



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI



**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E ANATÔMICA DO CAULE
SUBTERRÂNEO DE *Cyperus articulatus* L. e *C. prolixus* H.B.K. (CYPERACEAE) EM
DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO.**

PEDRO PAULO DOS SANTOS

**BELÉM
2009**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI



**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E ANATÔMICA DO CAULE
SUBTERRÂNEO DE *Cyperus articulatus* L. e *C. prolixus* H.B.K. (CYPERACEAE) EM
DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO.**

PEDRO PAULO DOS SANTOS

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Botânica, área de concentração Botânica Tropical, para obtenção do título de **MESTRE**.

Orientadora:

Prof.^a Dr.^a RAIMUNDA CONCEIÇÃO DE VILHENA POTIGUARA

BELÉM
2009



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI



**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E ANATÔMICA DO CAULE
SUBTERRÂNEO DE *Cyperus articulatus* L. e *C. prolixus* H.B.K. (CYPERACEAE) EM
DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO.**

PEDRO PAULO DOS SANTOS

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Botânica, área de concentração Botânica Tropical, para obtenção do título de **MESTRE**.

Aprovado em: 23/03/2009

BANCA EXAMINADORA

Raimunda Conceição de Vilhena Potiguara – Doutora – Orientadora
Museu Paraense Emílio Goeldi

Alba Lúcia Ferreira de Almeida Lins – Doutora – 1^a Examinadora
Museu Paraense Emílio Goeldi

Fernanda Ilkiu Borges de Souza – Doutora – 2^a Examinadora
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental

Marco Antônio Menezes Neto – Doutor - 3º Examinador
Universidade Federal do Pará

Flávia Cristina Araújo Lucas – Doutora – 4º Examinadora
Universidade do Estado do Pará

DEDICATÓRIAS

Com admiração, dedico

À prof.^a Dr.^a Raimunda Conceição de Vilhena Potiguara .

À prof.^a MSc Eunice Gonçalves Macedo.

À prof.^a Dr.^a Alba Lúcia Ferreira de Almeida Lins.

Grato a vocês pela orientação no estudo da Anatomia
Vegetal, amizade e respeito.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Museu Paraense Emílio Goeldi e à Universidade Federal Rural da Amazônia, pelo apoio logístico na realização deste trabalho.

Ao Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio), pelo apoio a este projeto.

À Prof.^a Dr.^a Raimunda Conceição de Vilhena Potiguara, pela orientação, amizade e confiança.

À prof.^a Dr.^a Alba Lúcia Ferreira de Almeida Lins, pelos estímulos, correções, literatura, carinho e paciência.

Ao graduando João Barros Silveira, pelas ilustrações botânicas e auxílios nas coletas.

Ao Prof.^o Dr. Marcus Vinicius Alves (UFPE), pela disposição na identificação botânica das espécies.

Ao MSc. Antônio Elielson Rocha, pela identificação dos espécimes.

Ao Prof.^o MSc. Jeferson Miranda Costa, pelas ilustrações botânicas e amizade

À minha irmã e Prof.^a Conceição de Jesus dos Santos Lima, pela correção ortográfica deste manuscrito e conselhos.

Ao Prof.^o MSc. Narcísio Costa Bigio, pelos conselhos para melhoria deste manuscrito, amizade, ensinamentos e discussões.

À Prof.^a MSc. Andressa Tavares Parentes, pelos incentivos e sugestões para esta dissertação.

Ao MSc. Rolf Ferreira, pela correção do abstract e atenção a mim dedicada.

À Coordenação e ao Colegiado do Curso de Mestrado em Botânica da UFRA/MPEG, pela oportunidade e infra-estrutura, especialmente ao Prof.^o Dr. João Ubiratan Santos.

À Maria Dagmar Mariano, pelas ajudas e incentivos. Torço muito para que teus problemas de saúde sejam sanados.

À Prof.^a MSc. Eunice Gonçalves Macedo, pelos ensinamentos, discussões e compreensão.

À MSc. Eliane Francisca Almeida, pelo carinho e conselhos

Ao MSc. Alisson Rodrigo Reis, pelo companheirismo e disposição para ajudar.

À MSc. Alessandra Doce Freitas, pelo empréstimo de literatura e amizade.

À bióloga Ana Carla Feio, pelos incontáveis auxílios, favores e amizade

À bióloga Aline Marvão, pelo carinho e apoio nos momentos difíceis

Às MSc. Tatiani Kikuchi e Adalgisa Alvarez, pelas informações e atenção a mim dedicadas.

Ao engenheiro agrônomo Júlio Cerqueira, pela amizade e incontáveis favores

À bióloga Suelen Mata e a graduanda Tarcimara, pela paciência e auxílios.

Ao MSc. Danilo Dourado, pelo companheirismo e dedicação nas interpretações botânicas.

Às minhas “primas de mestrado” Denise Cunha, Darley Leal, Josiane Monteiro, pelo imensurável carinho.

À Prof. MSc. Maria Trindade, pela oportunidade da docência e cumplicidade.

Ao Prof. MSc. Renato Andrade, pelos vários momentos de “riso”.

Aos técnicos e servidores do Museu Emílio Goeldi: José Cosme, Wanda, Sr. Doca, Dona Raimunda e Joe, pelo apoio.

À minha família “Santos”: Benevenuto, Apolônia, Maria de Belém, Luiza, Carmen, Palmira, MSc. Manoel, Zara, Vitória, Denise, Ana Carolina, Dennison, Gabriel, João Pedro e Artur, pela amizade, dedicação, vitórias e imensuráveis respeito e afeto.

À bióloga Nágila Kílvia Sulaiman, pelo incontestável amor.

À Ana Júlia Amâncio, pela enorme e importante amizade.

A todos que colaboraram direta e indiretamente para realização e conclusão deste trabalho.

Podemos nós acreditar que a seleção natural seria capaz de produzir, por um lado, órgãos de importância insignificante, como a cauda da girafa, que serve para espantar moscas, e por outro, órgãos de estrutura tão maravilhosa quanto o olho, do qual ainda mal compreendemos a inimitável perfeição?

Charles Robert Darwin, 1859.

SUMÁRIO

	p.
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	6
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	7
RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 SECÇÕES HISTOLÓGICAS À MÃO LIVRE.....	18
3.2 TESTES HISTOQUÍMICOS.....	18
3.3 INCLUSÃO EM PARAFINA.....	19
3.4 MACERAÇÃO.....	19
3.5 ILUSTRAÇÕES E FOTOMICROGRAFIAS.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4.1 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA.....	20
4.2 CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA.....	24
4.2.1 Ápice caulinar vegetativo.....	24
4.2.2 Rizoma.....	30
4.2.3 Cormo.....	36
4.2.4 Elementos de vaso.....	40
4.2.5 Idioblastos secretores.....	42
5. CONCLUSÕES.....	45
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Aspectos morfológicos do caule subterrâneo de *Cyperus articulatus* L.: A – porção caulinar evidenciando catafilos (ca), cormo (c), rizoma (r), raízes do cormo (ra), ápice caulinar vegetativo do rizoma (ap) e escapo floral (ec); B – porção caulinar sem catafilos, evidenciando região de nó e entrenó..... 21
- Figura 2.** Aspectos morfológicos do caule subterrâneo de *Cyperus prolixus* H.B.K.: A – porção caulinar evidenciando catafilos (ca), rizoma (r), cormo (c), raízes (ra) e escapo floral (ec); B – porção caulinar sem catafilos, evidenciando nó e entrenó e ápice caulinar vegetativo originando cormo (ap1) e rizoma (ap2)..... 22
- Figura 3.** Aspectos morfológicos das estruturas do caule subterrâneo de *Cyperus articulatus* L. (A, C e D) e *C. prolixus* H.B.K.(B e E): A – catafilo do rizoma, evidenciando bainha foliar (bf) e lâmina foliar (l); B – ápice caulinar (ap) e cormo (c) jovem de coloração branca; C – cormo (c) e rizoma (r) maduros, de coloração escura; D – vista transversal do cormo maduro, destacando local de retirada de amostra para maceração (retângulo); E – vista transversal do rizoma, destacando local de retirada de amostra para maceração (retângulo)..... 23
- Figura 4.** Ápice caulinar vegetativo de *Cyperus articulatus* L. (A,C e E) e *C. prolixus* H.B.K. (B e D), em secções longitudinais: A e B – vista geral, mostrando meristema apical (ma); C e D – detalhe da túnica (t) e corpo (cp); E – detalhe do meristema de espessamento primário (MEP) produzindo feixes vasculares (fx) e parênquima..... 25
- Figura 5.** Ápice caulinar vegetativo de *Cyperus articulatus* L. (A e C) e *C. prolixus* H.B.K. (B, D e E), em secções transversais. A e B – meristema de espessamento primário (*) circundando os feixes vasculares procambiais; C e D – meristema de espessamento primário (*) formando células para o exterior (cmep); E – meristema de espessamento primário (*) produzindo feixes vasculares anfivasais medulares..... 26
- Figura 6.** Ápice caulinar vegetativo de *Cyperus articulatus* L (A-E). e *C. prolixus* H.B.K.(F), em secções transversais: A, B e C – diferenciação da epiderme (ep) e do córtex externo (*), representado pela lignificação das paredes celulares e formação de idioblastos; D, E e F – diferenciação da endoderme (e), com deposição de suberina nas paredes e evidência do periciclo (*). 27
- Figura 7.** Diferenciações dos rizomas de *Cyperus articulatus* L. (C e E) e *C. prolixus* H.B.K. (A, B e D), em secções transversais: A – vista geral da epiderme (ep), córtex externo (cte) e córtex interno (cti), antes da diferenciação; B – formação de ninhos sub-epidérmicos (seta), no córtex externo; C – início da formação do cordão esclerenquimático (*); D – cordão esclerenquimático diferenciado no córtex externo (*); E – formação de aerênquima no córtex interno, evidenciando lacuna de ar (la) e coluna parenquimática (seta).... 31
- Figura 8.** Secções transversais do rizoma de *Cyperus articulatus* L.(A-C) e *C. prolixus* H.B.K. (D), evidenciando o meristema de espessamento primário tornar-se um meristema pericíclico persistente: A-C – diferenciação do cordão esclerenquimático (ce), em volta da endoderme (e) espessada, enquanto o periciclo (p) produz feixes vasculares anfivasais medulares e corticais (seta); D – endoderme (e) espessada, e periciclo (p) formando feixes anfivasais medulares (seta)..... 33
- Figura 9.** Secções transversais do rizoma de *Cyperus articulatus* L. (A e C) e *C. prolixus* H.B.K. (B e D): A e B – vista geral delimitando epiderme (ep), córtex externo (cte) com cordão esclerenquimático (ce), córtex interno (cti), endoderme (e) e medula (m); C – feixes vasculares anfivasais medulares de origem no meristema de espessamento primário; D – feixe vascular anfivasal medular de origem procambial..... 35
- Figura 10.** Secções transversais do cormo de *C. articulatus* (A, B, D e E) e *C. prolixus* H.B.K. (C) A – detalhe da epiderme (ep), córtex externo (cte) e interno (cti); B – meristema de espessamento primário (mep) formando raiz; C – meristema de espessamento secundário formando raiz e continuidade da endoderme do cormo com a da raiz; D – inicio da atividade do meristema de espessamento secundário (mes); E – lignificação das células endodérmicas (seta) e formação do sistema vascular secundário (SVS)..... 37
- Figura 11.** Secções transversais do cormo de *C. articulatus* L. (A) e *C. prolixus* H.B.K. (B): A e B – vista geral delimitando epiderme (ep), córtex externo (cte), córtex interno (cti) e medula (m). Endoderme (e) e sistema vascular secundário (svs)..... 39
- Figura 12.** Elementos de vaso do meristema de espessamento primário dos rizomas (A-D) e do meristema de espessamento secundário dos cormos (E-J), de *C. articulatus* L. e *C. prolixus* H.B.K..... 41
- Figura 13.** Idioblastos secretores identificados no caule subterrâneo de *Cyperus articulatus* L. e *C. prolixus* H.B.K.: A – secção transversal, indicando idioblasto (*); B – secção transversal indicando coloração dos idioblastos (pontas); C – secção longitudinal indicando disposições em fileiras ou isolados (ponta); D – teste histoquímico indicando positivo para composto fenólico (seta); E – teste histoquímico indicando positivo para substância oleosa..... 43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

μm	= micrômetro
a	= aerênquima
ap	= ápice caulinar vegetativo
axf	= agrupamento de xilema e floema
b	= bainha
bf	= bainha foliar
c	= cormo
ca	= catafilos
ce	= cordão de esclerênquima
cl	= células lobadas
cm	= centímetro
cmepl	= células derivadas do meristema de espessamento primário
cp	= corpo
cs	= corpo silicoso
ct	= córtex
cte	= córtex externo
cti	= córtex interno
DEM	= endoderme meristemática
e	= endoderme
ec	= escapo
ep	= epiderme
f	= floema
FAA	= Formol, Ácido acético e Etanol
fig.	= figura
figs.	= figuras
fx	= feixe vascular
fxa	= feixe anfivasal cortical
i	= idioblastos
IBGE	= Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
l	= lâmina foliar
la	= lacuna de ar
m	= medula
ma	= meristema apical
MEP	= Meristema de Espessamento Primário
MES	= Meristema de Espessamento Secundário
mf	= meristema fundamental
MG	= Herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi
MPP	= Meristema Periciclo Persistente
mx	= metaxilema
n	= ninhos sub-epidérmicos
p	= periciclo
p.	= página
pgs.	= páginas
pm	= parênquima medular
px	= protoxilema
r	= rizoma
rs	= raízes
SVS	= Sistema Vascular Secundário
t	= túnica
UFRA	= Universidade Federal Rural da Amazônia

RESUMO

Cyperus articulatus L. e *C. prolixus* H.B.K. são espécies aromáticas, conhecidas vernacularmente por piprioca e pipriocão, respectivamente, das quais são extraídas essências dos caules subterrâneos e utilizadas no perfume cheiro-do-Pará. Para esses taxa, não há trabalhos que descrevam a formação dos órgãos subterrâneos. Diante disso, este estudo propôs-se caracterizar a morfologia e a anatomia dos caules subterrâneos dessas espécies em diferentes fases do desenvolvimento vegetativo, identificando a ocorrência de estruturas secretoras. O material botânico foi coletado no Campo Experimental da Universidade Federal Rural da Amazônia (Belém) e fixados em FAA 50. Os métodos usados foram secções histológicas, testes histoquímicos, inclusão em parafina, maceração e coloração com azul de astra e fucsina básica. O caule mostrou-se complexo, sendo constituído de rizoma e cormo envolvidos por catafilos e oriundos de um ápice caulinar vegetativo. Os cormos têm formas que variam de esférica a elíptica e os rizomas são cilíndricos. O primeiro órgão origina raízes adventícias e o escapo aéreo. Esses dois caules se alternam, dando crescimento plagiotrópico para a estrutura subterrânea. Anatomicamente, o ápice caulinar em secção transversal apresenta um meristema apical que se diferencia em protoderme, meristema fundamental e cordões procambias. Próximo a estes, encontra-se o meristema de espessamento primário (MEP) ativo e idioblastos de compostos fenólicos e oleíferos. Em secção transversal, este último meristema forma feixes vasculares anfivasais e parênquima para o interior e exterior, delimitando uma região cortical e outra medular. Posteriormente, a endoderme diferencia-se, sendo possível reconhecer o periciclo. Nos rizomas em secção transversal, ocorre a formação de cordões celulares esclerenquimáticos no córtex externo e, em *C. articulatus*, em volta da endoderme. Ainda no córtex interno desta espécie, as células sofrem um processo esquisolisígeno, originando um aerênquima. No rizoma de *C. prolixus*, o córtex interno é constituído de parênquima amilífero. Subsequentemente, em ambas espécies, o MEP torna-se um meristema pericíclico persistente. Nos cormos em secção transversal, o MEP também produz raízes adventícias e depois da diferenciação da endoderme e das células circunvizinhas, torna-se inativo. Entretanto, o periciclo mantém-se formando raízes e um sistema vascular secundário (SVS), sendo assim, denominado de meristema de espessamento secundário (MES), caracterizando um crescimento em espessura tardio para este órgão. Conclui-se que o cormo está relacionado com a reserva de nutrientes e propagação e o rizoma à expansão e que o MEP e MES são fundamentais na formação desses órgãos. Além disso, idioblastos oleíferos são a fonte do aroma encontrado nesses caules subterrâneos.

Palavras-Chaves: rizoma, cormo, meristema, morfo-anatomia, monocotiledônea.

ABSTRACT

The aromatic species *Cyperus articulatus* L. and *C. prolixus* H.B.K., by whom underground stems extract an essence used at cheiro-do-Pará perfume, are popularly known as piprioca and pipriocão respectively. For these species, there are no studies about underground stems development. The purpose this study was to characterize the morphology and anatomy of underground stems at different vegetative development stages, as well as to identify the secretory structures. The botanical vouchers were collected from test area of the Federal Rural University of Amazonia (Belém city) and fixed in FAA 50. Histological sections, histochemical testes, parafin inclusion, maceration and coloration to astra blue and basic fucsin were used. The complex stems is composed of rhizome and corm overlaing to cataphylls and produced from vegetative shoot apex. The corms are spherical to elliptical, and rhizomes are cylindrical. Adventitious roots and aerial scape are originated from corms. These two stems are alternated with plagiotropic growth. As regard to anatomy, in cross sections, protoderm, procambium, fundamental meristem and primary thickening meristem (PTM) are differentiated from the apical meristem of the shoot apex. Phenolic idioblast and other with oil occur among the ground meristematic cells. PTM produced amphivasal vascular bundles and parenchyma to inner and to outer, originating cortical and medullar regions. After, endodermis and pericycle are differentiated. In rhizomes cross sections, sclerenchyma bundle are formed in the outer cortex and at *C. articulatus* around the endodermis. Schizo-lysigenous aerenchyma occurs in the inner cortex of *C. articulatus* rhizome. In *C. prolixus*, starch parenchyma are observed in the inner cortex. Afterward PTM becomes a pericycle later meristem. In corms cross sections, PTM produced adventitious roots too. The PTM stopped when the endodermis and derivated cells of inner cortex were differentiated. However, the pericycle continues active producing roots and secondary vascular system (SVS), for this it's called of secondary thickening meristem (STM), what characterize a thicken growth later for the corm. Concluded that corms are reserve and propagation organs and rhizomes to expansion, while PTM and STM are very important to development of the underground stems. In addition, secretory idioblasts containing oil are connected to smell present on two stems.

Key Words: rhizome, corm, meristem, morpho-anatomy, monocotiledon.

1. INTRODUÇÃO

A Floresta Amazônica é o maior bioma brasileiro, com uma área de 4.196.943km² (IBGE, 2004), envolvendo as regiões norte, centro-oeste e nordeste do país, sendo uma vasta planície limitada pelos planaltos Brasileiro, Guianense e pelos Andes (PIRES-O'BRIEN; O'BRIEN, 1995, p. 260)

O clima amazônico é quente e úmido, sendo o solo caracterizado pela pobreza de nutrientes, porém, protegido pela cobertura vegetal, da qual se auto mantém abastecendo-se com minerais oriundos da decomposição de folhas, troncos e raízes (PIRES, 1973). Essa diversidade de substratos, junto à variação no regime de chuvas, são os responsáveis pelas inúmeras fisionomias das florestas da região (PIRES-O'BRIEN; O'BRIEN, 1995, p.260).

Nessa extensa área, os vegetais atingem uma extraordinária biodiversidade com cerca de quarenta mil espécies vasculares, das quais trinta mil são endêmicas à região (VIEIRA *et al.*, 2005).

Nos últimos anos, essa diversidade biológica e cultural, vem sendo divulgada devido ao reconhecimento e utilização dos seus sub-produtos em indústrias como as de cosméticos e perfumaria. Nas plantas aromáticas, por exemplo, destaca-se o aroma da piprioca, *Cyperus articulatus* L., e do pipriocão, *C. prolixus* H.B.K., integrante do secular e tradicional banho perfumado cheiro-do-Pará e que, de acordo com Mota *et al.* (2008), adquiriram destaque nacional com a produção em elevada quantidade para fixadores aromáticos.

Plantas aromáticas são aquelas que possuem aroma e/ou perfume, capazes de sensibilizar nosso olfato de modo agradável (MAIA *et al.*, 2001). Tal característica organoléptica, geralmente, está relacionada com a produção de óleos essenciais, que são substâncias voláteis em vapor d'água e sub-produtos vegetais, localizados em estruturas anatômicas definidas (GOTTLIEB; SALATINO, 1987). São, em sua maioria, ervas ou arbustos, encontrados em campos ou sub-bosques das matas (SANTIAGO *et al.*, 2001). De acordo com os mesmos autores, umas adaptam-se à terra firme e outras às várzeas.

As pipriocas são representantes da Cyperaceae, a qual agrupa cerca de 4000 espécies e sendo a terceira maior das monocotiledôneas, em número de membros identificados (COSTA *et al.*, 1999). Quanto a morfologia, são semelhantes aos capins (Poaceae), estando relacionados em filogenia (CRONQUIST, 1968). Os membros dessa família são ervas perenes, cosmopolitas, de habitat úmido e pantanoso, com corpo vegetativo constituído de raízes fibrosas, oriundas de rizomas, sendo que as folhas podem ser ausentes e o caule aéreo fotossintetizante (LAWRENCE, 1951).

O potencial aromático dos membros dessa família já foi citado e registrado nos trabalhos de Zoghbi *et al.* (2006a e 2006b), respectivamente, nos rizomas de *C. articulatus* e *C. giganteus* Vahl.

Zoghbi *et al.* (2006b) demonstraram, no rizoma de *C. giganteus*, a ocorrência de extratos aromáticos hexânico, diclorometântico e metanólico. Tais constituintes químicos sugerem um potencial para fragrâncias de cosméticos e perfumes.

Apesar de melhor detalhamento das estruturas químicas por Zoghbi *et al.* (2006b), este não foi o primeiro a sugerir a hipótese de ocorrer óleo essencial na referida espécie, podendo ser destacado Schultes e Raffauf (1990).

Como exposto anteriormente, o gênero *Cyperus* L. apresenta considerável importância no cenário amazônico. Esse táxon, que conta com mais de 300 espécies, pertence à subfamília Scirpoideae (DAHLGREN *et al.*, 1985). Além disso, é caracterizado por indivíduos rizomatosos, de escapo ereto, tendendo para cilíndrico, e com inflorescência terminal (*Ibid.*).

As várias espécies de *Cyperus* têm utilidades diferentes, entre estas encontram-se a de confecção de cestos, tapetes e cadeiras (METCALFE, 1971, p. 4), além do já citado potencial aromático. Porém, é conhecido mundialmente pelo fornecimento de matéria-prima para produção dos antigos papiros africanos e asiáticos (KISSMANN, 1991, p. 86).

C. articulatus e *C. prolixus* são geralmente encontradas em ambientes anfíbios, resistindo ao excesso e carência de água (KISSMANN, 1991, pgs. 102 e 163). São espécies rizomatosas, com escapo triangular, folhas basais e de inflorescência terminal (PIO CORRÊA, 1984a e 1984b).

Cunha (2006, p. 17) reporta que uma importante característica das pipriocas é a habilidade de sobreviver e reproduzir órgãos subterrâneos em condições adversas, crescendo satisfatoriamente em quase todo tipo de solo e em altas temperaturas.

De acordo com o mesmo autor, a principal forma de propagação dos espécimes cultivados é a vegetativa, por meio do rizoma, sendo que a utilização de sementes é pouco viável.

É do caule subterrâneo que se extrai o óleo aromático de odor amadeirado que é característico da piprioca (ZOGHBI *et al.*, 2008b).

Quanto a distribuição geográfica, ambas são nativas americanas, sendo de ocorrência significativa no sudeste dos Estados Unidos da América, norte da América do sul e nas faixas litorâneas do norte-nordeste do Brasil (KISSMANN, 1991, pgs. 102 e 163).

Por ser constituinte do banho perfumado cheiro-do-Pará, a priprioca faz parte do folclore local, possuindo, inclusive, uma lenda indígena que narra o surgimento e a utilização aromática dessa espécie (RODRIGUES, 1989).

Tanto a priprioca quanto a pripriocão são aplicadas na terapia popular amazônica. Enquanto *C. articulatus* é usada como analgésico e cura de picadas de serpentes (RAKOTONIRINA *et al.*, 2001), *C. prolixus* é utilizada no tratamento de diarréia (ZOGHBI *et al.*, 2008a).

No estado do Pará, essas espécies são cultivadas em quintais para uso próprio e em sistema de consórcio com outras culturas para comercialização do óleo essencial.

De acordo com Rodrigues (1989) a priprioca está entre as principais plantas aromáticas vendidas no mercado do Ver-o-Peso (Belém – Pará) para uso em banhos perfumados e confecção de fragrâncias domésticas. Esse reconhecimento popular ganhou influência nacional a partir da busca da flora nativa da Amazônia em vários estudos básicos que tentam identificar espécies com potencial para diferentes fins. Esse potencial da flora odorífera destacou-se como fonte renovável, apropriada para a produção de essências de fragrâncias e cosméticos (CUNHA, 2006, p. 14).

Nesse contexto, foram realizados trabalhos com abordagem taxonômica, cadeia produtiva, química, agronomia entre outras e publicados em Potiguara e Zoghbi (2008).

Diante da referida importância de *Cyperus articulatus* e *C. prolixus* como recurso aromático no Pará, este trabalho visou caracterizar a morfologia e a anatomia do caule subterrâneo em desenvolvimento, assim como identificar estruturas secretoras que possam auxiliar na distinção das espécies em estudo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Entre os registros científicos sobre a morfologia dos órgãos vegetativos de Cyperaceae destaca-se Koyama (1984), com espécies tropicais americanas dos gêneros *Hypolytrum* Rich., *Oreobolus* R. Br. e *Scleria* Bergius. Neste estudo são descritos órgãos como rizoma, colmo e folha.

Adams (1994) enumerou as principais características morfológicas de espécies americanas da referida família, relatando a ocorrência de órgãos subterrâneos como rizoma, tubérculo e estolão.

Kissmann (1991) descreveu os pormenores da morfologia dos órgãos vegetativos de várias espécies de comportamento infestante, nas quais estavam *Cyperus articulatus* e *C. prolixus*. Nessas espécies e em outras Cyperaceae, foi observada a presença de órgãos subterrâneos de constituição mista, ou seja, compostos por mais de um tipo de caule.

Costa *et al.* (1999), catalogando espécies amazônicas da referida família, reportaram a presença de estruturas subterrâneas como rizomas e raízes, e a importâncias destes para a caracterização dos taxa.

O principal texto sobre a anatomia de espécies de Cyperaceae é de Metcalfe (1971), no qual foi realizada a descrição anatômica para a família e para os principais gêneros, além de rápidos comentários sobre taxonomia, importância econômica e distribuição geográfica. De acordo com esse autor (*Ibid.*, p. 29), o rizoma é dividido em regiões de revestimento, cortical e medular, sendo diagnosticado que o córtex é de tecido parenquimático, com ocorrência de fibras e endodermóide com lamela em “u” e a medula é estelar, com feixes vasculares dos tipos colaterais e anfivasais.

Um dos gêneros mais bem descritos na obra supra citado é *Cyperus* L., o qual é caracterizado por rizoma que, em secção transversal, é constituído de hipoderme na qual ocorrem fibras, endodermóide de células de paredes espessadas e uma medula com feixes colaterais ou anfivasais (METCALFE, 1971, p. 207).

Kukkonen (1967), analisando a anatomia dos órgãos vegetativos do gênero *Uncinia* (Cyperaceae), observou que o rizoma, em secção transversal, é constituído de epiderme sob a qual se encontram agrupamentos fibrosos, córtex interno de tecido parenquimático, endodermóide de células com parede de lamela em “u”, periciclo visível e uma medula preenchida por parênquima e feixes anfivasais de bainha de células lignificadas.

Sharma e Mehra (1972) realizaram a anatomia sistemática do gênero *Fimbristylis*, sendo constatado que o rizoma, em secção transversal, é semelhante ao descrito por

Kukkonen (1967) para *Uncinia*, porém, ocorrem feixes vasculares colaterais corticais e os feixes vasculares anfivasais medulares podem estar fundidos.

No Brasil, Estelita (1993) descreveu a anatomia dos órgãos vegetativos de *Remirea marítima* Aubl. Nesse estudo denominou-se o córtex externo de hipoderme, supondo uma continuidade dos órgãos aéreos com o subterrâneo. Além disso, é relatada a ocorrência de idioblastos fenólicos em todas as porções da secção transversal e de parênquima amilífero no córtex interno e na medula.

Rodrigues (2004) estudou a propagação vegetativa e anatomia do sistema subterrâneo em desenvolvimento de Cyperaceae. A referida autora analisou espécies de gêneros como *Cyperus*, *Fuirena* e *Hypolytrum*, caracterizando e relacionando a presença de um meristema lateral que contribui para um possível crescimento em espessura do rizoma.

Santos (2004, p. 22-24) descreveu a morfo-anatomia de *Cyperus articulatus* L., identificando um rizoma com córtex interno, constituído de parênquima amilífero, aerênquima, idioblastos fenólicos e oleífero.

Rizoma com córtex externo de constituição semelhante também foi observado por Santos (2007, p. 7-9), no estudo morfo-anatômico dos órgãos vegetativos de *C. prolixus* H.B.K., sendo sugerida a presença de um periciclo com atividade meristemática que produz feixes vasculares na medula.

Prata *et al.* (2007), para subsidiar trabalhos taxonômicos, descreveram a anatomia do escapo e rizoma de 40 espécies de *Bulbostylis* Kunth (Cyperaceae) ocorrentes no cerrado brasileiro. Neste estudo foram identificadas disposições anatômicas como o atactostelo para feixes vasculares da medula do rizoma.

Potiguara e Santos (2008a), caracterizando os órgãos vegetativos de *C. giganteus* Vahl., observaram, no caule subterrâneo, a ocorrência de feixes vasculares colaterais no córtex interno e feixes anfivasais medulares, possuindo ambos uma bainha de células lignificada.

Concomitante aos estudos anteriormente citados, que apenas caracterizavam a anatomia de Cyperaceae, pesquisas enfocaram a importância dessa família como modelo para o conhecimento dos meristemas laterais dos tipos meristemas de espessamento primário (MEP) e secundário (MES), em monocotiledôneas.

De modo geral, nas monocotiledôneas, o MEP está localizado na região do periciclo, próximo do ápice caulinar, consistindo de uma zona celular estreita que, geralmente, produz parênquima para o exterior e interior e feixes vasculares para o interior (SAJO; CASTRO, 2003, p. 288). Com isso, ocorre o espessamento do caule paralelamente ao crescimento axial,

formando raízes adventícias e a conexão vascular entre o caule, raiz e folha (RUDALL, 1991).

Já o MES, de acordo com Rodrigues e Estelita (2002), são camadas de células de paredes espessadas oriundas do periciclo, sendo este tecido responsável pela formação de feixes vasculares medulares e corticais. Dessa forma ocorre um espessamento tardio que contribui para a formação do corpo caulinar maduro (RUDALL, 1991).

Alguns autores, como Zimmermann e Tomlinson (1972) e Souza (2003, p. 125), referem-se ao MES das monocotiledôneas como uma estrutura homóloga ao câmbio das dicotiledôneas, só que oriundo do periciclo. Contudo, de acordo com Rudall (1991), tanto o MEP e MES quanto o câmbio são meristemas laterais, porém, não homólogos, uma vez que os dois primeiros são efêmeros e apenas originam eustelos.

Dickison (2000, p. 195-202) esclarece que o MEP é realmente um meristema lateral, o qual inicia a atividade nas proximidades do ápice caulinar e que pode ser oriundo do meristema fundamental. Além disso, relata que a ocorrência do MES é mais comum em espécies de monocotiledôneas arborescentes, como as palmeiras, o que dá a estas, um crescimento secundário difuso.

Nesse contexto, o MEP foi considerado ativo nos rizomas de espécies dos gêneros *Fimbristylis* e *Scirpus* (Cyperaceae) por Rudall (1991), ao analisar o meristema lateral e o desenvolvimento do espessamento em monocotiledôneas.

Gifford e Bayer (1995) identificaram a presença do MEP na formação do rizoma, bulbo e tubérculo de *Cyperus esculentus*, sendo registrada a participação desse tecido na produção de novas células que contribuem para o espessamento do caule, além da formação de raízes adventícias.

O desenvolvimento anatômico do sistema subterrâneo e do tecido Kranz nas brácteas e as implicações ecológicas do rizoma de *Cyperus giganteus* foram os objetivos do estudo de Rodrigues (1999). A referida autora descreveu o processo de formação e transformação dos tecidos meristemáticos, do MEP e do MES na espécie, além de relacionar tais estratégias com as adaptações ecológicas do rizoma para ambientes anfíbios, ou seja, aqueles que variam de umidade de acordo com a oferta de água.

Rodrigues e Estelita (2002) estudaram o desenvolvimento primário e secundário do rizoma de *C. giganteus*, determinando tecidos meristemáticos primários (ou promeristemas), do MEP e do MES. Vale atentar que foi estabelecida uma relação do MEP com a origem do córtex interno, endoderme, periciclo e feixes vasculares anfivassais medulares e ao MES a formação do sistema vascular secundário e elementos de vasos mais curtos e ramificados.

Evidências do MEP também foram relatadas na raiz da espécie citada acima (RODRIGUES; ESTELITA, 2004). Por conseguinte foi observado que esse tecido é o responsável pela formação dos característicos aerênquimas encontrados nas raízes de espécies de *Cyperus*.

Menezes *et al.* (2005), ao analisarem a atividade meristemática da endoderme e do periciclo no espessamento primário em monocotiledôneas, constataram que nos rizomas de *C. papyrus* L. e *Lagenocarpus rigidus* (Kunth.) Nees (Cyperaceae), o MEP encontra-se ativo, originado as células do córtex interno e raízes adventícias. Entretanto, preferiram denominar esse meristema de DEM (endoderme meristemática), uma vez que o periciclo seria pouco ativo nesse estágio e a endoderme é a principal fonte de células.

Estelita e Rodrigues (2007), ao procurarem subsídios à caracterização do sistema caulinar em Cyperaceae, afirmaram que, nos rizomas de espécies de *Cyperus*, *Fimbristylis*, *Fuirena* e *Killinga*, o MEP está ativo, sendo este e o procâmbio responsáveis pela formação dos feixes vasculares medulares.

Outros estudos sobre a evolução das monocotiledôneas, que utilizam as Cyperaceae como evidência, dizem respeito à conectividade entre os órgãos vegetativos. Autores como Van Fleet (1961), Metcalfe (1971), Rodrigues e Estelita (2002), Rodrigues e Estelita (2003) e Menezes *et al.* (2005) identificaram estruturas que estão presentes na raiz, percorrem o caule e terminam nas folhas.

As principais estruturas citadas por eles são a hipoderme, que na raiz e caule se manifestam na forma de córtex externo, e a endoderme, que nesses mesmos órgãos circunscrevem o estelo e, na folha, envolvem o feixe vascular, recebendo neste último caso a denominação de bainha de mestoma.

Sobre a anatomia de espécies de Cyperaceae com potencial aromático, os já citados Santos (2004), Santos (2007) e Potiguara e Santos (2008a) foram referências encontradas. Neles, além da caracterização morfo-anatomia dos órgãos vegetativos, também são descritas as estruturas secretoras identificadas no rizoma, que foram do tipo idioblastos oleíferos e de compostos fenólicos. Essas células eram geralmente esféricas, estando localizadas na epiderme, córtex e medula, e a coloração do conteúdo citoplasmático variava de amarelo até castanho.

A presença de células secretoras no rizoma de *C. articulatus* já havia sido identificada por Metcalfe (1971, p. 207), sendo descrita como de forma esférica e de abundante distribuição ao longo de todo o tecido.

Supõe-se que as células secretoras observadas pelo referido autor, sejam dos tipos composto fenólico e substâncias oleíferas, uma vez que apenas essas foram relatadas por Potiguara e Santos (2008b).

As substâncias fenólicas são metabólitos secundários comuns e que demonstram consideradas vantagens ecológicas em órgãos subterrâneos, como observado por Rodrigues (1999, p.96). A mesma relata que essas substâncias estão, possivelmente, relacionadas com alelopatia, atração de insetos e sinalizadores entre a planta e simbiotas (bactérias nitrificantes).

Já nas secreções oleíferas, o constituinte mais comum são os óleos aromáticos, com os terpenos de baixo peso molecular (CASTRO; MACHADO, 2003, p. 186). As principais funções ecológicas dessas substâncias lipofílicas são a atração de polinizadores, redução da herbivoria e inseticida (Ibid., p. 187).

As estruturas que abrigam tais substâncias podem sintetizá-las e mantê-las dentro do órgão vegetal (secreção endócrina) ou, então, eliminá-las para o exterior (secreção exócrina) (CASTRO; MACHADO, 2003, p. 180).

A respeito de estudos sobre a anatomia dos órgãos vegetativos de *C. articulatus*, destaca-se as sintéticas descrições de Metcalfe (1971, pgs. 202 e 207) sobre o escapo e rizoma, e Potiguara e Santos (2008b), que descreveram os órgãos vegetativos da referida espécie: raiz, rizoma, tubérculo, escapo e folha.

Santos (2007) caracterizou a morfologia e anatomia dos órgãos vegetativos de *C. prolixus*. Neste são descritas raiz, rizoma, escapo, folha e enfatizado as diferenças anatômicas existentes entre os diferentes caules.

Nos dois últimos trabalhos citados acima, só foram identificados idioblastos secretores no caule subterrâneo. Essa informação pode ratificar a utilização popular da piprioca na confecção do aroma “banho-de-cheiro”, uma vez que, de acordo com Oliveira e Zoghbi (2008), apenas os órgãos vegetativos subterrâneos são usados para esse fim.

3. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de espécimes floridos (maduros) de *C. articulatus* e de *C. prolixus* foram coletadas no Campo Experimental do Centro de Ciências Florestais da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA - Belém), sendo tais plantas procedentes de cultivos da comunidade de Boa Vista do Acará (Acará - Pará). Do material coletado, parte foi incorporada ao herbário João Murça Pires do Museu Paraense Emílio Goeldi (MG), com os respectivos números de registros: *C. articulatus* - MG 167.227, e *C. prolixus* - MG 178.403.

A identificação botânica foi realizada por especialistas e literatura [entre estas Adams (1994)] e por comparação com amostras do herbário MG.

No Laboratório de Anatomia do Museu Paraense Emílio Goeldi (LAV/MPEG), os caules subterrâneos foram analisados morfologicamente, não sendo realizada morfometria, e classificados segundo Gonçalves e Lorenzi (2007, pgs. 23-24), ou seja, denominou-se a porção cilíndrica de rizoma e a porção intumescida de cormo (figs. 1-3).

Posteriormente o material foi seccionado nas regiões de ápice caulinar vegetativo, mediana e base do rizoma e do cormo. Todos fixados em FAA 50 (1:1:9 formol – ácido acético – etanol 50%), por 24 horas, lavados e conservados em etanol 50% (JOHANSEN, 1940, p. 41).

3.1 SECÇÕES HISTOLÓGICAS A MÃO LIVRE

No ápice, mediana e base do rizoma e do cormo (figs. 1-2) foram realizadas secções transversais e longitudinais sequencias a mão, com o auxílio de lâmina de barbear, para serem clarificadas em solução aquosa de hipoclorito de sódio 2%, em temperatura ambiente e lavadas em água destilada (KRAUS; ARDUIN, 1997, p. 9).

Uma parte desse material clarificado foi destinada a testes histoquímicos e a outra a coloração com azul de astra 1% e fucsina básica 1% (ROESER, 1972, apud KRAUS & ARDUIN, 1997, p. 23), e montagem entre lâmina e lamínula com glicerina diluída 1:1

3.2 TESTES HISTOQUÍMICOS

Para os testes histoquímicos, as secções clarificadas em solução aquosa de hipoclorito de sódio 2% foram submetidas aos tratamentos de acordo com Johansen (1940), não sendo utilizado material controle, para identificar: amido (lugol, p. 63), compostos fenólicos (cloreto

férlico 10%, p. 193), sílica (cristais de fenol, p. 198), lignina (floroglucina/HCl, p.194), e óleo e suberina (sudam III, p. 62).

3.3 INCLUSÃO EM PARAFINA

O ápice caulinar, mediana e base do rizoma e cormo fixados foram desidratados em séries etanólica crescentes, pós-desidratados em séries acetobutilica crescente, infiltrados e incluídos em parafina (KRAUS; ARDUIN, 1997, p. 68-72). Logo após, este material foi seccionado transversal e longitudinalmente com o auxílio de micrótomo rotativo Reichert-Jung, modelo 1130/Biocut. As secções foram distendidas em banho-maria e afixadas em lâminas de vidro com albumina. As lâminas foram desparafinizadas em série acetobutílica-etanólica decrescente, corados com azul de astra e fucsina básica, desidratados e pós-desidratados semelhante ao citado anteriormente e montados entre lâmina e lamínula em bálsamo-do-Canadá (JOHANSEN, 1940, p. 151-154, com modificações).

3.4 MACERAÇÃO

Das regiões medianas do rizoma e cormo foram retirados fragmentos dos meristemas de espessamento, localizados na proximidade da endoderme (figs. 3D-E), sendo macerados com a solução de 1:1 peróxido de hidrogênio e ácido acético (FRANKLIN, 1945). Após isto, o macerado foi corado com safranina 1% e montado entre lâmina e lamínula com glicerina diluída (*Ibid.*), para observação dos elementos de vaso ocorrentes nos feixes vasculares.

3.5 ILUSTRAÇÕES E FOTOMICROGRAFIAS

Os desenhos foram realizados por João Barros da Silveira e Jeferson Miranda Costa e as fotografias com auxílio de maquina fotográfica digital Cannon de cinco megapixels, na função manual com macro, acoplada em estereo microscópio Zeiss modelo CV11.

As fotomicrografias e as escalas das mesmas foram realizadas com maquina digital Cannon de cinco megapixels, na função manual com macro, acoplada em microscópio Zeiss modelo Axiolab. As escalas foram obtidas de fotomicrografias de uma lâmina micrometrada e ampliada nas mesmas condições ópticas

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA

O sistema subterrâneo de *Cyperus articulatus* e *C. prolixus* analisados é constituído de caules e raízes (figs. 1 e 2). O caule é constituído de uma porção cilíndrica, o rizoma, e de outra intumescida, o cormo (figs. 1A e 2B). O sistema de raízes é adventício do nó e entrenó do cormo (figs. 1 e 2). Em ambas espécies, o cormo varia de elíptico a esférico (figs. 1B e 2B), é suculento e possui catafilos avermelhados (figs. 3C-D). Além disso, o cormo (porção intumescida) produz o ápice caulinar vegetativo, no início da propagação vegetativa, e o escapo floral (figs. 1 e 2). Em *C. prolixus*, os cormos podem ocorrer próximos, de modo a não ser possível a observação de rizoma entre eles (fig. 2A).

O ápice caulinar vegetativo, nas duas espécies, também é revestido por catafilos avermelhados, com regiões de nó e entrenó menores, quando comparado ao cormo (figs. 1B e 2B). Esse ápice caulinar pode produzir rizomas ou cormos (figs. 1A e 2B).

O rizoma é delgado, envolvido por catafilos avermelhados (fig. 3A), com regiões de nó e entrenó alongadas (figs. 1 e 2) quando comparada aos do cormo. Esses rizomas são menores em *C. prolixus* (fig. 2) e maiores em *C. articulatus* (fig. 1).

O caule subterrâneo de ambas espécies apresenta um crescimento do tipo plagiotrópico, ou seja, cresce horizontalmente (figs. 1 e 2). Além disso, quando jovem, apresenta coloração branca (fig. 3B) e quando maduro, torna-se escuro (fig. 3C). Em secção transversal, é claro na periferia e amarelado na medula (figs. 3D-E).

Nas pripriocas não há padronização sobre a denominação do caule subterrâneo, sendo considerado geralmente como rizoma (POTIGUARA; SANTOS, 2008b). Em *C. articulatus* e *C. prolixus*, o caule é constituído de duas porções, cormo e rizoma, os quais apresentam uma origem comum: o ápice caulinar (figs. 2B).

Font Quer (1985, p. 950) define rizoma como caule subterrâneo, com catafilos e que pode produzir raízes. Já Gonçalves e Lorenzi (2007, p. 21-24) afirmam que o cormo é um tipo de rizoma intumescido que mantém as regiões de nó e entrenó. Essa caracterização pode ser observada nas duas espécies analisadas, sendo utilizadas na descrição dos espécimes.

Quanto ao invólucro do caule subterrâneo, geralmente recebe a nomenclatura de escamas (KISSMANN, 1991, pg. 102) ou bráctea (ROCHA, 2008). Entretanto, como descrito acima, adotou-se aqui a classificação de catafilo de Font-Quer (1985, p. 192) e Gonçalves e Lorenzi (2007, p. 21-24), uma vez que estes consideram-no como uma modificação da folha

que possui uma lâmina foliar não fotossintetizante (fig. 3A), diferentemente das escamas, que possuem apenas a bainha, e da bráctea, que possui lâmina fotossintetizante.

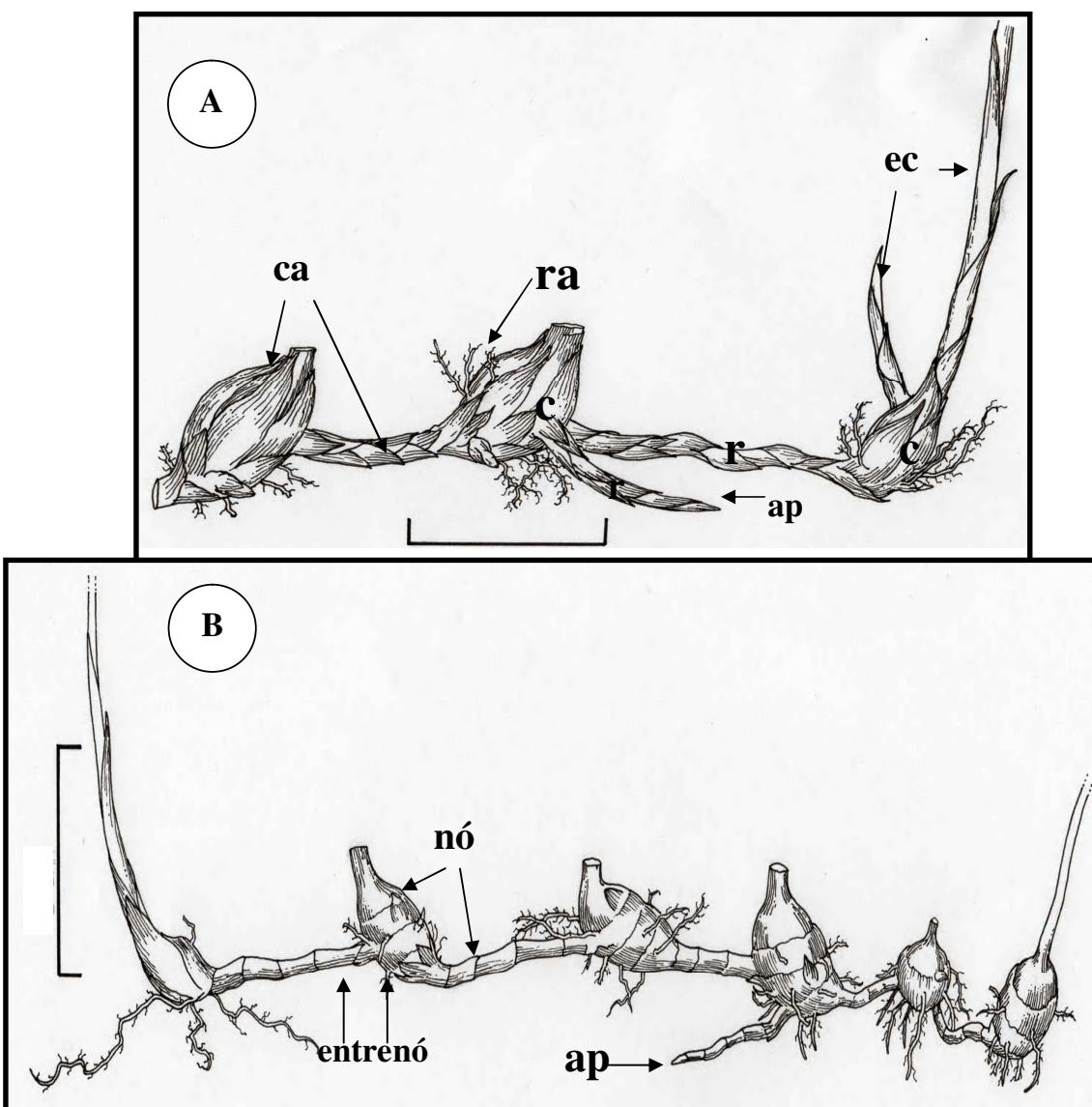


Figura 1. Aspectos morfológicos do caule subterrâneo de *Cyperus articulatus* L.: A – porção caulinar evidenciando catafilos (ca), cormo (c), rizoma (r), raízes do cormo (ra), ápice caulinar vegetativo do rizoma (ap) e escapo floral (ec); B – porção caulinar sem catafilos, evidenciando região de nó e entrenó. Escala: A = 3cm e B = 5cm. Ilustrações de João Barros da Silveira.

Rodrigues (2004, p. 15) afirma que rizomas alongados, fibrosos e sem raízes, como o que foi observado em *C. articulatus* e *C. prolixus*, estão mais relacionados com a expansão do que reserva. Já os cormos dessas, por serem órgãos tuberosos, estão possivelmente envolvidos com o armazenamento de amido.

Dessa forma uma possível explicação para a diferenciação do caule subterrâneo em cormo e rizoma pode estar em questões ambientais como o armazenamento de nutrientes em período de seca e a propagação, além da expansão em período favorável. O rizoma, de acordo com Gonçalves e Lorenzi (2007, p. 21-24), pode adquirir a forma intumescida e globosa, mantendo os nós e entrenós, recebendo, dessa forma, a denominação cormo, e armazenando maior quantidade de amido.

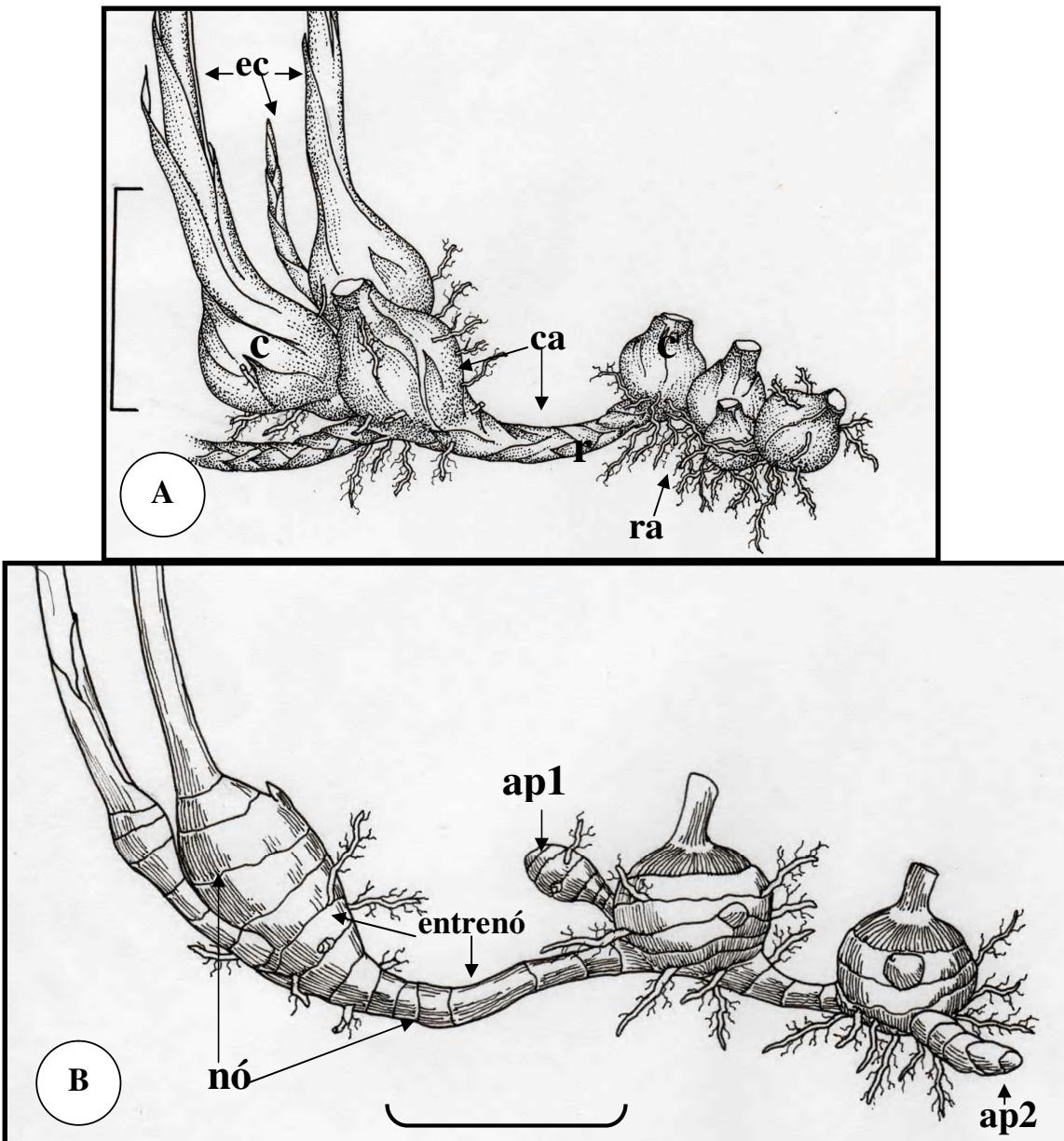


Figura 2. Aspectos morfológicos do caule subterrâneo de *Cyperus prolixus* H.B.K.: A – porção caulinar evidenciando catafilos (ca), rizoma (r), cormo (c), raízes (ra) e escapo floral (ec); B – porção caulinar sem catafilos, evidenciando nó e entrenó e ápice caulinar vegetativo originando cormo (ap1) e rizoma (ap2). Escala: A = 3cm e B = 2cm. Ilustrações de João Barros da Silveira.

Outra informação que corrobora com tal hipótese é o estudo de Silva *et al.* (2008). Nele, os autores constataram que o tubérculo (cormo) é o órgão vegetativo adequado e mais usado na brotação da espécie *C. articulatus*.

O ápice caulinar observado em *C. articulatus* e *C. prolixus* pode diferenciar-se para rizoma ou para cormo. Entretanto, em *C. esculentus*, o ápice caulinar subterrâneo primeiro se diferencia em rizoma e, nas terminações deste, formam-se tubérculos ou bulbos basais (GIFFORD E BAYER, 1995).

As raízes adventícias nos espécimes analisados são encontradas, principalmente, nas regiões de entrenó do cormo (figs. 1B e 2B). Entretanto, Souza (2003, p. 109) observa que, em caules subterrâneos, as raízes adventícias emergem somente das regiões de nó.

Uma possível explicação para tal fenômeno observado nos espécimes analisados seria a ocorrência do meristema de espessamento primário, o qual está relacionado com a formação de raízes em toda a extensão do cormo.

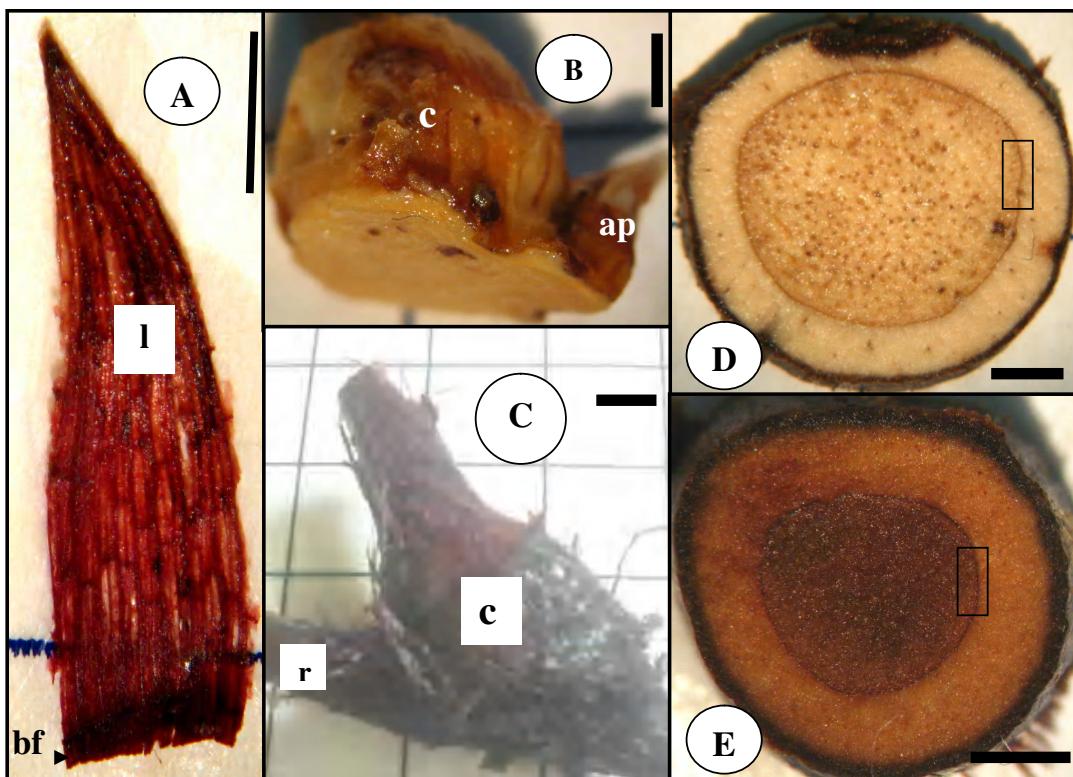


Figura 3. Aspectos morfológicos da estrutura do caule subterrâneo de *Cyperus articulatus* L. (A, C e D) e *C. prolixus* H.B.K.(B e E): A – catafilo do rizoma, evidenciando bainha foliar (bf) e lâmina foliar (l); B – ápice caulinar (ap) e cormo (c) jovem de coloração branca; C – cormo (c) e rizoma (r) maduros, de coloração escura; D – vista transversal do cormo maduro, destacando local de retirada de amostra para maceração (retângulo); E – vista transversal do rizoma, destacando local de retirada de amostra para maceração (retângulo). Escala: A, B, D e E = 20mm e C = 50mm.

4.2 CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA

4.2.1 Ápice caulinar vegetativo

Em secção longitudinal os ápices caulinares vegetativos de *Cyperus articulatus* e *C. prolitus*, apresentam o meristema apical envolvido por primórdios foliares, formando uma extremidade pontiaguda (figs. 4A-B). Nesse meristema é possível distinguir a túnica e o corpo (figs. 4C-D). A primeira é constituída de uma camada de células de diferentes formas (fig. 4D).

A túnica distingui-se em protoderme e envolve o meristema fundamental e os cordões de procâmbio, os quais se distribuem, aleatoriamente, por entre o meristema fundamental (figs. 4A-B). As gemas axilares se formam próximo desse meristema apical (fig. 4B).

No meristema fundamental já é possível identificar idioblastos secretores de composto fenólico, oleíferos e amilífero (figs. 4A-B).

Próximo ao meristema apical está presente o meristema de espessamento primário (MEP) (figs. 4A-B). Este encontra-se circundando os cordões de procâmbio e paralelos aos primórdios foliares, sendo camadas de células de paredes delgadas, que distinguem-se do meristema fundamental por apresentar apenas divisões periclinais (fig. 4E).

Os cordões procambiais dão origem a feixes vasculares anfivasais quando observados em secção transversal. Também apresentam distribuição aleatória por entre o parênquima interno e externo, com os mesmos idioblastos observados na secção longitudinal, limitados pelo MEP (figs. 5A-B).

Com o distanciamento da região do meristema apical, o MEP torna-se o único meristema ativo, que por meio de divisões periclinais, forma feixes vasculares anfivasais e parênquima para a medula e o córtex (figs 5C-E).

Dessa forma pode-se reconhecer uma região medular, com feixes vasculares, e outra cortical, com células produzidas pelo MEP e pelo meristema fundamental, ocorrendo, assim, uma distinção entre córtex e medula (fig. 5A).

A produção de células pelo meristema de espessamento permite que o caule subterrâneo sofra um aumento em espessura, que não é originário do meristema apical, mas que faz parte do corpo primário do órgão.

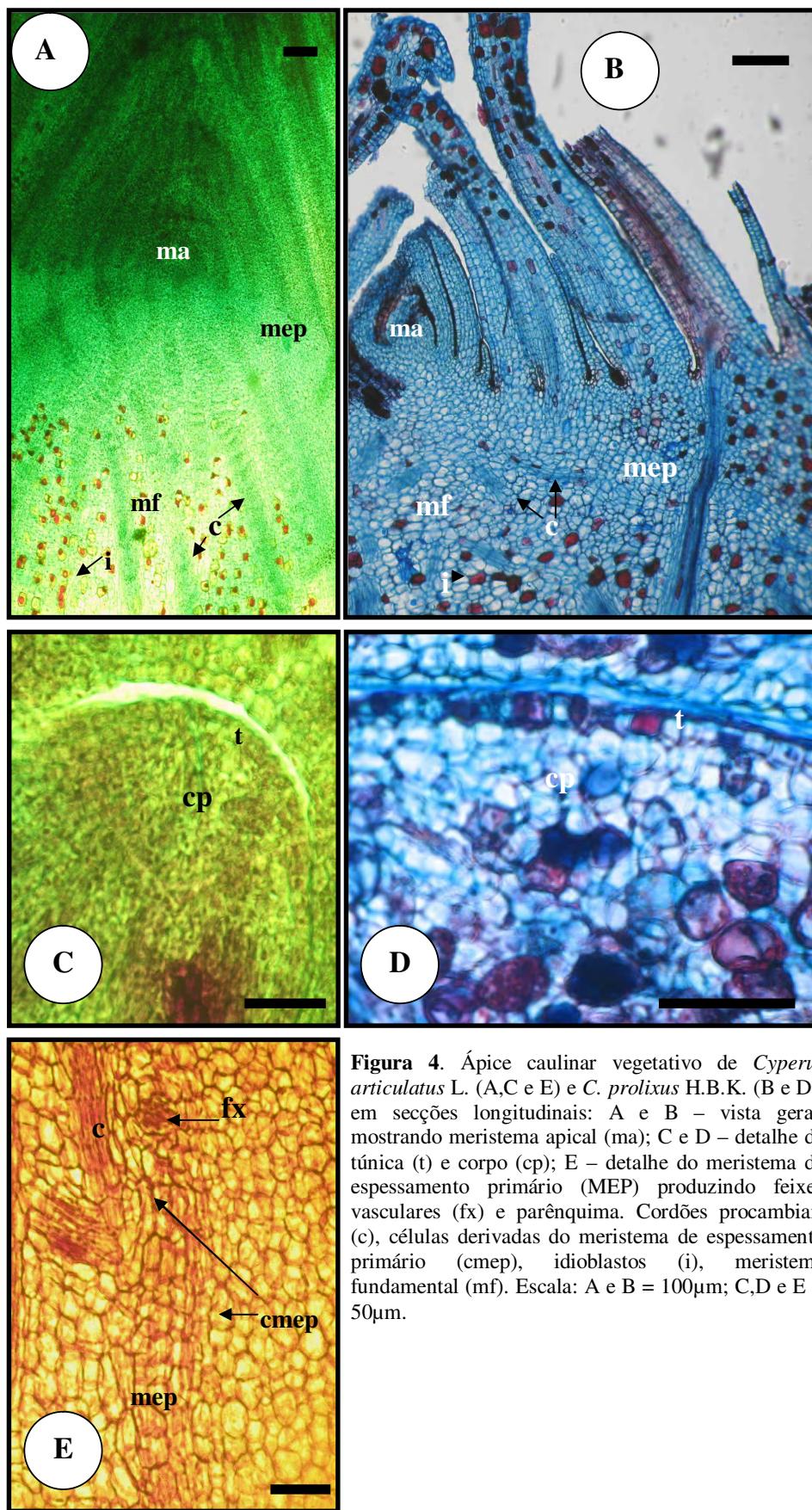


Figura 4. Ápice caulinar vegetativo de *Cyperus articulatus* L. (A,C e E) e *C. prolixus* H.B.K. (B e D), em secções longitudinais: A e B – vista geral, mostrando meristema apical (ma); C e D – detalhe da túnica (t) e corpo (cp); E – detalhe do meristema de espessamento primário (MEP) produzindo feixes vasculares (fx) e parênquima. Cordões procambiais (c), células derivadas do meristema de espessamento primário (cmepl), idioblastos (i), meristema fundamental (mf). Escala: A e B = 100 μ m; C,D e E = 50 μ m.

O córtex é formado por duas sub-regiões: externa, oriunda do meristema fundamental, e interna, originária do MEP (fig. 6B). As células do córtex externo sofrem um espessamento de lignina nas paredes e tornam-se justapostas, enquanto as do interno, mantém-se de paredes delgadas, frouxas entre si e ricas em amido (figs. 6A-C). Os idioblastos de composto fenólico e oleíferos ocorrem em ambos os córtex (fig. 6C).

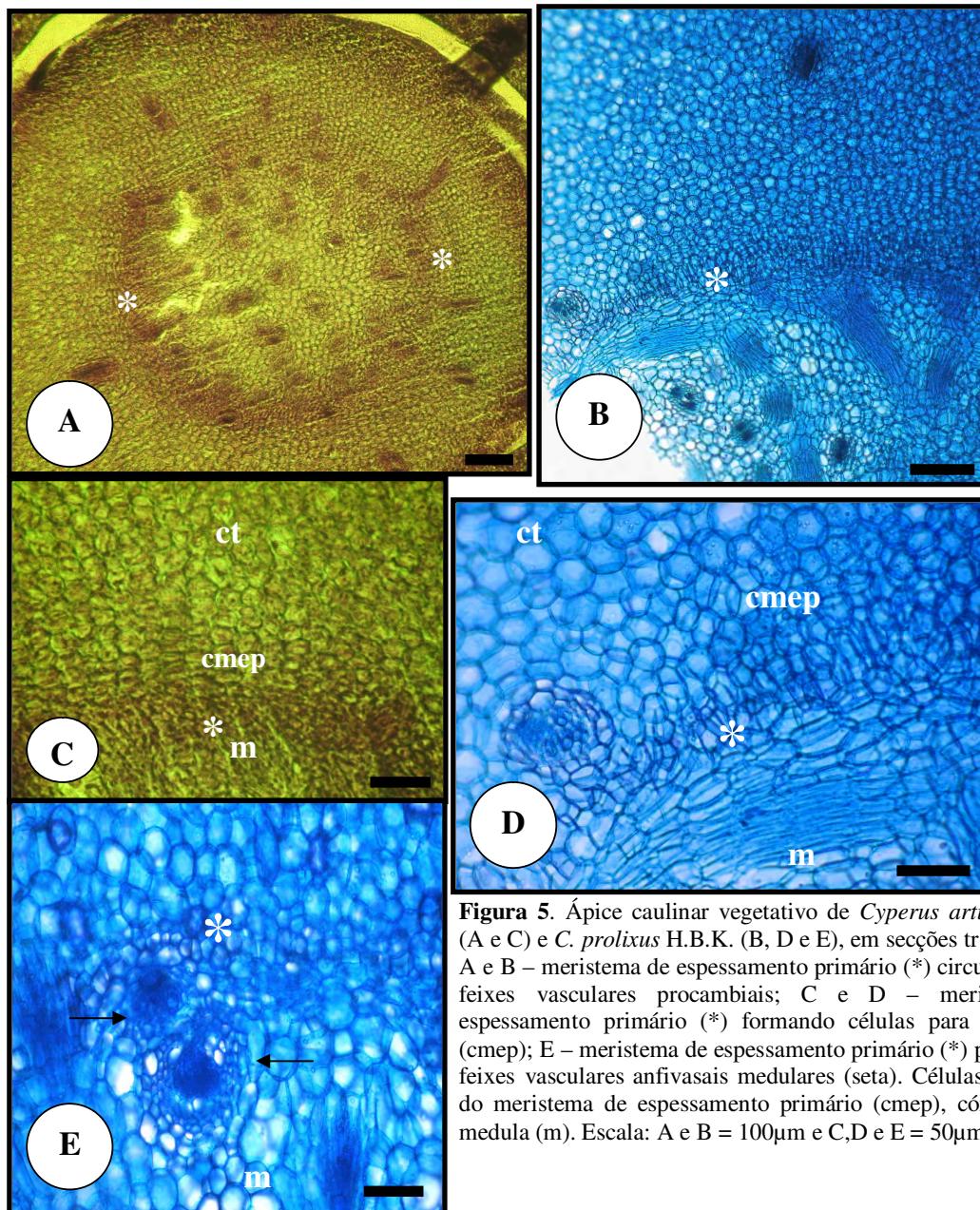


Figura 5. Ápice caulinar vegetativo de *Cyperus articulatus* L. (A e C) e *C. prolixus* H.B.K. (B, D e E), em secções transversais. A e B – meristema de espessamento primário (*) circundando os feixes vasculares procambiais; C e D – meristema de espessamento primário (*) formando células para o exterior (cmepl); E – meristema de espessamento primário (*) produzindo feixes vasculares anfivasais medulares (seta). Células derivadas do meristema de espessamento primário (cmepl), córtex (ct) e medula (m). Escala: A e B = 100µm e C,D e E = 50µm.

As paredes das células epidérmicas sofrem um espessamento de lignina (figs. 6A-C). Além disso, por entre estas, ainda podem se formar idioblastos com corpos silicosos cônicos ou de compostos fenólicos (figs. 6C).

Posteriormente, uma das camadas mais interna do MEP recebe uma lamela em “u” de suberina na parede, formando a endoderme (figs. 6D-F).

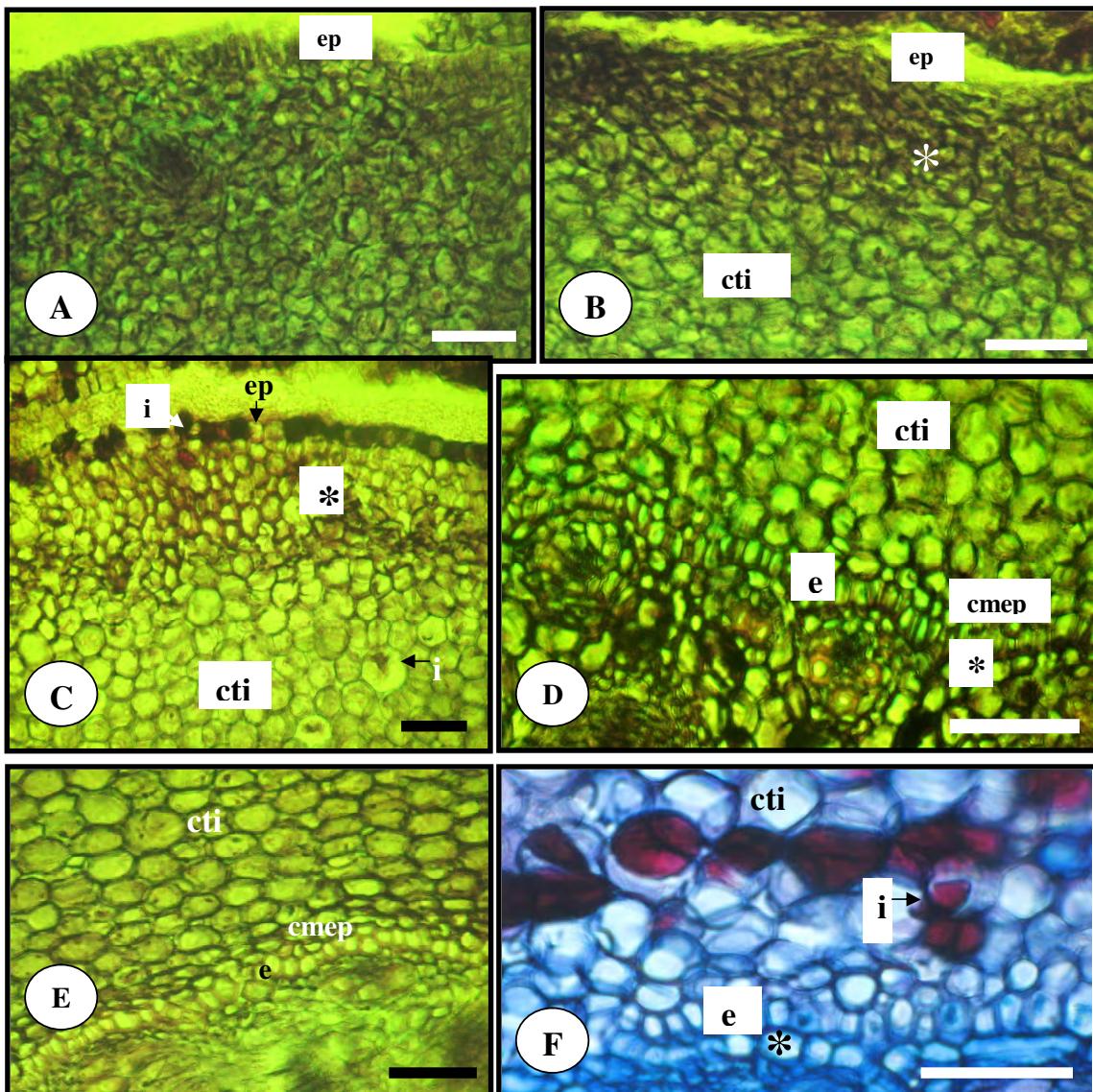


Figura 6. Ápice caulinar vegetativo de *Cyperus articulatus* L. (A-E) e *C. prolixus* H.B.K.(F), em secções transversais: A, B e C – diferenciação da epiderme (ep) e do córtex externo (*), representado pela lignificação das paredes celulares e formação de idioblastos; D, E e F – diferenciação da endoderme (e), com deposição de suberina nas paredes e evidência do pericílio (*). Células derivadas do meristema de espessamento primário (cmepl), córtex interno (cti) e idioblastos (i). Escala: A – F = 50 μ m.

O pericílio localiza-se internamente a endoderme e caracteriza-se como uma camada de células de paredes delgadas (figs. 6D e F), que participam da formação de feixes vasculares medulares.

O alongamento do caule para Esau (1985, p. 90-92) se deve ao meristema apical e ao intercalar. Entretanto, nos espécimes analisados não foi identificado meristema intercalar, o que sugere que o crescimento em comprimento aparentemente se deve apenas ao meristema apical.

A estrutura primária dos espécimes de *C. articulatus* e *C. prolixus* adveio da atividade do procâmbio, protoderme, meristema fundamental e do MEP. Esta composição, de acordo com Estelita e Rodrigues (2007) é comum no desenvolvimento do rizoma de Cyperaceae.

As autoras supra citadas também observaram que, em Cyperaceae, o MEP também pode estar relacionado com a formação de gemas vegetativas. Nas espécies estudadas, essa outra função do meristema de espessamento primário não foi diagnosticada.

Idioblastos de compostos fenólicos presentes na epiderme dos espécimes de *Cyperus* analisados é comum nos rizomas de Cyperaceae, uma vez que já foi relatado por Rodrigues e Estelita (2002), em *C. giganteus*, e Rodrigues (2004, p. 32), em espécies como *C. rotundus*, *C. odoratus* e *C. esculentus*. Possivelmente está relacionado com a proteção contra herbivoria.

A atuação do MEP em relação a dos promeristemas parece ser variável entre as monocotiledôneas. DeMason (1979), ao descrever o caule de *Allium cepa* (Liliaceae), diagnosticou esses dois tecidos como de ação afastada, enquanto que nos espécimes estudados, os mesmos encontram-se próximos, isto é, o MEP está ativo nas proximidades dos promeristemas.

Como observado em *C. articulatus* e *C. prolixus*, o MEP não é constituído de uma camada de células iniciais, como acontece no câmbio vascular das dicotiledôneas, mas sim de várias camadas localizadas internamente ao córtex em formação. Organização semelhante foi relatada por Stevenson e Fisher (1980) em *Cordyline* (Agavaceae).

Conforme descrito anteriormente, o MEP foi o responsável pelo processo de formação de feixes vasculares para a região medular e de células parenquimáticas para o córtex. Essa é uma das principais atividades do MEP (RUDALL, 1991).

O córtex externo das Cyperaceae também é denominado de hipoderme (METCALFE, 1971, p. 39), uma vez que se origina do meristema fundamental e se manifesta da raiz até a folha. Neste trabalho não se adotou essa nomenclatura, pois não estava nos objetivos verificar se o mesmo processo observado no caule subterrâneo se repete nos outros órgãos vegetativos.

Além disso, uma evidência para a existência de hipoderme é a deposição de suberina, na forma de lamela, nas paredes (VAN FLEET, 1950). Entretanto, os testes histoquímicos realizados no ápice caulinar não indicaram a presença de tal substância no tecido cortical, com exceção da endoderme, refutando a presença de hipoderme no córtex.

Como visto em *C. articulatus* e *C. prolixus*, o MEP participa da formação do córtex interno. O mesmo foi relatado no desenvolvimento do rizoma de *C. esculentus* (GIFFORD; BAYER, 1995).

Alguns dos feixes vasculares que ocorrem no córtex das espécies em estudo, como descrito anteriormente, são originados no MEP. A presença desses feixes pode estar relacionada com a vascularização dos catafilos e de gemas axilares (traços foliares), assim como os de origem procambial. Essa característica também foi constatada por Zimmermann e Tomlinson (1972), no desenvolvimento de monocotiledôneas, e Rodrigues e Estelita (2002), no ápice vegetativo do rizoma de *C. giganteus*.

A distribuição de feixes vasculares na medula e no córtex está intimamente ligada com a formação de um sistema vascular externo e outro interno, comum nos caules de monocotiledôneas. Zimmermann e Tomlinson (1972) relatam que o interno é, geralmente, complexo e dispõe-se centripetamente, enquanto o externo é pouco desenvolvido, dispondendo-se centrifugamente.

Para Menezes *et al.* (2005) a bainha externa dos feixes vasculares corticais é oriunda da endoderme não diferenciada, que ainda mantém a capacidade meristemática. Nas espécies analisadas, observou-se que depois de envolver o feixe, essas células voltam a se dividir e, posteriormente, se diferenciar na bainha de células espessadas (figs. 8A-C).

Apesar de controverso, a manifestação de endoderme no rizoma de Cyperaceae (METCALFE, 1971, p.29), Van Fleet (1950) afirma que a ocorrência da lamela em “u” de suberina nas paredes de células próximas ao feixe condutor de raízes, é uma indicação da formação de uma endoderme. Neste sentido, concordamos com este último autor que o mesmo ocorra no caule dos espécimes analisados.

Nas paredes celulares da endoderme de *C. articulatus* e *C. prolixus* identificou-se apenas a deposição de suberina, entretanto, Rodrigues e Estelita (2002), constataram que, na endoderme de *C. giganteus*, além de suberina, ocorre a deposição de compostos fenólicos.

A participação da endoderme e do pericílio no MEP já é reconhecida, antes e após as respectivas diferenciações (MENEZES *et al.*, 2005). Dessa forma, mesmo depois de diferenciarem-se, ainda é possível determinar a participação desses tecidos no meristema de espessamento primário do ápice do caule subterrâneo dos espécimes analisados (figs. 6D-E).

Ainda de acordo com Menezes *et al.* (2005), o MEP é constituído pela endoderme e periciclo, os quais, apesar de difícil diferenciação, já apresentam funções separadas no ápice caulinar, sendo que o periciclo produz feixes vasculares e a endoderme o córtex interno. Entretanto, neste trabalho, só foi possível determinar as características desses dois tecidos com a diferenciação da endoderme, portanto, não concordando com a afirmação dos autores anteriormente citados.

A importância do MEP para a delimitação de uma região cortical e outra medular em monocotiledôneas pôde ser comprovada conforme descrito acima. Esse padrão, que é mais comum em dicotiledôneas (ESTELITA, 1993), manifesta-se em vários representantes das Cyperaceae (ESTELITA; RODRIGUES, 2007) e de poucas outras monocotiledôneas (DICKISON 2000, p. 195-202).

Como foi descrito no tópico de caracterização morfológica, este ápice caulinar pode originar o rizoma e o cormo. Dessa forma, a partir deste ponto, o MEP apresenta determinado comportamento em cada um desses órgãos, os quais a descrição segue abaixo.

4.2.2 Rizoma

Os rizomas de *C. articulatus* e *C. prolixus*, em secções transversais, podem ser divididos em três regiões distintas: revestimento, córtex e medular (figs. 7A e 9A-B).

O revestimento é constituído de células epidérmicas tabulares, de paredes lignificadas (fig. 7B), podendo ocorrer idioblastos de compostos fenólicos (fig. 7A) e células achatadas periclinalmente, as quais abrigam corpos silicosos de forma cônica nas paredes.

A ocorrência de corpos silicosos na epiderme de Cyperaceae é comum, sendo de considerável importância taxonômica para identificação de subfamílias e alguns gêneros (METCALFE, 1971, p. 13).

O córtex do rizoma é de origem mista, já que os tecidos que o constituem são sensivelmente diferentes, oriundos do MEP e do meristema fundamental (fig. 7A). Essa condição permitiu subdividi-lo em córtex externo e interno.

No córtex externo, adjacente as células epidérmicas silicosas, agrupamentos de células parenquimáticas adquiriram um espessamento de parede acentuadamente lignificado, tornando-se ninhos esclerenquimáticos sub-epidérmicos (fig. 7B). Esses ninhos estão imersos em um parênquima de células compactas e de paredes reforçadas por lignina (fig. 7C). Por entre essas, ainda podem ser encontrados idioblastos de compostos fenólicos e oleíferos. As camadas de células mais internas deste córtex adquirem um elevado espessamento de paredes,

lembrando esclereides (figs. 7C-D). Elas se dispõem em um cordão que separa claramente o córtex externo do interno.

Os ninhos esclerenquimáticos sub-epidérmicos observados nas espécies em estudo são diferenciações de células do córtex externo. Semelhante característica foi observada no rizoma de *C. giganteus* (RODRIGUES; ESTELITA, 2002) e, nos rizomas de *C. rotundus* e *C. odoratus*, esses ninhos são oriundos de divisões de células epidérmicas que, posteriormente, se lignificam (RODRIGUES, 2004, p. 32).

Esse córtex externo, quando em rizoma, é frequentemente denominado de hipoderme, como já foi previamente discutido e apenas o interno é denominado de córtex. Nos rizomas de Iridaceae, esse córtex é denominado de periderme (RUDALL, 1984). Novamente aqui, não se utilizou esses termos devido à reação negativa dessa camada de células para a suberina, mantendo-se a nomenclatura de córtex externo.

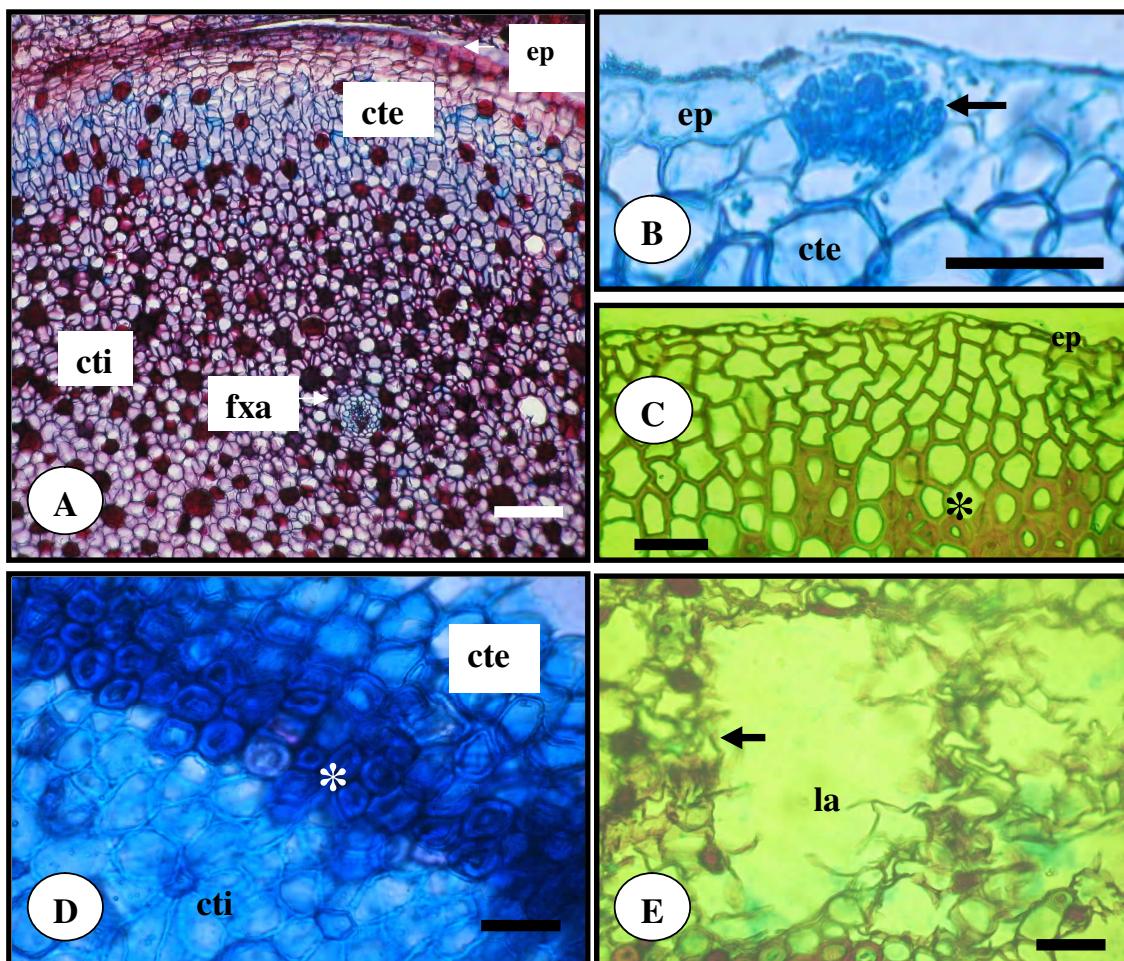


Figura 7. Diferenciações dos rizomas de *Cyperus articulatus* L. (C e E) e *C. prolixus* H.B.K. (A, B e D), em secções transversais: A – vista geral da epiderme (ep), córtex externo (cte) e córtex interno (cti), antes da diferenciação; B – formação de ninhos sub-epidérmicos (seta), no córtex externo; C – início da formação do cordão esclerenquimático (*); D – cordão esclerenquimático diferenciado no córtex externo (*); E – formação de aerênquima no córtex interno, evidenciando lacuna de ar (la) e coluna parenquimática (seta). Feixe vascular anfivasal cortical (fxa). Escala: A = 100µm, B-E = 50µm.

O córtex interno é constituído de parênquima amilífero. As células são de paredes delgadas e, entre estas, estão idioblastos de compostos fenólicos e oleíferos, com frequência maior do que no córtex externo (figs. 7A, D e 9B). Ainda no córtex interno, estão presentes feixes vasculares anfivasais com bainha de células de paredes pouco espessadas (fig. 7A).

Rodrigues e Estelita (2002) observaram que no córtex interno do rizoma de *C. giganteus*, as células do parênquima amilífero se diferenciam para a forma lobada, com perceptíveis espaços intercelulares. Nos espécimes estudados essa diferenciação não ocorre, porém as células permanecem com aspecto frouxo entre si.

Em *C. articulatus*, algumas das células mais externas do córtex interno sofrem um processo esquiso-lisígeno, ou seja, ocorre o afastamento e lise das células originando lacunas de ar. As células que se mantêm íntegras formam colunas que limitam essas aberturas. Assim, forma-se um aerênquima no córtex interno (fig. 7E).

Como foi observado, as células advindas do MEP é que sofreram o processo esquiso-lisígeno e originaram o aerênquima. Processo semelhante foi observado nos rizomas de *C. esculentus* e *C. rotundus* (RODRIGUES, 2004, p. 22).

A ocorrência de aerênquima em plantas está geralmente relacionada ao transporte e reserva de gases (DREW *et al.*, 2000). *C. articulatus* é uma planta adaptada para ambientes de variação hídrica, podendo se conservar apenas na forma de caule subterrâneo quando a oferta de água é reduzida. Dessa forma, as lacunas de ar tornam-se eficientes estruturas de armazenamento de gases durante esses períodos.

Ainda em *C. articulatus*, adjacente as lacunas de ar, duas a quatro camadas de células sofrem deposição de lignina nas paredes, formando um cordão de células de paredes espessadas, lembrando esclerênquima, que circunscrevem a endoderme (figs. 8A-C).

A formação desse cordão de células espessadas em volta da endoderme é uma evidência da busca redução da atividade do MEP, já que estas células circunvizinhas estão diferenciadas.

A redução da atividade do MEP, também foi determinada pela diferenciação das células circunvizinhas à endoderme do rizoma de *C. esculentus* (GIFFORD; BAYER, 1995) e *C. giganteus* (RODRIGUES; ESTELITA, 2002).

A formação desse cordão de células espessadas circunvizinhas da endoderme foi observada no rizoma de *Cyperus papyrus* (MENEZES *et al.*, 2005). De acordo com esses autores, as células que sofrem esse espessamento são originárias exclusivamente da endoderme, sendo por eles denominadas de células derivadas da endoderme meristemática. Nas espécies analisadas, pode ser comprovado que essas células realmente são produzidas

pela endoderme, depois do inicio da deposição de suberina característica desse tecido (fig. 6E).

Referindo-se ainda aos espécimes estudados, a endoderme é uni-bisseriada e limita internamente o córtex interno. Contudo ela recebe um reforço de lignina nas paredes celulares, perdendo o aspecto de “u” e adquirindo um espessamento por completo (fig. 8). O espessamento das paredes das células é uma evidência da maturidade da endoderme, a partir do que esta perde a capacidade meristemática e não mais participa das atividades mais frequentes do MEP, tal como a produção de tecido cortical.

Essa mesma situação pôde ser observada em espécies como *C. odoratus* (RODRIGUES, 2004, p. 32).

Na parede das células endodérmicas maduras do rizoma dos espécimes analisados foi identificada a impregnação somente de lignina, entretanto, em *C. giganteus*, Rodrigues e Estelita (2002) reportaram a impregnação de compostos fenólicos e lignina.

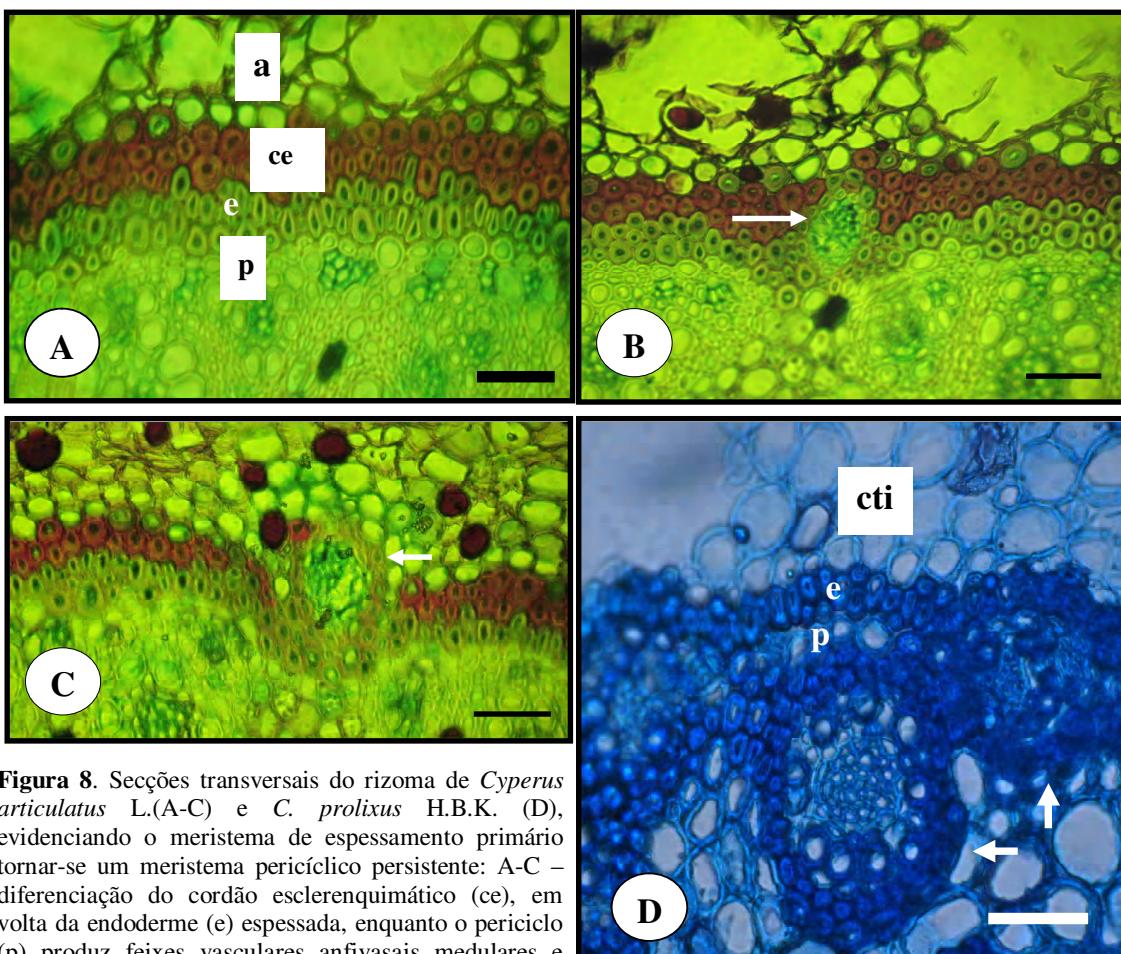


Figura 8. Secções transversais do rizoma de *Cyperus articulatus* L.(A-C) e *C. prolitus* H.B.K. (D), evidenciando o meristema de espessamento primário tornar-se um meristema pericíclico persistente: A-C – diferenciação do cordão esclerenquimático (ce), em volta da endoderme (e) espessada, enquanto o pericílio (p) produz feixes vasculares anfivasais medulares e corticais (seta); D – endoderme (e) espessada, e pericílio (p) formando feixes anfivasais medulares (seta). Aerênquima (a) e córtex interno (cti). Escala: A-D = 50µm.

Limitando externamente a região medular, observa-se o periciclo uni-bisseriado, cujas células sofreram maior deposição de celulose nas paredes, dando-lhes o aspecto espessado (fig. 8).

O periciclo, apesar de agora ser constituído de células de paredes espessadas, continua formando feixes vasculares anfivasais medulares e corticais e parênquima medular (fig. 8). Essa mudança de atividade é uma demonstração de que nestes rizomas o periciclo, que foi a única sobra do MEP, torna-se um meristema periciclo persistente (MPP).

A ocorrência do MPP foi, primeiramente, observado por Rudall (1984). Esta estrutura foi descrita em espécies como *Orthrosanthus chimboracensis* (Iridaceae) e caracterizada como a permanência do MEP por vários entre nós a partir do ápice, sendo formado um plexo vascular lenhoso periciclo (ou seja, fusão do periciclo com os feixes vasculares que produz). Nos espécimes analisados, não foi observado formação do plexo vascular lenhoso periciclo, porém o MEP se estende por vários entrenós depois do ápice.

A persistência da atividade meristemática apenas do periciclo, não pode ser considerada o início de uma forma de espessamento secundário, haja vista não ocorrer mudança na atividade do MEP que continua produzindo feixes vasculares anfivasais. Em Cyperaceae, a atividade do meristema de espessamento secundário (MES) só pode ser comprovada com alteração das estruturas formadas em relação ao MEP (GIFFORD; BAYER, 1995).

A produção de feixes vasculares para a região medular e cortical é uma função reconhecida do MEP do rizoma de Cyperaceae (RODRIGUES; ESTELITA, 2002). Como foi observado em *C. articulatus* e *C. prolixus* na formação dos feixes vasculares corticais, o periciclo origina o xilema e floema, enquanto a endoderme produz as camadas da bainha vascular (fig. 8).

A participação na constituição das bainhas dos feixes vasculares anfivasais corticais é a única atividade estrutural realizada pela endoderme, sendo que a frequência desse evento é muito reduzida.

Como observado acima, a endoderme participa da formação da bainha vascular dos feixes anfivasais corticais. No rizoma de *C. giganteus*, apesar dos feixes corticais formados serem colaterais e anfivasais, a endoderme também origina a bainha vascular (RODRIGUES; ESTELITA, 2002).

Subsequentemente, o periciclo adquire um espessamento de parede lignificado, semelhante a endoderme, finalizando dessa forma, a atividade do MEP nos rizomas de ambas espécies.

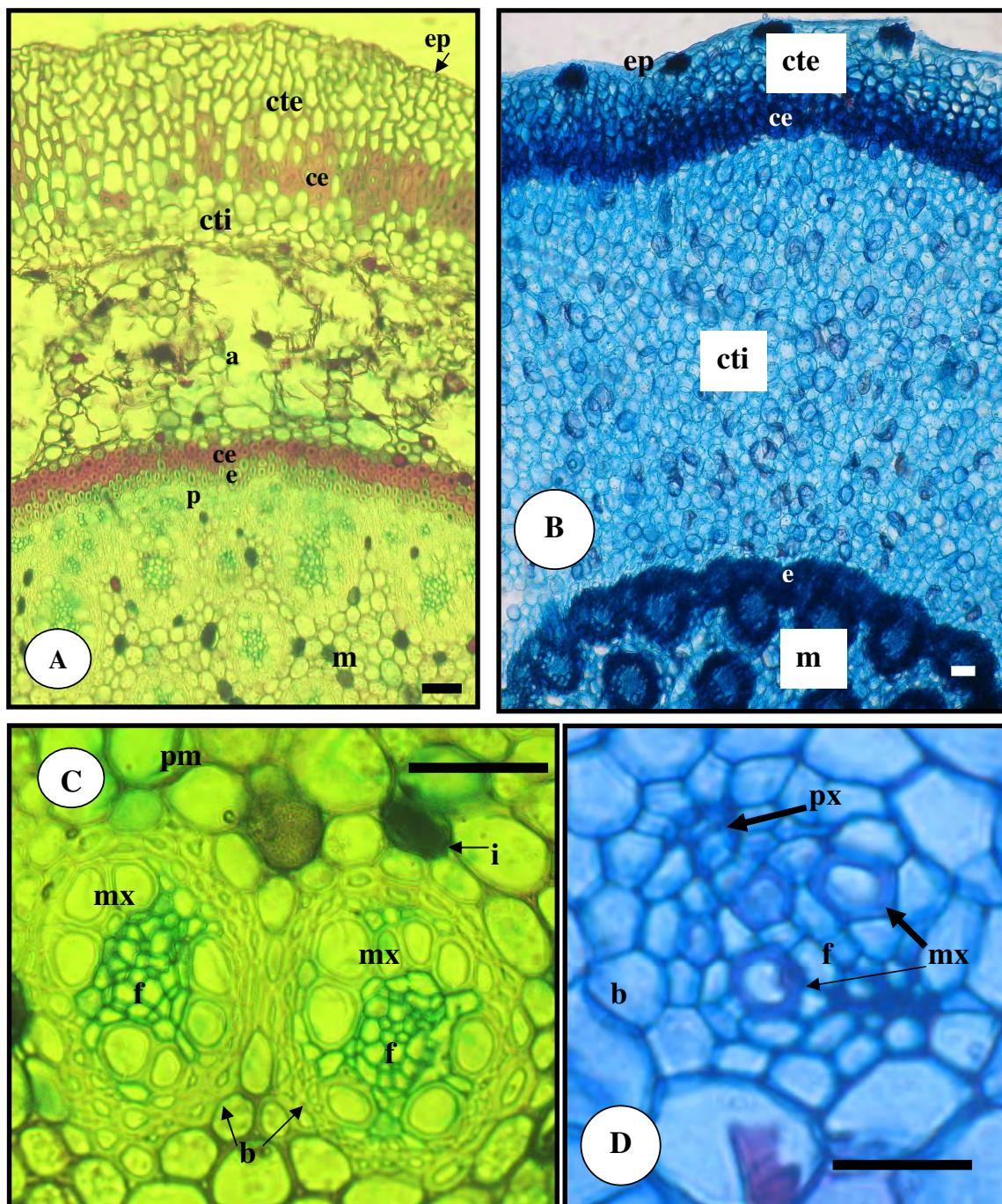


Figura 9. Secções transversais do rizoma de *Cyperus articulatus* L. (A e C) e *C. prolixus* H.B.K. (B e D): A e B – vista geral delimitando epiderme (ep), córtex externo (cte) com cordão esclerenquimático (ce), córtex interno (cti), endoderme (e) e medula (m); C – feixes vasculares anfivasais medulares de origem no meristema de espessamento primário; D – feixe vascular anfivasal medular de origem procambial. Aerênquima (a), bainha vascular (b), floema (f), idioblasto (i), medula (m), metaxilema (mx), parênquima medular (pm), periciclo (p), protoxilema (px). Escala: A e B = 100µm e C e D = 50µm.

O processo de lignificação do periciclo do rizoma foi observado em *Remirea marítima* (Cyperaceae) (ESTELITA, 1993), entretanto, não é relacionado com o fim da atividade do MEP. Como descrito no parágrafo anterior, o espessamento do periciclo representa

claramente o fim das atividades do MEP, uma vez que não ocorre mais a produção de tecido nessa região.

O parênquima medular também é amilífero, de células compactadas, conspícuas, de diâmetro maior do que as do córtex interno, ocorrendo idioblastos de compostos fenólicos e oleíferos (fig. 9C). Os feixes vasculares são anfivasais, com bainha de células espessadas (figs. 9C-D). Estes feixes estão dispersos na proximidade do periciclo e por entre o tecido medular, ocorrendo isolados ou agrupados e com idioblastos de composto fenólico e oleíferos no parênquima vascular.

Como descrito acima, o parênquima vascular das espécies em estudo pode conter idioblastos oleíferos. De acordo com Costa *et al.* (2003, p. 138), células oleíferas são mais comuns e característico no parênquima vascular de dicotiledôneas lenhosas e basais, como as Lauraceae.

Os feixes vasculares anfivasais podem se manifestar de duas formas nos rizomas dos espécimes analisados: com bainha de células de paredes espessadas e somente metaxilemas (fig. 9C); ou com bainha de células de paredes delgadas e proto e metaxilemas (fig. 9D).

O primeiro tipo, como foi possível observar, é oriundo do MEP (fig. 8D). O segundo adveio do procâmbio e ainda está em processo de diferenciação.

Os feixes vasculares produzidos pelo MEP se diferenciam diretamente para anfivasais com bainha de células espessadas (fig. 9C).

A formação de dois tipos de feixes anfivasais nos rizomas de *C. articulatus* e *C. prolixus* já é perceptível desde a proximidade do ápice caulinar vegetativo, entretanto, só pode ser melhor observada no rizoma.

A ocorrência de dois tipos de feixes anfivasais medulares, conforme constatado em *C. articulatus* e *C. prolixus*, também foi reportada na medula do rizoma de *C. giganteus* (RODRIGUES; ESTELITA, 2002) e outras Cyperaceae (ESTELITA; RODRIGUES, 2007). Sendo que, assim como foi observado nos espécimes analisados, as autoras atribuem ao procâmbio e ao MEP a formação desses feixes.

4.2.3 Cormo

Os cormos de *C. articulatus* e *C. prolixus*, em secção transversal, apresentam uma constituição semelhante ao rizoma, podendo ser também dividido em revestimento, córtex externo e interno e medula (figs. 11).

O revestimento é semelhante ao descrito para o rizoma, enquanto o córtex externo diferencia-se do deste pela ausência do cordão esclerenquimático (figs. 10A e 11).

No córtex interno, diferentemente do rizoma, não se observa a formação do cordão de células espessadas circunvizinhas a endoderme, sendo que as células desta endoderme não possuem as paredes espessadas, porém, a característica lamela de suberina (fig. 10D).

O parênquima desse córtex é também amilífero e com idioblastos fenólicos e oleíferos, sendo que algumas dessas células apresentam forma lobada (fig. 10E).

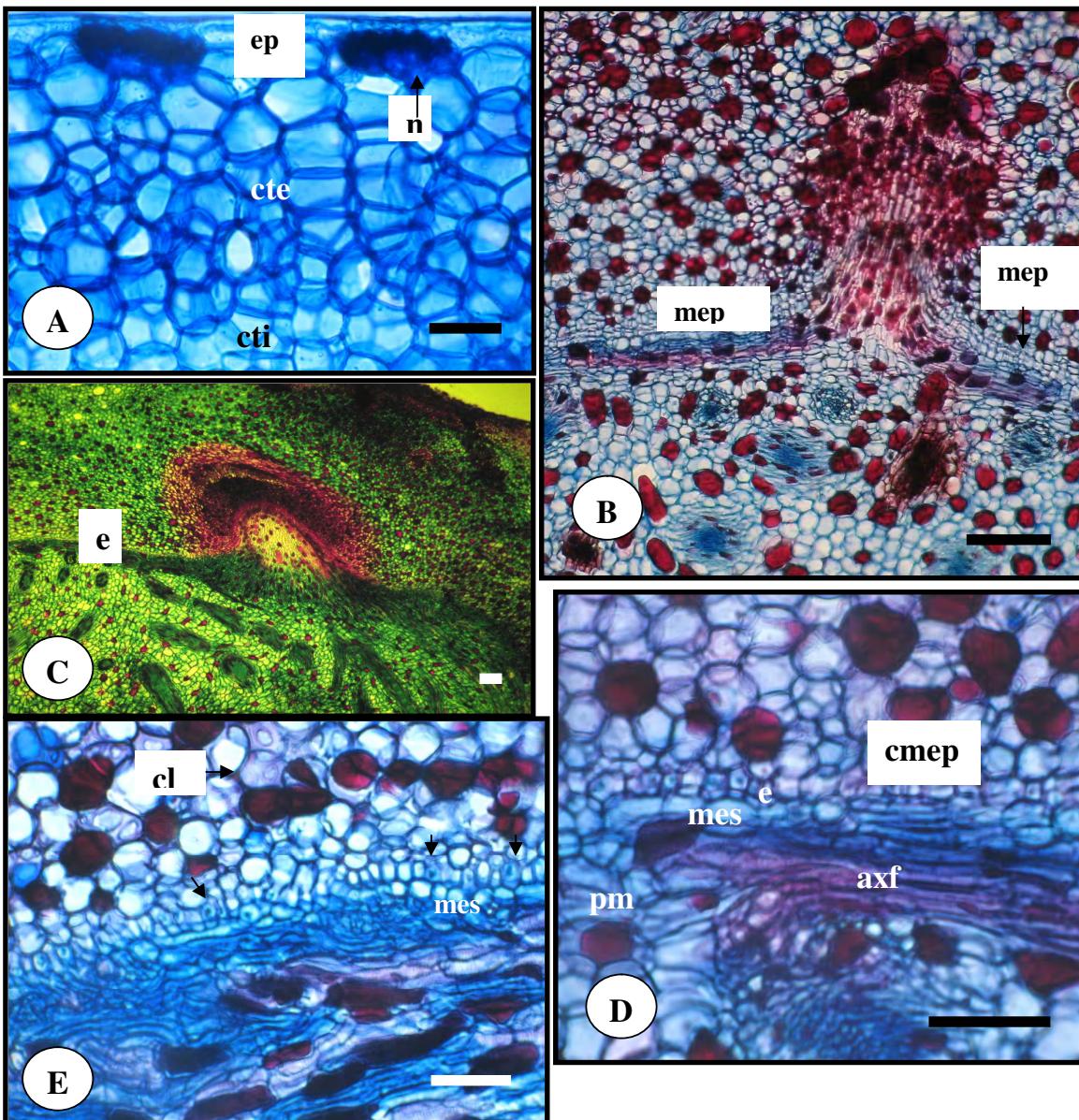


Figura 10. Secções transversais do cormo de *C. articulatus* (A, B, D e E) e *C. prolixus* H.B.K. (C) A – detalhe da epiderme (ep), córtex externo (cte) e interno (cti); B – meristema de espessamento primário (mep) formando raiz; C – meristema de espessamento secundário formando raiz e continuidade da endoderme do cormo com a da raiz; D – inicio da atividade do meristema de espessamento secundário (mes); E – lignificação das células endodérmicas (seta) e formação do sistema vascular secundário (SVS). Agrupamento de xilema e floema (axf), células lobadas (cl), células derivadas do meristema de espessamento primário (cmepl), endoderme (e), ninhos sub-epidérmicos (n), parênquima medular (pm). Escala: B e C = 100µm e A, D e E = 50µm.

Neste órgão, é possível identificar a ocorrência da endoderme pela continuidade desta com a raiz (fig. 10C). Essa observação também colabora para a demonstração de que, nas espécies em estudo, o MEP é responsável pela formação das raízes adventícias características da morfologia desse órgão (fig. 10B).

No cormo de Cyperaceae, como *C. rotundus*, Rodrigues (2004, p. 34) notou que a atividade do MEP é maior para a região cortical do que para medular. Em *C. articulatus* e *C. prolixus* esse padrão não foi medido, entretanto a região medular é mais extensa do que a cortical (fig. 11A), o que nos leva a acreditar que tal diferença não ocorra.

Subsequentemente, a endoderme não mais demonstra sinais de atividade meristemática, e as células circunvizinhas do córtex interno, encontram-se diferenciadas em parênquima amilífero e idioblastos (figs. 10D-E). Esta é uma evidência do fim da atividade do MEP no cormo.

O periciclo, por conseguinte, mantém-se ativo mesmo com a diferenciação da endoderme. Ele torna-se o resquício do MEP, originando raízes para o exterior e o sistema vascular secundário (SVS) para a região medular (figs. 10C-E).

O SVS são células xilemáticas e floemáticas não organizadas em feixes, mas sim desalinhadas e espalhadas ao longo do periciclo, externamente as estruturas vasculares primárias, sendo diferente dos feixes anfivasais (figs. 10D-E). Para produzir o sistema vascular secundário, primeiro o periciclo forma grupos de xilema e floema, que são interrompidos por parênquima medular (fig. 10D), posteriormente, com o aumento da produção, esses agrupamentos se fundem em um cordão (fig. 10E).

Dessa forma observa-se que o periciclo mudou de atividade, adquirindo outra secundária, no cormo, se tornando o meristema de espessamento secundário (MES).

A ocorrência do MES em Cyperaceae é geralmente caracterizado pela formação de raízes e do chamado sistema vascular secundário (SVS), que consiste no periciclo produzindo floema e xilema que não se dispõe em feixe (RODRIGUES, 2004, p. 32). Entretanto, para Rudall (1984), o MES é reconhecido pelo aumento em espessura do caule ou raiz devido a divisões celulares que continuam a acontecer após a maturação de tecidos primários. Dessa forma, concordou-se com as duas autoras para a determinação da atividade do MES no cormo dos espécimes analisados.

Há, entretanto, relatos de atividade do MES no caule sem a formação de raízes e do SVS, como em *Cordyline terminalis*, sendo que, o periciclo produz apenas feixes anfivasais medulares modificados (STEVENSON; FISHER, 1980).

Cheadle (1937) afirma que uma das características necessárias para determinação do crescimento em espessura secundário de monocotiledôneas, são mudanças na estrutura e arranjo dos tecidos produzidos. Nos espécimes analisados foi possível verificar esse fenômeno, já que o pericílio passou a formar o SVS, que era diferente dos feixes vasculares anfivasais resultantes do procâmbio e MEP.

Para Cyperaceae, o SVS aparenta ser um registro preciso do MES, uma vez que há evidências desse sistema vascular no trabalho de Metcalfe (1971, p. 29), ao analisar o rizoma de várias espécies, que os denominou de feixes vasculares fusionados, devido a aproximação entre os elementos vasculares.

A ocorrência do meristema de espessamento secundário não é muito comum em herbáceas, sendo restrito a algumas famílias como Liliaceae, Iridaceae (DIGGLE; DEMASON, 1983) e Cyperaceae (RODRIGUES; ESTELITA, 2002). Além disso, a relação de continuidade desse meristema com o MEP ainda é incerta (STEVENSON; FISHER, 1980) ou não contínua (DICKISON, 2000, p. 197). No cormo de *C. articulatus* e *C. prolixus* o MEP e MES são contínuos na planta adulta, sendo que o primeiro origina o segundo por meio de mudanças na atividade e morfologia celular.

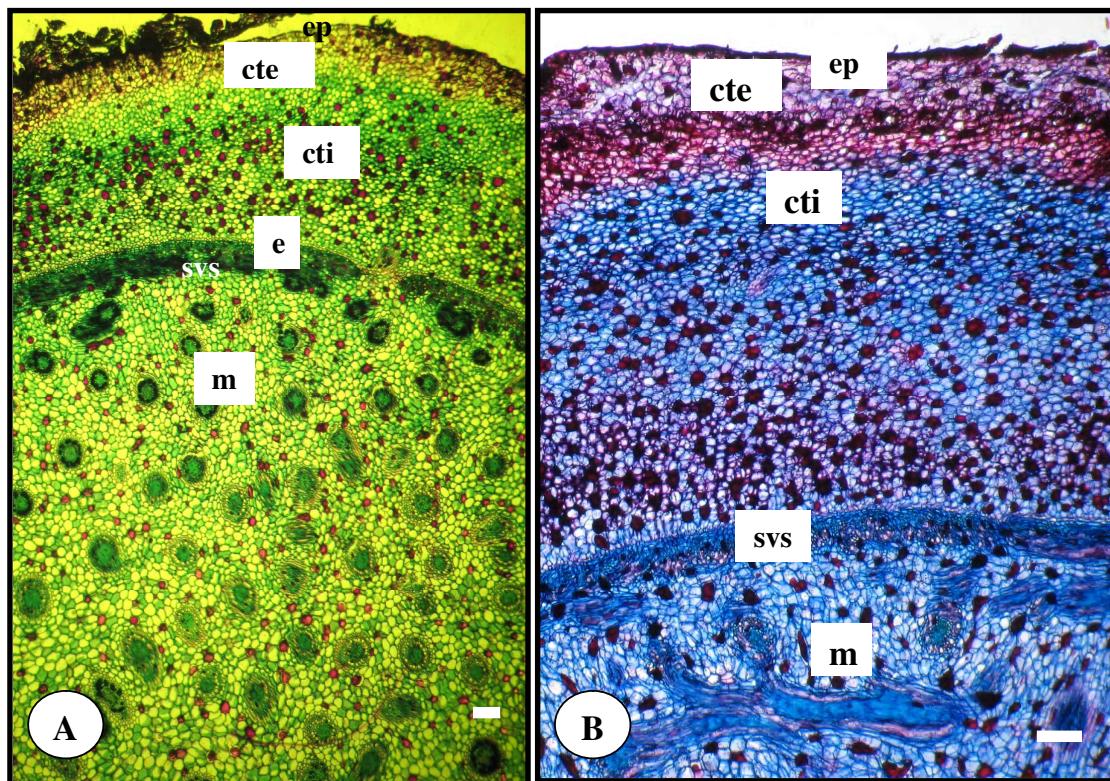


Figura 11. Secções transversais do cormo de *C. articulatus* L. (A) e *C. prolixus* H.B.K. (B): A e B – vista geral delimitando epiderme (ep), córtex externo (cte), córtex interno (cti) e medula (m). Endoderme (e) e sistema vascular secundário (svs). Escala: A e B = 100µm.

Como foi observado, tanto o MEP quanto o MES são responsáveis pela formação de raízes no cormo. Os mesmos meristemas também são responsáveis pela formação de raízes no rizoma de *C. giganteus* (RODRIGUES; ESTELITA, 2002).

No cormo dos espécimes estudados, pôde-se determinar o local exato de origem das raízes adventícias: o MEP e o MES, precisamente no periciclo. Embora, geralmente, a localização da origem das raízes de espécies de *Cyperus* seja de difícil determinação (GIFFORD; BAYER, 1995).

Zimmermann e Tomlinson (1972) relatam que em monocotiledôneas como do gênero *Strelitzia* (Strelitziaceae), o espessamento secundário é acompanhado de aumento sistema vascular cortical, ou seja, aumento no número de feixes. Contudo, nos espécimes estudados, não foi constatado modificação na quantidade de feixes corticais, uma vez que o periciclo produz apenas o SVS.

É interessante notar que o MEP, no rizoma, não produz raízes adventícias. O que confirma que esse órgão, nos espécimes analisados, é mais adaptado para a expansão do caule.

O fim da atividade do MES em Cyperaceae é caracterizado pelo espessamento e lignificação do periciclo (RODRIGUES, 2002). Entretanto, nos espécimes estudados, não foi possível verificar esta ocorrência.

Internamente ao SVS, a região medular é semelhante ao observado no rizoma (fig. 11), sendo possível, inclusive, distinguir os feixes vasculares anfivasais oriundos do procâmbio e do MEP.

4.2.4 Elementos de vaso

Os feixes vasculares localizados nas proximidades do MEP dos rizomas de *C. articulatus* e *C. prolixus* apresentam, geralmente, elementos de vaso com paredes terminais transversais ou oblíquas, sendo a placa de perfuração simples e o espessamento das paredes do tipo reticulado (figs. 12A-B). Além disso, podem possuir prolongamentos de paredes nas extremidades (figs. 12C-D).

Os elementos de vaso do MES, localizado no cormo das espécies estudadas, são geralmente de terminações oblíquas, alongadas, bifurcadas ou ramificadas, o espessamento de parede é do tipo reticulado e mais curtos do que os produzidos pelo MEP (figs. 12E-G). Também podem apresentar aspectos deformados, ou seja, em desacordo com as formas padrões dos elementos (figs. 12H-J).

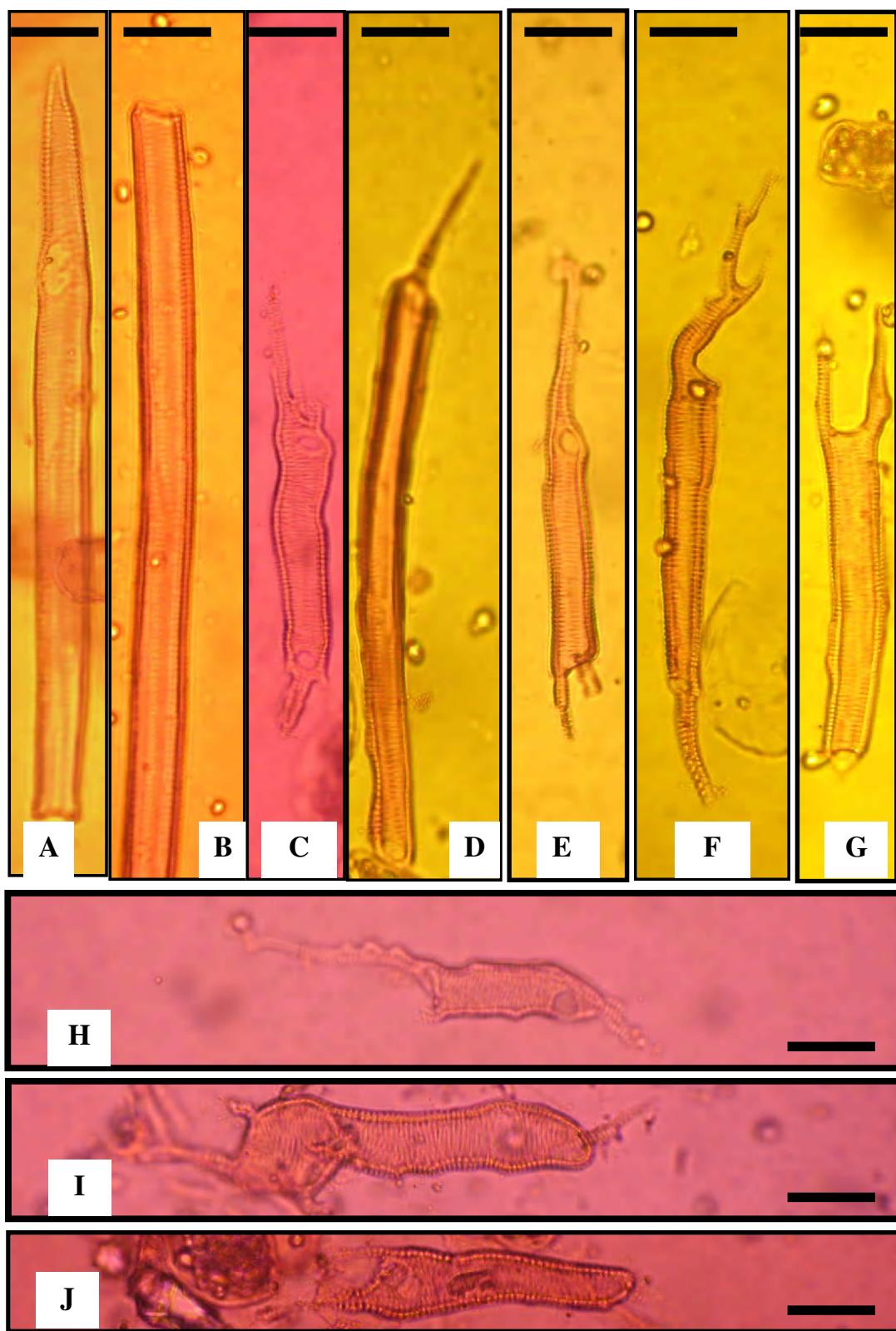


Figura 12. Elementos de vaso do meristema de espessamento primário dos rizomas (A-D) e do meristema de espessamento secundário dos cormos (E-J), de *C. articulatus* L. e *C. prolitus* H.B.K. Escala: A-J = 35 μ m.

A formação de elementos de vaso com extremidades alongadas, bifurcadas e ramificados pode estar relacionada com o crescimento intrusivo que essas células sofrem (RODRIGUES, 1999, p. 27), uma vez que em órgãos com crescimento em espessura não ocorre alongamento, fazendo as células se tocarem e alterarem a forma.

Esses tipos de elementos de vaso produzidos pelo MEP e MES, tais quais identificados nos espécimes analisados, também foram reportados em *C. giganteus* (RODRIGUES; ESTELITA, 2002).

Feixes vasculares de MES de monocotiledôneas de caules curtos, como rizoma, podem possuir elementos de vaso irregulares e ramificados (CHEADLE, 1937). Como descrito acima, o mesmo pode ser observado nos espécimes estudados.

Nos macerados do MES dos cormos de *C. articulatus* e *C. prolixus*, não foi observado traqueídes, apenas elementos de vaso de extremidades modificadas. A presença de traqueídes produzidos pelo meristema de espessamento secundário foi constatado por Diggle e DeMason (1983), em *Yucca whipplei* (Agavaceae) e Rodrigues (2004, p. 35), em *C. odoratus*. Supõe-se que a formação destes elementos tranqueais pelo MES seja restrito para alguns taxa ou ocorrem, nas espécies estudadas, em baixa frequência.

4.2.5 Idioblastos secretores

Como descrito anteriormente, foram identificados idioblastos secretores na epiderme, córtex e medula do ápice caulinar vegetativo, rizoma e cormo.

Esses idioblastos são células, em secção transversal, de formas esféricas, de paredes delgadas, de maior destaque em relação aos outros tipos celulares (fig. 13A) e de conteúdo de tonalidade que varia de laranja a marrom (fig. 13B). Esses idioblastos estão dispersos de forma aleatória (figs. 4A-B, 9A-B e 11). Geralmente ocorrem isolados e próximos entre si.

Em secções longitudinais essas células são retangulares e podem estar isoladas ou dispostas em fileiras (fig. 13C).

Esses idioblastos apresentam conteúdo de compostos fenólicos (fig. 13D) e oleíferos (figs. 13D-E). Apesar de não ter sido realizado nenhum teste estatístico, os testes histoquímicos indicaram que os idioblastos de compostos fenólicos, encontram-se em frequência maior do que os oleíferos.

Vale atentar que, no caso dos idioblastos oleíferos, também ocorre impregnação de suberina na parede celular e um conteúdo amorfó se deposita no interior do citoplasma (fig. 13E).

Fahn (1979, p. 209) cita que o diâmetro, conteúdo e forma das células podem ser utilizados para definir a particularidade de um idioblasto. Nos espécimes analisados, foi possível diagnosticar os idioblastos com essas três características.

Supõe-se que a presença de compostos fenólicos no rizoma, seja uma vantagem ecológica de sobrevivência contra a herbivoria ou com a composição do solo seco, semelhante ao observado por Rodrigues (1999, p.97), em *C. giganteus*.

Souza-Filho *et al.* (2008) concluíram que o óleo essencial extraído do caule subterrâneo de *C. articulatus* apresenta potencial alelopático. Desse modo, deve-se incluir mais esta função ecológica à presença dos idioblastos nessas espécies.

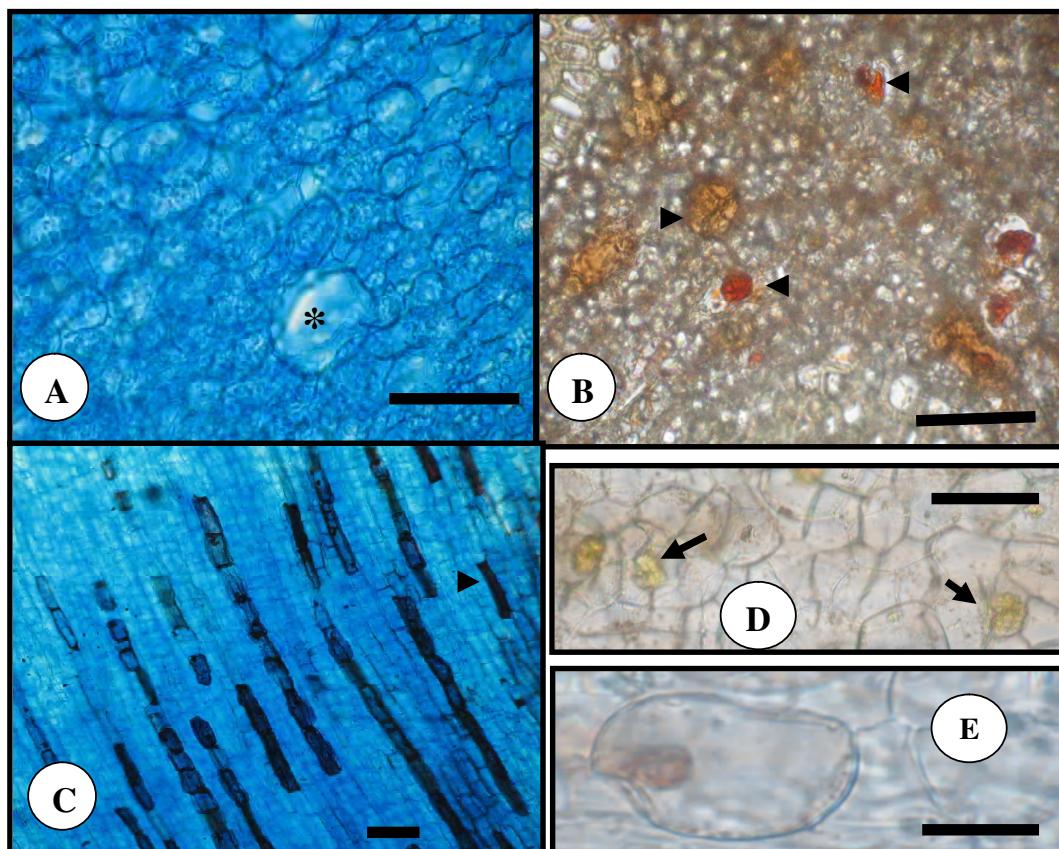


Figura 13. Idioblastos secretores identificados no caule subterrâneo de *Cyperus articulatus* L. e *C. prolitus* H.B.K.: A – secção transversal, indicando idioblasto (*); B – secção transversal indicando coloração dos idioblastos (pontas); C – secção longitudinal indicando disposições em fileiras ou isolados (ponta); D – teste histoquímico indicando positivo para composto fenólico (seta); E – teste histoquímico indicando positivo para substância oleosa. Escala: A – D = 50µm e E = 20µm.

Castro e Machado (2003, p. 186) afirmam que idioblastos taníferos estão presentes nos caules de algumas espécies de *Cyperus*. Contudo, não foi possível determinar se nos caules subterrâneos de *C. articulatus* e *C. prolixus*, o composto fenólico encontrado seja tanino, apesar do teste histoquímico realizado indicar a ocorrência de um composto de fenol, grupo químico a que pertence o tanino.

É marcante a ocorrência de suberina na parede celular de idioblastos oleíferos (FAHN, 1979, p. 210). De acordo com este autor, as paredes dessas células são constituídas de três camadas: externa celulósica, intermediária suberosa e interna celulósica. Dessa forma, tal informação corrobora a determinação das células oleíferas e que a lamela de suberina se destaca entre as duas outras celulósicas, nos espécimes analisados.

5. CONCLUSÕES

A análise dos resultados permitiu considerar que os caules subterrâneos de *Cyperus articulatus* e *C. prolixus* são complexos, sendo constituídos de uma porção cilíndrica, o rizoma, e outra intumescida, o cormo. Dentre estes, o rizoma está mais adaptado para expansão vegetativa, enquanto o cormo, para reserva e propagação.

A característica morfológica que separa as duas espécies, apesar de não ter sido realizado estudo morfométrico, é o comprimento do rizoma entre os cormos, que em *C. prolixus* é menor, quando comparado ao comprimento dos rizomas de *C. articulatus*, o qual é maior.

Quanto a anatomia, os caules dessas espécies demonstram semelhanças com outras monocotiledôneas no desenvolvimento primário e na constituição dos órgãos maduros, entretanto, foi constatada a presença dos meristemas apicais caulinares e laterais, que são o meristema de espessamento primário (MEP), que participa da formação do corpo primário, e o meristema de espessamento secundário (MES), cujas relações de continuidade entre si e com os meristemas apicais são bem estabelecidas.

Vale atentar que o MEP ocorre no rizoma e no cormo, não produzindo raízes nesse primeiro, já o MES, apenas no cormo que produz um intumescimento considerável em relação ao rizoma.

Outras características anatômicas que nos permitiu diferenciar as duas espécies são encontradas no córtex interno do rizoma que, em *C. articulatus* apresenta um cordão de células espessadas em volta da endoderme e um aerênquima de origem esquisolisígeno, enquanto em *C. prolixus* é exclusivamente de parênquima amilífero, não ocorrendo cordão de células espessadas e aerênquima.

As estruturas secretoras identificadas nas espécies estudadas são semelhantes, sendo idioblastos oleíferos e os de compostos fenólicos. Os oleíferos, provavelmente, são os responsáveis pelo potencial aromático das pripriocas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, Carl Dennis. Cyperaceae. In: DAVIDSE, G., SOUSA, M., CHATER, A.O. (eds.). **Flora Mesoamericana vol. 6:** Alismataceae a Cyperaceae. St. Louis: Missouri Botanical Garden, 1994. p. 402 – 485.
- CASTRO, Marília de Moraes, MACHADO, Silvia Rodrigues. Células e tecidos secretores. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B., CARMELO-GUERREIRO, S.M. **Anatomia vegetal.** Viçosa: UFV, 2003. p. 178-203.
- CHEADLE, V.I. Secondary growth by means of a thickening ring in certain monocotyledons. **Botanical Gazette**, v. 98, p. 535 – 555. 1937.
- COSTA, Cecilia Gonçalves, CALLADO, Cádia Henriques, CARADIN, Vera T. Rauber, CARMELLO-GUERREIRO, Sandra Maria. Xilema. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B., CARMELO-GUERREIRO, S.M. **Anatomia vegetal.** Viçosa: UFV, 2003. p. 129-154.
- COSTA, M.A.S., BRITO, J.M., SIMPSON, D. Cyperaceae. In: RIBEIRO, J. E. L. S., HOPKINS, M.J.G., VICENTINI, A., SOTHERS, C.A., COSTA, M.A. da S., BRITO, J.M. de, SOUZA, M.A.D. de, MARTINS, L.H.P., LOHMAN, L.G., ASSUNÇÃO, P.A.C.L., PEREIRA, E. da C., SILVA, C.F., MESQUITA, M.R., PROCÓPIO, L.C. (org.). **Flora da Reserva de Ducker:** Guia de identificação de plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. Manaus: INPA, 1999. p. 694-699.
- CRONQUIST, A. **The evolution and classification of the flowers plants.** New York: Willian C. Steere, 1968. p. 343.
- CUNHA, D. C. **Produção de tubérculos e de óleo essencial de piprioca (*Cyperus articulatus* L.), em função da adubação orgânica e calagem.** 2006. 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2006.
- DAHLGREN, R.M.T., CLINFORD, H.T., YEON, P.F. **The families of the monocotyledons:** structure, evolution and taxonomy. Berlin: Springer-Verlag, 1985. p. 414.
- DEMASON, D.A. Function and development of the primary thickening meristem in the monocotyledon, *Allium cepa* L. **Botanical Gazette**, v. 140, n. 1, p.51 – 66. 1979.
- DICKISON, William. Origin and structure of the secondary plant body. In: _____. **Integrative plant anatomy.** San Diego: Academic Press, 2000. p. 161-202.
- DIGGLE, P.K., DEMASON, D.A. The relationship between the primary thickening meristem and the secondary thickening meristem in *Yucca whipplei* Torr. I. Histology of the mature vegetative stem. **American Journal of Botany**, v. 70, n.8, p. 1195 – 1204. 1983.

- DREW, M.C., HE, C.J, MORGAN, P.W. Programmed cell death and aerenchyma formation in roots. **Trends in Plant Science Reviews**, v. 5, n. 3, p. 123-127. 2000.
- ESAU, Katherine. Meristemos y diferenciación de tejidos. In: _____. **Anatomia vegetal**. 3^a Ed. Barcelona: Omega, 1985. p. 85 -107.
- ESTELITA, M.E.M. Anatomia dos órgãos vegetativos de *Remirea marítima* AUBL. (Cyperaceae). **Naturalia**, v. 18, p. 123-134. 1993.
- ESTELITA, M.E.M., RODRIGUES, A.C. Subsídios estruturais à caracterização do sistema caulinar em Cyperaceae. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 3, p. 401-409. 2007.
- FAHN, Abraham. Tissues secreting lipophilic substances. In: _____. **Secretory tissues in plants**. London: Academic Press, 1979. p. 159-222.
- FONT-QUER, P. **Diccionario de Botanica**. Barcelona: Labor, 1985.
- FRANKLIN, G.L. Preparation of thin sections of synthetic resin and wood: resin composites, and a new macerating method for wood. **Nature**, v.155, n.39, p. 51. 1945.
- GIFFORD, E.M., BAYER, D.E. Developmental anatomy of *Cyperus esculentus* (Yellow Nutsedge). **International Journal of Plant Science**, v. 156, n. 5, p. 622-629. 1995.
- GONÇALVES, E.G., LORENZI, H. **Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2007.
- GOTTLIEB, O.R., SALATINO, A. Função e evolução de óleos essenciais e de suas estruturas secretoras. **Ciência e Cultura**, v. 39, n. 8, p. 707-716. 1987.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapas de biomas do Brasil**: primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: www.ibge.gov.br. Data de acesso: 22/02/2008.
- JOHANSEN, D. A. **Plant Microtechnique**. 2^a ed. New York: McGraw Hill, 1940.
- KISSMANN, K.G. **Plantas infestantes e nocivas – Tomo I**. 1^a Ed. São Paulo: BASF, 1991.
- KOYAMA, T. Cyperaceae of tropical America: some new or critical species II. **Botanical Magazine of Tokyo**, v. 97, p. 413-421. 1984.
- KRAUS, J. E., ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em anatomia vegetal**. Seropédica: EDUR, 1997.
- KUKKONEN, I. Vegetative anatomy of *Uncinia* (Cyperaceae). **Annals of Botany**, v. 31, p. 523 – 544. 1967.
- LAWRENCE, H.M. **Taxonomy of vascular plants**. New York: The Macmillan Company, 1951. p. 392-394.

- MAIA, J.G.S., ZOGHBI, M.G.B., ANDRADE, E.H.A. **Plantas aromáticas na Amazônia e seus óleos essenciais**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001. p. 20 (Coleção Adolpho Ducke).
- MENEZES, N.L., SILVA, D.C., ARRUDA, R.C.O., MELO-DE-PINNA, G.F., CARDOSO, V.A., CASTRO, N.M., SCATENA, V.L., SCREMIN-DIAS, E. Meristematic activity of the endodermis and the pericycle in the primary thickening in monocotyledons. Considerations on the “PTM”. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 77, n. 2, p. 259-274. 2005.
- METCALFE, C.R. **Anatomy of the monocotyledons v. 5**: Cyperaceae. London: University Press, 1971.
- MOTA, Milton Guilherme da Costa, CONCEIÇÃO, Carmen Célia Costa, SILVA, Antônia Benedita da. Análise da cadeia produtiva e comercial da Priprioca (*Cyperus articulatus* L. var. *nodosus*) no estado do Pará. In: POTIGUARA, R.C.V., ZOGHBI, M.G.B. **Priprioca: um recurso aromático do Pará**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi/ Universidade do Estado do Pará, 2008. p. 175-188. (Coleção Adolpho Ducke).
- OLIVEIRA, Jorge, ZOGHBI, Maria das Graças Bichara. Usos e importância econômica da Priprioca no Pará. In: POTIGUARA, R.C.V., ZOGHBI, M.G.B. **Priprioca: um recurso aromático do Pará**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi/ Universidade do Estado do Pará, 2008. p. 189-203. (Coleção Adolpho Ducke).
- PIO CORRÊA, M. **Dicionário das plantas úteis do Brasil**. v. 4. 9^a Reimpressão. Rio de Janeiro: IBDF. 1984a. p. 567.
- PIO CORRÊA, M. **Dicionário das plantas úteis do Brasil**. v. 5. 9^a Reimpressão. Rio de Janeiro: IBDF. 1984b. p. 504.
- PIRES, J.M. Tipos de vegetação da Amazônia. **Publicação Avulsa do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 20, p. 179 – 202. 1973.
- PIRES-O'BRIEN, M.J., O'BRIEN, C.M. A floresta tropical da Amazônia: presente e passado. In: _____. **Ecologia e modelamento de florestas tropicais**. Belém: FCAP – Serviço de Documentação e Informação, 1995. p. 257-299.
- POTIGUARA, R.C.V., ZOGHBI, M.G.B. (org.). **Priprioca: um recurso aromático do Pará**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi/ Universidade do Estado do Pará, 2008. (Coleção Adolpho Ducke).
- POTIGUARA, Raimunda Conceição de Vilhena, SANTOS, Pedro Paulo dos. Anatomia dos órgãos vegetativos de *Cyperus giganteus* Vahl (Cyperaceae). In: JARDIM, M.A.G., ZOGHBI, M.G.B. (org.). **A flora da Resex Chocoaré-Mato Grosso (PA) – diversidade e usos**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2008a. p. 135-142. (Coleção Adolpho Ducke).

POTIGUARA, Raimunda Conceição de Vilhena, SANTOS, Pedro Paulo dos. Morfo-anatomia dos órgãos aéreos e subterrâneos de *Cyperus articulatus* L. (Cyperaceae Juss.). In: POTIGUARA, R.C.V., ZOGHBI, M.G.B. **Priprioca**: um recurso aromático do Pará. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi/ Universidade do Estado do Pará, 2008b. p. 25-41. (Coleção Adolpho Ducke).

PRATA, A.P., MENEZES, N.L., MAZZONI-VIVEIROS, S.C., WANDERLEY, M.G.L., THOMAS, W.W. Anatomia do escapo e rizoma de espécies brasileiras de *Bulbostylis* Kunth (Cyperaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 2, p. 245-256. 2007.

RAKOTONIRINA, A., BUM, E.N., RAKOTONIRINA, S.V., HERRLING, L. Propriedades sedativas de la decocción del rizoma de *Cyperus articulatus*. **Fitoterapia**, v. 72, n.1, p.22-29. 2001.

ROCHA, Antônio Elielson Sousa da. As espécies de Cyperaceae Juss. conhecidas como Priprioca. In: POTIGUARA, R.C.V., ZOGHBI, M.G.B. **Priprioca**: um recurso aromático do Pará. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi/ Universidade do Estado do Pará, 2008. p. 13-24. (Coleção Adolpho Ducke).

RODRIGUES, A.C. **Desenvolvimento anatômico do sistema subterrâneo, e do tecido Kranz nas brácteas, e implicações ecológicas do rizoma de Cyperus giganteus Vahl. (Cyperaceae) proveniente do Pantanal sul-mato-grossense**. 1999. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências, na Área de Botânica) – Instituto de Biociência, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

RODRIGUES, A.C. **Propagação vegetativa e anatomia do sistema subterrâneo em desenvolvimento de algumas Cyperaceae**. 2004. 102 f. Tese (Doutor em Ciências, na Área de Anatomia Vegetal) – Instituto de Biociência, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

RODRIGUES, A.C., ESTELITA, M.E.M. Primary and secondary development of *Cyperus giganteus* Vahl rhizome (Cyperaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 3, p.251 – 258. 2002.

RODRIGUES, A.C., ESTELITA, M.E.M. Origin and structure of the Kranz tissue in bracts of *Cyperus giganteus* Vahl (Cyperaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, n. 4, p. 445 – 452. 2003.

RODRIGUES, A.C., ESTELITA, M.E.M. Anatomia da raiz de *Cyperus giganteus* Vahl (Cyperaceae) em desenvolvimento. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 4, p. 629 – 638. 2004.

RODRIGUES, R.M. **A flora da Amazônia**. Belém: Cultura/CEJUP, 1989. pgs. 89-90.

- RUDALL, P. Taxonomic and evolutionary implications of rhizome structure and secondary thickening in Iridaceae. **Botanical Gazette**, v. 145, n. 4, 524-534. 1984.
- RUDALL, P. Lateral meristems and stem thickening growth in monocotyledons. **The Botanical Review**, v. 57, n. 2, p. 150-163. 1991.
- SAJO, Maria das Graças, CASTRO, Neuza Maria de. Caule. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B., CARMELO-GUERREIRO, S.M. **Anatomia vegetal**. Viçosa: UFV, 2003. p. 283-302.
- SANTIAGO, E.J.A. de, PINTO, J.E.B.P., CASTRO, E.M. de, LAMEIRA, O.A., CONCEIÇÃO, H.E.O. da, GAVILANES, M.L. Aspectos da anatomia foliar da pimenta-longa (*Piper hispidinervium* C.DC.) sob diferentes condições de luminosidade. **Ciência Agrotécnica**, v. 25, n. 5, p.1035-1042. 2001.
- SANTOS, P.P. dos. **Estudo morfo-anatômico de Cyperus articulatus L. (Cyperaceae)**. 2004. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Licenciatura Plena em Biologia, Centro Federal de Educação Tecnológica do Pará, Belém, 2004.
- SANTOS, P.P. dos. **Estudo morfo-anatômico dos órgãos vegetativos de Cyperus prolixus H.B.K. (Cyperaceae)**. 2007. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Ciências Biológicas, Modalidade Bacharelado, Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.
- SCHULTES, R.E., RAFFAUF, R.F. **The healing forest:** medicinal and toxic plant of the northwest Amazonia. Portland: Dioscorides Press, 1990. p. 157.
- SHARMA, O.P., MEHRA, P.N. Systematic anatomy of *Fimbristylis* Vahl (Cyperaceae). **Botanical Gazette**, v. 133, n. 2, p. 87-95. 1972.
- SILVA, Antônia Benedita da, MOTA, Milton Guilherme da Costa, SANTOS-FILHO, Benedito Gomes dos, CONCEIÇÃO, Carmem Célia Costa da, DUARTE, Eleonora Brasil. In: POTIGUARA, R.C.V., ZOGHBI, M.G.B. **Priprioca:** um recurso aromático do Pará. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi/ Universidade do Estado do Pará, 2008. p. 151-160. (Coleção Adolpho Ducke).
- SOUZA, L.A. de. Órgãos vegetais: morfologia e anatomia. In _____. **Morfologia e anatomia vegetal:** célula, tecidos, órgãos e plântula. Ponta Grossa: UEPG, 2003. p 84-229.
- SOUZA-FILHO, Antônio Pedro S., GUILHON, Giselle Maria Skelding P., ZOGHBI, Maria das Graças Bichara, VILHENA, Karyme do Socorro de Souza. Atividade alelopática do óleo essencial e extratos dos tubérculos de *Cyperus articulatus* L. In: POTIGUARA, R.C.V., ZOGHBI, M.G.B. **Priprioca:** um recurso aromático do Pará. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi/ Universidade do Estado do Pará, 2008. p. 95-111. (Coleção Adolpho Ducke).

- STEVENSON, D.W., FISHER, J.B. The developmental relationship between primary and secondary thickening growth in *Cordyline* (Agavaceae). **Botanical Gazette**, v. 141, n. 3, p. 264 – 268. 1980.
- VAN FLEET, D.S. A comparasion of histochemical and anatomical characteristics of the hypodermis with the endodermis in vascular plants. **American Journal of Botany**, v. 37, p. 721-725. 1950.
- VAN FLEET, D. S. Histochemistry and function of the endodermis. **Botanica Review**, v. 27, p.165-219. 1961.
- VIEIRA, I.C.G., DA SILVA, J.M.C., DE TOLEDO, P.M. Dossiê Amazônia brasileira II- Estratégia para evitar a perda de biodiversidade na Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, p. 153-164. 2005.
- ZIMMERMANN, M.H., TOMLINSON, P.B. The vascular system of monocotyledonous stems. **Botanical Gazette**, v. 133, n. 2, p. 141-155. 1972.
- ZOGHBI, M.G.B., ANDRADE, E.H.A., OLIVEIRA, J., CARREIRA, L.M.M., GUILHON, G.M.S.P. Yield and chemical composition of the essential oil the stems and rhizomes of *Cyperus articulatus* L. cultivated in the State of Pará, Brazil. **The Journal of Essential Oil Research**. v. 18, p. 10 – 12. 2006a.
- ZOGHBI, M. G. B., ANDRADE, E.H.A., OLIVEIRA, J., GUILHON, G.M.S.P., VILHENA, K.S.S. Analysis of the essential oil of the rhizome of *Cyperus giganteus* Vahl. (Cyperaceae) cultivated in north of Brazil. **The Journal of Essential Oil Research**, v. 18, p. 408-410. 2006b.
- ZOGHBI, M.G.B., ANDRADE, E.H.A., CARREIRA, L.M.M., ROCHA, A.E.S. Comparison of the main components of the essential oils of priprioca: *Cyperus articulatus* var. *articulatus* L., *C. articulatus* var. *nodosus* L., *C. prolixus* Kunth and *C. rotundus* L. **The Journal of Essential Oil Research**, v. 20, p. 42-46. 2008a.
- ZOGHBI, Maria das Graças Bichara, GUILHON, Gisele Maria Skelding P., ANDRADE, Eloisa Helena de Aguiar, VILHENA, Karyme do Socorro de Souza. Química das espécies de *Cyperus* conhecidas por priprioca. In: POTIGUARA, R.C.V., ZOGHBI, M.G.B. **Priprioca: um recurso aromático do Pará**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi/ Universidade do Estado do Pará, 2008b. p. 53-76. (Coleção Adolpho Ducke).