

ANATOMIA DOS ÓRGÃOS VEGETATIVOS DE *Agave sisalana* PERRINE ex ENGELM (AGAVACEAE)¹

ISRAEL LOPES DA CUNHA NETO^{2*}, FABIANO MACHADO MARTINS²

RESUMO – *Agave sisalana* Perrine ex Engelm é uma espécie de grande importância para a economia do semi-árido brasileiro por ser uma eficiente fonte para produção de fibras. Informações sobre a anatomia podem contribuir sobremaneira para a produção vegetal, entretanto, publicações sobre a estrutura anatômica dessa espécie são inexpressivas. O objetivo deste trabalho foi estudar a anatomia dos órgãos vegetativos de plantas saudáveis de *Agave sisalana*, e assim, contribuir para os estudos de fitopatologia e fitotecnia da espécie. Plantas adultas foram coletadas no campo experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. As amostras foram processadas através de técnicas usuais em anatomia vegetal. Testes histoquímicos com Sudan Red e Sudan Black foram realizados para evidenciar substâncias lipofílicas. Diversas características peculiares a plantas adaptadas ao ambiente xérico foram observadas. A cutícula é espessa em ambas as faces da lâmina foliar. As folhas são anfiestomáticas, apresentam estômatos tetracíticos, longas câmaras subestomáticas, mesofilo isobilateral, epiderme uniestratificada, papilas, flanges cuticulares e feixes vasculares colaterais dispostos alternadamente e acompanhados por bainha de fibras. A raiz apresenta velame, córtex com células grandes e arredondadas e três camadas de esclereídes junto à endoderme unisseriada. O rizoma é do tipo atactostelo e não apresenta endoderme.

Palavras-chave: Sisal. Fibras. Cutícula. Xerófita. Agaveicultura.

ANATOMY OF THE VEGETATIVE ORGANS OF *Agave sisalana* PERRINE ex ENGELM (AGAVACEAE)

ABSTRACT - *Agave sisalana* Perrine ex Engelm is an important specie to economy of the semiarid region of Brazil because of it is an efficient source for production of fibers. Information about the anatomy can contribute greatly to plant production, however, there are few papers on the structural anatomy of this specie. The current paper aimed at describing the anatomy of the leaves, roots and rhizomes of *Agave sisalana*. Adult plants were collected in experimental plots at the Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, in Bahia State, Brazil. The samples were processed using standardized plant anatomy techniques. Histochemical tests using Sudan Red and Sudan Black were performed to identify lipophilic substances. A number of characteristics typical of plants adapted to dry environments were observed, including a thick cuticle on both leaf faces. The leaves were phytostomatic and had tetracitic stomata, long sub-stomatal chambers, isobilateral mesophyll, unistratified epidermis, papilla, cuticular flanges, and alternate collateral vascular bundles accompanied by fibrous sheaths. The roots had a velamen, a cortex with large rounded cells, and three layers of sclerids adjacent to the uniseriate endodermis. The rhizome was of the atactostele type and had no endodermis.

OuvirLer foneticamente

Keywords: Sisal. Fibers. Cuticle. Xerophytic. Agaveicultura.

*Autor para correspondência.

¹Recebido para publicação em 14/06/2011; aceito em 05/01/2012.

²Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, UFRB, Rua Rui Barbosa, 710, 44.380-000, Cruz das Almas – BA; isaello-pescn@gmail.com; fmartins@ufpb.edu.br

INTRODUÇÃO

A família Agavaceae possui distribuição predominantemente pantropical com cerca de 25 gêneros e 637 espécies, reunindo plantas herbáceas, árvores e arbustos rizomatosos, com folhas alternas, espiraladas e dispostas em roseta (JUDD et al., 2007). Entre os diversos gêneros destaca-se *Agave* com 300 espécies distribuídas e cultivadas em regiões tropicais do Novo Mundo, principalmente em ambientes áridos e semiáridos (JUDD et al., 2007; GUTIÉRREZ et al., 2008).

Várias espécies dessa família se destacam pela importância econômica, dentre elas *Agave sisalana* Perrine ex Engelm, popularmente conhecida como sisal, que é uma importante fonte para produção de fibras. O gênero *Agave* constitui uma importante fonte de saponinas esteroidais (JUDD et al., 2007). Segundo Dunder et al., (2008) estes compostos são utilizados para a síntese de corticoesteróides e o extrato hidrolisado de *A. sisalana* apresenta atividades anti-inflamatória e analgésica sendo largamente utilizado como fitoterápico para o controle de inflamações.

Conforme Suinaga et al. (2006) a agaveicultura ocupa uma extensa área de solos pobres na região semiárida de alguns estados do Nordeste, sendo inclusive a única alternativa de cultivo com resultados econômicos satisfatórios para a região. Cobertura do solo, geração de emprego e renda são outras razões que tornam o plantio comercial desse vegetal extremamente relevante para as regiões produtoras, seja no aspecto econômico, social ou ambiental (SUINAGA et al., 2006; MARTIN et al., 2009).

O Brasil é o maior produtor e exportador de fibras de sisal, produto que se destaca por sua ampla utilização doméstica, industrial e, mais recentemente, no reforço de compósitos poliméricos (MARTIN et al., 2009). Segundo esses autores, as fibras de sisal são consideradas uma das mais importantes fibras duras do mundo e a sua utilização em substituição a fibras sintéticas torna-se muito importante por ela ser biodegradável, atóxica e de fonte renovável.

Apesar da rusticidade e resistência da planta ao ataque de insetos e fitopatógenos devido à presença da cutícula que confere uma barreira natural à penetração de agentes patogênicos, o sisal pode ser afetado por doenças capazes de causar sérios prejuízos à cultura (SUINAGA et al., 2006). No Brasil, a podridão vermelha do sisal causada pelo fungo *Aspergillus niger* tem afetado a produção sisaleira desde a década de setenta, sendo este o principal problema fitossanitário dessa cultura (SUINAGA et al., 2006; SÁ, 2009).

Informações sobre a anatomia de *Agave* poderiam auxiliar na compreensão da interação entre planta e patógenos. Entretanto, as publicações sobre a estrutura anatômica dessa espécie são inexpressivas. Informações anatômicas como espessura de cutícula, lignificação dos tecidos e desenvolvimento

do parênquima são também de grande relevância para a produção vegetal.

Nesse contexto, o presente trabalho teve o objetivo de caracterizar a anatomia dos órgãos vegetativos de plantas saudáveis de *Agave sisalana*, e assim, contribuir para os estudos de fitopatologia e fitotecnia dessa espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

Folhas, raízes e rizoma de plantas adultas de *A. sisalana* foram coletadas no campo experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. As amostras foram fixadas em FNT (formalina neutra tamponada; tampão fosfato, formalina, 9:1 v/v) por 48 horas (LILLIE, 1965). O material foi submetido a processo de fixação à vácuo, em dessecador, e depois conservado em álcool etílico 70%.

Parte das amostras foi isolada, desidratada em série etílica e incluída em 2-hidroxietilmeta-acrilato (historresina-Leica) segundo Meira e Martins (2003). Outras amostras foram desidratadas em série butílica terciária e infiltradas em parafina histológica (Histosec®/Merck; JOHANSEN, 1940). Secções seriadas, transversais e longitudinais foram obtidas com auxílio do micrótomo rotativo Leica RM2245, com espessura variável (10 - 15 µm). Após essa etapa, as secções foram coradas com azul de toluidina em pH 4,4 (O'BRIEN; McCULLY, 1981) quando provenientes de inclusão em historresina e corados com safranina alcoólica 1% e azul de astra aquoso 1% (GERLACH, 1984), quando processadas em parafina histológica. Todas as lâminas foram montadas com resina sintética (Permout/Fisher).

A cutícula foi destacada com auxílio de pinça e os fragmentos corados com safranina aquosa. As lâminas semipermanentes foram montadas em gelatina glicerinada (BERLYN; MIKSCH, 1976). Testes histoquímicos foram realizados com soluções de Sudan IV (vermelho Sudão IV) e Sudan black B (preto Sudão B) para observação de compostos de natureza lipídica.

As mensurações da superfície epidérmica das células foram obtidas com auxílio do software ANATI QUANTI (AGUIAR et al., 2007). A fórmula de Salisbury foi utilizada para calcular o índice estomático (WILKINSON, 1979).

A documentação foi realizada em fotomicroscópio Olympus BX51 equipado com câmara fotográfica digital Olympus A330. As escalas das figuras foram obtidas através da projeção de uma lâmina micrométrica fotografada/digitalizada nas mesmas condições ópticas das ilustrações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As folhas de *Agave sisalana* são carnosas, com células epidérmicas fortemente cutinizadas. A

epiderme, em vista frontal, mostra células poligonais, geralmente hexagonais e alongadas (Figuras 1a, b); as paredes anticlinais são retas e fortemente espessadas.

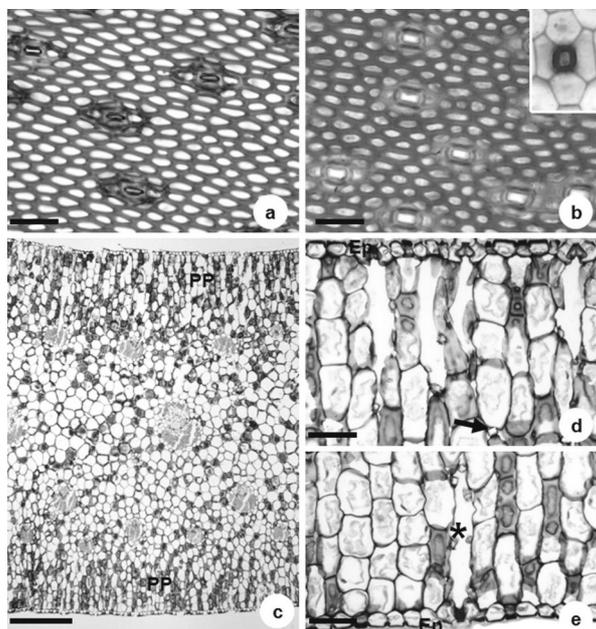


Figura 1. *Agave sisalana* Perrine ex Engelm - Vista frontal da epiderme (a e b) e secções transversais da folha (c, d e e). a. Face adaxial; estômatos tetracíticos e células ordinárias em formato hexagonal. b. Face abaxial; notar maior espessamento das paredes periclinais das células ordinárias. c. Vista geral do mesofilo. d. Células subepidêmicas ligeiramente alongadas; monocristal retangular (seta). e. Câmara subestomática alongada (asterisco) na face abaxial. Abreviaturas: PP – parênquima paliçádico; Ep – epiderme. Barras – 80 μ m (a, b); 200 μ m (c); 100 μ m (d, e).

Em secção transversal, nota-se que a epiderme é uniestratificada (Figuras 1c, d, e). Em ambas as faces da folha, a forma das células varia de arredondado a retangular (Figuras 1d, e), sendo as paredes periclinais externas retas e espessadas. Os estômatos ocorrem aleatoriamente e isolados ou, com menor frequência, geminados. A projeção da parede periclinal externa das células-guarda delimita uma pequena câmara supra-estomática, formada pela presença das cristas estomáticas (Figura 2b). O complexo estomático é do tipo tetracítico (Figuras 1a, b) e segundo Wilkinson (1979) esta tipologia é característica de muitas famílias de monocotiledôneas. As folhas em *A. sisalana* são anfiestomáticas, com estômatos abaixo do nível das demais células epidérmicas, concordando com Fahn e Cutler (1992) que afirmam que em plantas suculentas como *Agave* ocorrem estômatos abaixo da epiderme e bem protegidos. Em outras espécies de monocotiledôneas os estômatos podem estar no mesmo nível das células vizinhas da epiderme ou abaixo em uma profundidade variável (AOYAMA; SAJO, 2003; MAYER et al., 2008).

Nas folhas, as câmaras subestomáticas são bastante alongadas e podem atingir a terceira ou

quarta camada de células do mesofilo (Figuras 1d, e). De acordo com Fahn e Cutler (1992) uma longa câmara subestomática estabelece um longo e superficial gradiente de difusão entre o clorênquima e o ambiente, bem como, uma alta resistência à perda de água. Assim, mesmo quando os estômatos estão abertos, a baixa densidade estomática e alta resistência cuticular e subestomática possibilitam somente baixas taxas de transpiração. Tais características são fundamentais para economia de água em plantas cultivadas, entretanto, baixas taxas de transpiração, como afirmaram Fahn e Cutler (1992), estão associadas com baixas taxas de troca de CO_2 e O_2 e, portanto, há um sacrifício da produtividade em detrimento da conservação de água. Por outro lado, estes autores afirmam que em muitas plantas xerófitas, o desenvolvimento de estômatos em ambas as faces da folha deve reduzir a limitação de difusão e captação de CO_2 , contribuindo para o incremento do processo fotossintético. Silva et al. (2005) também afirmam que tanto a água como os nutrientes mineirais e outros fatores abióticos exercem influência sobre as características estruturais do vegetal e consequentemente sobre a produtividade das plantas cultivadas.

A densidade estomática média verificada nesta espécie foi de 11 estômatos/ mm^2 . Em outra monocotiledônea, *Alpinia zerumbet* (Zingiberaceae), Albuquerque e Neves (2004) observaram uma frequência muito maior, 149 estômatos/ mm^2 . Wilkinson (1979) relata que muitos autores têm encontrado resultados indicando que plantas xerófitas apresentam altas densidades estomáticas. Fahn e Cutler (1992) comentam que quanto mais xéricas as condições, maior a frequência estomática por unidade de área, no entanto, Wilkinson (1979) observa que nem todas as xerófitas apresentam densidades elevadas. A menor frequência estomática em *A. sisalana* pode estar associada ao fato de que, segundo Fahn e Cutler (1992), plantas xerófitas suculentas apresentam menor número de estômatos por unidade de área, entretanto, o tamanho destes é significativamente maior que nas plantas xerófitas não-suculentas.

Em *A. sisalana* a cutícula ocorre em toda a superfície da lâmina foliar e apresenta pequenas variações quanto ao espessamento em ambas as faces (Figuras 2a, b, c). De acordo com Wilkinson (1979) quase todas as plantas que crescem em ambiente seco, geralmente, desenvolvem uma espessa cutícula, e a análise dessa característica é frequentemente usada como indicativo de clima ou habitat. A cutícula é a primeira barreira de proteção entre a superfície aérea da planta e o ambiente, consistindo no principal obstáculo para o movimento de água, incluindo o fluxo de transpiração (EVERT, 2006). Segundo este autor, embora a cera epicuticular, um dos componentes da cutícula, seja um importante fator para a redução da perda de água, a transpiração cuticular não é inversamente relacionada com a espessura da cutícula, ao invés disso, cutículas espessas podem apresentar maior coeficiente de permeabilidade e difusão de

água que aquelas mais finas.

Testes histoquímicos indicam substâncias lipídicas na constituição da cutícula (Figuras 2a, b) e propiciaram melhor visualização dos flanges cuticulares (Figuras 2b, c) que são extensões da cutícula entre as paredes anticlinais celulósica das células epidérmicas adjacentes. Segundo Wilkinson (1979) os flanges cuticulares podem ser tão longos quanto à parede anticlinal, como visto em muitas plantas xerófitas. Em *A. sisalana* tanto a parede periclinal externa como a parede das células-guarda apresentam espessamento e são fortemente cutinizadas (Figuras 1a, b, 2a). A projeção da parede periclinal externa das células subsidiárias forma acentuadas projeções, denominadas papilas (Figura 2a) que segundo Wilkinson (1979) é constituída tanto pela membrana cuticular como pela cutícula propriamente dita. De acordo com Fahn e Cutler (1992), em plantas xerófitas, estas células subsidiárias podem conter papilas ou não.

Em *A. sisalana* as papilas ocorrem em ambas às faces da folha e delimitam uma segunda cavidade externa, localizada acima da câmara supra-estomática que é formada pelas cristas (Figuras 2a, b). A função das papilas ainda é controversa, sendo que para Fahn e Cutler (1992) ela pode desempenhar o papel de reflexão da luz e de proteção aos estômatos contra dissecação e perda de água, além de constituir uma barreira contra penetração de microrganismos. Para Wilkinson (1979) a presença ou ausência de papila pode ou não ser determinada pelas condições ambientais, variando entre diferentes grupos de plantas.

Segundo Martin (1964 apud Zanenga-Godoy e Costa (2003)) em algumas folhas há a possibilidade de entrada de fungos pelos estômatos ou por meio de ferimentos, enquanto outros o fazem ao que parece, diretamente através da cutícula. Suinaga et al. (2006) citando outros autores afirmam que o patógeno causador da podridão vermelha não penetra em tecidos não injuriados do hospedeiro, necessitando de uma lesão de origem mecânica ou fisiológica para que possam penetrar.

O mesofilo de *A. sisalana* possui organização isobilateral (Figura 1c). As 4-5 camadas de células sob a epiderme apresentam semelhança com um parênquima paliádico, com células levemente alongadas, entretanto, tendem a isodiamétricas (Figuras 1d, e) quando comparadas a um tecido paliádico típico. A redução do comprimento das células do parênquima paliádico denota funcionalidade, provavelmente, uma característica adaptativa de resistência à seca, haja vista que células pequenas resistem melhor à pressão negativa de turgor que células grandes (FAHN; CUTLER, 1992). As células das camadas centrais são arredondadas, formando um parênquima regular que ocorre em quantidade proporcional ao parênquima paliádico de ambas as faces. O parênquima dos órgãos fotossintéticos de espécies suculentas como em Cactaceae, *Aloe*, *Sansevieria* e *Agave* apresenta células grandes, com paredes finas e

grandes vacúolos contendo mucilagem (EVERT, 2006). Segundo o autor, estas características indicam uma especialização do tecido que parece aumentar a capacidade das células para a absorção e armazenamento de água.

Em seção transversal são observados monocristais distribuídos por todo o mesofilo. De acordo com Paiva e Machado (2005) os cristais podem ocorrer em todos os tecidos das plantas. Em *A. sisalana*, eles são aproximadamente retangulares e ocorrem em maior concentração entre as células do parênquima paliádico. A ocorrência destes elementos pode estar associada tanto com o processo de eliminação do excesso de cálcio do citosol, como podem atuar no suporte mecânico e na proteção contra a herbivoria (KOSTMAN et al., 2001; PAIVA; MACHADO, 2005).

O sistema vascular da folha é constituído por feixes colaterais. A distribuição dos feixes vasculares ocorre em séries dispostas longitudinalmente no mesofilo. Uma série de feixes está localizada na região mediana do mesofilo e duas outras séries ocorrem na transição entre o parênquima regular e o paliádico de ambas as faces; uma quarta fileira de feixes pode ser observada entre a série mediana e os feixes voltados para a face abaxial. Cada feixe é protegido por duas calotas de fibras (Figuras 2d, e) e encontram-se envolvidos por uma bainha de células parenquimáticas, em volta do conjunto de fibras.

Em secção transversal, a epiderme do rizoma é unisseriada, com células apresentando forma arre-

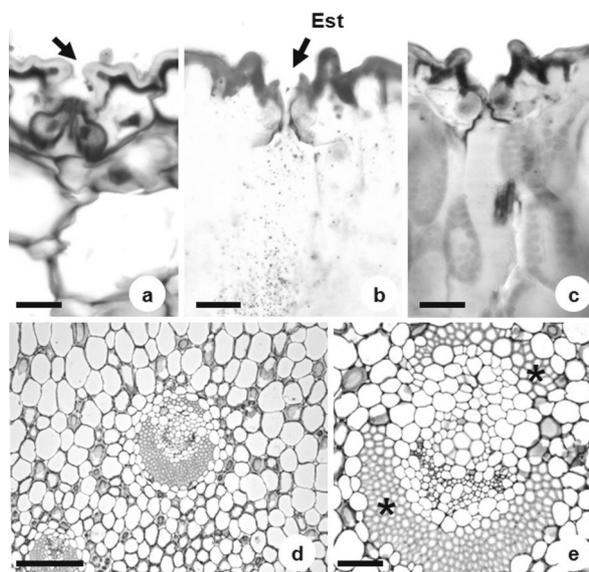


Figura 2. *Agave sisalana* Perrine ex Engelm - Seções transversais da folha a. Detalhe do estômato evidenciando a projeção da cutícula (seta). b. Cutícula submetida à reação com Sudan Red evidenciando flange cuticular. c. Cutícula evidenciada pela reação com Sudan Black. d. Feixe vascular colateral, protegido por calotas de fibras (asterisco). e. Detalhe do feixe vascular, com calotas de fibras (asterisco). Abreviaturas: Est – estômato. Barras – 50 µm (a,b,c); 150 µm (d); 100 µm (e).

dondada, parede periclinal externa grossa e cutícula levemente espessada (Figuras 3a, b, c). Os estômatos apresentam as células-guarda levemente elevadas pelas células subsidiárias (Figura 3c).

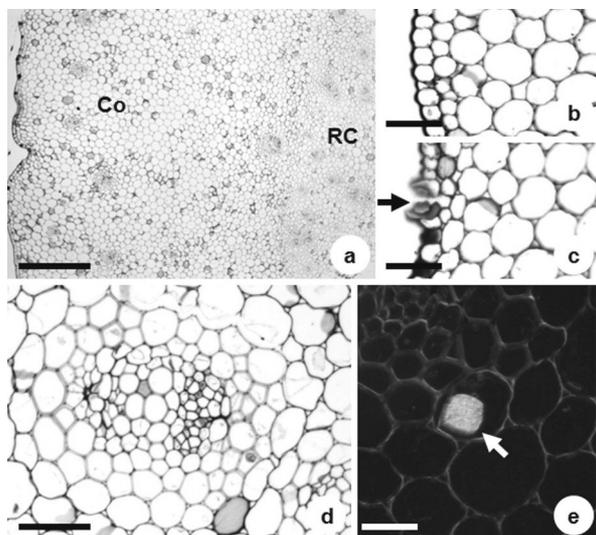


Figura 3. *Agave sisalana* Perrine ex Engelm - Seção transversal do rizoma. a. Vista geral mostrando o sistema vascular do tipo atactostelo. b. Detalhe da epiderme e espaços intercelulares na região cortical. c. Detalhe da epiderme evidenciando o estômato (seta) e células arredondadas que formam o parênquima cortical. d. Detalhe de um feixe vascular da região central. e. Cristais no parênquima cortical (seta). Abreviaturas: Co – Córtex; RC – região central. Barras – 200 µm (a); 100 µm (b, c, d); 80 µm (e).

O parênquima cortical e os espaços entre os feixes do cilindro vascular são formados por numerosas camadas de células isodiamétricas e de tamanho variado. Geralmente estas células são grandes e com parede celular fina, e delimitam pequenos espaços intercelulares (Figuras 3a, b, c). O sistema vascular é um atactostelo, como em *Bulbostylis* Kunth (Cyperaceae) (PRATA et al., 2007), formado por feixes vasculares colaterais e rodeados por uma bainha de fibras (Figura 3d). No rizoma de *A. sisalana* não ocorre uma endoderme ou periciclo diferenciadamente morfológicamente, portanto, é difícil a delimitação exata entre córtex e cilindro central. Por outro lado, Segecin e Scatena (2004) estudando rizomas de espécies do gênero *Tillandsia* (Bromeliaceae) descreveram a ocorrência de uma endoderme com estrias de Caspary ou outro tipo de espessamento.

Em secção transversal da raiz de *A. sisalana* observa-se uma epiderme multisseriada, formando um velame, constituído por quatro camadas de células que apresentam formato irregular. As paredes são delgadas e o epivelame apresenta cutícula pouco espessada (Figuras 4a, b, c). Conforme Evert (2006) o velame consiste de uma a várias camadas de células e ocorre em raízes de plantas terrestres e em epífitas de Orchidaceae e Araceae. Em orquídeas, o velame forma um tecido esponjoso com função de absor-

ção e armazenamento de água. Outros autores atribuem ao velame a função de proteção mecânica quando este se encontra vazio, isto é, com células cheias de ar (SEGECIN; SCATENA, 2004; PITA; MENEZES, 2002). Concordando com estes autores, pode-se atribuir às raízes de *A. sisalana* tanto a função de absorção de água nas regiões apicais, onde se encontra pêlos absorventes, como também a diminuição da transpiração e perda de água na raiz. Pêlos radiculares são observados geralmente agrupados, onde podem ocorrer associações com hifas de fungos (Figura 4b).

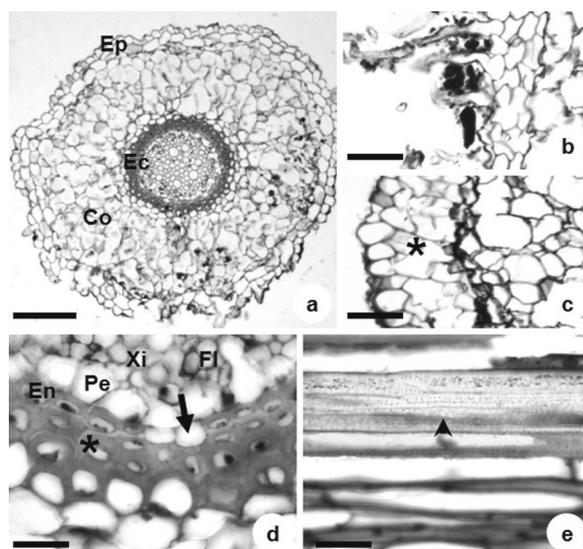


Figura 4. *Agave sisalana* Perrine ex Engelm - Seções transversais (a, b, c e d) e secção longitudinal (e) da raiz. a. Vista geral da raiz. b. Pêlos radiculares em associação com hifas de fungos (seta). c. Detalhe do velame (asterisco). d. Detalhe da endoderme com espessamento tipo "U" e células de passagem (seta); chama-se atenção para a presença de células lignificadas (asterisco) externamente à endoderme (esclereídes). e. Detalhe das esclereídes do córtex interno (cabeça de seta). Abreviaturas: Ep – epiderme; Co – córtex; Ec – esclereídes; En – endoderme; Pe – periciclo; Xi – xilema; Fl – floema. Barras – 200 µm (a); 80 µm (b, c, d, e).

O parênquima cortical da raiz apresenta 7-10 camadas de células grandes, arredondadas, de paredes delgadas e espaços intercelulares reduzidos (Figura 4a, b, c). O córtex interno é formado por três camadas de esclereídes semelhante à descrição feita por Pita e Menezes (2002) em *Dyckia macedoi* (Bromeliaceae). A presença dessas células, de paredes altamente lignificadas, pode indicar maior proteção contra penetração de patógenos no sistema vascular, visto que a lignificação pode proporcionar um aumento na resistência das paredes à ação de enzimas degradadoras, impedir a difusão de toxinas do microorganismo em direção ao hospedeiro, e restringir a colonização por patógenos (SILVA et al., 2005). Estas afirmações corroboram com resultados obtidos por Sá (2009) ao estudar o problema da podridão vermelha do sisal. O autor afirma que o *As-*

pergillus niger não é capaz de penetrar nas raízes do sisal e causar infecção, mesmo que estas tenham lesões ou que haja uma elevada densidade de inóculo no rizoplano.

A endoderme é unisseriada formada por células de paredes espessadas em forma de “U” entre as quais são observadas células de passagem (Figura 4d) em frente aos pólos de xilema. O periciclo é unisseriado, contínuo e formado por células de formato variado e de parede delgada (Figura 4d). O cilindro vascular é poliarco, composto de oito a doze pólos de xilema e floema. Como verificado em *Dyckia* e *Encholirium* por Pita e Menezes (2002), as raízes de *A. sisalana* são sifonostélicas, com o centro do cilindro vascular constituído por parênquima medular totalmente lignificado (Figura 4a).

CONCLUSÕES

Os órgãos vegetativos de *A. sisalana* apresentam elementos estruturais variados como cutícula espessada, mesofilo compacto e bainha de fibras desenvolvidas, o que confere a esses órgãos um aspecto xeromórfico;

As folhas apresentam diversas estruturas que conferem maior resistência às condições extremas do ambiente tais como cutícula espessa, papilas, flanges e câmara subestomática alongada;

As camadas de esclereídes na raiz são um importante conjunto de células diferenciadas que conferem maior resistência ao vegetal contra a penetração de patógenos;

As características estruturais dos rizomas, folhas e das raízes de *A. sisalana* podem auxiliar a melhor compreensão das adaptações fisiológicas e anatômicas como estratégia de sobrevivência dessas plantas às condições ambientais extremas e à resistência para penetração do fungo causador da podridão vermelha do sisal.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, T. V. et al. Anati Quanti: Software de análises quantitativas para estudos em anatomia vegetal. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 4, p. 649-659, 2007.
- ALBUQUERQUE, E. S. B.; NEVES, L. J. Anatomia foliar de *Alpinia zerumbet* (Pers.) Burt & Smith (Zingiberaceae). **Acta Botanica Brasileira**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 109-21, 2004.
- AOYAMA E. M.; SAJO M. G. Estrutura foliar de *Aechmea* Ruiz & Pav. Subgênero *Lamprococcus* (Beer) Baker e espécies relacionadas (Bromeliaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 461-473, 2003.
- BERLYN, G. P.; MIKSCH, J. P. **Botanical micro-technique and cytochemistry**. The Iowa State University Press, Ames, 1976. 326 p.
- DUNDER, R. J. et al. Anti-inflammatory and analgesic potential of hydrolyzed extract of *Agave sisalana* Perrine ex Engelm., Asparagaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 20, p. 376-381, 2010.
- EVERT, R. F. **Esau's plant anatomy. Meristems, cells, and tissues of the plant body – their structure, function and development**. 3. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2006. 601 p.
- FAHN, A.; CUTLER, D. F. **Xerophytes**. Berlin: Gebruder Borntraeger, 1992. 176 p.
- GERLACH, D. **Botanische mikrotechnik**. Stuttgart: Thieme Verlag, 1984. 311 p.
- GUTIÉRREZ, A. et al. Chemical composition of lipophilic extractives from sisal (*Agave sisalana*) fibers. **Industrial Crops and Products**, v. 28, n. 1, p. 81-87, 2008.
- JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: McGrall-Hill, 1940. 523 p.
- JUDD, W. S. et al. **Plant systematics: a phylogenetic approach**. 3. ed. Massachusetts: Sinauer Associates Inc., 2007. 565 p.
- KOSTMAN, T. A. et al. Biosynthesis of L-ascorbic acid and conversion of carbons 1 and 2 of L-ascorbic acid to oxalic acid occurs within individual calcium oxalate crystal idioblasts. **Plant Physiology**, v. 125, n. 2, p. 634-640, 2001.
- LILLIE, R. D. **Histopathologic technic and practical histochemistry**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1965. 715 p.
- MARTIN, A. R. et al. Caracterização química e estrutural de fibra de sisal da variedade *Agave sisalana*. **Polímeros**, São Carlos, v. 19, n. 1, p. 40-46, 2009.
- MAYER, J. L. S. et al. Anatomia comparada das folhas e raízes de *Cymbidium* Hort. (Orchidaceae) cultivadas *ex vitro* e *in vitro*. **Acta Botanica Brasileira**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 323-332, 2008.
- MEIRA, R. M. S. A.; MARTINS, F. M. Inclusão de material herborizado em metacrilato para estudos de anatomia vegetal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 109-112, 2003.

O'BRIEN, T. P.; McCULLY, M. E. **The study of plant structure principles and select methods.** Melbourne: Termarcarphi Pty, 1981. 45 p.

PAIVA, E. A. S.; MACHADO, S. R. Role of intermediary cells in *Peltodon radicans* (Lamiaceae) in the transfer of calcium and formation of calcium oxalate crystals. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 48, n. 1, p. 147-153, 2005.

PITA, P. B.; MENEZES, N. L. Anatomia da raiz de espécies de *Dyckia* Schult. f. e *Encholirium* Mart. ex Schult. & Schult. f. (Bromeliaceae, Pitcairnioideae) da Serra do Cipó (Minas Gerais, Brasil), com especial referência ao velame. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 25-34, 2002.

PRATA, A. P. et al. Anatomia do escapo e rizoma de espécies brasileiras de *Bulbostylis* Kunth (Cyperaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 245-256, 2007.

SÁ, J. O. de. **Patogênese de *Aspergillus niger* e biocontrole da podridão vermelha do sisal por *Trichoderma* spp.** 2009. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2009.

SEGECIN, S.; SCATENA, V. L. Morfoanatomia de rizomas e raízes de *Tillandsia* L. (Bromeliaceae) dos Campos Gerais, PR, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 253-260, 2004.

SILVA, L. M. et al. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 183-194, 2005.

SUINAGA, F. A. et al. **Cultivo de sisal na região semi-árida do Nordeste brasileiro.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 42 p. (Sistema de Produção, 5).

WILKINSON, H. P. The plant surface (mainly leaf) In: METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons. Systematic anatomy of the leaf and stem, with a brief history of the subject.** Oxford: Clarendon Press, 1979. v. 1, p. 97-165.

ZANENGA-GODOY, R.; COSTA, C. G. Anatomia foliar de quatro espécies do gênero *Cattleya* Lindl. (Orchidaceae) do Planalto Central Brasileiro. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 101-118, 2003.