vaginata*: (A) Região apical de uma raiz curta, com coifa (seta) e região dilatada (*). (B) Raiz longa com tricomas muito abundantes. (C) Detalhe da região apical de uma raiz longa, com coifa (seta preta) e tricomas (seta branca). (D) Raiz longa com ramificações laterais (seta preta) e tricomas muito abundantes. (E) Corte transversal de uma raiz jovem. (F) Detalhe da raiz jovem com endoderme se dividindo. (G) Raiz de menor calibre com endoderme espessada (seta). (H) Secção à mão livre de uma raiz com tricoma (seta preta). (I-L) Raiz desenvolvida com aerênquima. (I) Córtex com desenvolvimento de aerênquima; endoderme com célula de passagem (seta preta). (J) Raiz com aerênquima desenvolvido. (K-L) Detalhe da endoderme muito espessada, com célula de passagem (seta preta) e cilindro vascular poliarco. Siglas: (A) Aerênquima; (C) Córtex; (Ci) Córtex interno; (En) Endoderme; (Ep) Epiderme; (Ex) Exoderme; (Mx) Metaxilema; (P) Periciclo; (Px) Protoxilema; (R) Raiz adventícia de primeira ordem; (Ra) Raio de células vivas no aerênquima; (Tr) Tricoma(s). Escalas: (A, B) 500µm; (C, E, J) 100µm; (D) 200µm; (F, G, H, I, K, L) 50µm.

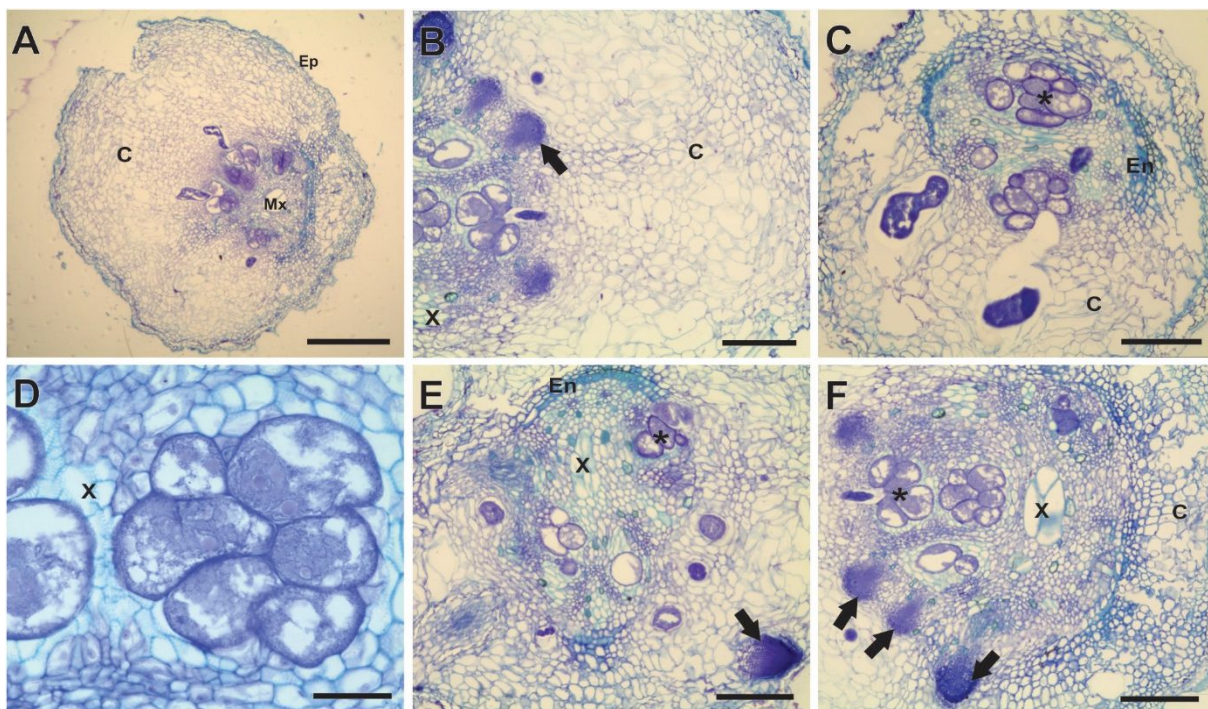


Figura 5 – Anatomia da região dilatada das raízes curtas de *Kyllinga vaginata*: (A) Região dilatada nas raízes curtas. (B) Detalhe do córtex hipertrofiado da região dilatada, com raízes laterais (seta). (C) Detalhe da endoderme e cilindro vascular rompido, com células hipertrofiadas (*). (D) Detalhe das células hipertrofiadas com paredes finas e citoplasma denso. (E-F) Detalhe do cilindro vascular e proliferação de raízes laterais (setas) na região dilatada. Siglas: (C) Córtex; (En) Endoderme; (Ep) Epiderme; (Mx) Metaxilema; (X) Xilema. Escalas: (A) 500 μ m; (B, C, E, F) 200 μ m; (D) 50 μ m.

3.2.2 Anatomia das raízes de *Spartina ciliata*

As raízes de *Spartina ciliata* possuem coifa pouco desenvolvida, zona de distensão muito curta (Fig. 6A) e zona pilífera extensa, com muitos tricomas simples e relativamente curtos (Fig. 6B), quando comparados com os tricomas de *Kyllinga vaginata*.

Em secção transversal, a epiderme com células globosas, sem espessamentos na exoderme e na endoderme, córtex com espaço intercelulares conspícuos (Fig. 6C) e cilindro vascular com tecido fundamental (Fig. 6D) são caracteres observados em raízes jovens. Raízes de pequeno calibre apresentam as mesmas características, porém com espessamento em U na endoderme (Fig. 6E).

Geralmente, as raízes de *S. ciliata* apresentam epiderme simples com células quadradas (Fig. 6F), que, em estágios mais desenvolvidos, torna-se achatada (Fig. 6G-H). A exoderme é pluriestratificada, com 2 camadas (Fig. 6F) em raízes mais jovens e cerca de 6 camadas (Fig. 6G-H) nas raízes mais desenvolvidas, ocupando cerca de 1/3 do córtex, com paredes das células ligeiramente espessadas em ambas as idades. Em raízes jovens, o córtex é, em seu todo, parenquimático com espaços intercelulares (Fig. 6F), formado por poucas camadas de parênquima entre a exoderme e a endoderme. A região mediana do córtex é formada por aerênquima lisígeno radial, com alguns raios de células intactas (Fig. 6G). Cerca de 3 camadas internas do córtex, das raízes aerenquimatosas, possuem células com paredes ligeiramente espessadas, com espaços intercelulares (Fig. 6H-I), limitadas internamente pela endoderme com espessamento em U (Fig. 6E-I). O cilindro vascular é poliarco (Fig. 6G) e delimitado pelo periciclo esclerificado (Fig. 6I), com os elementos vasculares envolvidos por tecido fundamental esclerificado, delimitando uma medula (Fig. 6G). No floema (Fig. 6I), identificam-se elementos crivados conspícuos, cuja placa crivada é evidente em alguns casos.

Spartina densiflora (PERAZZOLO & PINHEIRO, 1991), que ocorre em marismas da Lagoa dos Patos/RS, é semelhante a *S. ciliata*. Entretanto, no interior do cilindro vascular, há espaços intercelulares, diferindo da espécie aqui analisada.

Spartina townsendii foi estudada por Sutherland & Eastwood (1916). Os autores apontaram que a epiderme se decompõe, restando a exoderme persistente, na terceira camada original. Esta característica não foi identificada em *S. ciliata*.

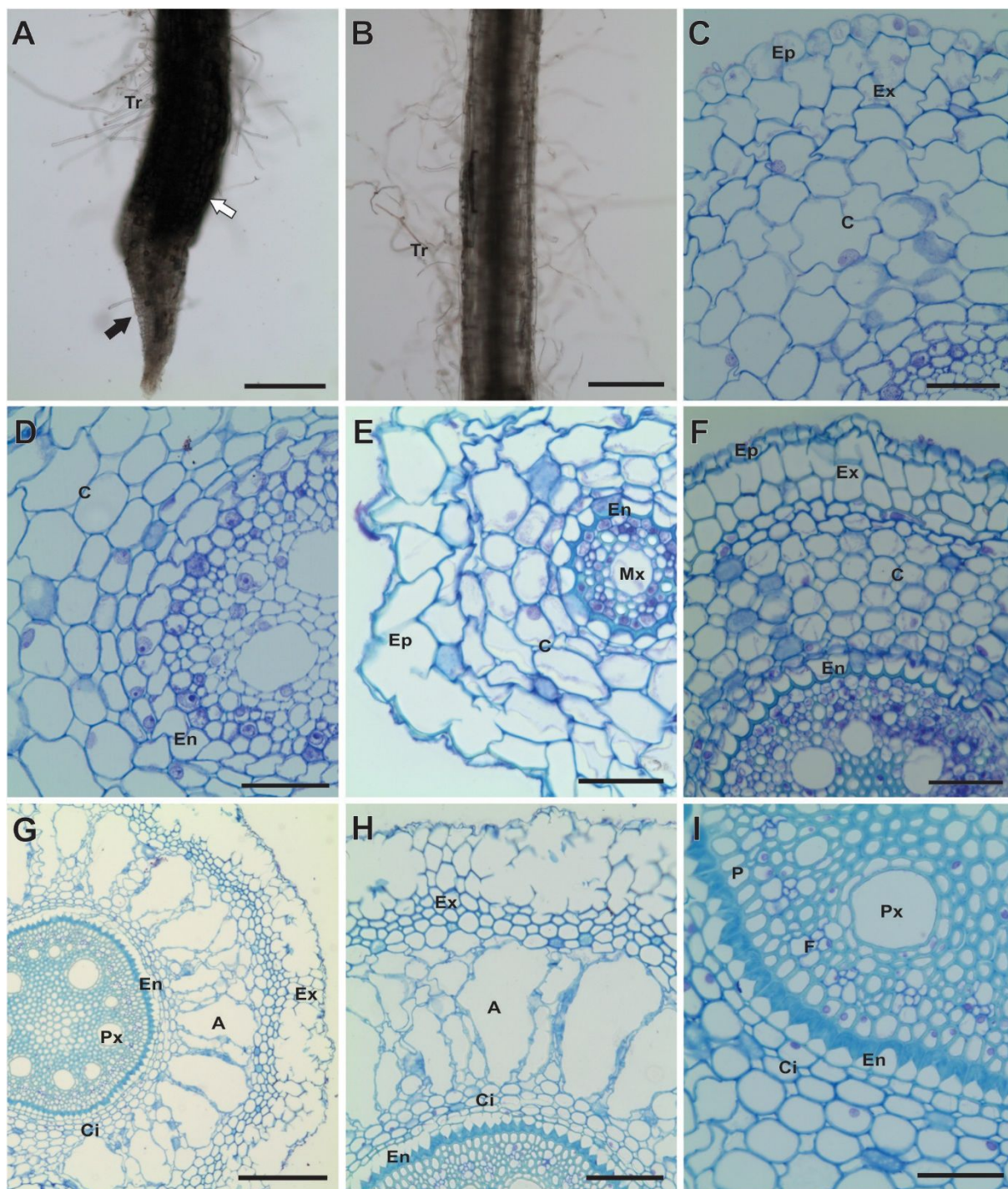


Figura 6 – Anatomia da raiz de *Spartina ciliata*: (A) Região apical das raízes adventícias, com indicação da coifa (seta preta) e zona de alongamento (seta branca). (B) Zona pilífera. (C) Raiz jovem com exoderme em diferenciação, espaços intercelulares corticais e ausência de espessamento na endoderme. (D) Detalhe do córtex de uma raiz jovem. (E) Raiz de menor calibre, com espessamento em U, na endoderme. (F) Raiz com espaços intercelulares no córtex e endoderme com espessamento em U. (G-H) Raiz desenvolvida, com formação de aerênquima lisígeno radial. (I) Detalhe da endoderme e cilindro vascular. Siglas: (A) Aerênquima; (C) Córtex; (Ci) Córtex interno; (En) Endoderme; (Ep) Epiderme; (Ex) Exoderme; (F) Floema; (Mx) Metaxilema; (P) Periciclo; (Px) Protoxilema; (Tr) Tricoma(s). Escalas: (A, B, G) 200µm; (C, D, E, F, I) 50µm; (H) 100µm.

3.2.3 Anatomia das raízes de *Microstachys corniculata*

As raízes de possuem coifa evidente, com coloração amarronzada, seguida pela zona de distensão alongada (Fig. 7A) e zona pilífera com tricomas simples de paredes finas (Fig. 7B-C), mas pouco longos quando comparados com os tricomas absorventes de *Kyllinga vaginata* e *Spartina ciliata*.

Em cortes transversais, nas raízes em crescimento primário mais jovens, observa-se epiderme simples com paredes delgadas; tricomas simples; exoderme não distinguível, córtex parenquimático com alguns espaços intercelulares (Fig. 7D); endoderme com paredes delgadas (Fig. 7E) e estrias de caspary; periciclo parenquimático com células grandes e paredes delgadas; e, cilindro vascular diarco. Em raízes primárias um pouco mais desenvolvidas nota-se que as células epidérmicas são achatadas; a única camada de exoderme apresenta paredes celulares periclinais externas espessadas e lignificadas; o córtex é parenquimático com pequenos espaços intercelulares e encontra-se associado com hifas fúngicas, endo e ectomicorrízicas; e há diferenciação do xilema primário em metaxilema (Fig. 7F).

Nas raízes com estrutura secundária, inicialmente a exoderme permanece como tecido de proteção (Fig. 7G). O córtex primário está presente, com células parenquimáticas que se expandem tangencialmente (Fig. 7G). Estas células do córtex se dividem anticlinalmente, tornando-se mais distendidas e ovaladas, indicando que antes do desenvolvimento do felogênio, o córtex necessita expandir-se para ocupar um cilindro vascular em crescimento secundário ativo. Embora o câmbio se instale bastante cedo nas raízes, com presença de xilema e floema secundários evidentes, a periderme não se diferencia junto do câmbio (Fig. 7H). O xilema secundário é composto por vasos de grande calibre, associados com fibras espessadas e lignificadas e raios estreitos (Fig. 7I-J). O floema possui elementos crivados com células companheiras evidentes (Fig. 7I).

Não há registros anatômicos para nenhuma espécie do gênero *Microstachys* na literatura.

A associação com hifas de fungos foi observada apenas em *M. corniculata*. Porém, ambos os tipos de fungos micorrízicos, endotróficos e ectotróficos, colonizam mais de 90% das espécies de plantas (MAUN, 2009).

Dentre os benefícios, para as plantas da restinga, está o aumento da exploração do solo; transferência de nitrogênio orgânico para as raízes; fornecimento

de fósforo e outros nutrientes; agregação do solo; diminuição do estresse hídrico, proteção das raízes contra patógenos; tolerância a salinidade; e, transferência de nutrientes entre plantas. Desta forma, as micorrizas facilitam o estabelecimento, crescimento e reprodução das espécies de plantas da restinga (MAUN, 2009).

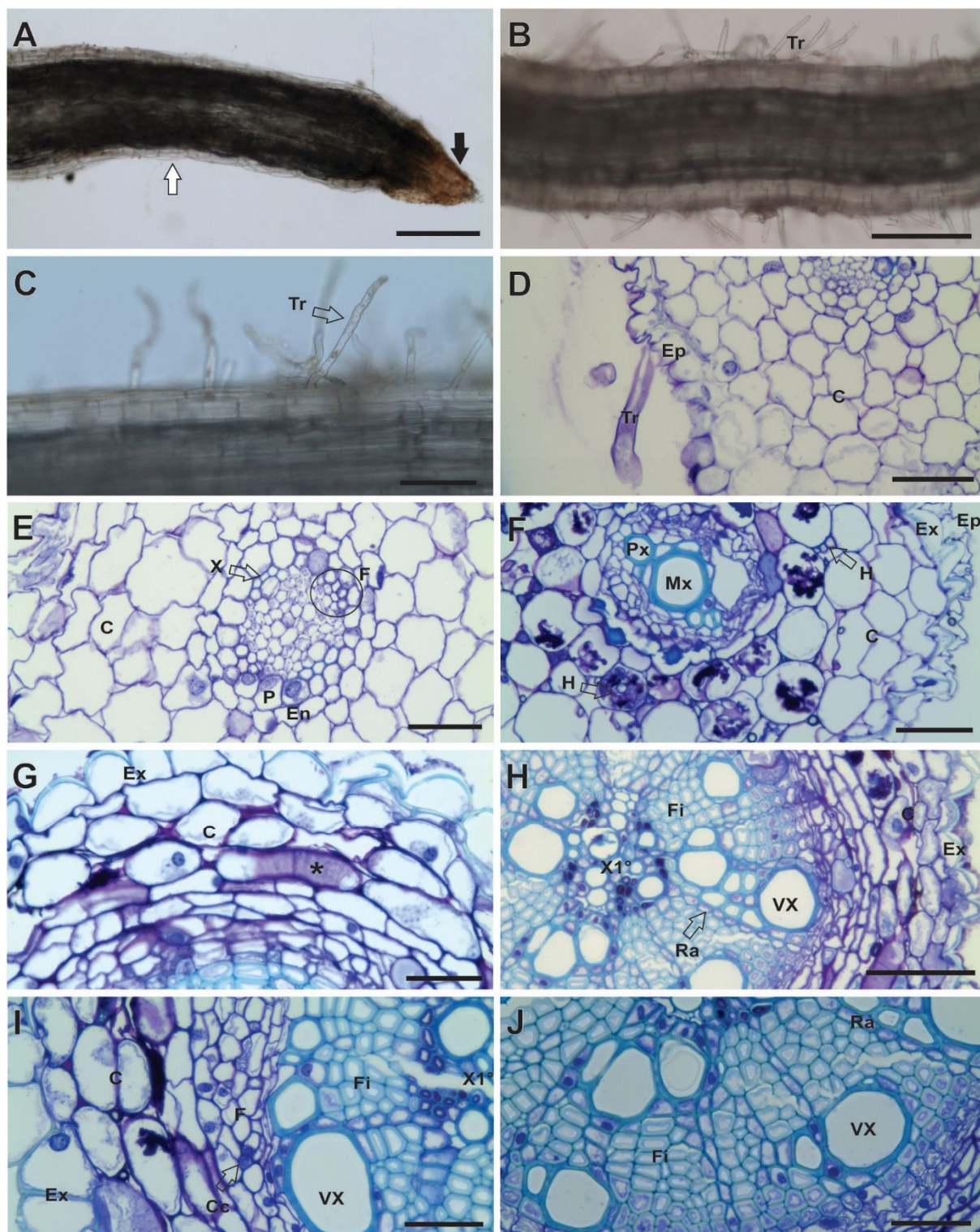


Figura 7 – Anatomia da raiz de *Microstachys corniculata*: (A) Ápice radicular, demonstrando coifa (seta preta) e zona de alongamento (seta branca). (B-C) Zona pilífera da raiz. (D-E) Raiz primária jovem. (F) Raiz primária com metaxilema diferenciado. (G) Detalhe do córtex primário em raiz no início do crescimento secundário, com células corticais se distendendo tangencialmente (*). (H) Raiz com crescimento secundário sem formação do felogênio. (I) Detalhe da raiz com crescimento secundário. (J) Detalhe do xilema secundário. Siglas: (C) Córtex; (Cc) Célula companheira do floema; (En) Endoderme; (Ep) Epiderme; (Ex) Exoderme; (F) Floema; (Fi) Fibras; (H) Hifas fúngicas; (Mx) Metaxilema; (P) Periciclo; (Px) Protoxilema; (Ra) Raio parenquimático; (Tr) Tricoma(s); (VX) Vaso do xilema; (X) Xilema; (X1°) Xilema primário. Escalas: (A, B) 200µm; (C, H) 100µm, (D, E, F, G, I, J) 50µm.

3.2.4 Anatomia das raízes de *Polygala cyparissias*

As raízes apresentam coifa curta e pouco distinta seguida por uma zona de distensão alongada (Fig. 8A). Não foram observados tricomas nas análises anatômicas.

Em corte transversal, as raízes em crescimento primário de *Polygala cyparissias* apresentam epiderme simples com paredes periclinais externas espessadas (Fig. 8B); exoderme com paredes finas, não distinta do parênquima (Fig. 8B); córtex parenquimático com algumas células contendo secreção (Fig. 8C); endoderme com estrias de caspary e paredes finas; cilindro vascular diarco (Fig. 8D). O secretado observado no córtex já fora evidenciada em células da epiderme foliar, inclusive em células subsidiárias dos estômatos (Aguiar-Dias et al., 2012).

No início do crescimento secundário, a epiderme é persistente (Fig. 8E); as células do córtex parenquimático se distendem tangencialmente e as células da endoderme são maiores que as demais do córtex (Fig. 8F). Quando o tecido de revestimento secundário se instala, constituindo a periderme, há apenas algumas camadas (Fig. 8G-H), enquanto que os tecidos vasculares secundários já estão bastante desenvolvidos. O câmbio (Fig. 8F-G) forma raios parenquimáticos evidentes, mais largos no floema e que afunilam em direção ao centro da raiz (Fig. 8I-J). No floema secundário, as células companheiras são evidentes (Fig. 8H). O xilema secundário é composto de vasos grandes, em geral solitários, fibras e raios parenquimáticos (Fig. 8J).

Aguiar-Dias (2008) realizou estudos morfológicos em cinco espécies do gênero *Polygala*, provenientes do cerrado e da restinga, incluindo anatomia de raízes. As espécies de restinga estudadas foram *P. cyparissias*, *P. laureola* e *P. paniculata*, enquanto que as de cerrado foram *P. angulata* e *P. violaceae*. A anatomia das raízes primárias das espécies de restinga quanto das de cerrado apresentaram os mesmos resultados deste trabalho. As estruturas secundárias das raízes também confirmam os resultados aqui apontados. Entre as espécies houve diferenças no número de camadas corticais, sendo que em *P. angulata* são dez e em *P. violaceae*, duas. Em *P. angulata* e em *P. laureola* houve presença de células esclerenquimáticas perivasculares. Raízes gemíferas foram identificadas em *P. angulata* e em *P. violaceae*, ambas do cerrado. Em *P. laureola*, da restinga, encontrou-se caule

subterrâneo em estrutura secundária, apontando para uma propagação vegetativa pelo sistema subterrâneo de origem caulinar.

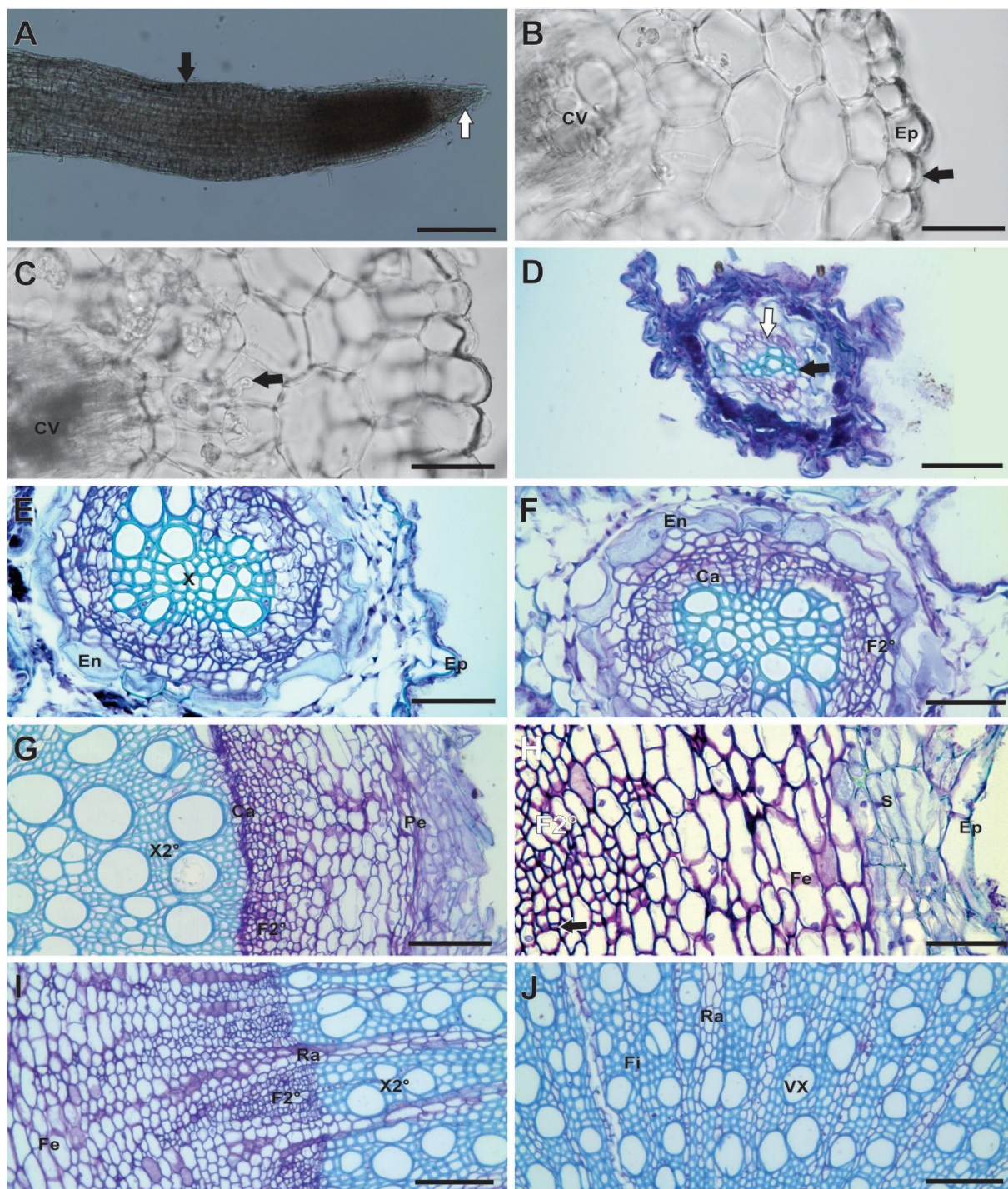


Figura 8 – Anatomia da raiz de *Polygala cyparissias*: (A) Ápice radicular de *P. cyparissias*, com indicação da coifa (seta branca) e zona de alongamento (seta preta). (B) Corte transversal à mão livre de raiz primária, indicando o espessamento da parede celular externa das células da epiderme (seta). (C) Detalhe do córtex de raiz primária, com indicação de secreção (seta). (D) Raiz primária, com cilindro vascular diarco, com xilema primário (seta preta) e floema primário (seta branca). (E-F) Início do crescimento secundário. (G) Crescimento secundário, com câmbio e felogênio instalados. (H) Detalhe do córtex secundário, com indicação de célula companheira do floema secundário (seta). (I) Detalhe do floema e xilema secundários, com presença de raios parenquimáticos proeminentes. (J) Detalhe do xilema secundário. Siglas: (C1°) Córtex primário; (Ca) Câmbio; (CV) Cilindro vascular; (Ep) Epiderme; (En) Endoderme; (F2°) Floema secundário; (Fe) Feloderme; (Fi) Fibras; (Ra) Raio parenquimático; (S) Súber; (VX) Vaso do xilema; (X2°) Xilema secundário. Escalas: (A) 200µm; (B, C, D, E, F, H) 50µm; (G, I, J) 100µm.

3.3 ADAPTAÇÕES DO SISTEMA RADICULAR

3.3.1 Xilopódio

Xilopódios originam-se a partir da tuberização do hipocótilo e da raiz primária, apresentando estrutura complexa em termos anatômicos, podendo ser de natureza radicular, mista e caulinar. Morfologicamente possui consistência rígida, caracterizando pela capacidade gemífera, além de realizar auto-enxertia. Comumente, espécies de cerrado apresentam esta estrutura. (APPEZZATO-DA-GLÓRIA, 2003)

A espécie *Polygala cyparissias*, estudada neste trabalho, apresentou estrutura subterrânea muito semelhante a um xilopódio. Outra espécie da mesma família, *Polygala adenophylla*, quando em solos extremamente áridos de campos com afloramentos rochosos do Parque Estadual de Itapuã/RS, pode apresentar xilopódio, de acordo com Lüdtke e Miotto (2008).

Monnina oblongifolia (Polygalaceae) pode apresentar ou não xilopódio. Esta espécie é encontrada em ambientes diversos, como em solos arenosos, campos limpos secos ou úmidos e pedregosos. *Monnina richardiana* (Polygalaceae) também apresenta a estrutura, sendo encontrada em campos limpos de solos secos, úmidos e pedregosos (LÜDTKE *et al.*, 2009).

Polygala cyparissias é uma espécie endêmica da restinga, ocorrendo nas dunas da Ilha do Mel/PR. Especula-se que a instabilidade do solo pode estar promovendo na espécie a formação de uma estrutura de resistência como o xilopódio. Isto pode ser relacionado com as ocorrências de xilopódio em outras espécies da família Polygalaceae, em habitats com estresse semelhante, como solos arenosos, áridos e pedregosos.

Entretanto faz-se necessário estudos anatômicos da estrutura em *P. cyparissias*.

Com relação a presença de xilopódios, em espécies de outras famílias, ocorrentes em restinga, cita-se *Pterocaulon angustifolium* (Asteraceae) em dunas secundárias e *Pterocaulon lorentzii* (Asteraceae) em solos arenosos do litoral do Rio Grande do Sul, sendo que em ambas as espécies há xilopódios bem desenvolvidos (LIMA & MATZENBACER, 2008).

É importante ressaltar que xilopódios são estruturas que podem estar relacionadas a pressões ambientais ou simplesmente a genética de uma da espécie, ocorrendo sem qualquer influência ambiental (APPEZZATO-DA-GLÓRIA, 2003).

3.3.2 Abundância de Tricomas Radiculares

Kyllinga vaginata e *Spartina ciliata* apresentaram tricomas absorventes muito abundantes. Em *K. vaginata* estes se concentram próximos ao ápice radicular, havendo uma estreita zona de alongamento nestas raízes.

Os tricomas radiculares são resultado de prolongamentos tubulares das células epidérmicas. Estão relacionados com a absorção de água e nutrientes, ao aumentar consideravelmente a superfície de absorção das raízes. Possuem parede fina e vacúolos grandes e são efêmeros. Entretanto, em algumas plantas podem permanecer por mais tempo, ao apresentarem espessamento na parede celular, com suberina ou lignina, o que, conseqüentemente, culmina com a perda da habilidade de absorção (Alquini *et al.*, 2006 in APPEZZATO-DA-GLÓRIA & CARMELLO-GUERREIRO, 2006; EVERT & EICHHORN, 2014).

Sendo assim, as espécies que possuem grande incidência de tricomas radiculares apresentam um provável aumento na absorção de água e nutrientes, em um solo arenoso com baixa retenção de água e baixa disponibilidade de nutrientes.

Sugere-se um estudo sobre a densidade de tricomas nas raízes de espécies de restinga, correlacionando com outros caracteres morfoanatômicos.

3.3.3 Aerênquima

Inundações promovem o deslocamento do ar, esgotando o oxigênio do solo, além de retardar a difusão do oxigênio através do solo (JACKSON & ARMSTRONG, 1999). As plantas desenvolvem pelo menos duas estratégias para evitar a anóxia de suas raízes: o enraizamento superficial e o desenvolvimento reforçado do espaço gasoso interno (ARMSTRONG *et al.*, 1991; DICKISON, 2000).

O aerênquima é um tecido parenquimático em que houve um maior desenvolvimento de espaços gasosos, a partir da separação parcial das células (JACKSON & ARMSTRONG, 1999). A função deste tecido está relacionada com a facilitação do transporte de gás, seja reduzindo a resistência difusiva do transporte

longitudinal de gases entre a porção aérea e as raízes; ou, provocando uma redução na demanda de oxigênio por unidade de volume no órgão (ARMSTRONG *et al.*, 1991; ARMSTRONG *et al.*, 1994).

Em *Spartina ciliata* e em *Kyllinga vaginata* houve a presença do aerênquima ocorrendo em ambientes distintos, tanto no campo aberto não inundável, quanto no campo aberto inundável, respectivamente.

O desenvolvimento de aerênquima ocorre antes que a raiz sofra estresse severo ou anóxia (ARMSTRONG *et al.*, 1991; EVANS, 2003), sendo que esta situação foi observada nas plantas estudadas, já que o ambiente em que foram coletadas estava seco. Desta forma, *S. ciliata* e *K. vaginata* apresentam potencial para sobreviver em caso de maré alta ou inundações, respectivamente. *S. ciliata* apresenta, também, lacunas aeríferas nas folhas (SANTOS & ALMEIDA, 2000).

No córtex primário de *Microstachys corniculata* observou-se pequenos espaços intercelulares. Naturalmente *Sebastiania commersoniana* (Euphorbiaceae) ocorre em planícies aluviais, sendo submetida a alagamento em laboratório, para verificar as adaptações anatômicas decorrentes desta situação, neste caso, nas raízes: ocorrência de raízes laterais novas e raízes adventícias; espaços intercelulares no parênquima cortical, em raízes secundárias, aumento do diâmetro de células parenquimáticas do córtex; menor diâmetro dos elementos de vaso; aumento do tecido cortical da raiz principal, quando incluídas lenticelas; espessura do cilindro vascular menor; e, diminuição da massa seca acumulada em raízes e porção aérea, em comparação com plantas-controle (KOLB *et al.*, 1998). Os autores concluíram que o menor diâmetro dos vasos está relacionado a garantia da eficiência no transporte de água, além de evitar embolia. A diminuição da massa seca reflete que as plantas não se desenvolveram durante o período de alagamento, havendo retomada após a reaeração (KOLB *et al.*, 1998).

A mesma situação de *S. commersoniana* pode ocorrer com *M. corniculata*, quando em período de alagamento. No período em que a coleta fora realizada, o campo aberto inundável, localizado em uma depressão após as dunas, estava seco. Em períodos mais úmidos, provavelmente esta região é alagada por águas pluviais, havendo lixiviação do sal presente no solo, porém adquirindo a condição de hipóxia. A presença dos espaços intercelulares no córtex sugere um potencial para sobrevivência, quando a região é inundada. Sugere-se que a planta seja analisada anatomicamente, quando alagada naturalmente, a título de comparação, pois

“independentemente do grau de diferenciação, os tecidos corticais apresentam numerosos espaços intercelulares [...] essenciais para a aeração das células da raiz” (EVERT & EICHHORN, 2014).

3.3.4 Epiderme e Exoderme Persistentes

Em geral, a formação da periderme, tecido de revestimento no crescimento secundário, ocorre em seguida da produção do xilema e floema secundários (EVERT & EICHHORN, 2014). Entretanto, no início do crescimento secundário, em *Microstachys corniculata* observa-se uma exoderme persistente, enquanto que em *Polygala cyparissias*, a epiderme é persistente, apontando que a periderme não se instala logo em seguida dos tecidos vasculares secundários.

A epiderme é um tecido de revestimento, originado da protoderme, que é composto, em geral, por uma única camada de células justapostas, sem quaisquer espaços intercelulares. Na raiz, essencialmente a epiderme possui a função de absorver água e sais minerais, com auxílio dos pelos radiculares; impedir a ação de choques mecânicos e a invasão de patógenos (Alquini *et al.*, 2006 *in* APPEZZATO-DA-GLÓRIA & CARMELLO-GUERREIRO, 2006). Em raízes jovens, é um tecido de absorção especializado (EVERT & EICHHORN, 2014).

Já a exoderme, a camada mais externa do córtex, possui células justapostas com estrias de caspary e deposição de lamela de suberina, podendo haver posterior esclerificação. Apresenta a função de impedir a perda de água da raiz para o solo, além de promover proteção contra microrganismos (APPEZZATO-DA-GLÓRIA & CARMELLO-GUERREIRO, 2006; EVERT & EICHHORN, 2014).

A suberização da exoderme e da endoderme também são uma resposta anatômica a inundações (DICKISON, 2000). Em *M. corniculata*, espécie que ocorre no campo aberto inundável, evidencia-se esta característica na exoderme, na qual as paredes tangenciais externas estão espessadas. Sendo assim, o movimento da água é limitado a via simplasto, através dos plasmodesmos (EVERT & EICHHORN, 2014).

Desta forma, a epiderme e a exoderme, ambas com paredes espessadas, de *P. cyparissias* e *M. corniculata*, respectivamente, representam tecidos de proteção e prevenção da perda de água, ao permanecerem no início do crescimento secundário.

3.3.5 Paredes Celulares Espessadas e Esclerificadas

Tecido com paredes celulares espessadas e/ou esclerificadas foram observados em todas as espécies estudadas. Em *Kyllinga vaginata* houve tricomas, exoderme e células do córtex interno com paredes espessadas, endoderme com paredes muito espessadas em O e periciclo e tecido fundamental do cilindro vascular esclerificados. Em *Spartina ciliata*, as células da exoderme se mostraram com paredes ligeiramente espessadas, células do córtex interno com paredes espessadas, endoderme com espessamento em U e periciclo e região central do cilindro vascular esclerificados. Em *Microstachys corniculata*, a exoderme persistente de raízes com estrutura secundária inicial apresentou células com paredes periclinais externas espessadas e lignificadas, além de xilema secundário com fibras. Por fim, em *Polygala cyparissias*, a epiderme de raízes com estrutura primária se mostrou com paredes periclinais externas ligeiramente espessadas, ocorrendo também no início do crescimento secundário e, xilema secundário com fibras. Sugere-se que a ocorrência destes tecidos espessados reflete a necessidade de resistência e sustentação das raízes, jovens e velhas, em meio a um solo instável, como o arenoso.

A exoderme formada por várias camadas é observada em *S. ciliata* e *K. vaginata*, associada a um intenso espessamento da endoderme. Nas raízes com exoderme, a água é impedida de passar via apoplasto, devido ao arranjo compacto deste tecido e à impermeabilidade das estrias de Caspary presentes neste tecido (EVERT & EICHHORN, 2014).

A camada mais interna do córtex é a endoderme, com células justapostas e sem espaços intercelulares. Foi observado endoderme muito espessada em *S. ciliata* e *K. vaginata*, ambas monocotiledôneas, sem crescimento secundário. A endoderme é caracterizada pela ocorrência de lamelas de suberina e, em alguns casos, de lignina nas paredes anticlinais, chamadas de estrias de Caspary, impedindo o movimento apoplástico de água e solutos. Em raízes mais velhas, em que o córtex é mantido, todas as paredes das células da endoderme são suberizadas, seguida de deposição de celulose e lignificação (EVERT & EICHHORN, 2014), como é observado nas monocotiledôneas estudadas. Esta característica culmina com o entendimento errôneo de que o movimento de substâncias através da endoderme é impedido. Entretanto, a via simplástica, através de plasmodesmos, garante a passagem de água e nutrientes para o cilindro vascular. Assim, a absorção pelas raízes por ocorrer em

regiões após a zona pilífera (EVERT & EICHHORN, 2014). Além disso, plantas privadas temporariamente de água apresentaram morte de células radiculares até a endoderme, onde o processo é freado (DICKISON, 2000). Na espécie *Allium cepa*, a estria de caspary e a lamela de suberina da endoderme mostraram resistência ao movimento da água, do cilindro vascular para o solo seco. Assim, as camadas interiores da raiz sobrevivem (DICKISON, 2000).

O esclerênquima é um tecido de sustentação, em que há ocorrência de lignina nas paredes das células, além do espessamento secundário da parede (Scatena & Scremin-Dias, 2006, *in* APPEZZATO-DA-GLÓRIA & CARMELLO-GUERREIRO, 2006). Nas eudicotiledôneas, *M. corniculata* e *P. cyparissias*, a ocorrência de fibras no xilema secundário é abundante, refletindo a necessidade de sustentação das raízes em estrutura secundária.

Entretanto, as raízes das plantas estudadas não são xeromórficas, apesar de apresentarem vários graus de esclerofilia, um caractere xeromórfico. Para tanto, deveriam apresentar algumas características de raízes xeromorfas, como: raiz tuberizada e curta; succulência radicular; ausência de pelos radiculares em condições de seca; e, casca espessa, esclerificada, esfoliante e que se racha em grandes porções (DICKISON, 2000).

4 CONCLUSÃO

Este trabalho é um estudo preliminar, a fim de compreender as adaptações morfoanatômicas do sistema subterrâneo em espécies da restinga. Trata-se de um primeiro olhar para o sistema subterrâneo, em vista da diminuta representação na literatura, principalmente de caráter comparativo.

Com base nas observações deste trabalho, alguns caracteres morfoanatômicos podem ser apontados como possíveis adaptações do sistema radicular na restinga, como: (1) esclerificação e espessamentos parietais em todas as espécies, fornecendo sustentação em um ambiente com solo instável; (2) aerênquima, em *Spartina ciliata* (campo aberto não inundável) e em *Kyllinga vaginata* (campo aberto inundável), evitando anóxia durante a maré alta e inundações pluviais, respectivamente; (3) abundância de tricomas radiculares muito próximos do ápice radicular, nestas mesmas as espécies, contribuindo no aumento da superfície de absorção de água e nutrientes, em um solo com baixa retenção de água e baixa disponibilidade de nutrientes; (4) epiderme e exoderme persistentes no início do crescimento secundário, em *Polygala cyparissias* (campo aberto não inundável) e em *Microstachys corniculata* (campo aberto inundável), como tecidos de proteção e prevenção da perda de água, para um ambiente seco; e, (5) xilopódio, em *Polygala cyparissias*, como estrutura de resistência em solo instável.

Sendo assim, entre as duas áreas vegetacionais de restinga (campo aberto não inundável e campo aberto inundável) não há diferentes caracteres morfoanatômicos no sistema radicular. Caracteres semelhantes foram observados em espécies pertencentes ao mesmo grupo taxonômico, como as monocotiledôneas *Kyllinga vaginata* e *Spartina ciliata* e as eudicotiledôneas *Microstachys corniculata* e *Polygala cyparissias*. Porém, de acordo com o estudo na literatura, os caracteres morfoanatômicos apontados relacionam-se com as pressões ambientais que ocorrem na restinga.

Algumas características aqui discutidas ocorrem em diversas outras espécies e relacionadas a outros ambientes. Entretanto, um mesmo caractere pode ser responsável por responder a pressões ambientais distintas. Para conclusões mais sólidas são necessários estudos que indiquem a relação entre caracteres morfoanatômicos e características ambientais, com a finalidade de apontar as reais

estratégias adaptativas do sistema radicular em restinga. Isto é possível através de um amplo estudo e análises comparativas entre espécimes em ambientes distintos.

Recomenda-se que as análises morfoanatômicas sejam refinadas, com mensuração de caracteres diversos e tratamento estatístico. Além disso, um maior número de espécies deverá ser estudado, com a proposta de identificar grupos morfofuncionais, estando incluso o estudo de todos os órgãos vegetativos destas plantas.

É importante ressaltar que ao estudar determinado órgão, os demais não sejam negligenciados, pois constituem um único organismo. Somente desta forma poderemos compreender como as plantas funcionam em sua integridade e respondem as pressões ambientais. Dentre as plantas da restinga, a folha, órgão amplamente estudado, apresenta inúmeras adaptações as pressões ambientais. Sendo assim, as plantas apresentam um conjunto de adaptações morfoanatômicas, distribuídas ao longo de toda sua estrutura que atuam conjuntamente às adaptações fisiológicas e metabólicas.

REFERÊNCIAS

- Aguiar-Dias, A. C. A. **Estudos morfológicos em cinco espécies de *Polygala* L. (Polygalaceae) com ênfase nas estruturas secretoras**. 239 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- AGUIAR-DIAS, A. C. A.; YAMAMOTO, K.; CASTRO, M. M. Anatomia foliar de cinco espécies de *Polygala* de restinga e cerrado. **Rodriguésia**, v. 63, n. 2, p. 395-404, 2012
- ALVES, M.; HEFLER, S.M.; TREVISAN, R.; SILVA FILHO, P.J.S.; RIBEIRO, A.R.O. *Cyperaceae* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB7225>>. Acesso em: 27 Out. 2016.
- ALMEIDA JR, E. B.; *et al.* Caracterização da vegetação de restinga da RPPN de Maracaípe, PR, Brasil, com base na fisionomia, flora, nutrientes do solo e lençol freático. **Acta bot. Bras.** v. 23, n. 1, p. 36-48, 2009.
- ANDRADE, M. A. B. **Contribuição ao conhecimento da ecologia das plantas das dunas do litoral do estado de São Paulo**. 170 f. Tese (Doutorado). 1964.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. **Morfologia dos sistemas subterrâneos: histórico e evolução do conhecimento no Brasil**. Ribeirão Preto: A.S. Pinto, 2003.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. & CARMELLO-GUERREIRO, S. M. (editoras). **Anatomia vegetal**. 2. ed. revista e atualizada. Viçosa: Ed. UFV, 2006.
- ARAUJO, A C. M.; SILVA, A. N. F.; ALMEIDA-JR, E. B. Caracterização estrutural e *status* de conservação do estrato herbáceo de dunas da Praia de São Marcos, Maranhão, Brasil. **Acta Amazônica**. v. 46, n. 3, p. 247-258, 2016.
- ARMSTRONG, W.; JUSTIN, S. H. F. W.; BECKETT, P. M.; LYTHER, S. Root adaptation to soil waterlogging. **Aquat. Bot.** v. 39, p. 57-73, 1991.
- ARMSTRONG, W.; BRÄNDLE, R.; JACKSON, M. B. Mechanisms of flood tolerance in plants. **Acta Bot. Neerl.** v. 43, n. 4, p. 307-358, dec. 1994.
- ARRUDA, R. C. O.; VIGLIO, N. S. F.; BARROS, A. A. M. Anatomia foliar de halófitas e psamófilas reptantes ocorrentes na restinga de Ipitngas, Saquarema, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 60, n. 2, p. 333-352, 2009.
- ASSUMPÇÃO, J.; NASCIMENTO, M. T. Estrutura e composição florística de quatro formações vegetais de restinga no complexo lagunar Grussaí/Iquipari, São João da Barra, RJ, Brasil. **Acta bot. bras.**, v. 14, n. 3, p. 301-315, 2000.
- BIGARELLA, J. J. Contribuição ao Estudo da planície Litorânea do Estado do Paraná. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. Jubilee Volume (1946-2001), p. 65-110, dez. 2001.

BLUM, C.T. Lista Preliminar de Espécies Vegetais da Formação Pioneira de Influência Marinha (Restinga) no Paraná - versão 2008. FLORAPARANÁ, Sociedade Chauá. Disponível em <www.chaua.org.br/restinga>. Acesso em 15/08/2016.

BOEGER, M. R. T. **Morfologia Foliar e aspectos nutricionais de espécies arbóreas em três estádios sucessionais de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, Paranaguá, PR.** 188 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

BOEGER, M. R. T.; GLUZEZAK, R. M. Adaptações estruturais de sete espécies de plantas para as condições ambientais da área de dunas de Santa Catarina, Brasil. **IHERINGIA**, Sér. Bot., Porto Alegre, v. 61, n. 1-2, p. 73-82, jan./dez. 2006.

BONILHA, R. M.; CASAGRANDE, J. C.; SOARES, M. R.; REIS-DUARTE, R. M. Characterization of the soil fertility and root system of restinga forests. **R. Bras. Ci. Solo**. v. 36, p. 1804-1813, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização - Portaria MMA nº9, de 23 de janeiro de 2007.** Série Biodiversidade, 31. Brasília: MMA, 2007.

BRAZ, D. M.; JACQUES, E. L.; SOMNER, G. V.; SYLVESTRE, L. S.; ROSA, M. M. T.; PEREIRA-MOURA, M. V. L.; GERMANO FILHO, P.; COUTO, A. V. S.; AMORIM, T. A. Restinga de Praia das Neves, ES, Brasil: caracterização fitofisionômica, florística e conservação. **Biota Neotrop.**, v. 13, n. 3, p. 315-331, 2013.

BRITEZ, R. M., SANTOS-FILHO, A.; REISSMANN, C. B.; SILVA, S. M.; ATHAYDE, S. F.; LIMA, R. X.; QUADROS, R. M. B. Nutrientes no solo de duas florestas da planície litorânea da Ilha do Mel, Paranaguá, PR. **R. bras. Ci. Solo**. Viçosa, v. 21, p. 625-634, 1997.

BRITEZ, R. M. Efeito do alumínio em duas espécies arbóreas da planície litorânea da Ilha do Mel, PR. 2001. 278 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

CAVICHIOLO, L. E. **Aspectos morfológicos e ecológicos dos principais tipos morfofuncionais de plântulas ocorrentes da Ilha do Mel, PR.** 71 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

CICCARELLI, D.; GARBARI, F.; BEDINI, G. Plant Functional Types in Tuscan coastal dunes. **Flora Mediterranea**, v. 19, p. 199-206, 2009.

CICCARELLI, D. Morpho-functional adaptations in *Cakile maritima* Scop. subsp. *maritima*: comparison of two different morphological types. **Caryologia**, v. 63, n. 4, p. 411-421, 2010.

CICCARELLI, D. Mediterranean coastal dune vegetation: Are disturbance and stress the key selective forces that drive the psammophilous succession? **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 30, p. 1-7, 2015.

CORDEIRO, I.; SECCO, R.; PSCHIEDT, A.C. *Microstachys* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB25544>>.

DICKISON, W. C. **Integrative Plant Anatomy**. San Diego: Academic Press, 2000.

EVANS, D. E. Aerenchyma formation. **New Phytologist**. v. 161, p. 35–49, 2003.

EVERT, R. F. EICHHORN, S. E. **Raven | Biologia Vegetal**. Revisão técnica: Jane Elizabeth Kraus; Tradução: Ana Claudia M. Vieira [et al.]. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

FERNANDES, M. F.; QUEIROZ, L. P. Floristic surveys of Restinga Forests in southern Bahia, Brazil, reveal the effects of geography on community composition. **Rodriguésia**, v. 66, n. 1, p. 51-73, 2015.

FERREIRA, A. L.; COUTINHO, B. R.; PINHEIRO, H. T.; THOMAZ, L. D. Composição florística e formações vegetais da Ilha dos Franceses, Espírito Santo. **Bol. Mus. Biol. Mello Leitão**, n. 22, p. 25-44, dez. 2007.

FILGUEIRAS, T.S.; VALLS, J.F.M. *Spartina* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB13606>>. Acesso em: 27 Out. 2016

GETLIFFE NORRIS, F. M. Anatomy of the genus *Kyllinga* in South Africa. **Bothalia**. v. 14, n. 3 & 4, p. 809-817, 1983.

GIARETA, A.; MENEZES, L. F. T.; PEREIRA, O. J. Structure and floristic pattern of a coastal dunes in southeastern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 1, p. 87-107, 2013.

GUSMÃO, E. D.; SOUZA, J. P.; SILVA, I. M. S.; SILVA, L. B. Estudo anátomo-morfológico de dicotiledôneas das dunas de Salvador-Bahia. *Borreria cymosa* Cham. Et Schl. e *Chiococca brachiata* R. Et P. (Rubiaceae). **Acta bot. bras.**, v. 6, n. 1, 1992.

HESP, P. A. Ecological processes and plant adaptations on coastal dunes. **Journal of Arid Environments**, v. 21, n. 2, p. 165-191, jan. 1991

HESP, P.A. Fore-dune and blow-outs: incitiation and dynamics. **Geomorphology**, v. 48, p. 245-268, 2002.

JACKSON, M. B.; ARMSTRONG, W. Formation of Aerenchyma and the Processes of Plant Ventilation in Relation to Soil Flooding and Submergence. **Plant biol.** v. 1, p. 274-287, 1999.

KERSTEN, R. A.; MENEZES-SILVA, S. Composição florística e estrutura do componente epifítico vascular em floresta da planície litorânea na Ilha do Mel, Paraná, Brasil. **Rev. brasil. Bot.**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 213-226, jun. 2001.

KOLB, R. M.; MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A.; GILONI, P. C.; CORREA, G. T. Anatomia ecológica de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae) submetida ao alagamento. **Revta. Brasil. Bot.** São Paulo, v. 21, n. 3, dez, 1998.

KUSTER, V. C. **Anatomia e aspectos ecológicos de espécies vegetais ocorrentes na restinga do Parque Estadual Paulo César Vinha (ES)**. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Viçosa, Viçosa, 2010.

LUCENA, L. M.; NOGUEIRA, K.; SILVA, M. E. A.; LOCATELLI, E. Anatomia foliar de espécies halófitas: *Blutaparon portulacoides* e *Alternanthera maritima* (Amaranthaceae). In: **Congresso Nacional de Botânica**, 64, 2013. Belo Horizonte. Disponível em: <<http://www.botanica.org.br/trabalhos-cientificos/64CNBot/resumo-ins19489-id4642.pdf>>. Acesso em 16/08/2016.

LIMA, L. F. P.; MATZENBACHER, N. I. O gênero *Pterocaulon* Ell. (Asteraceae – Plucheeae) no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia, Sér. Bot.** Porto Alegre, v.63, n.2, p. 213-229, jul./dez. 2008.

LIMA, D. F.; CADDAH, M. K.; GOLDENBERG, R. A família Myrtaceae na Ilha do Mel, Paranaguá, Estado do Paraná, Brasil. **Hoehnea**, v. 42, n. 3, p. 497-519, 2015.

LOURENÇO-JUNIOR, J. **Influência da salinidade e da disponibilidade de nutrientes no crescimento inicial de *Canavalia rosea* (Sw.) DC e de *Passiflora mucronata* Lam em um trecho de restinga**. 95 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal, área Fisiologia Vegetal) - Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

LÜDTKE, R.; MIOTTO, S. T. S. A família Polygalaceae no Parque Estadual de Itapuã, Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**. Porto Alegre, v.6, n. 3, p. 245-251, jul./set. 2008.

LÜDTKE, R.; SOUZA-CHIERS, T. T.; MIOTTO, S. T. S. O gênero *Monnina* (Polygalaceae) na região Sul do Brasil. **Acta bot. bras.** v. 23, n. 1, p. 175-195, 2009.

LÜDTKE, R.; SOUZA-CHIES, T. T.; MIOTTO, S. T. S. O gênero *Polygala* L. (Polygalaceae) na região Sul do Brasil. **Hoehnea**. v. 40, n. 1, p. 1-50, 2013.

MAGNAGO, L. F. S.; MARTINS, S. V.; PEREIRA, O. J. Heterogeneidade florística das fitocenoses de restingas nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 35, n. 2, p. 245-254, 2011.

MANTUANO, D. G.; BARROS, C. F.; SCARANO, F. R. Leaf anatomy variation within and between three “restinga” populations of *Erythroxylum ovalifolium* Peyr.

(Erythroxylaceae) in Southeast Brazil. **Revista Brasil. Bot.**, v. 29, n. 2, p. 209-215, abr.-jun. 2006.

MARQUES, M. C. M. **Dinâmica da dispersão de sementes e regeneração de plantas da planície litorânea da Ilha do Mel, PR.** 159 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

MARQUES, M. C. M.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas Florestas de Restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, v. 27, n. 4, p. 713-723, out.-dez. 2004.

MARQUES, M. C. M.; BRITZ, R. M. (ORGS.) **História Natural e Conservação da Ilha do Mel.** Curitiba: Editora UFPR, 2005. 271 p.

MARQUES, M. C. M.; MENEZES-SILVA, S.; LIEBSCH, D. Coastal plain forests in southern and southeastern Brazil: ecological drivers, floristic patterns and conservation status. **Brazilian Journal of Botany**, v. 38, n. 1, p. 1-18, mar. 2015.

MARTINS, S. E., ROSSI, L.; SAMPAIO, P. S. P.; MAGENTA, M. A. G. Caracterização florística de comunidades vegetais de restinga em Bertioga, SP, Brasil. **Acta bot. bras.**, v. 22, n. 1, p. 249-274, 2008a.

MARTINS, S.; MACHADO, S. R.; ALVES, M. Anatomia e ultra-estrutura foliar de *Cyperus maritimus* Poir. (Cyperaceae): estratégias adaptativas ao ambiente de dunas litorâneas. **Acta bot. bras.**, v. 22, n. 2, p. 493-503, 2008b.

MARTINS, M. B. G.; MARCONI, A. P.; CAVALHEIRO, A. J.; RODRIGUES, S. D. Caracterização anatômica e química da folha e do sistema radicular de *Hydrocotyle umbellata* (Apiaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 3, p. 402-414, Jul./Set. 2008c.

MAUN, M. A. **The biology of coastal sand dunes.** Oxford, UK: Oxford University Press, 2009.

MELO-JÚNIOR, J. C. F.; BOEGER, M. R. T. Riqueza, estrutura e interações edáficas em um gradiente de restinga do Parque Estadual do Acaraí, Estado de Santa Catarina, Brasil. **Hoehnea**, v. 42, n. 2, p. 207-232, 2015.

MELO-JÚNIOR, J. C. F. **Plasticidade fenotípica e diversidade funcional de comunidades florísticas em gradiente edáfico na restinga do Parque Estadual do Acaraí, São Francisco do Sul/SC.** 185 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

MENEZES-SILVA, S. **Composição florística e fitossociologia de um trecho de floresta de restinga na Ilha do Mel, Município de Paranaguá, PR.** 162 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.

MENEZES-SILVA, S. **As formações vegetais da planície litorânea da Ilha do Mel, Paraná, Brasil: composição florística e principais características estruturais**. 277 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

MENEZES-SILVA, S. Diagnóstico das restingas no Brasil. In: **Anais do Workshop de Avaliação e Ações Prioritárias para Conservação da Biodiversidade da Zona Costeira e Marinha**, Porto Seguro, p. 30, 1999. Disponível em: <http://www.brasil-rounds.gov.br/round7/arquivos_r7/SISMICA_R7/refere/Restingas.pdf>. Acesso em 15/08/2016.

MENEZES, L. F. T.; ARAUJO, D. S. D. Estrutura de duas formações vegetais do cordão externo da restinga de Marambaia, RJ. **Acta bot. bras.**, v. 13, n. 2, p. 223-235, 1999.

MONTEIRO, M. M.; GIARETTA, A.; PEREIRA, O. J. Composição e estrutura de uma restinga arbustiva aberta no norte do Espírito Santo e relações florísticas com formações similares no Sudeste do Brasil. **Rodriguésia**, v. 65, n. 1, p. 61-72, 2014.

MONTI, C.; MANDRILE, E. L. Anatomía y Etnobotánica de las Especies Medicinales de Monocotiledóneas de la Estepa Pampeana de Argentina: Cyperaceae. **Acta Farm. Bonaerense**. v.17, n. 1, p. 11-22, 1998.

NASCIMENTO, M. C.; CORTE, G. N.; VALDUJO, P. H.; GUEDES, T. B. Pulosidade e espessura de folhas em ambientes sob diferentes incidências de luz na restinga. Disponível em: <http://ecologia.ib.usp.br/curso/2008/pdf/O_01_01.pdf>. Acesso em 16/08/2016.

PALMA, C. B.; JARENKOW, J. A. Estrutura de uma formação herbácea de dunas frontais no litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Biociências**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 114-124, jul. 2008.

PASTORE, J.F.; LÜDTKE, R.; FERREIRA, D.M.C.; KUNTZ, J. Polygalaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB20548>>.

PERAZZOLO, M.; PINHEIRO, F. Aspectos anatômicos e adaptativos das partes vegetativas de *Spartina densiflora* Brong. (Gramineae) da marisma do estuário da Lago dos Patos-RS. **Acta. Bot. Bras.** v. 5, n. 2, p. 3-16, 1991.

PEREIRA, M. L. M.; SOUZA, K. I. S.; VIEIRA, C. V. Restingas: ser ou não ser, eis a questão... Disponível em: <http://www.abequa.org.br/trabalhos/restinga_final.pdf>. Acesso em 15/08/2016.

PEREIRA, O. J.; ASSIS, A. M. Florística da restinga de Camburi, Vitória, ES. **Acta bot. bras.**, v. 14, n. 1, p. 99-111, 2000.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N.; DÍAZ, S.; GARNIER, E.; LAVOREL, S. *et al.* New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, v. 61, p. 167–234, 2013.

PIRES, L. A. Aspectos da ciclagem de nutrientes em uma formação de restinga na Ilha do Mel, Paranaguá-PR. **Biota Neotropica**. Instituto Virtual da Biodiversidade | BIOTA - FAPESP, v. 5, n. 1, p. 211-212, 2005. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/26829>>. Acesso em 16/08/2016.

PIRES, L. A.; BRITZ, R. M.; MARTEL, G.; PAGANO, S. N. Produção, acúmulo e decomposição da serrapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. **Acta bot. bras.**, v. 20, n. 1, p. 173-184, 2006.

PSCHEIDT, A. C.; CORDEIRO, I. Sinopse da tribo Hippomaneae (Euphorbiaceae) no Estado de São Paulo, Brasil. **Hoehnea**. v. 39, n. 3, p. 347-368, 2012.

QUARESMA, A. C.; JARDIM, M. A. G. Floristic composition and spatial distribution of vascular epiphytes in the restingas of Maracanã, Brazil. **Acta bot. bras.**, v. 28, n. 1, p. 68-75, 2014.

RIBEIRO, F. F.; AOYAMA, E. M. Descrição anatômica de raiz da bromélia *Cryptanthus beuckeri* E. Morren no ambiente de restinga. In: **Simpósio sobre a biodiversidade da Mata Atlântica**, 2, 2013. Disponível em: <<http://www.boletimmbml.net/simbioma/simbioma%20ii/12.pdf>>. Acesso em 16/08/2015.

RIDLEY, M. **Evolução**. Tradução: Henrique Ferreira, Luciana Passaglia, Rivo Fischer. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná, Brasil. **Ciência e Ambiente**, v. 24, n. 1, p. 42-75, 2002

ROSA, L. S.; CORDAZZO, C. V. Perturbações Antrópicas na Vegetação das Dunas da Praia do Cassino (RS). **Revista Eletrônica Cadernos de Ecologia Aquática**. v. 2, n.2, p.1-12. ago./dez. 2007.

RUOCCO, M.; BERTONI, D.; SARTI, G.; CICCARELLI, D. Mediterranean coastal dune systems: Which abiotic factors have the most influence on plant communities?. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v.149, p. 213-222, 2014.

SACRAMENTO, A. C.; ZICKEL, C. S.; ALMEIDA JR, E. B. Aspectos florísticos da vegetação de restinga no litoral de Pernambuco. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 31, n. 6, p.1121-1130, 2007.

SANTOS, G. M. M.; LINS, A. L. F. A.; SILVA, B. R. S. Caracterização anatômica dos órgãos vegetativos de *Sporobolus virginicus* (Poaceae) ocorrentes em áreas de restinga e apicum no município de Salinópolis, Pará, Brasil. In: **Congresso Nacional de Botânica**, 64, 2013. Belo Horizonte. Disponível em: <<http://www.botanica.org.br/trabalhos-cientificos/64CNBot/resumo-ins19234-id4648.pdf>>. Acesso em 16/08/2016.

SANTOS, M.; ALMEIDA, S. L. Anatomia foliar de *Spartina* Schreber (Poaceae) da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis, SC). **Insula**. Florianópolis, n. 29, p. 1-24, 2000.

SANTOS, R.; SILVA, R. C.; PACHECO, D.; MARTINS, R.; CITADINI-ZANETTE, V. Florística e estrutura do componente arbustivo-arbóreo de mata de restinga arenosa no Parque Estadual de Itapeva, Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 36, n. 6, p. 1047-1059, 2012.

SILVA, J. G.; OLIVEIRA, A. S. A vegetação de restinga no município de Maricá - RJ. **Acta bot. bras.**, v. 3, n. 2, 1989.

SILVA, S. S. L.; ZICKEL, C. S.; CESTARO, L. A. Flora vascular e perfil fisionômico de uma restinga no litoral sul de Pernambuco, Brasil. **Acta bot. bras.**, v. 22, n. 4, p. 1123-1135, 2008.

SILVA, R. M.; MEHLIG, U.; SANTOS, J. U. M.; MENEZES, M. P. M. The coastal restinga vegetation of Pará, Brazilian Amazon: a synthesis. **Revista Brasil. Bot.**, v. 33, n. 4, p. 563-573, out.-dec. 2010.

SUTHERLAND, G. K.; EASTWOOD, A. The physiological anatomy of *Spartina townsendii*. **Annals of Botany**. v. 30, n. 118, p. 333-351, abril, 1916.

TREVISAN, R; LÜDTKE, R; BOLDRINI, I. I. O gênero *Kyllinga* Rottb. (Cyperaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**. Porto Alegre, v.5, n. 2-3, p. 27-36, abr./set. 2007.

VAILATI, M. G. **Morfoanatomia de três espécies de Bromeliaceae de restingas do Estado de Santa Catarina, Brasil**. 93 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Curso de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124 p.

VOLTOLINI, C. H.; SANTOS, M. Variações na morfoanatomia foliar de *Aechmea lindenii* (E. Morren) Baker var. *lindenii* (Bromeliaceae) sob distintas condições ambientais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 1, p. 2-10, 2011.