

Morfoanatomia vegetativa de *Opuntia brasiliensis* (Willd) Haw

Vegetative morphology and anatomy of *Opuntia brasiliensis* (Willd) Haw

Camila Firmino de Azevedo^{1(*)}
Katiane da Rosa Gomes da Silva²
Risellane de Lucena Alcântara Bruno³
Zelma Glebya Maciel Quirino⁴

Resumo

Opuntia brasiliensis (Willd) Haw. é uma Cactaceae nativa do Brasil utilizada como ornamental, que apresenta caracteres morfológicos semelhantes a outras espécies do gênero, o que dificulta sua identificação. Dessa forma, foi realizada uma descrição morfoanatômica de *O. brasiliensis* com o objetivo de ampliar o conhecimento sobre a organização estrutural do gênero e fornecer subsídios para a identificação da espécie, bem como observar caracteres importantes na adaptação a ambientes xerófilos. Foram feitas secções transversais e paradérmicas da raiz, caule principal e cladódios com espécimes coletados na zona rural da cidade de Serra Branca (PB), localizada na região do cariri ocidental. *O. brasiliensis* apresenta raiz ramificada e caule clorofilado formando um eixo principal de onde partem inúmeros cladódios delgados. Observam-se pelos e epiderme unisseriada irregular na raiz, que possui córtex formado por parênquima, seguido de endoderme multisseriada e periciclo. No cilindro central da raiz, ocorrem tecidos vasculares formando cinco pólos seguidos de medula. O caule e o cladódio apresentam epiderme com paredes sinuosas, em que encontram-se estômatos paralelocíticos que apresentam câmara subestomática; e na camada subsequente, hipoderme com grande quantidade de drusas de oxalato de cálcio. O córtex é formado por parênquimas clorofiliano e aquífero, onde observam-se feixes vasculares, com raios de floema voltados para o lado externo, seguido de xilema helicoidal. Porém, nos cladódios, o parênquima clorofiliano é bem mais denso e os feixes vasculares são dispostos irregularmente, enquanto no caule estão distribuídos no sentido radial. *O. brasiliensis* apresenta várias características importantes na sua identificação, bem como adaptações estruturais a ambientes xerófilos.

Palavras-chave: Cactaceae; cladódios; drusas; morfoanatomia.

-
- 1 MSc.; Bióloga; Doutoranda em Agronomia na Universidade Federal da Paraíba, UFPB; Endereço: Centro de Ciências Agrárias, (CCA), s/n°, Campus II, CEP: 58397-000, Areia, Paraíba, Brasil; E-mail: camfiraze@bol.com.br
(*) Autora para correspondência
 - 2 Dra.; Bióloga; Bolsista PNPd na Universidade Federal da Paraíba, UFPB; Endereço: Centro de Ciências Agrárias, (CCA), s/n°, Campus II, CEP 58397-000, Areia, Paraíba, Brasil; E-mail: katrgs@gmail.com
 - 3 Dra.; Engenheira Agrônoma; Professora da Universidade Federal da Paraíba, UFPB; Endereço: Centro de Ciências Agrárias, (CCA), s/n°, Campus II, CEP 58397-000, Areia, Paraíba, Brasil; E-mail: risellane@pq.cnpq.br
 - 4 Dra.; Bióloga; Professora da Universidade Federal da Paraíba, UFPB; Centro de Ciências Aplicadas e Educação, (CCA), Campus IV; Endereço: Rua da Mangueira s/n°, Rio Tinto, Mamanguape, Paraíba, Brasil; E-mail: zelmaglebya@yahoo.com.br

Recebido para publicação em 15/11/2011 e aceito em 22/10/2012

Abstract

Opuntia brasiliensis (Willd.) Haw. (Cactaceae) is a native to Brazil and used as ornamental plant, which presents morphological characters similar to other *Opuntia* species, what hinders its identification. Thus, a morphoanatomical description of *O. brasiliensis* was conducted, with the aim of increasing knowledge about the structural organization of genus and provide subsidies for specie identification, well as observe important characters in adaptation to xerophilous environments. Sections of roots, main stem and cladodes were made, with specimens from Serra Branca (PB), located in the western cariri region. *O. brasiliensis* has ramified root and photosynthetic stem forming a backbone which was followed by numerous slender cladodes. The root has hair and irregular single cell layer epidermis, with cortex composed of parenchyma, followed by multiple cell layers endoderm and pericycle. In central cylinder of root occurs vascular tissue forming five points followed of pith. The stems and cladodes have epidermis with sinuous walls, where occur paralelocytic stomata with substomatal chambers; and in subsequent layer, hypodermis with large amount of druses of calcium oxalate. The cortex consists of aquifer parenchyma and chlorenchyma, where observed vascular bundles, with phloem rays toward the outside, followed of helical xylem. However, in the cladodes, the chlorenchyma is much dense and the vascular bundles are irregularly arranged, while the stems are distributed in radial direction. *O. brasiliensis* has many important characteristics in their identification, and structural adaptations to dry.

Key words: Cactaceae; cladodes; druses; morphology and anatomy.

Introdução

A Família Cactaceae é composta principalmente por plantas suculentas, com características morfológicas, anatômicas e fisiológicas adaptadas aos ambientes áridos e semiáridos (ROSAS et al., 2012). Esta família apresenta espécies com metabolismo ácido das crassuláceas (CAM) que vão desde ervas até árvores, geralmente, com caule segmentado em cladódios, folhas modificadas em espinhos e pelos irritantes. De acordo com Ranawat (2010), as cactáceas possuem distribuição neotropical, incluindo cerca de 100 gêneros e 1500 espécies, sendo que no Brasil ocorrem cerca de 40 gêneros e 200 espécies, que se destacam na paisagem em diversos ecossistemas, especialmente na Caatinga

nordestina. Dentre estes, *Opuntia*, com 150 espécies, é um dos principais gêneros nativos do Brasil, apresentando grande importância econômica, pois seus representantes são utilizados principalmente como ornamentais e forrageiros (OLIVEIRA et al., 2011).

Opuntia brasiliensis (Willd.) Haw. apresenta hábito sub-arbóreo, é nativa do Brasil e ocorre principalmente no Nordeste e Sudeste (SCARANO et al., 2001). Esta espécie é muito usada como ornamental e apresenta caracteres morfológicos semelhantes a outras espécies do gênero, e como os trabalhos com a *O. brasiliensis* são escassos (SANTOS; PIN-FERREIRA, 2001), tornam-se necessárias as pesquisas sobre morfologia, anatomia e fisiologia, além de outros aspectos da biologia da espécie.

Os estudos anatômicos com Cactaceae buscavam inicialmente identificar as relações estruturais com o metabolismo fotossintético (MAUSETH et al., 1998; MAUSETH; PLEMONS-RODRIGUEZ, 1998), porém pesquisas de caracterização morfológica e anatômica têm sido realizadas com sucesso na descrição e taxonomia das espécies (ROCHA; AGRA, 2002; DUARTE; HAYASHI, 2005; CALVENTE et al., 2008; DETTKE; MILANESE-GUTIERRE, 2008; FUENTES-PÉREZ; ARIAS, 2009; FAIGÓN et al., 2011). Entretanto, a maioria dos estudos enfatiza a comparação de órgãos de diferentes espécies, sem descrever a estrutura completa do vegetal. Tais trabalhos têm revelado várias características estruturais úteis em termos diagnósticos, como espessamento das paredes celulares da hipoderme (MAUSETH, 1989), desenvolvimento do clorênquima (SALGADO; MAUSETH, 2002), arranjo dos feixes vasculares (ARRUDA et al., 2004; SOFFIATTI; ANGYALOSSY, 2007), organização e espessura da epiderme e da cutícula, número de estômatos (SILVA et al., 2001; ARRUDA et al., 2005; DETTKE; MILANESE-GUTIERRE, 2008; AGUILAR et al., 2009).

Diante do exposto e tendo em vista a importância da realização de estudos morfoanatômicos em representantes da família Cactaceae, realizou-se uma descrição morfoanatômica de *O. brasiliensis*, com o objetivo de ampliar o conhecimento sobre a organização estrutural do gênero e fornecer subsídios para a identificação da espécie, bem como observar caracteres importantes na adaptação a ambientes xerófilos.

Materiais e Métodos

Foram coletados cladódios, raízes e partes do caule de espécimes de *O. brasiliensis*

em área rural da cidade de Serra Branca (PB), localizada no semiárido paraibano. O material vegetal foi encaminhado ao Laboratório de Análise de Sementes do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, em Areia (PB), para os estudos morfológicos e anatômicos.

As descrições morfológicas foram realizadas baseando-se na literatura especializada e com auxílio de esteriomicroscópio binocular e câmera fotográfica digital para análise e representação de cladódios, raízes e caule. Foram realizadas medições dos órgãos com paquímetro digital e régua graduada em centímetros.

Para a análise dos cladódios foram retiradas porções de 1 cm da região apical. As avaliações referentes ao caule foram feitas com material retirado a 7 cm do meristema apical. Já para as análises da raiz, foram utilizados porções a 2 cm do ápice radicular, no fim do estágio de crescimento primário e início de crescimento secundário.

Com o material selecionado, foram feitas secções transversais e paradérmicas à mão livre, utilizando-se lâmina cortante e pecíolo de embaúba como suporte. As secções foram submetidas à imersão em hipoclorito de sódio a 1% por cinco minutos, e posteriormente, foi utilizado o corante safranina a 1%, para coloração das células com paredes celulares secundárias e lignificadas, e azul de astra a 1%, para coloração das células com paredes celulares primárias. O material foi montado em lâminas semi-permanentes com glicerina, vedadas com esmalte incolor e observado em fotomicroscópio.

A contagem dos estômatos foi realizada utilizando-se secções paradérmicas do cladódio e do caule e tendo como base 1mm^2 . A contagem dos cloroplastos foi feita calculando-se a média dos cloroplastos presentes nas células-guardas de cinco estômatos. Todas

as análises numéricas foram feitas com dez repetições e o resultado final foi dado pela média das repetições.

Resultados e Discussão

Opuntia brasiliensis (Willd) Haw. possui raiz axial bastante ramificada, sendo que as raízes avaliadas apresentaram, em média, 1,32 mm de diâmetro. As estruturas da raiz estão representadas na figura 1. Secções transversais da raiz evidenciaram epiderme unisseriada (Figura 1A e B), formada por uma camada de células com paredes muito delgadas, onde foram observados pelos unicelulares cônicos, com distribuição irregular (Figura 1B).

O córtex da raiz é formado por 5-6 camadas de células parenquimáticas de tamanhos e formatos diferentes, seguido de endoderme composta de dois estratos de células achatadas e periciclo uniestratificado,

circundando o cilindro central. Este ocupa parte significativa da raiz e é constituído por tecidos vasculares, xilema e floema primários e secundários, formando cinco pólos desorganizados e separados por raios de tecido parenquimático, que seguem até a medula central (Figura 1A).

Circundando o xilema encontra-se o câmbio vascular da raiz, que produz floema secundário para o lado externo e xilema secundário para o lado interno, promovendo o crescimento da raiz em diâmetro. Este padrão de organização do córtex também foi observado em outras cactáceas, por Arruda et al. (2005) na raiz de *Tacinga inamoena* (Schumann) Taylor e Stuppy, por Fabbri et al. (1996) em raízes adventícias de *Opuntia ficus-indica* e por Lemos e Melo-de-Pinna (2011) em raízes de algumas cactáceas epífitas; indicando ser uma característica comum em espécies desta família. No entanto, o número

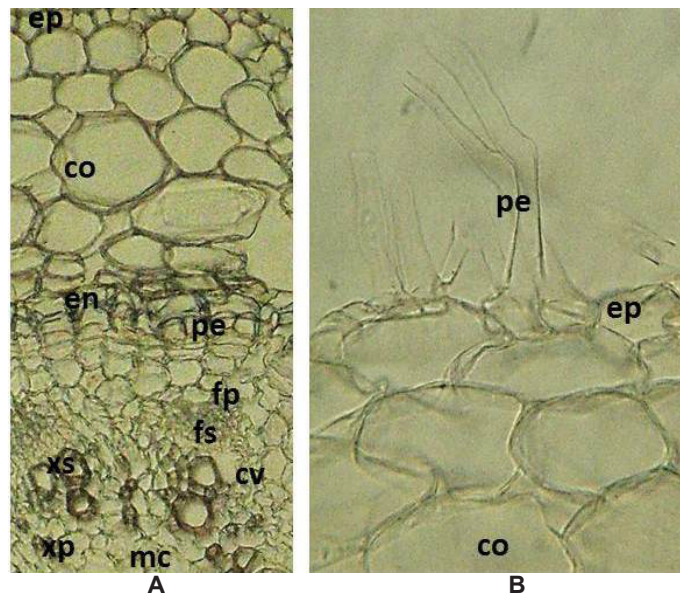


Figura 1. Secções transversais de raiz de *Opuntia brasiliensis* (Willd) Haw. no fim do estágio de crescimento primário e início de crescimento secundário. A. estrutura geral da raiz (da epiderme até a medula central). B. Região da epiderme evidenciando pelo. (ep – epiderme; co – córtex; en – endoderme; pe – periciclo (Figura A); fp – floema primário; fs – floema secundário; cv – câmbio vascular; xs – xilema secundário; pe – pelo (Figura B); xp – xilema primário; mc – medula central)

de polos de xilema na raiz parece ser variável entre as espécies de Cactaceae, pois Arruda et al. (2005) observaram oito em *T. inamoena* e *Secorun* e Souza (2011) constataram a presença de dois polos em raízes das cactáceas epífitas *Rhipsalis cereuscula* Haw., *Rhipsalis floccosa* F. Ritter and *Lepismium cruciforme* (Vellozo) Miquel.

Os detalhes da morfologia externa do caule de *O. brasiliensis* são apresentados na figura 2. O caule é clorofilado e tem formato cilíndrico, formando um eixo principal de onde partem inúmeros cladódios delgados. Observa-se a presença de folhas modificadas em espinhos lisos de cerca de 13,21 mm de comprimento, envoltas por grande quantidade de tricomas. Quando jovem, o caule apresenta apêndices na parte inferior aos espinhos, tricomas e cladódios que estão em formação, segundo Salgado e Mauseth (2002), fornecendo-lhes suporte bioquímico e estrutural.

Os caracteres estruturais internos do caule de *O. brasiliensis* são apresentados na figura 3. A epiderme do caule, que é coberta por uma fina camada cuticular, é formada por células de tamanhos irregulares e paredes sinuosas, onde encontram-se aproximadamente 12 estômatos/mm² do tipo paralelocíticos, com câmara subestomática bem desenvolvida e cerca de 35 cloroplastos em suas células-guarda (Figura 3A e D). Mesmo sendo da mesma subfamília (Opuntioideae) da espécie em estudo, oito espécies do gênero *Pterocactus* apresentaram tipo estomático paracítico no caule (FAIGÓN et al., 2011).

Na camada subsequente à epiderme, existe um estrato de hipoderme formada por células com paredes celulares delgadas e com grande quantidade de drusas de oxalato de cálcio (cerca de 146/mm²) (Figura 3A). O córtex é, extremamente, desenvolvido, apresentando vários estratos de parênquimas aquífero não lignificado e clorofiliano irregulares, onde

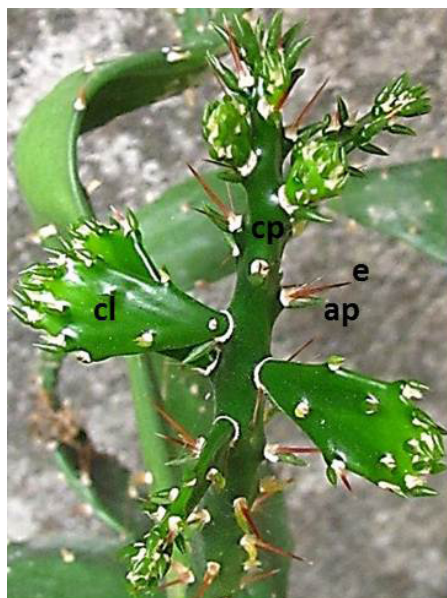


Figura 2. Caule de *Opuntia brasiliensis* (Willd) Haw. formando um eixo principal, de onde partem inúmeros cladódios jovens (cp – caule principal; cl – cladódio; e – espinho; ap – apêndice)

encontram-se idioblastos contendo drusas, distribuídos aleatoriamente (Figura 3B). Este padrão de organização do parênquima também foi observado em outras Cactaceae (MELO-DE-PINNA, 2009) e segundo Rosas et al. (2012), confere maior resistência às condições de estresse hídrico. Observam-se vários feixes vasculares colaterais dispostos no sentido radial, com raios de floema voltados para o lado externo, seguido por xilema helicoidal (Figura 3C). Na parte central, ocorre medula bastante desenvolvida formada por tecido semelhante ao córtex, onde são encontrados ductos de mucilagem.

Vários trabalhos foram realizados utilizando a morfologia ou anatomia como importante ferramenta na taxonomia de Cactaceae, entre eles Rocha e Agra (2002), Reyes-Agüero et al. (2005), Soffiatti e Angyalossy (2007) e Lambert e Berg (2008) obtiveram resultados satisfatórios. Comparando a anatomia de cinco Cactáceas, Arruda et al.

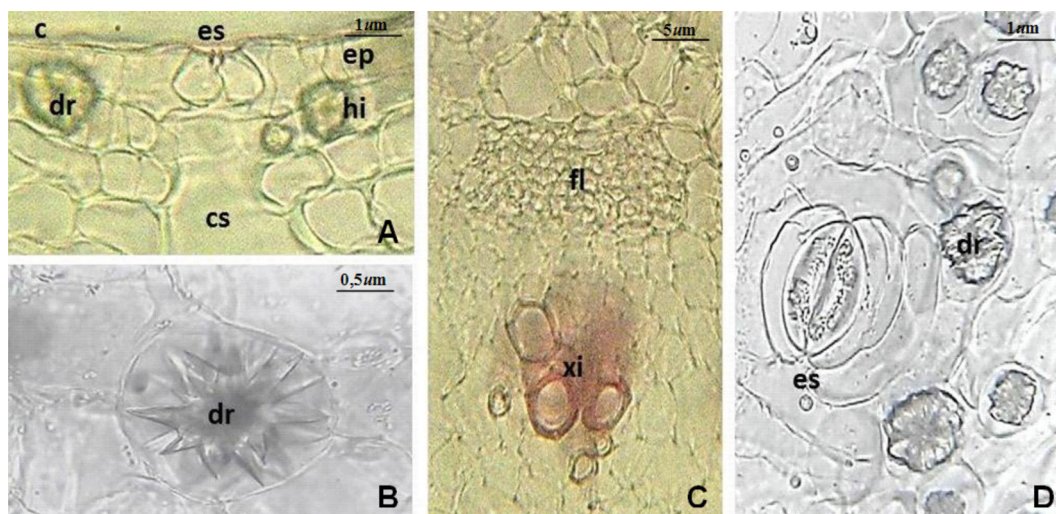


Figura 3. Anatomia do caule de *Opuntia brasiliensis* (Willd) Haw. A. Secção transversal da região da epiderme, evidenciando estômato e câmara subestomática. B. Secção transversal do córtex, onde encontra-se idioblasto contendo drusa. C. Secção transversal da região do feixe vascular. D. Secção paradérmica, evidenciando estômato paralelocítico e drusas. (c – cutícula; es – estômato; ep – epiderme; hi – hipoderme; dr – drusa; cs – câmara subestomática; fl – floema; xi – xilema)

(2005) observaram células epidérmicas com paredes sinuosas em quatro espécies (*Melocactus horridus*, *M. zehneri*, *Tacinga inamoema* e *T. palmadora*) e estômatos paralelocíticos em três (*M. horridus*, *M. zehneri*, *T. inamoema*), como detectado em *O. brasiliensis*.

Os detalhes anatômicos dos cladódios de *O. brasiliensis* são mostrados na figura 4. Em regiões meristemáticas do caule ocorre a diferenciação e crescimento dos cladódios, que apresentam formato elíptico e achatado e destes, também ocorrem a formação de cladódios menores, formando uma rede progressiva (Figura 4A). As folhas são modificadas em espinhos lisos de aproximadamente 4,75 mm de comprimento e ocorrem por toda a extensão dos cladódios, apresentando apêndices na parte inferior quando os cladódios são jovens, semelhantemente ao que ocorre no caule (Figura 2).

A epiderme do cladódio é unisseriada e com cutícula delgada, sendo formada por células de paredes sinuosas (figura 4C),

onde encontram-se estômatos paralelocíticos com as mesmas características estruturais dos observados no caule principal (Figura 4B), porém no cladódio estão em maior quantidade, cerca de 46/mm² e apresentam mais cloroplastos nas células guarda, cerca de 50.

Este tipo estomático é característico da família Cactaceae, ocorrendo na maioria das espécies, principalmente na subfamília Cactoideae, conforme as descrições de Terrazas e Arias (2003) e Dettke e Milanese-Gutierrez (2008). Silva et al. (2001) observaram quantidades diferentes de estômatos nos cladódios de outras espécies do gênero: *O. punila* apresentou 18 estômatos/um²; *O. streptacantha*, 24/um²; *O. hyptiacantha*, 26/um²; *O. cochinillifera*, 25/um²; e *O. ficus-indica*, 54/um². Desta forma, comparando-se com estas espécies, *O. brasiliensis* pode ter uma captação tão eficiente de CO₂ quanto *O. ficus-indica*, indicando melhor capacidade de fixação de carbono durante a fotossíntese e conseqüentemente, maior taxa

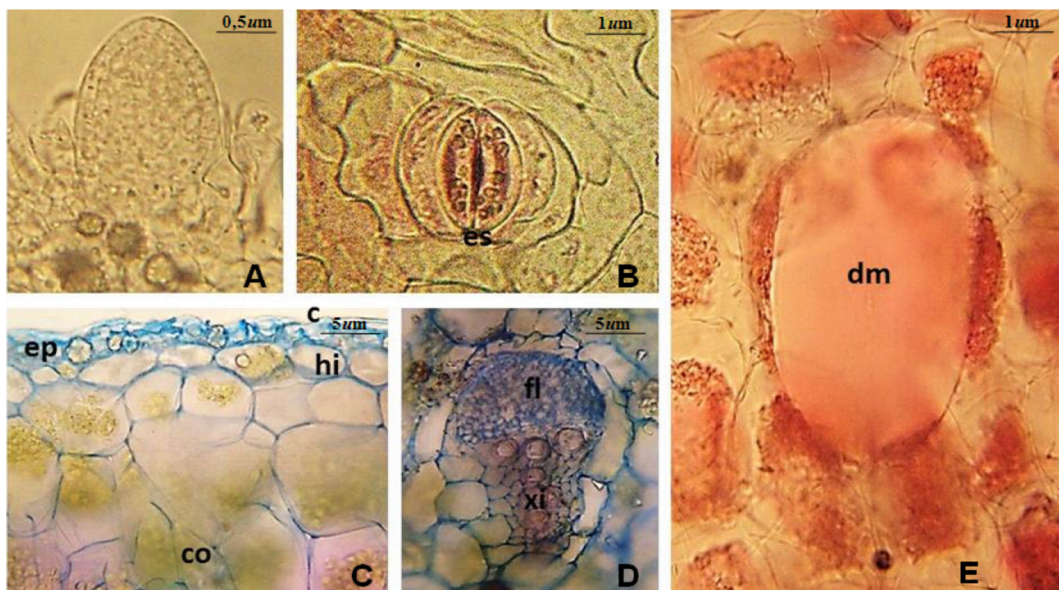


Figura 4. Anatomia do cladódio de *Opuntia brasiliensis* (Willd) Haw. A. Secção transversal do cladódio em formação na região meristemática do caule. B. Secção paradérmica evidenciando estômato paralelocítico com grande quantidade de cloroplastos em suas células-guarda. C. Secção transversal evidenciando epiderme e córtex clorofilado. D. Secção transversal da região do feixe vascular. E. Secção transversal do córtex onde ocorre ducto de mucilagem (es – estômato paralelocítico; ep – epiderme; c – cutícula; hi – hipoderme; co – córtex; fl – floema; xi – xilema; dm – ducto de mucilagem)

de crescimento. Dickison (2000) ressalta que a presença de câmara subestomática normalmente está presente em espécies de ambientes semiáridos que captam CO₂ apenas à noite e precisam de uma estrutura que facilite a concentração deste gás para ser utilizado aos poucos durante o dia. A maior quantidade de estômatos e cloroplastos encontrados no cladódio confirma a maior atividade fotossintética e transpiratória deste órgão, como já reportado por vários autores para espécies xerófitas (FAHN; CUTLER, 1992; DICKISON, 2000).

A hipoderme e o córtex apresentam características estruturais semelhantes ao observado no caule, porém no cladódio o parênquima clorofiliano é bem mais denso, apresentando quantidade superior de cloroplastos (Figura 4C). Os feixes

vasculares estão distribuídos irregularmente no parênquima, apresentando raios de xilema voltado para a parte interna e de floema voltados para a parte externa, acompanhando a organização dos feixes vasculares no caule (Figura 4D). Nos cladódios também são encontrados ductos de mucilagem bem desenvolvidos irregularmente distribuídos no tecido parenquimático (Figura 4E).

De acordo com Salgado e Mauseth (2002), em cactáceas a medula do cladódio é onde ocorre a maior porcentagem de armazenamento de água, por este motivo é que existem ductos de mucilagem nesta região e maior quantidade de cloroplastos no córtex, já que é o principal tecido responsável pela fotossíntese. Na espécie em estudo, além do caule principal, condições semelhantes também foram observadas nos cladódios, que apresentaram clorênquima

mais denso nas regiões próximas a epiderme. A presença de tecido parenquimático com células mucilaginosas no caule também já foi observado em outras cactáceas, como *Arrojadoa bahiensis*, estudada por Soffiatti e Angyalossy (2007). Segundo Dettke e Milanese-Gutierrez (2008) e Rosas et al. (2012), este também é um caráter importante na adaptação a ambientes xerófilos.

Características observadas neste trabalho em *O. brasiliensis* já foram descritas anteriormente por Salgado e Mauseth (2002) como relevantes na diferenciação de espécies do gênero *Opuntia*, como por exemplo número de estômatos e organização da hipoderme. Para Fahn e Cutler (1992) e Rosas et al. (2012), a presença de hipoderme bem desenvolvida com grande quantidade de drusas e o córtex formado por parênquima clorofiliano e aquífero são indícios da adaptação dessa espécie às condições de escassez hídrica. Drusas de oxalato de cálcio também foram encontradas em outras cactáceas (ARRUDA et al., 2005; DETTKE e MILANEZE-GUTIERRE, 2008; FARAGO et al., 2004) e são comuns quando o cálcio está presente numa concentração muito alta no solo (DICKISON, 2000), o que acontece geralmente em ambientes semiáridos. Fahn e Cutler (1992) ressaltam que as drusas podem ser úteis como suporte estrutural, proteção

contra herbívoros e manutenção do balanço iônico.

Considerações Finais

Os caracteres anatômicos de *Opuntia brasiliensis* (Willd) Haw., tais como caule formando um eixo principal de onde partem os cladódios, endoderme multisseriada, número de pólos xilemáticos na raiz, caracteres dos complexos estomáticos, organização da hipoderme, distribuição das células mucilaginosas e presença de idioblastos contendo drusas no córtex revelaram-se com importante valor na diferenciação desta espécie; além de complementar as informações estruturais para a caracterização do gênero.

A presença de grande quantidade de drusas de oxalato de cálcio, folhas modificadas em espinhos, câmara subestomática, parênquimas clorofiliano e aquífero bem desenvolvido e células mucilaginosas são indícios de adaptações ao ambiente xerófilo, assim como ocorre com outras espécies da família Cactaceae.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

Referências

- AGUILAR, M.A.G.; TERRAZAS, T.; ARIAS, S. Anatomía caulinar de três especies del género *Hylocereus* (bBerger) Britton & Rose (Cactaceae) en México. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v.32, n.3, p.201-208, 2009.
- ARRUDA, E.; MELO-DE-PINNA, G.F.; ALVES, M. Anatomia dos órgãos vegetativos de Cactaceae da caatinga pernambucana. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.28, n.3, p.589-601, 2005.
- ARRUDA, E.C.P.; ALVES, M.; MELO-DE-PINNA, G.F. Elementos traqueais de cinco táxons de Cactaceae da caatinga pernambucana, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Feira de Santana, v.18, n.4, p.731-736, 2004.

- CALVENTE, A.M.; ANDREATA, R.H.P.; VIEIRA, R.C. Stem anatomy of *Rhipsalis* (Cactaceae) and its relevance for taxonomy. **Plant Systematic and Evolution**, Jena, v.296, n.1-2, p.1-7, 2008.
- DETTKE, G.A.; MILANEZE-GUTIERRE, M.A. Anatomia caulinar de espécies epífitas de Cactaceae, subfamília Cactoideae. **Hoehnea**, São Paulo, v.35, n.4, p.583-595, 2008.
- DICKISON, W.C. **Integrative plant anatomy**. San Diego: Harcourt – Academic Press, 2000. 533p.
- DUARTE, M.R.; HAYASHI, S.S. Estudo anatômico de folha e caule de *Pereskia aculeate* Mill. (Cactaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, João Pessoa, v.15, n.2, p.103-109, 2005.
- FABBRI, A.; CICALA, A.; TAMBURINO, A. Anatomy of adventitious root formation in *Opuntia ficus-indica* cladodes. **Journal of Horticultural Science**, v.71, n.2, p.235-242, 1996.
- FAHN, A.; CUTLER, D.F. **Xerophytes**. Berlin: Gebruder Borntraeger, 1992. 176p.
- FAIGÓN, A.; GALATI, B.G.; ROSENFELDT, S.; KIESLING, R. Epidermal Characters of *Pterocactus* (Opuntioideae, Cactaceae). **Haseltonia**, n.16, p.57-66, 2011.
- FARAGO, P.V.; TAKEDA, I.J.M.; BUDEL, J.M.; DUARTE, M.R. Análise Morfo-anatômica de Folhas de *Pereskia grandifolia* Haw., Cactaceae. **Acta Farmaceutica Bonaerense**, Buenos Aires, v.23, n.3. p.323-7, 2004.
- FUENTES-PEREZ, M.; ARIAS, T.T.S. Anatomía floral de cinco especies de *Opuntia* (Opuntioideae, Cactaceae) de México. **Polibotánica**, Distrito Federal, México, n.27, p.89-102, 2009.
- LAMBERT, S.M.; BERG, C.V.D. Diversidade genética e morfológica, filogeografia e filogenia de *Tacinga* Britton & Rose (Cactaceae: Opuntioideae), gênero endêmico do bioma caatinga no leste do Brasil. **Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas**, v.5, n.1, p.4-7, 2008.
- LEMOS, R.C.C.; MELO-DE-PINNA, G.F.A. Morpho-anatomical variations during stem development in some epiphytic Cactaceae. **The Journal of the Torrey Botanical Society**, v.138, n.1, p.16-25, 2011.
- MAUSETH, J. Comparative structure-function studies within a strongly dimorphic plant, *Melocactus inortus* (Cactaceae). **Bradleya**, v.7, p.1-12, 1989.
- MAUSETH, J.D.; PLEMONS-RODRIGUEZ, B.J. Evolution of extreme xeromorphic characters in wood: a study of nine evolutionary lines in Cactaceae. **American Journal of Botany**, Baltimore, v.85, p.209-218, 1998.
- MAUSETH, J.D.; TERRAZAS, T.; LOZA-CORNEJO, S. Anatomy of relictual members of subfamily Cactoideae (Cactaceae). **Bradleya**, v.16, p.31-43, 1998.
- MELO-DE-PINNA, G.F. Non-lignified parenchyma in Cactaceae and Portulacaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.159, n.2, p.322-329, 2009.

- OLIVEIRA, E.A.; JUNQUEIRA, S.F.; MASCARENHAS, R.J. Caracterização físico-química e nutricional do fruto da palma (*Opuntia ficus-indica* L. Mill) cultivada no sertão do sub-médio São Francisco. **Holos**, Ano 27, v.3, p.113-119, 2011.
- RAMAWAT, K.G. **Desert Plants: Biology and Biotechnology**. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2010.
- REYES-AGÜERO, J.A.; RIVERA, J.R.A.; FLORES, J.L. Variación morfológica de opuntia (Cactaceae) en relación con su domesticación en la altiplanicie meridional de México. **Interciência**, Venezuela, v.30, n.8, p.476-484, 2005.
- ROCHA, E.; AGRA, M. Flora do Pico do Jabre, Paraíba, Brasil: Cactaceae Juss. **Acta Botânica Brasileira**, Feira de Santana, v.16, p.15-21, 2002.
- ROSAS, U.; ZHOU, R.W.; CASTILLO, G.; COLLAZO-ORTEGA, M. Developmental reaction norms for water stressed seedlings of succulent cacti. **Plosone**, v.7, n.3, p.1-7, 2012.
- SANTOS, F.A.R.; PIN-FERREIRA, A.B. Variabilidade polínica de *Opuntia brasiliensis* (Willd.) Haw. (Cactaceae). **Sitientibus – Série Ciências Biológicas**. Feira de Santana. v.1. n.2. p.95-98, 2001.
- SALGADO, T.T.; MAUSETH, J.D. Shoot anatomy and morphology. In: NOBEL, P. S. **Cacti: biology and uses**. Los Angeles London: Berkeley. 2002, p.23-40.
- SCARANO, F.R.; DUAFUE, H.M.; RIBEIRO, K.T.; RODRIGUES, P.J.F.P.; BARCELLOS, E.M.B. Four sites with contrasting environmental stress in southeastern Brazil: relations of species, life form diversity, and geographic distribution to ecophysiological parameters. **Botanical Journal of the Linnean Society**, n.136, p.345-364, 2001.
- SECORUN, A.C.; SOUZA, L.A. Morphology and anatomy of *Rhipsalis cereuscula*, *Rhipsalis floccosa* subsp. *hobenauensis* and *Lepismium cruciforme* (Cactaceae) seedlings. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v.82, n.1, p.131-143, 2011.
- SILVA, H.; ACEVEDO, E.; SILVA, P. Anatomía del tejido fotosintético de diez taxa de *Opuntia* establecidos en el secano árido mediterráneo de Chile. **Revista chilena de Historia Natural**, Santiago, v.74, p.341-351, 2001.
- SOFFIATTI, P.; ANGYALOSSY, V. Anatomy of Brazilian Cereae (subfamily Cactoideae, Cactaceae): *Arrojadoa* Britton & Rose, *Stephanocereus* A. Berger and *Brasilicereus* Backeberg. **Acta Botânica Brasileira**, Feira de Santana, v.21, n.4, p.813-822, 2007.
- TERRAZAS, T.; ARIAS, S. Comparative stem anatomy in the subfamily Cactoideae. **Botanical Review**, v.68, p.444-473, 2003.