

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Anatomia e análise do óleo essencial dos órgãos vegetativos de *Aldama tenuifolia* (Gardner) E.E.Schill. & Panero e *A. kunthiana* (Gardner) E.E.Schill. & Panero (Asteraceae - Heliantheae)

Edilmara Michelly Souza da Silva

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Fisiologia e
Bioquímica de Plantas

**Piracicaba
2013**

Edilmara Michelly Souza da Silva
Licenciatura em Ciências Biológicas

**Anatomia e análise do óleo essencial dos órgãos vegetativos de *Aldama tenuifolia*
(Gardner) E.E.Schill. & Panero e *A. kunthiana* (Gardner) E.E.Schill. & Panero
(Asteraceae - Heliantheae)**

Orientador:
Profa. Dra. **BETRIZ APPEZZATO DA GLÓRIA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Fisiologia e
Bioquímica de Plantas

Piracicaba
2013

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Silva, Edilmara Michelly Souza da

Anatomia e análise do óleo essencial dos órgãos vegetativos de *Aldama tenuifolia* (Gardner) E.E.Schill. & Panero e *A. kunthiana* (Gardner) E.E.Schill. & Panero (Asteraceae - Heliantheae) / Edilmara Michelly Souza da Silva. - - Piracicaba, 2013.

57 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2013.

1. Características diagnósticas 2. Compositae 3. Estruturas secretoras 4. Xilopódio
I. Título

CDD 583.55
S586a

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte -O autor"

*Aos meus pais Irene e Osmar, e
ao meu noivo Elizeu,
dedico.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelas bênçãos, alegrias e oportunidades obtidas durante este trabalho.

À Profa. Dra. Beatriz Appezzato-da-Glória, por ter aceitado meu estágio no Laboratório de Anatomia Vegetal, pela orientação no mestrado e pela possibilidade de fazer parte do projeto temático. Já a admirava pelo seu trabalho antes de conhecê-la pessoalmente e hoje admiro e respeito ainda mais. Agradeço a paciência e os ensinamentos.

À equipe do CPQBA – Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas, com carinho especial a Profa. Dra. Vera Lúcia Garcia Rehder pela orientação nas análises do óleo essencial e pelo carinho, atenção e paciência nas horas em que me desesperava por não entender tantos nomes e números. À Adriana da Silva Santos pelo carinho e explicações. À Leticia e ao Richard pela colaboração nas extrações e identificações.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP e ao Programa de Fisiologia e Bioquímica de Plantas pela oportunidade de realização de um sonho. À Maria Solizete Granziol Silva, secretária do programa, pela amizade, atenção e eficiência.

À pesquisadora Dra. Adriana Hissae Hayashi do Instituto de Botânica, pela colaboração nas análises anatômicas e histoquímicas, pela doação de uma coleta, pelos ensinamentos, conselhos e pela paciência.

Aos amigos e companheiros de trabalho do Laboratório de Anatomia Vegetal da ESALQ/USP, Graça, Makeli, Magda, Arinawa, Aline Bombo, João Paulo, Tuane, Aline Martins, Elaine, Marta, Nayla e Amanda pela convivência, apoio e ajuda para realização deste trabalho. Com os cafezinhos da tarde, a alegria e a amizade de vocês pude me sentir mais confortável estando tão longe de casa.

A técnica do Laboratório de Anatomia Vegetal, a farmacêutica Marli Kasue Misaki Soares, pelo apoio técnico e ensinamentos e, em especial, pela amizade e carinho que sempre teve comigo.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos processo nº 135820/2011-1, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo financiamento do Projeto Temático processo nº 2010/51454-3.

À Profa. Dra. Mara Angelina Galvão Magenta pelos dados de coleta, fotos e identificação das plantas deste estudo.

À equipe do Núcleo de Apoio à Pesquisa em Microscopia Eletrônica Aplicada à Agricultura (NAP/MEPA – ESALQ/USP) pelo apoio no uso dos equipamentos.

Ao Ministério do Meio Ambiente, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, através do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO, pela autorização de coleta.

À administração do Parque Nacional da Serra da Canastra pela autorização de coleta do material botânico nas dependências do Parque.

À minha família, minha mãe Irene, meu pai Osmar, meus irmãos Edigelson, Edilberto e Edyham, que mesmo longe e um pouco ausentes, me apoiaram e incentivaram neste trabalho.

Ao meu noivo Elizeu M. Munhoz, primeiramente pelo empenho em me ajudar a fazer o estágio e o mestrado, com certeza sem sua ajuda não teria realizado o sonho de sair para fazer a pós-graduação. Pelas horas de estrada como motorista, pela mão de obra nas coletas de campo e ajuda nos trabalhos no laboratório. Pelo carinho, amizade, respeito e dedicação nesses anos que estamos juntos. Grata pelo amor e pela paciência.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 DESENVOLVIMENTO.....	15
2.1 Revisão Bibliográfica	15
2.2 Material e Métodos.....	19
2.2.1 Material botânico.....	19
2.2.2 Estudos anatômicos	19
2.2.3 Extração e análise dos óleos essenciais	21
2.3 Resultados.....	23
2.3.1 Anatomia dos órgãos vegetativos	23
2.3.2 Óleo essencial.....	35
2.4 Discussão	41
3 CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS	49

RESUMO

Anatomia e análise do óleo essencial dos órgãos vegetativos de *Aldama tenuifolia* (Gardner) E.E.Schill. & Panero e *A. kunthiana* (Gardner) E.E.Schill. & Panero (Asteraceae - Heliantheae)

As espécies sul-americanas do gênero *Viguiera* Kunth foram transferidas para o gênero *Aldama* La Llave com base em estudos moleculares. Porém, a circunscrição de *Aldama tenuifolia* (Gardner) E.E.Schill. & Panero e *A. kunthiana* (Gardner) E.E.Schill. & Panero, pertencentes à Seção Paradosa, série *Tenuifoliae* ainda não está bem estabelecida, pois as espécies são morfológicamente muito próximas. O objetivo deste trabalho foi analisar a anatomia e o rendimento e a composição química do óleo essencial dos órgãos vegetativos das referidas espécies, visando fornecer dados que auxiliem na delimitação das mesmas. Para as análises anatômicas, as amostras de folhas, caules aéreos, xilopódios e raízes de três indivíduos de cada espécie foram fixadas em FAA 50 ou em solução de Karnovsky, infiltradas em hidróxi-etil-metacrilato, seccionadas em micrótomo rotativo, coradas e montadas em resina sintética. Também foram realizados testes histoquímicos em materiais frescos ou fixados incluídos ou não em hidróxi-etil-metacrilato. Para a análise da superfície foliar utilizou-se a técnica de dissociação de epiderme e microscopia de luz e microscopia eletrônica de varredura, utilizando os procedimentos usuais de preparação. A extração do óleo essencial (OE) foi realizada por hidrodestilação em sistema do tipo Clevenger, separadamente para cada órgão e espécie. Os óleos essenciais (OE's) foram analisados em Cromatografia a Gás acoplada a Detector de Massas com amostras na concentração de 20mg/mL em acetato de etila. No estudo anatômico foi possível verificar que as folhas das duas espécies diferem quanto ao contorno da parede das células epidérmicas em secção paradérmica, ocorrência de canal secretor no floema primário e no parênquima fundamental da nervura central. Em relação ao caule, a diferença mais marcante foi a ocorrência de canais secretores no floema primário e secundário e, em relação à raiz, o grau de participação da atividade cambial no processo de tuberização. O xilopódio não apresentou diferenças estruturais entre as espécies. As duas espécies apresentaram em comum a ocorrência de estruturas secretoras, tais como tricomas glandulares, espaços secretores internos e hidatódios. Os maiores valores de rendimento dos OE's foram verificados para os órgãos subterrâneos. Nas folhas, xilopódios e raízes das duas espécies foram encontrados os mesmos compostos majoritários, apenas com variação de porcentagens relativas. Também foram identificados compostos exclusivos às espécies (β -felandreno, β -patchouleno, α -isocomeno e longifoleno-(V4) para *A. tenuifolia*; cipereno para *A. kunthiana*) que podem, em conjunto com os compostos comuns às duas espécies, fornecer um perfil químico característico para cada uma delas. Portanto, o estudo anatômico e da composição química dos OE's dos órgãos vegetativos de *A. tenuifolia* e *A. kunthiana*, que são consideradas morfológicamente muito semelhantes, podem auxiliar na diferenciação dessas espécies.

Palavras-chave: Características diagnósticas; Compositae; Estruturas secretoras; Xilopódio

ABSTRACT

Anatomy and essential oil analyses of the vegetative organs of *Aldama tenuifolia* (Gardner) E.E.Schill. & Panero and *A. kunthiana* (Gardner) E.E.Schill. & Panero (Asteraceae - Heliantheae)

South American species of *Viguiera* were transferred to the genus *Aldama* based on molecular studies. However, the circumscription of *Aldama tenuifolia* (Gardner) E.E.Schill. & Panero and *A. kunthiana* (Gardner) E.E.Schill. & Panero, belonging to Section *Paradosa*, series *Tenuifolieae*, is not yet well established because these species are morphologically very similar. The aim of the present study was to analyze the anatomy of the vegetative organs and the yield and chemical composition of essential oil of these species in order to provide data to help in their circumscription. For anatomical analyzes, leaves, aerial stems, xylopodia and roots from three individuals of each species were fixed in FAA 50 or in Karnovsky solution, infiltrated in hydroxyethyl methacrylate, sectioned with a rotary microtome, stained and mounted in synthetic resin. Histochemical tests were also performed on fresh or fixed material embedded or not in hydroxyethyl methacrylate. The analysis of the leaf surface was performed by light microscopy using the technique of dissociation of the epidermis and by scanning electron microscopy using the usual procedures of preparation. The extraction of essential oil (EO) was performed by hydrodistillation in a Clevenger-type system, separately for each organ of each species. Essential oils (EO's) were analyzed by Gas Chromatography coupled to Mass Detector with samples in 20mg/mL concentration in ethyl acetate. The anatomical study showed that the leaves of the two species differ in the outline of the epidermal cell wall in front view side and in the occurrence of secretory canals in primary phloem and ground parenchyma of the midrib. In relation to the stem, the most remarkable difference was the occurrence of secretory canals in the primary and secondary phloem and in relation to the root was the degree of cambial activity participation in tuberisation process. The highest OE's yields were verified to the underground organs. For the leaves, xylopodia and roots of both species, the same major compounds were found, varying only the relative percentages. In addition, unique compounds (β -phelandrene, β -patchoulene, α -isocomene and longifolene-(V4) for *A. tenuifolia* and cyperene for *A. kunthiana*) were also identified that can, along with the compounds common to all two species, provide a characteristic chemical profile for each of these species. Therefore, the studies of the anatomy and of the chemical composition of OE's of the vegetative organs of *A. tenuifolia* and *A. kunthiana*, which are considered morphologically very similar, may help differentiate these species.

Keywords: Compositae; Diagnostic features; Secretory structures; Xylopodia

1 INTRODUÇÃO

Schilling e Panero (2011), baseados em análises moleculares, propuseram a transferência das espécies sul-americanas do gênero *Viguiera* Kunth para o gênero *Aldama* La Llave. Porém, conforme destacado por Bombo et al. (2012) e Oliveira, Bombo e Appezzato-da-Glória (2013), ainda faltam combinações para algumas espécies brasileiras, bem como estabelecer a circunscrição para algumas espécies sul-americanas do gênero.

Bombo et al. (2012) verificaram que a anatomia e a composição química do óleo essencial dos órgãos aéreos foram úteis na delimitação das espécies *Aldama filifolia* (Sch.Bip. ex Baker) E.E.Schill.&Panero, *A. linearifolia* (Chodat) E.E.Schill. & Panero e *A. trichophylla* (Dusén) Magenta. Também Oliveira, Bombo e Appezzato-da-Glória (2013) apontaram dados anatômicos dos órgãos vegetativos úteis na delimitação de *Aldama arenaria* (Baker) E.E.Schill. & Panero e *A. robusta* (Gardner) E.E.Schill. & Panero.

Dentre os caracteres anatômicos utilizados pelos autores na separação das espécies de *Aldama* destaca-se a ocorrência de estruturas secretoras. De fato, a anatomia das estruturas secretoras e dos tricomas (glandulares e não-glandulares) tem sido considerada de grande valor taxonômico para as Asteraceae, devido a sua distribuição específica em cada órgão (SOLEREDER, 1908; METCALFE; CHALK, 1950; CARLQUIST, 1958; CASTRO; LEITÃO-FILHO; MONTEIRO, 1997; LUQUE; MENEZES; SEMIR, 1999; CICCARELLI; GARBARI; PAGNI, 2007). Por outro lado, ao analisarem os sistemas subterrâneos espessados, Bombo (2012) e Oliveira, Bombo e Appezzato-da-Glória (2013) observaram que o processo de tuberização das raízes de espécies de *Aldama* difere daquele previamente descrito em outras Asteraceae (MACHADO et al., 2004; VILHALVA; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, 2006b; HAYASHI; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, 2007; APPEZZATO-DA-GLÓRIA et al., 2008a). Os sistemas subterrâneos em Asteraceae podem acumular carboidratos de reserva como frutanos, além de atuarem como banco de gemas, permitindo o rebrotamento das plantas após a perda da parte aérea devido a eventos como a passagem do fogo, comum no Cerrado (APPEZZATO-DA-GLÓRIA et al., 2008a; APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CURY, 2011).

A ocorrência de óleos essenciais em espécies de Asteraceae tem sido amplamente relatada (CORRÊA et al., 2004; AGOSTINI et al., 2005; CASTRO et al., 2006; BORSATO et al., 2007; FERRONATO et al., 2007; MAIA et al., 2010). Para as espécies

brasileiras de *Aldama* os primeiros estudos sobre o rendimento e a composição química foram aqueles de Bombo et al. (2012) e Oliveira, Bombo e Appezzato-da-Glória (2013), porém ainda não há relatos sobre a utilização farmacológica dos óleos essenciais embora os estudos sobre a fitoquímica de diversas espécies (COSTA; VICHNEWSKI; HERZI, 1996; MARQUINA et al., 2001; SPRING et al., 2003; AMBROSIO; SCHOOR; COSTA, 2004) destaque a importância farmacológica do gênero.

No presente estudo foram analisadas duas espécies, *Aldama tenuifolia* (Gardner) E.E.Schill. & Panero (= *Viguiera tenuifolia* Gardner) e *Aldama kunthiana* (Gardner) E.E.Schill. & Panero (*Viguiera kunthiana* Gardner) pertencentes à Seção *Paradosa*, série *Tenuifolieae* de acordo com a classificação de Blake (1918), as quais embora apresentem características morfo-polínicas distintas, são morfologicamente muito próximas (MAGENTA, 2006). Portanto, será analisada a anatomia dos órgãos vegetativos aéreos e subterrâneos, bem como o rendimento e a composição química do óleo essencial das referidas espécies visando complementar informações para as espécies brasileiras do gênero e levantar caracteres que possam ser úteis na delimitação das mesmas.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão Bibliográfica

Asteraceae Bercht. & J.Presl (Compositae) é a maior família entre as Eudicotiledôneas, possui distribuição cosmopolita, com 1600 a 1700 gêneros e 24000 a 30000 espécies, sendo representada no Brasil por aproximadamente 260 gêneros e 2000 espécies (SOUZA; LORENZI, 2012). Entre as angiospermas, é considerada a família mais numerosa representando aproximadamente 10% da flora mundial (BREMER, 1994, 1996). São representadas por ervas, arbustos, árvores (CRONQUIST, 1981) e raramente por epífitas e lianas (MAGENTA, 2006). As espécies desta família apresentam características marcantes como inflorescências denominadas capítulos, com flores assentadas sobre um mesmo receptáculo, cercado por brácteas (BARROSO, 1991), sépalas modificadas em pápus, ovário ínfero, bicarpelar, com um óvulo de placentação basal (JUDD et al., 1999); fruto cipsela, com papilho geralmente persistente (SOUZA; LORENZI, 2012). Possuem folhas simples, na maioria das vezes alternas, e podem ser opostas em Heliantheae e Eupatorieae ou raramente verticiladas; apresentam-se sésseis ou pecioladas; às vezes são reduzidas, aciculares ou escamiformes (MAGENTA, 2006).

As espécies da família estão distribuídas em várias regiões, principalmente nas de clima tropical, subtropical e temperado (BREMER, 1994). Ocorrem em diferentes ambientes desde o nível do mar até os picos de montanhas, podendo se desenvolver com sucesso em todos os tipos de habitats, com poucas espécies verdadeiramente aquáticas. São abundantes em regiões abertas e secas, e pouco frequentes em matas fechadas e úmidas (BARROSO, 1991). Apresentam ampla diversidade no bioma Cerrado, sendo uma das maiores famílias nesse bioma (BARBOSA et al., 2008). Dados de Almeida et al. (2005) indicaram que as tribos com maior número de espécies neste ambiente são Vernonieae, Eupatorieae e Heliantheae, que juntas somam 73% das Asteraceae levantadas.

A família Asteraceae tem grande importância no estrato herbáceo e arbustivo de Cerrados (RATTER; RIBEIRO; BRIDGWATER, 1997; BATALHA; MANTOVANI, 2001). Algumas plantas são utilizadas como medicinais, como a carqueja (*Baccharis* spp.), a camomila (*Matricaria recutita*), o guaco (*Mikania* spp.) e a mil-folhas (*Achillea millefolium*). Já outras são cultivadas de forma ornamental, como a margarida (*Leucanthemum vulgare*), o crisântemo (*Dendranthema grandiflorum*) e a dália (*Dahlia pinnata*). Pertencem também à família o girassol (*Helianthus annuus*), a alface (*Lactuca sativa*), a chicória, o almeirão, a escarola (pertencentes à *Chichorium intybus*) e a alcachofra (*Cynara scolymus*). Além disso

algumas plantas também são consideradas invasoras, como o picão-preto (*Bidens pilosa*), a serralha (*Sonchus oleraceus*), a vassourinha (*Baccharis dracunculifolia*) e o picão-branco (*Galinsoga* spp.) (SOUZA; LORENZI, 2012).

A subtribo Helianthinae, que inclui o gênero *Viguiera* Kunth, é caracterizada morfologicamente por flores do raio neutras, ductos de resina ao lado de fora das nervuras no estilete e com resina de cor amarela, e cipselas com paredes estriadas (ROBINSON, 1981; KARIS, 1993; SCHILLING; PANERO, 1996; 2002). É representada por ervas ou arbustos, mas possui espécies arbóreas ou lianas (KARIS; RYDING, 1994), com hábito herbáceo perene (MAGENTA, 2006). Esta subtribo é quase inteiramente neo-ártica e neotropical e seus gêneros concentram-se no continente americano, principalmente no México e nos Estados Unidos (MAGENTA, 2006).

Schilling e Panero (2011) propuseram com base em estudos moleculares, a transferência das espécies sul-americanas de *Viguiera* Kunth para o gênero *Aldama* La Lave.

No Brasil, a maior ocorrência de espécies de *Aldama* sob climas que apresentam inverno seco pode estar ligada ao tipo de sistema subterrâneo espessado, que certamente provê as necessidades hídricas da planta na fase de dormência, cuja importância na regeneração das partes vegetativas foi percebida pela primeira vez por Lindman em 1906 (MAGENTA, 2006). Os sistemas subterrâneos espessados de Asteraceae variam quanto à morfologia externa e à origem que pode ser radicular, caulinar ou mista (APPEZZATO-DA-GLÓRIA et al., 2008a). Portanto, as observações baseadas somente na morfologia externa são insuficientes para identificar sua natureza estrutural e, conseqüentemente, análises anatômicas são fundamentais como aquelas realizadas por Sajo e Menezes (1986a, 1986b), Machado et al. (2004), Vilhalva e Appezzato-da-Glória (2006a, 2006b), Hayashi e Appezzato-da-Glória (2005, 2007), Appezzato-da-Glória e Cury (2011), Bombo (2012) e Oliveira, Bombo e Appezzato-da-Glória (2013).

As plantas desse gênero presentes no Brasil têm sido alvo de interesse de alguns pesquisadores das áreas de química e farmácia. A variação dos componentes químicos (COSTA; VICHNEWSKI; HERZI, 1996; COSTA et al., 2001) vem sendo estudada, sendo as lactonas sesquiterpênicas sistematicamente classificadas (COSTA; VICHNEWSKI; HERZI, 1996; SCHORR et al., 2002; SPRING et al., 2001, 2003; APPEZZATO-DA-GLÓRIA et al., 2012) assim como tem sido verificada a ocorrência dos frutanos (ISEJIMA; FIGUEIREDO-RIBEIRO; ZAIDAN, 1991; ISEJIMA; FIGUEIREDO-RIBEIRO, 1993; ITAYA; BUCKERIDGE, FIGUEIREDO-RIBEIRO, 1997; ITAYA; FIGUEIREDO-RIBEIRO;

BUCKERIDGE, 1999). Segundo Costa et al. (1998), no aspecto medicinal, certos compostos também exercem atividade bactericida.

As estruturas secretoras, comuns em muitos representantes da família Asteraceae, têm recebido atenção especial dos pesquisadores (ARIAS, 1995; MONTEIRO et al., 1995; POLI; GIANNI; BRUNI, 1995; CASTRO; LEITÃO-FILHO; MONTEIRO, 1997; GREGIO; MOSCHETA, 2006; FONSECA; MEIRA; CASALI, 2006; APPEZZATO-DA-GLÓRIA et al., 2008b; CURY; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, 2009). Porém, segundo Judd et al. (1999) poucos trabalhos foram desenvolvidos com espécies do gênero *Aldama*, considerando-se o elevado número de espécies.

As plantas do gênero *Aldama* apresentam vários paralelismos na morfologia externa das estruturas vegetativas (MAGENTA, 2006). Segundo a autora, estudos estruturais podem ser extremamente úteis na separação de espécies próximas ou de grupos de espécies. As duas espécies escolhidas para o presente estudo: *Aldama kunthiana* (Gardner) E.E.Schill. & Panero (= *Viguiera kunthiana* Gardner) e *Aldama tenuifolia* (Gardner) E.E.Schill. & Panero (= *Viguiera tenuifolia* Gardner) pertencem a Seção Paradosa, série Tenuifoliae, de acordo com a classificação de Blake (1918), e são morfologicamente muito próximas e de difícil delimitação, embora apresentem características polínicas distintas (MAGENTA, 2006).

Aldama tenuifolia (Figura 1A-C) possui representantes herbáceos a subarbustos com 0,6 a 1,5 m de altura, com ramos aéreos eretos, cilíndricos, canaliculados e setosos. Os entrenós variam 2 a 13 cm de comprimento e as folhas são verde-claras, inferiores opostas e superiores alternas. O caule subterrâneo é fortemente espessado, com raízes adventícias tuberosas fusiformes em toda a extensão ou somente próximo à base. Ocorre em muitas áreas de Minas Gerais e possui um único registro oriundo de São Paulo, da região da cidade de Pedregulho na divisa com Minas Gerais. É encontrada em variados tipos de campo, em altitudes superiores a 900m. Floresce e frutifica na primavera e no verão, ou raramente no inverno. Esta espécie diferencia-se de *A. aspilioides* (Baker) E.E.Schill. & Panero (= *Viguiera aspilioides* Baker) e *A. kunthiana*, com as quais mais se assemelha, por características do involúcro e do receptáculo (MAGENTA, 2006).

Os indivíduos de *Aldama kunthiana* (Figura 1D-F) são herbáceos com altura aproximada entre 0,3 a 1 m. Os ramos aéreos são flexíveis, cilíndricos, canaliculados, esparsamente setosos, com entrenós de 2 a 17 cm de comprimento e folhas verde-claras, dispostas de forma alterna. O caule subterrâneo é moderadamente espessado, com raízes adventícias tuberosas na porção terminal ou sem tuberosidade. Ocorrem no norte, noroeste e na porção central de Goiás, no noroeste e sudoeste de Minas Gerais e no Distrito Federal, em

campos sujos, campos limpos secos ou úmidos, campos rupestres, brejos com murundus, e borda de matas e de córregos. Floresce de setembro a outubro e frutifica de outubro a novembro. A espécie se assemelha a *A. tenuifolia* e *A. aspilioides* (MAGENTA, 2006).

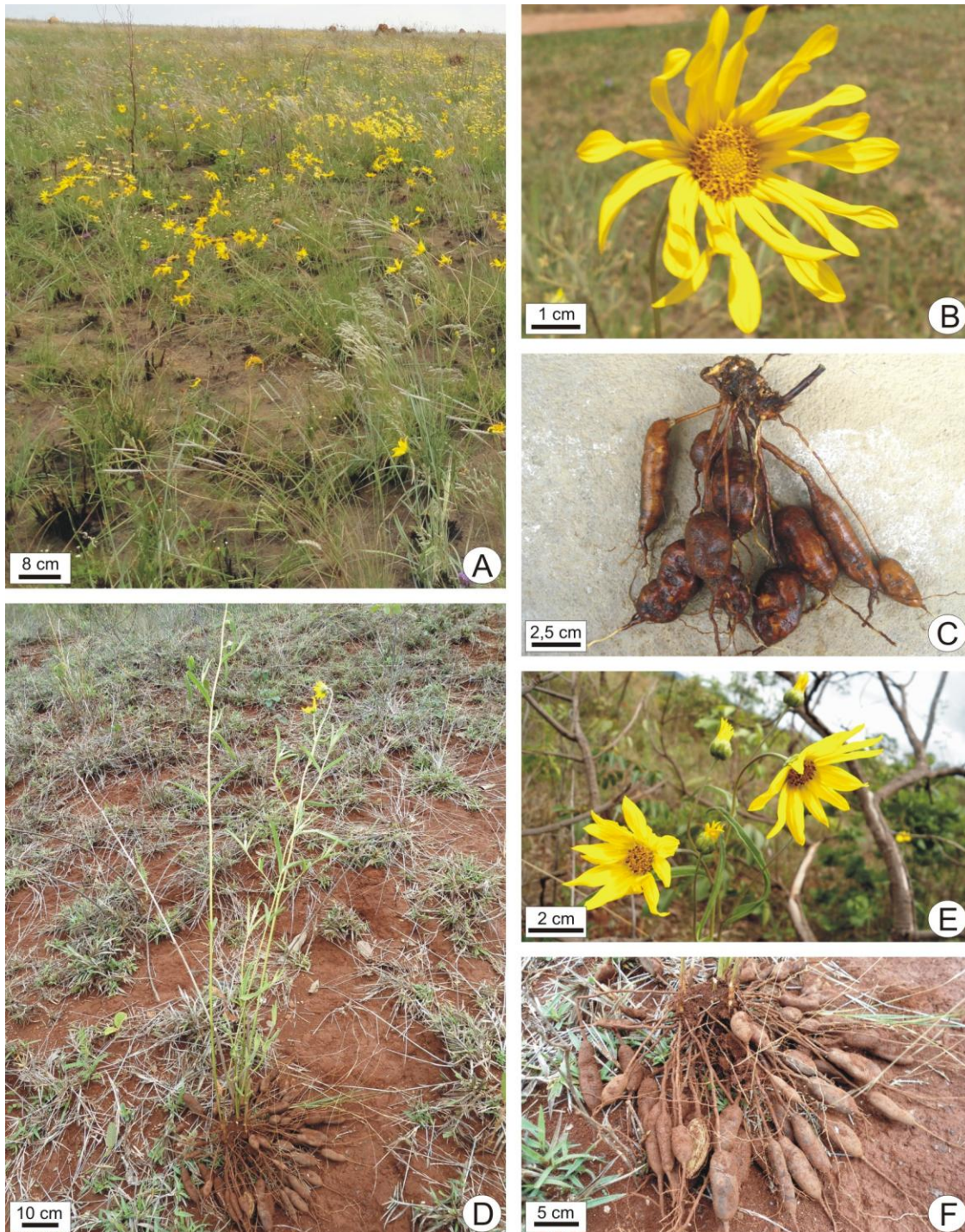


Figura 1 – A, B, C. *Aldama tenuifolia*. D, E, F. *Aldama kunthiana*. A e D – Indivíduos em ambiente natural. B e E – Detalhe da inflorescência. C e F – Detalhe do sistema subterrâneo

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Material botânico

Para cada espécie foram selecionados três pontos, sendo coletados órgãos aéreos e subterrâneos de, no mínimo, três indivíduos de cada localidade. Os indivíduos de *Aldama kunthiana* foram coletados em dois pontos na cidade de Niquelândia – GO (S 14°23'29,5" e W 48°25'53,6" – Alt.: 930m; S 14°25'23,0" e W 48°26'12,0" – Alt.: 903m), em novembro de 2012, e o terceiro no Parque Estadual da Serra Dourada – GO (S 16°04'27,9" e W 50°11'11,3"), coletado em novembro de 2010. As coletas de *Aldama tenuifolia* foram realizadas no estado de Minas Gerais, nas cidades de São Sebastião do Paraíso (S 20°58'53,0" e W 46°58'52,0" – Alt.: 983m), Capitólio (S 20°39'07,0" e W 46°18'43,8" – Alt.: 811m) e no Parque Nacional da Serra da Canastra (S 20°15'19,2" e W 46°25'00,8" – Alt.: 1293m), em outubro de 2012. Os locais de coleta são todos em beira de estradas, exceção ocorre para aqueles dentro dos parques. A vegetação é típica de Cerrado e nas áreas de coleta pode ser verificada a ocorrência de passagem do fogo.

As espécies foram identificadas pela especialista do gênero no Brasil, e as exsiccatas registradas e incorporadas ao acervo do Herbário da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESA) da Universidade de São Paulo, sob os números ESA 122873, ESA 122874 e ESA 122875 (*Aldama kunthiana*); e ESA 122869, ESA 122870 e ESA 122871 (*Aldama tenuifolia*).

2.2.2 Estudos anatômicos

As análises anatômicas e histoquímicas foram realizadas no Laboratório de Anatomia Vegetal, ESALQ, USP. As amostras de folhas, caules aéreos, xilopódios e raízes (tuberosas e não tuberosas) foram fixadas em FAA 50 (1:1:18 formaldeído, ácido acético glacial e álcool etílico 50%) (JOHANSEN, 1940) ou em solução de Karnovsky (KARNOVSKY, 1965) por 48 horas. Todas as amostras foram posteriormente desidratadas em série etílica crescente e estocadas em etanol 70%. Para melhores resultados as amostras foram submetidas à vácuo durante todo o processo para retirada do ar dos tecidos.

As folhas jovens e adultas completamente expandidas foram analisadas na região mediana do limbo. Nos caules aéreos foram analisados entrenós de diferentes diâmetros considerando-se os diâmetros mínimo (1º entrenó), médio e máximo de cada indivíduo. Do sistema subterrâneo foram analisados os xilopódios, bem como as raízes tuberosas e não tuberosas.

Com material fresco, foram feitas secções transversais e longitudinais à mão-livre com auxílio de lâmina de barbear e em micrótomo de deslize com 25-60 µm de espessura, clarificadas com hipoclorito de sódio a 20% e lavadas em água destilada. Alguns cortes foram corados com verde iodo e vermelho Congo (DOP; GAUTIÉ, 1928) e outros em safranina e azul de Astra (BURGER; RICHTER, 1991), montados em gelatina glicerinada (lâminas semipermanentes).

As amostras também foram desidratadas em série etílica, incluídas em hidróxi-etil-metacrilato (Leica Historesin) e os blocos obtidos foram seccionados a 5-8 µm de espessura. O material foi corado com azul de toluidina 0,05% em tampão fosfato e ácido cítrico pH 4,5 (SAKAI, 1973) e as lâminas montadas em resina sintética "Entellan". Antes da inclusão em hidróxi-etil-metacrilato (Leica Historesin), as amostras de caule espesso e xilopódio foram colocadas para amolecer em etilenodiamina 10% por 3 horas em estufa a 60°C (KRAUS; ARDUIN, 1997), seguindo após as etapas para montagem dos blocos.

Para observação da superfície foliar foi realizada a técnica de dissociação de epiderme em solução de Jeffrey a 10% (JOHANSEN, 1940). Os fragmentos foram corados com safranina e azul de Astra (BURGER; RICHTER, 1991) e montados em gelatina glicerinada.

Os testes histoquímicos foram realizados a partir de secções de material fresco e de material fixado, incluído ou não em hidróxi-etil-metacrilato, dos órgãos vegetativos. Foram empregados os seguintes reagentes e corantes: Sudan IV para substâncias lipofílicas (JENSEN, 1962), Sudan black B para lípidos totais (PEARSE, 1968); cloreto férrico para compostos fenólicos (JOHANSEN, 1940), vermelho de rutênio para substâncias pécticas, polissacarídeos e mucilagem ácida (JOHANSEN, 1940), cloreto de zinco iodado para detecção de grãos de amido (STRASBURGER, 1913), floroglucina em meio ácido para detecção de lignina (JOHANSEN, 1940) e reagente de NADI para detecção de essências e óleos resínicos (DAVID; CARDE, 1964). As lâminas foram montadas com o próprio corante ou reagente ou em água destilada. Para evidenciar os frutanos do tipo inulina, as amostras do sistema subterrâneo foram seccionadas à mão livre e mantidas em álcool etílico 70% por 4 dias. Os cristais de inulina foram visualizados em microscópio de luz polarizada e sua presença confirmada pelo teste com timol 15% em solução alcoólica e ácido sulfúrico concentrado (JOHANSEN, 1940).

As imagens digitais foram geradas através de microscópio trinocular Leica DMLB acoplado à câmara de vídeo Leica DC 300 F e capturadas no microcomputador pelo programa IM50. A morfologia dos órgãos vegetativos foi documentada por meio de

fotografias com máquina digital e pelo estereomicroscópio Leica modelo PN: MDG34, acoplado a câmera de vídeo da marca Leica, modelo DFC295.

Para análise em microscopia eletrônica de varredura, amostras de folhas e caules foram fixadas em Karnovsky (KARNOVSKY, 1965), desidratadas em série etílica até etanol 100%, submetidas a secagem ao ponto crítico em CO₂ (HORRIDGE; TAMM, 1969), montadas sobre suportes de alumínio e cobertas com uma camada de ouro de 30 a 40 nm. As observações e elétron-micrografias foram feitas em microscópio eletrônico de varredura LEO modelo VP 435, operado a 20 kV, com as escalas diretamente impressas nas mesmas. Todo o preparo das amostras e as análises ao microscópio eletrônico foram realizados no Núcleo de Apoio à Pesquisa em Microscopia Eletrônica Aplicada à Agricultura - NAP/MEPA - da ESALQ/USP.

2.2.3 Extração e análise dos óleos essenciais

As extrações e análises dos óleos essenciais foram realizadas na Divisão de Química Orgânica e Farmacêutica, no Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas, da Unicamp.

As amostras frescas do sistema aéreo e subterrâneo de cada espécie foram coletadas, em período de floração e armazenadas em freezer. Para cada espécie foram realizadas quatro extrações, uma para cada órgão (folhas, caules aéreos, raízes e xilopódios). As massas dos diferentes órgãos e os volumes de água utilizados em cada extração estão apresentadas na Tabela 1.

A extração do óleo essencial (OE) foi realizada por hidrodestilação em sistema do tipo Clevenger, separadamente para cada espécie, por um período de 3 horas. Após o término da extração e resfriamento do sistema, o óleo foi recolhido com auxílio de pipeta de Pasteur, quando o rendimento permitia. Para os óleos essenciais obtidos em pequena quantidade as fases aquosas foram extraídas com diclorometano (3 x 50 mL), as fases orgânicas agrupadas, secas com sulfato de sódio, filtradas e evaporadas a vácuo em evaporador rotativo. Os óleos resultantes foram pesados em balança analítica, os rendimentos determinados e posteriormente armazenados em frasco de vidro âmbar em freezer.

Tabela 1- Massa (g) e volume de água (mL) utilizada para extração do óleo essencial de folhas, caules aéreos, xilopódios e raízes de *Aldama tenuifolia* e *A. kunthiana*

Órgão	<i>Aldama tenuifolia</i>		<i>Aldama kunthiana</i>	
	Massa (g)	Vol. H ₂ O (mL)	Massa (g)	Vol. H ₂ O (mL)
Folha	127,70	600	38,12	400
Caule aéreo	225,30	500	44,28	400
Xilopódio	129,88	300	15,67	200
Raiz	400,07	600	303,00	700

Os óleos essenciais (OE's) foram analisados por Cromatografia em Camada Delgada (CCD) e Cromatografia a Gás acoplada a Detetor de Massas (CG-EM) com amostras na concentração de (20mg/mL) em Acetato de Etila.

Para as análises por CCD, 5µL dos OE's foram aplicados nas cromatoplasacas de alumínio (WAGNER; BLADT, 1996) com microseringa, utilizando como fase móvel o diclorometano PA. Após o término da eluição, as placas foram analisadas sob luz UV (λ 254 e 366 nm), seguidas de pulverização com uma solução de anisaldeído (ácido acético:ácido sulfúrico:anisaldeído 50,0:1,0:0,5 v/v/v) e aquecimento em estufa a 100 °C por 5 min. Já para as análises por CG-EM utilizou-se um Cromatógrafo HP 5890 série II (Palo Alto, CA, USA), detector seletivo de massas Hewlett-Packard 5971, injetor split/splitless, coluna capilar HP-5 (25 m x 0,20mm x 0,33 µm); temperaturas: injetor = 220°C, detector = 280°C, coluna = 60°C, 3°C min⁻¹, 240°C (7 min), vazão do gás de arraste (He super seco) = 1,0 mL min⁻¹.

A identificação dos compostos foi feita por comparação dos espectros de massas com dados da biblioteca NIST-05, co-injeção de padrões de hidrocarbonetos (C₉ a C₂₅) para cálculo dos índices Aritméticos (IA), pela fórmula apresentada abaixo, e dados descritos por Adams (2007).

Fórmula para cálculo dos índices Aritméticos (IA):

$$IA = 100 P_n + \frac{100(t_R(x) - t_R(P_n))}{t_R(P_{n+1}) - t_R(P_n)}$$

Onde: $t_R(P_n) \leq t_R(x) \leq t_R(P_{n+1})$; X = pico a ser analisado; P_n = padrão de hidrocarboneto com $< t_R$; P_{n+1} = padrão de hidrocarboneto com $> t_R$.

2.3 Resultados

2.3.1 Anatomia dos órgãos vegetativos

Em vista frontal, as células epidérmicas de ambas as faces foliares de *Aldama tenuifolia* apresentam paredes anticlinais retas (Figura 2A) e em *A. kunthiana* as paredes anticlinais são sinuosas (Figura 2B). As duas espécies apresentam estômatos anomocíticos (Figuras 2A, B) em ambas as faces do limbo e três tipos de tricomas, aqui denominados tipo I, II e III. O tricoma tipo I (Figuras 2C, F) é encontrado em ambas as faces e possui três células, sendo a célula basal arredondada, a célula intermediária de formato cilíndrico com tamanho variável e a célula terminal com ápice agudo. A célula basal e a intermediária possuem espessamentos parietais do tipo bossas (Figuras 2C, F). Na base desses tricomas há uma a duas séries de células que apresentam espessamento parietal (Figura 2A) em pectina (Figura 3A). O tricoma do tipo II é unisseriado e multicelular, secretor de compostos fenólicos (Figura 2D, G) e ocorre na epiderme de ambas as faces foliares. O tricoma do tipo III (Figuras 2E, H, I) é peltado, bisseriado, formado por cinco a seis pares de células (Figura 2H), secretor de substâncias lipofílicas (Figura 2I) que ficam armazenadas no espaço subcuticular localizado nas proximidades do par de células mais distal, ocorrendo apenas na epiderme da face abaxial.

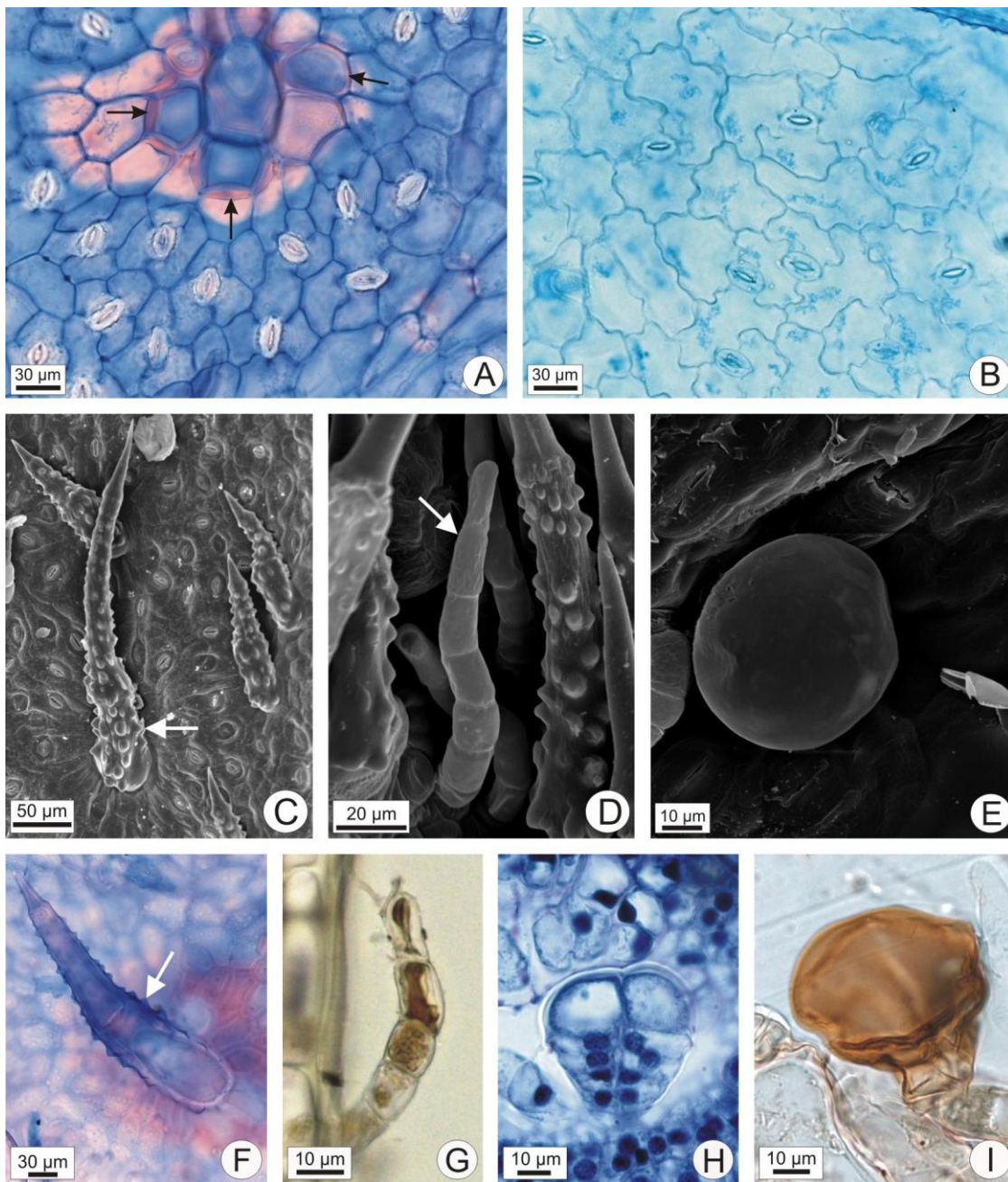


Figura 2 – A, C, D, F, I. *Aldama tenuifolia*. B, E, G, H. *Aldama kunthiana*. A e B – Vista frontal das células epidérmicas mostrando os estômatos anomocíticos; em A as setas indicam o espessamento parietal das células ao redor do tricoma tipo I. C-E – Eletromicrografias de varredura dos tricomas tipo I (C), tipo II (D) e tipo III (E). F – Tricoma do tipo I com ornamentações parietais do tipo bossa (seta). G – Tricoma do tipo II com conteúdo fenólico evidenciado pelo cloreto férrico. H-I – Tricoma do tipo III corado pelo azul de toluidina (H) e pelo Sudan IV (I)

Em ambas as faces foliares, a epiderme uniestratificada é constituída de células com paredes periclinais externas espessadas em pectina (Figura 3A), recobertas por cutícula delgada. Os estômatos ocorrem no mesmo nível das demais células epidérmicas (Figuras 3A, B). O mesofilo é dorsiventral, constituído por até duas camadas de parênquima paliçádico e por duas a três camadas de parênquima lacunoso (Figuras 3A, B), ambos se prolongando até

as regiões laterais da nervura central (Figura 3F, G). Apenas em *A. tenuifolia* há acúmulo de gotas lipídicas nas células de ambos os parênquimas clorofilianos (Figura 3E). Os feixes vasculares laterais são do tipo colateral e apresentam diferentes tamanhos. A bainha do feixe é constituída por uma a duas camadas de células parenquimáticas (bainha externa), podendo ocorrer uma bainha interna esclerenquimática. As extensões da bainha, quando presentes, podem alcançar a epiderme de uma ou ambas as faces da folha, porém, os canais secretores ocorrem somente na extensão adaxial da bainha (Figuras 3A-D). Em *A. tenuifolia* observa-se que a secreção é de natureza péctica (Figura 3A).

O bordo é levemente fletido apenas em *A. kunthiana* (Figura 3C) e em ambas as espécies, o mesofilo dorsiventral e os feixes vasculares laterais chegam até bem próximo da epiderme do bordo (Figuras 3C, D).

Em *A. kunthiana* e *A. tenuifolia* ocorrem hidatódios na região do bordo foliar (Figura 3H). Estas estruturas caracterizam-se pela presença de elementos traqueais, epitema, bainha parenquimática incompleta e poros aquíferos semelhantes a estômatos (Figura 3H).

A nervura central das duas espécies é proeminente em ambas as faces, sendo mais acentuada na face abaxial (Figuras 3F, G). A epiderme é uniestratificada, constituída por células com formato arredondado em relação às demais células epidérmicas. Abaixo da epiderme, ocorrem cinco a seis camadas de colênquima na face adaxial e três a cinco camadas na face abaxial (Figura 3F, G). O sistema vascular está organizado em um feixe colateral maior e dois feixes colaterais menores envolvidos por células lignificadas (Figuras 3F-G, I-J). Apenas em *A. kunthiana* há canal secretor de substâncias lipofílicas no floema primário (Figura 3K). No parênquima fundamental de *A. kunthiana* há quatro canais secretores de tamanhos similares, sendo dois voltados para a face adaxial e dois para a face abaxial (Figura 3I), com lume estreito, epitélio unisseriado e secreção de natureza lipofílica (Figura 3K). No entanto, em *A. tenuifolia* há apenas dois canais secretores diminutos voltados para a face abaxial (Figura 3J) cuja secreção reage positivamente para substâncias de natureza péctica (Figura 3L). Apenas em *A. tenuifolia*, as células de parênquima próximas aos feixes vasculares apresentam grãos de amido na face abaxial (Figura 3M).

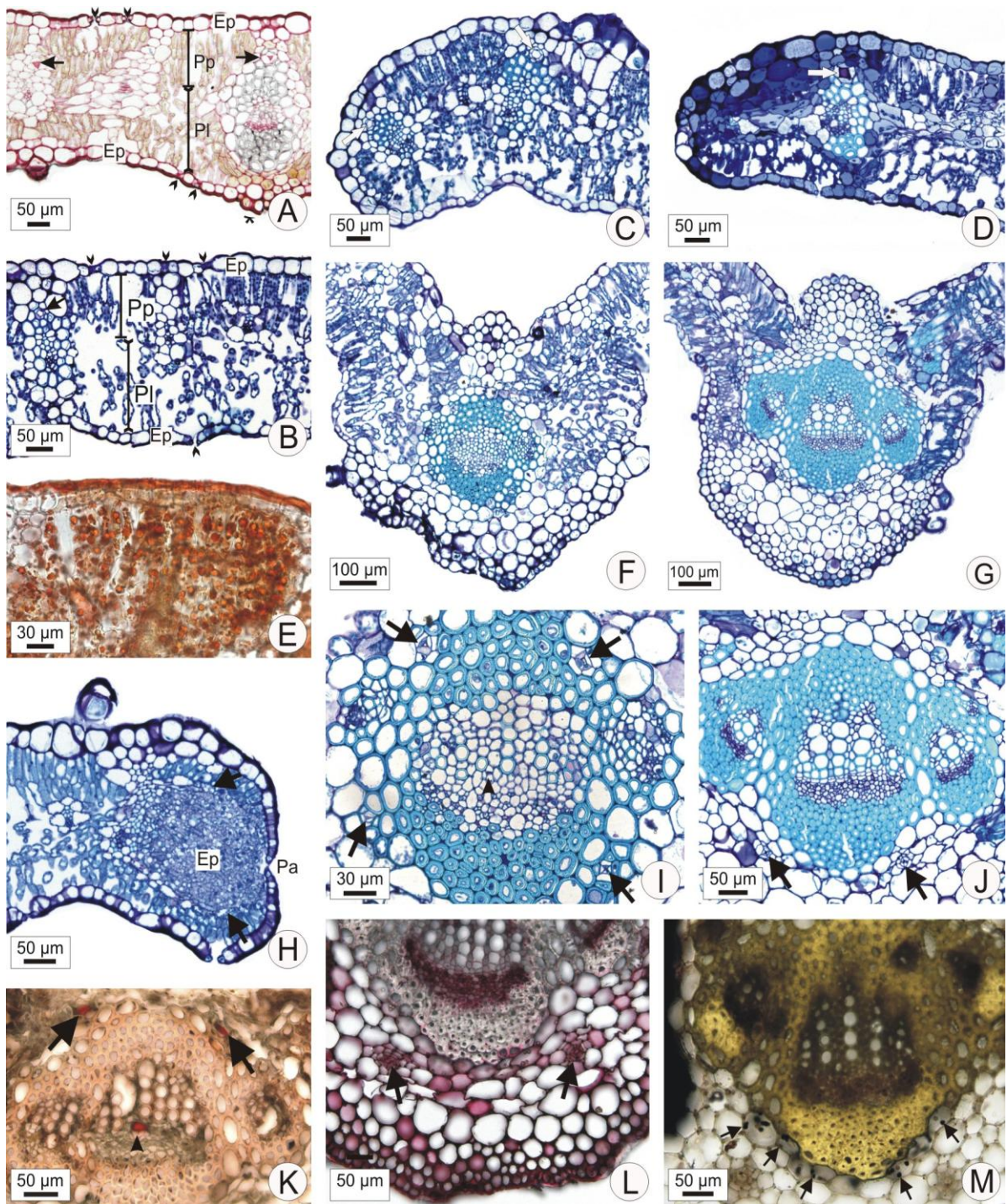


Figura 3 – Secções transversais da lâmina foliar de *Aldama tenuifolia* (A, D-E, G, J, L-M) e *A. kunthiana* (B-C, F, H-I, K). A e B – Observar a epiderme uniestratificada (Ep), parênquima paliçádico (Pp) e parênquima lacunoso (Pl) e dois feixes colaterais; pontas de setas indicam os estômatos; seta indica canal secretor; * mostra o espessamento parietal na base do tricoma tipo I. C e D – Bordo foliar. As setas indicam canais secretores. E – Gotas no parênquima clorofiliano coradas pelo Sudan IV. F e G – Nervura central. H – Hidatódio constituído por elementos traqueais, epítima (Ep), poro aquífero (Pa) e bainha incompleta (setas). I e J – Detalhe dos feixes vasculares da nervura central; setas indicam os canais secretores no parênquima e a ponta de seta em I indica o canal secretor no floema primário. K – Canais no floema primário (ponta de seta) e no parênquima (setas) cuja secreção é corada pelo Sudan IV. L – Canais secretores na face abaxial da nervura central, com secreção. M – Amido evidenciado pelo cloreto de zinco iodado em células da bainha do feixe da nervura central

Em *Aldama tenuifolia* (Figura 4A) a estrutura primária do primeiro entrenó do caule aéreo encontra-se mais diferenciada do que em *A. kunthiana* (Figura 4B), conforme será descrito a seguir.

Nas duas espécies a epiderme é uniestratificada recoberta por cutícula delgada. As células acumulam compostos fenólicos e possuem paredes espessadas em pectina apenas em *A. tenuifolia*. Há dois tipos de tricomas similares aos descritos para folha: tipo I, formado por três células, sendo as células basais e intermediárias providas de espessamentos parietais do tipo bossa; tipo II, unisseriado e multicelular, sendo que a célula terminal é espatulada e apresenta conteúdo fenólico. Em *A. kunthiana*, o tricoma tipo I pode ter até cinco células (Figura 4C). Há raros estômatos (Figura 4A).

O córtex é constituído por 2-3 camadas subepidérmicas de colênquima e 1-2 camadas de parênquima em *A. tenuifolia* (Figura 4A), e por 4-5 camadas de colênquima e 4-6 camadas de parênquima em *A. kunthiana* (Figura 4B), cujas células podem apresentar compostos fenólicos nas duas espécies. Em ambas as espécies são encontrados canais secretores na região do parênquima cortical (Figuras 4A, B). O córtex é delimitado internamente pela endoderme (Figura 4D, E) com estrias de Caspary visíveis no primeiro entrenó apenas em *A. tenuifolia* (Figura 4D). Em *A. kunthiana*, a endoderme apresenta estrias de Caspary apenas nos nós subsequentes (Figura 4F). São encontrados grãos de amido na endoderme tanto na fase jovem quanto na fase adulta do caule.

No cilindro vascular os feixes colaterais abertos (Figuras 4D, E) apresentam as fibras pericíclicas opostas ao floema primário já diferenciadas em *A. tenuifolia* (Figura 4D), enquanto em *A. kunthiana* a lignificação ocorrerá em fases posteriores do desenvolvimento (Figura 4H, J). Somente em *A. kunthiana* há canais secretores no floema primário (Figura 4E). Na região perimedular, há canais secretores de diâmetro variável, epitélio uniestratificado, que secretam substâncias de natureza lipofílica. Em *A. kunthiana* os canais são visíveis em todos os indivíduos analisados (Figuras 4B, K).

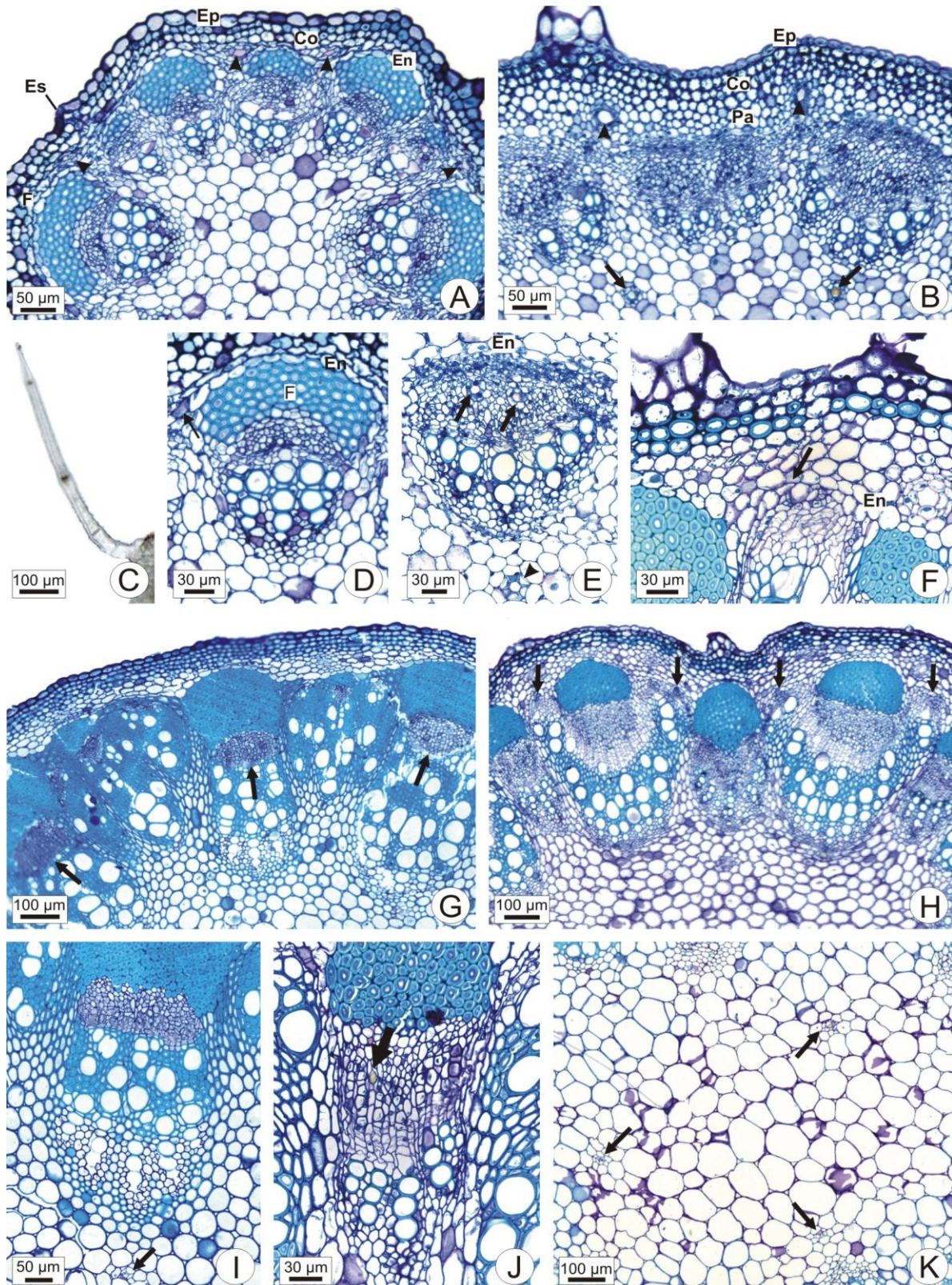


Figura 4 – Cortes transversais de entrenós de *Aldama tenuifolia* (A, D, G, I) e de *A. kunthiana* (B, C, E, F, H, J, K). A e B – Primeiro entrenó com canais secretores no córtex (pontas de seta) e canais secretores na medula em B (setas). C – Tricoma do tipo I com mais de três células. D e E – Feixes colaterais abertos, com canais secretores no floema primário (setas) e na medula em E (ponta de seta). A seta em D indica estrias de Caspary na endoderme. F-H – Região de maior diâmetro do caule. Seta em F indica estrias de Caspary na endoderme, setas em G indicam o câmbio fascicular e as setas em H o floema secundário. I e K – Canais secretores na região perimedular (setas). J – Canal secretor no floema secundário (seta). Co = colênquima; En = endoderme; Ep = Epiderme uniestratificada; Es = estômato; F = calota de fibras; Pa = parênquima

Na região de maior diâmetro do caule a epiderme das duas espécies é mantida como tecido de revestimento (Figuras 4F–H), as células subepidérmicas lignificam-se (Figuras 4F–H), os canais corticais permanecem ativos e a endoderme apresenta amido e estrias de Caspary (Figura 4F). A atividade cambial é discreta e similar nas porções fascicular e interfascicular (Figuras 4G, H), porém o floema secundário de origem interfascicular posiciona-se mais externamente em relação ao floema secundário de origem fascicular (Figuras 4G, H). Tal característica é mais evidente em *A. tenuifolia* (Figura 4G). Canais secretores no floema secundário ocorrem em *A. kunthiana* (Figura 4J), mas não são observados em *A. tenuifolia* (Figura 4I).

A ampliação da medula não é significativa, e os canais secretores de substâncias lipofílicas permanecem posicionados preferencialmente na região medular periférica (Figura 4I, K).

O xilopódio das espécies estudadas ocorre nas camadas superficiais do solo e é responsável pela emissão das raízes adventícias tuberosas ou não (Figuras 6A e B). Dado ao seu potencial altamente gemífero (Figura 5A), o xilopódio emite ramos aéreos nos períodos favoráveis de desenvolvimento. Tal fato aumenta a complexidade anatômica do órgão uma vez que na região proximal observa-se a auto-enxertia da base dos vários ramos emitidos (Figuras 5B, C). As gemas analisadas na porção proximal (Figura 5A) são gemas axilares das bases dos ramos auto-enxertados (Figura 5B).

O revestimento do xilopódio é similar aquele que será melhor descrito para as raízes tuberosas, ou seja, assemelha-se ao súber estratificado originado nas camadas subepidérmicas. À medida que o órgão espessa pode-se observar as divisões periclinais seguida de suberização das células em camadas celulares mais internas do córtex (Figura 5D), indicando haver a eliminação das camadas mais externas em fases posteriores do desenvolvimento. De fato, em alguns xilopódios analisados observa-se o floema secundário sob o revestimento (Figura 5D).

O xilema secundário é bem desenvolvido o que contribui para a lignificação do órgão (Figura 5E). O xilema primário endarco ocorre na periferia da medula a qual é pouco desenvolvida e pode esclerificar-se (Figura 5E, detalhe).

Há muitos espaços secretores de substâncias lipofílicas no córtex (quando este ainda está presente), no floema secundário (Figura 5D) e no parênquima perimedular (Figura 5E, detalhe). Não foi observado frutano no xilopódio.

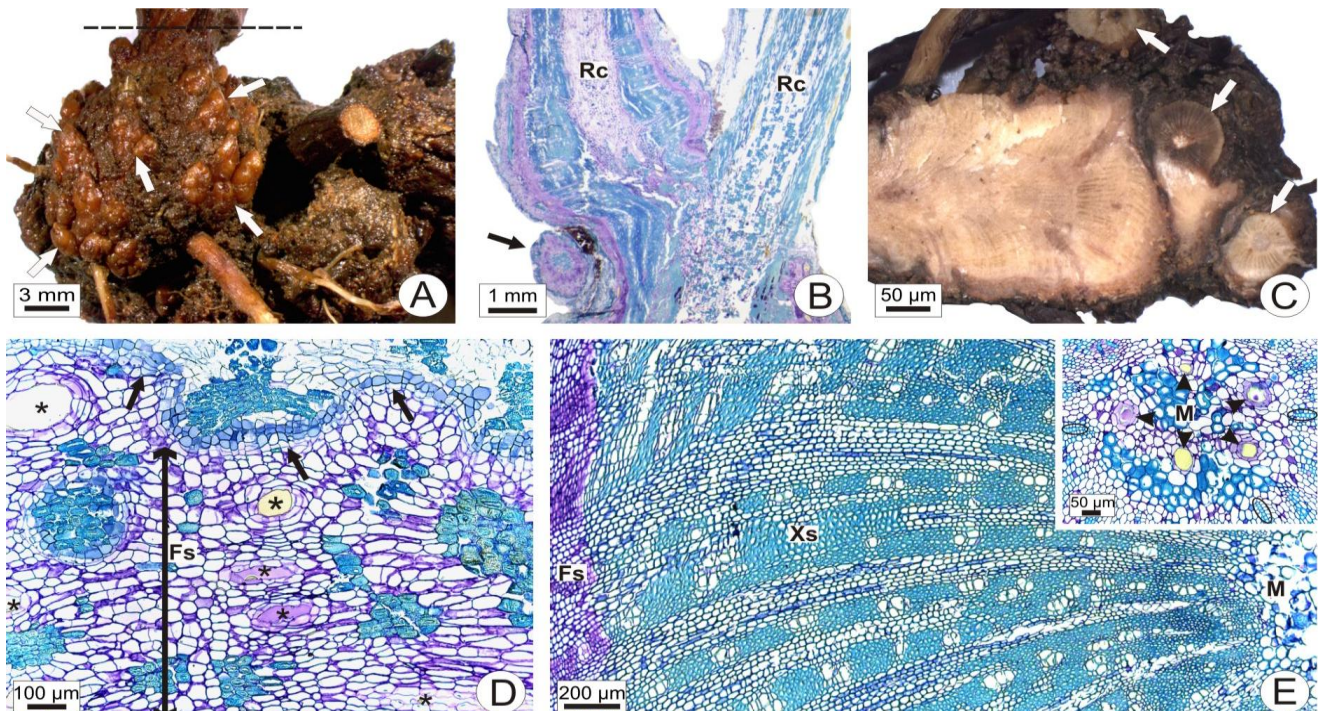


Figura 5 – Xilopódio de *Aldama tenuifolia* (A, C-E) e *A. kunthiana* (B). A – Observar o elevado número de gemas (setas); linha tracejada indica o nível do solo. B – Secção longitudinal de dois ramos aéreos (Rc) unidos pela base. Observar a gema axilar (seta) na base de um deles. C – Porção proximal do xilopódio mostrando vários ramos caulinares em secção transversal (setas). D e E – Secções transversais. D – Divisões periclinais (setas) nas células que estabelecem limite com o floema secundário (Fs) com espaços internos secretores (*). E – Floema secundário (Fs), xilema secundário (Xs) bem desenvolvido e medula (M). No detalhe a medula (M) com algumas células esclerificadas, espaços secretores (ponta de seta) e xilema primário endarco (círculos)

O sistema radicular de *Aldama kunthiana* e *A. tenuifolia* é formado por raízes adventícias com porções não tuberizadas (estruturas primária e secundária) e tuberizadas (estrutura secundária), as quais têm origem a partir do xilopódio (Figuras 6A, B).

Na estrutura primária da raiz das duas espécies a epiderme uniestratificada (Figura 6C) possui células com paredes periclinais externas espessadas em pectina. No córtex, a exoderme uniestratificada apresenta células altas (Figura 6C), justapostas com espessamentos parietais em suberina. O parênquima cortical possui de quatro a cinco camadas de células algumas das quais apresentam associações com fungos (Figura 6C). Há canais secretores de substâncias lipofílicas formados por quatro células, sendo duas do parênquima cortical e duas endodérmicas (Figuras 6C). O cilindro vascular é sólido e possui periciclo uniestratificado e poucos polos de protoxilema (Figura 6C).

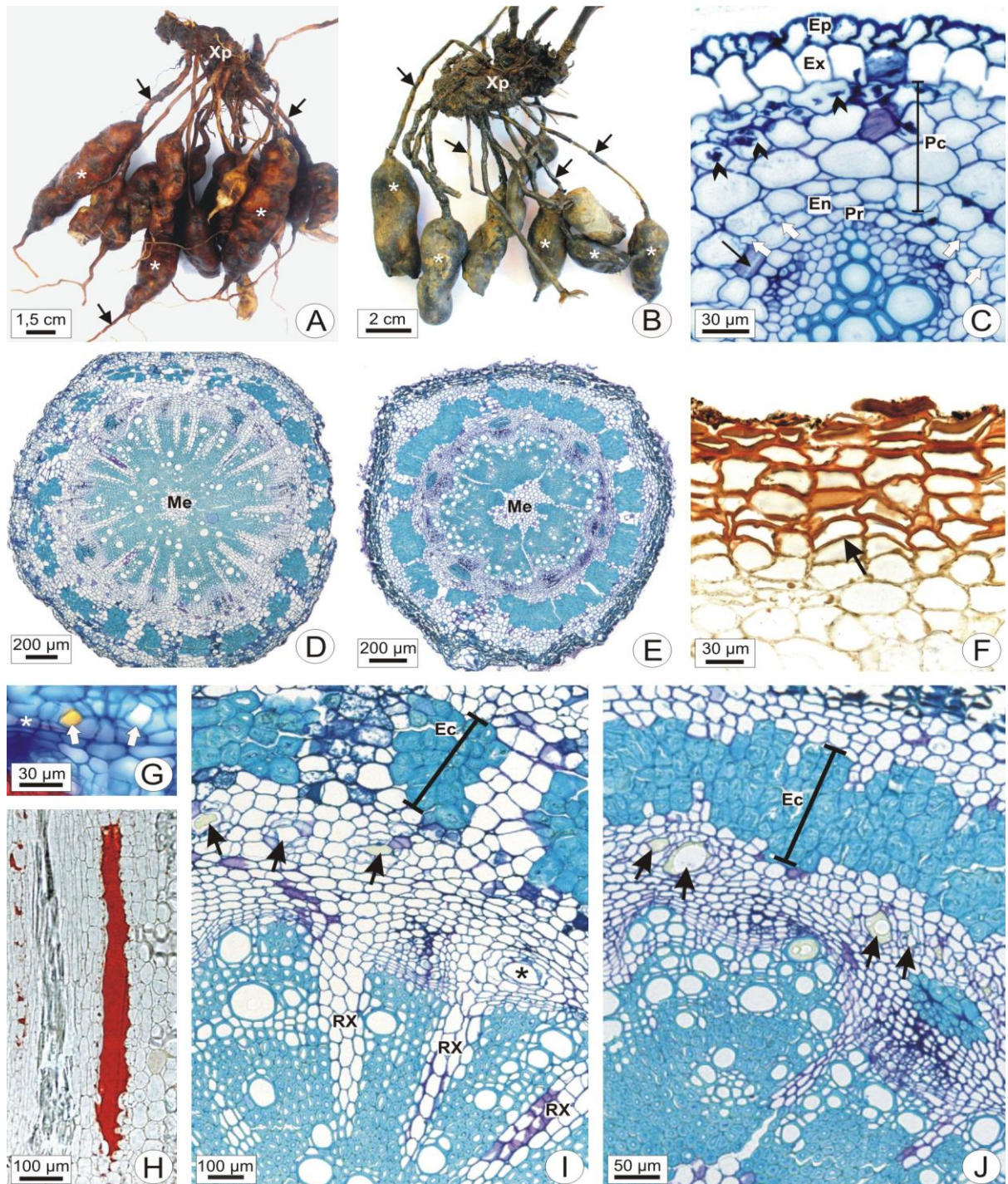


Figura 6 – A, D, G, H, I. *Aldama tenuifolia*. B-C, E-F, J. *A. kunthiana*. A e B – Sistema subterrâneo formado por xilopódio (Xp) e raízes adventícias com porções tuberizadas (*) e não tuberizadas (setas). C – Secção transversal da raiz em estrutura primária mostrando a epiderme (Ep), a exoderme (Ex), o parênquima cortical (Pc) com associações com fungos (pontas de seta), canais secretores (setas claras), a endoderme (En) com estrias de Caspary (seta escura) e o periciclo (Pr). Secções transversais (D-G, I, J) e secção longitudinal (H) da estrutura secundária da raiz não tuberizada. D e E – Observar a medula pouco desenvolvida e os raios vasculares mais amplos em D. F – Revestimento secundário com células providas de espessamento parietal corado pelo Sudan IV. G e H – Canais secretores endodérmicos; * indica estria de Caspary na endoderme em G. I e J – Esclereides (Ec) e canais secretores no córtex (setas); canais secretores no floema secundário (*) e raios xilemáticos

Na estrutura secundária da porção não tuberizada da raiz das espécies estudadas (Figuras 6D-J), a epiderme e a exoderme são substituídas por várias camadas de células com espessamentos parietais em suberina (Figura 6F) resultantes de divisões periclinais de células do parênquima cortical localizadas sob a exoderme. O córtex passa a apresentar grupos de esclereides entre as células parenquimáticas formando um anel quase contínuo ao redor do cilindro vascular (Figuras 6I, J). Os canais secretores endodérmicos, no início da estrutura secundária (Figuras 6G, H), ainda apresentam quatro células epiteliais. Com o espessamento da raiz, o número de células epiteliais aumenta (Figuras 6I, J) em função de divisões nas células que delimitam o lume do canal. No cilindro vascular o floema secundário de *A. tenuifolia* apresenta canais secretores desde o início da estrutura secundária (Figura 6I), porém em *A. kunthiana* os raros canais floemáticos são observados apenas na estrutura secundária tuberizada. O xilema secundário apresenta raios vasculares mais evidentes em *A. tenuifolia* (Figuras 6D, I). No centro do órgão observa-se o parênquima medular pouco desenvolvido (Figuras 6D, E).

Na estrutura secundária da porção tuberizada da raiz de ambas as espécies (Figuras 7A-F), o revestimento também é constituído por células providas de espessamentos parietais em suberina dispostas em fileiras radiais resultantes de divisões periclinais de células do parênquima cortical (Figura 8A). No parênquima cortical, o número de camadas de esclereides aumenta (Figura 8B). Em relação à porção não tuberizada da raiz, não há alterações nos canais endodérmicos e na endoderme com estrias de Caspary. As alterações mais evidentes são observadas no cilindro vascular. Em ambas as espécies, a tuberização resulta da proliferação de células do parênquima medular (Figuras 7A – C). No entanto, em *Aldama tenuifolia* há uma participação expressiva do câmbio neste processo à medida que a raiz espessa (Figuras 7D, E) a qual não é verificada em *A. kunthiana* (Figura 7F). Tal atividade cambial leva ao deslocamento dos elementos traqueais para porções mais internas do órgão (Figura 7B) devido à formação de parênquima xilemático disposto em fileiras radiais (Figuras 7D, E). Com a tuberização, *A. kunthiana* também passa a formar canais floemáticos (Figura 8C) e, em ambas as espécies, ocorre à formação de cavidades na medula ampliada (Figura 8D). Foi possível verificar que cada cavidade origina-se a partir de divisões de uma única célula do parênquima medular (Figura 8E). É grande o acúmulo de frutanos, em especial, no cilindro vascular ao redor dos elementos traqueais (Figura 8F). Tal acúmulo também foi verificado no lume dos espaços secretores internos (Figura 8G).

As principais características anatômicas dos órgãos estudados, que distinguem *Aldama tenuifolia* de *A. kunthiana*, são apresentadas na tabela 2.

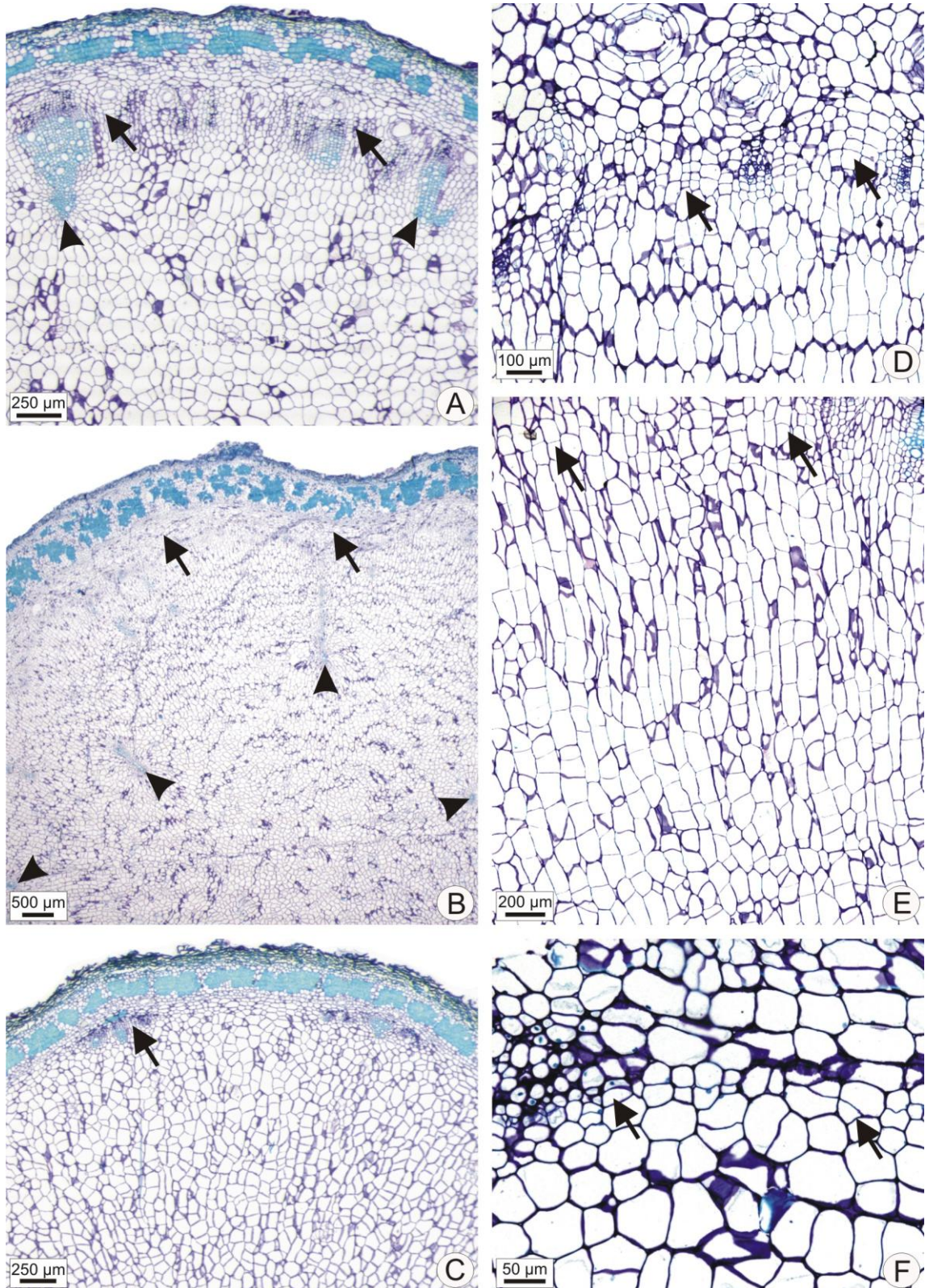


Figura 7 – Seções transversais da estrutura secundária da raiz tuberizada de *Aldama tenuifolia* (A, B, D, E) e *A. kunthiana*. (C, F). A – Início da tuberização. B-F. Tuberização máxima verificada nos indivíduos das duas espécies. A e B – As setas indicam o câmbio, sendo que as pontas de setas mostram elementos traqueais os quais se posicionam nas regiões mais internas do órgão em B. C e F – Setas indicam o câmbio o qual não forma fileiras radiais de células parenquimáticas nos tecidos vasculares secundários (F) como se observa em D e E (setas)

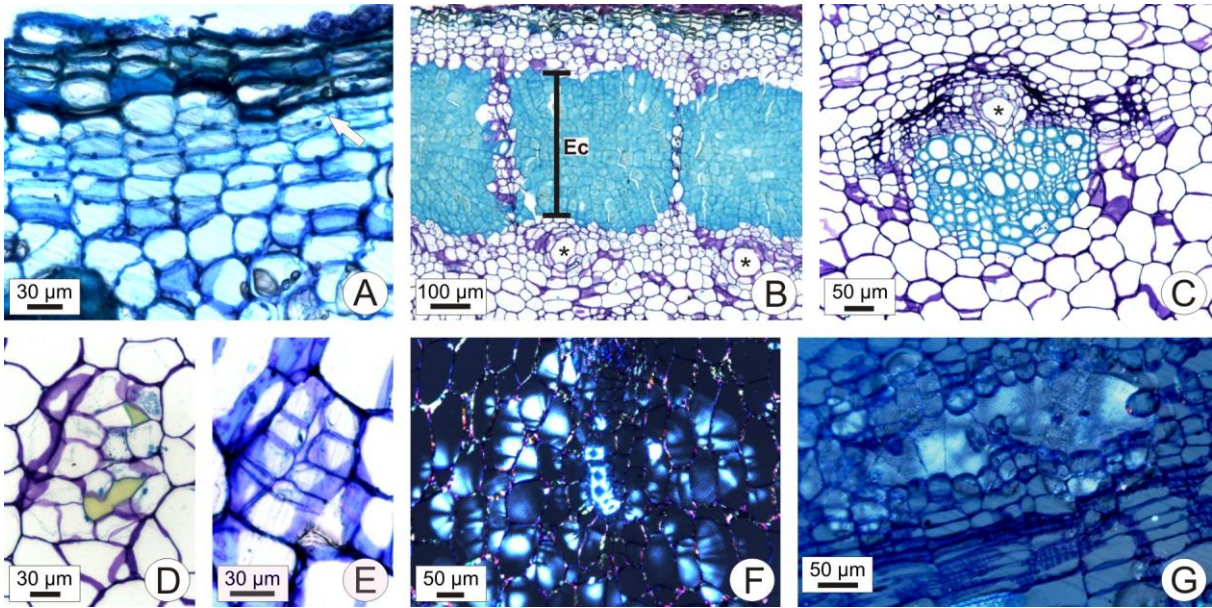


Figura 8 – Secções transversais da estrutura secundária das raízes tuberizadas de *Aldama tenuifolia* (A, E, F, G) e *A. kunthiana* (B, C, D). A – Revestimento secundário formado por divisões periclinais (seta) das células do parênquima cortical. B – Região do córtex com camada de esclereides (Ec) maior do que na raiz não tuberizada; * canais secretores corticais. C – Canal secretor (*) no floema secundário. D – Cavidades secretoras da medula. E - célula do parênquima medular dividindo-se para formar a cavidade secretora. F e G – Cristais de inulina observados sob luz polarizada ao redor dos elementos traqueais (F) e no lume dos espaços internos secretores (G)

Tabela 2- Principais características anatômicas distintivas entre *Aldama tenuifolia* e *A. kunthiana*.

Órgão	Caracteres	<i>A. tenuifolia</i>	<i>A. kunthiana</i>
Folha	Paredes anticlinais das células epidérmicas	Retas	Sinuosas
	Canal secretor no floema primário no feixe vascular da nervura central	Ausente	Presente
	Canal secretor no parênquima incolor da nervura central	2 abaxiais	2 adaxiais e 2 abaxiais
Caule	Tricoma tipo I	3 células	3 a 5 células
	Canais secretores no floema primário e secundário	Ausente	Presente
	Canais secretores na medula	Raros e de difícil visualização	Frequentes e bem visíveis
Raiz	Canal secretor no floema secundário	Desde o início da estrutura secundária	Raros - apenas na estrutura secundária tuberizada
	Atividade cambial pronunciada no processo de tuberização	Presente	Ausente

2.3.2 Óleo essencial

Os rendimentos dos OE's obtidos para os diferentes órgãos de *Aldama tenuifolia* e *A. kunthiana* apresentaram variação tanto entre os órgãos de cada espécie, quanto entre as espécies (Tabela 3). Os maiores rendimentos foram obtidos nas raízes de *A. tenuifolia* e nos xilopódios de *A. kunthiana*.

Tabela 3- Rendimento (%) obtido da extração do óleo essencial das folhas, caules aéreos, xilopódios e raízes de *Aldama tenuifolia* e *A. kunthiana*

Órgão	OE <i>A. tenuifolia</i> (%)	OE <i>A. kunthiana</i> (%)
Folha	0.013	0.037
Caule aéreo	0.041	0.006
Xilopódio	0.016	0.121
Raiz	0.100	0.042

Na figura 9 está apresentada a CCD dos diferentes OE's para *A. tenuifolia* e *A. kunthiana*.

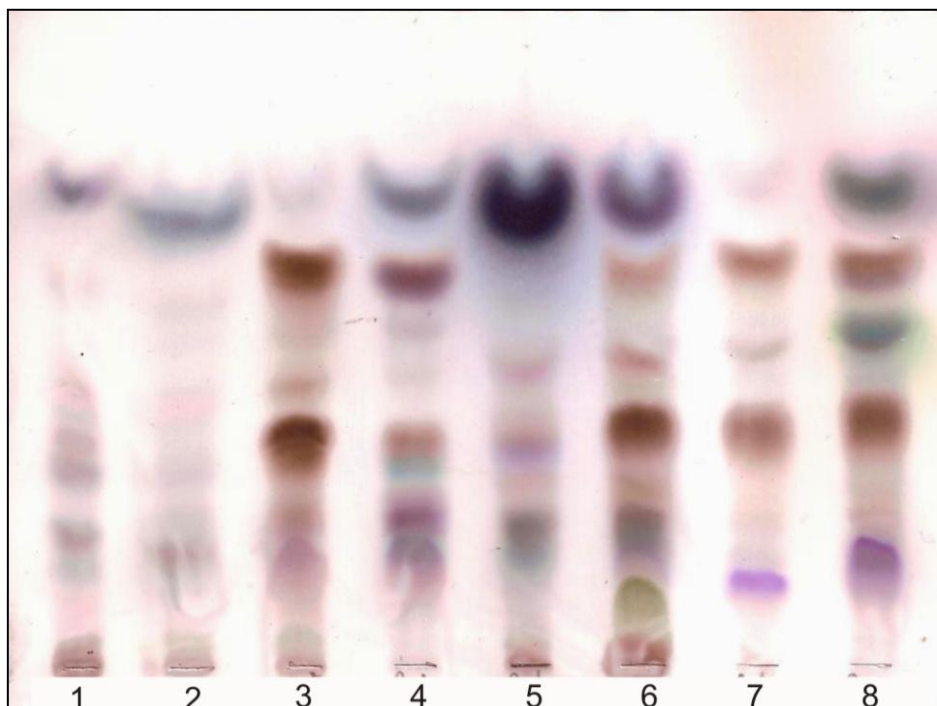


Figura 9 – Cromatografia em Camada Delgada (CCD) das folhas (1, 5), caules aéreos (2, 6), xilopódios (3, 7) e raízes (4, 8) de *A. tenuifolia* (1-4) e *A. kunthiana* (5-8). Fase móvel: Diclorometano; Revelador: Solução de anisaldeído

A análise por CCD revelou a presença de compostos de diferentes polaridades podendo ser observadas semelhanças entre as bandas dos OE's dos xilopódios e raízes para ambas as espécies.

O perfil químico por CG-EM é observado nos cromatogramas das figuras 10 e 11, e na tabela 5 estão apresentados os compostos identificados nos diferentes OE's e suas porcentagens relativas em área. Compostos com porcentagens relativas inferiores a 0,5% e os compostos não identificados não foram incluídos.

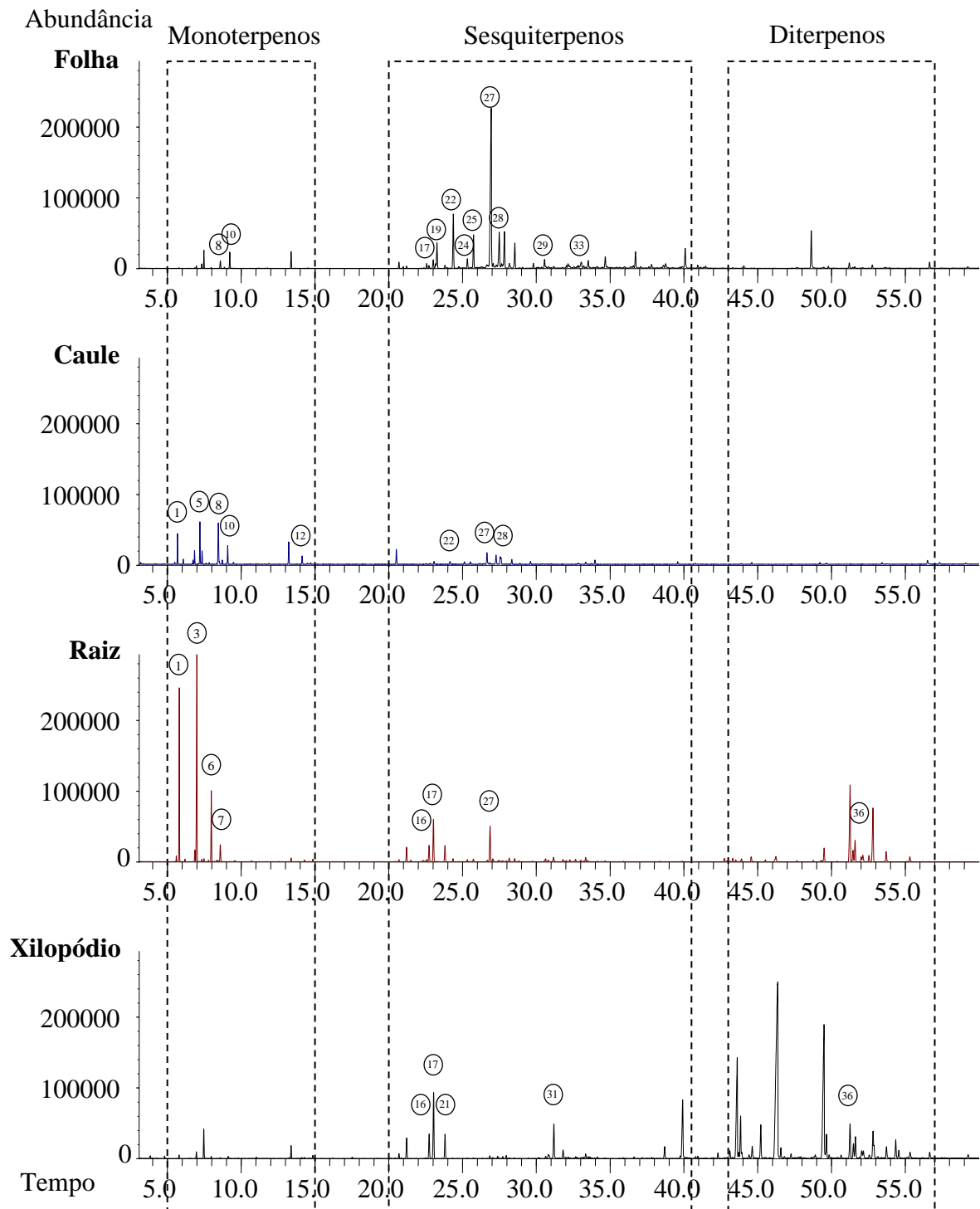


Figura 10 – Cromatogramas de *Aldama tenuifolia* dos diferentes órgãos vegetativos. Números dos picos correspondem aos números da tabela 4, para os compostos identificados. Tempo de retenção em minutos

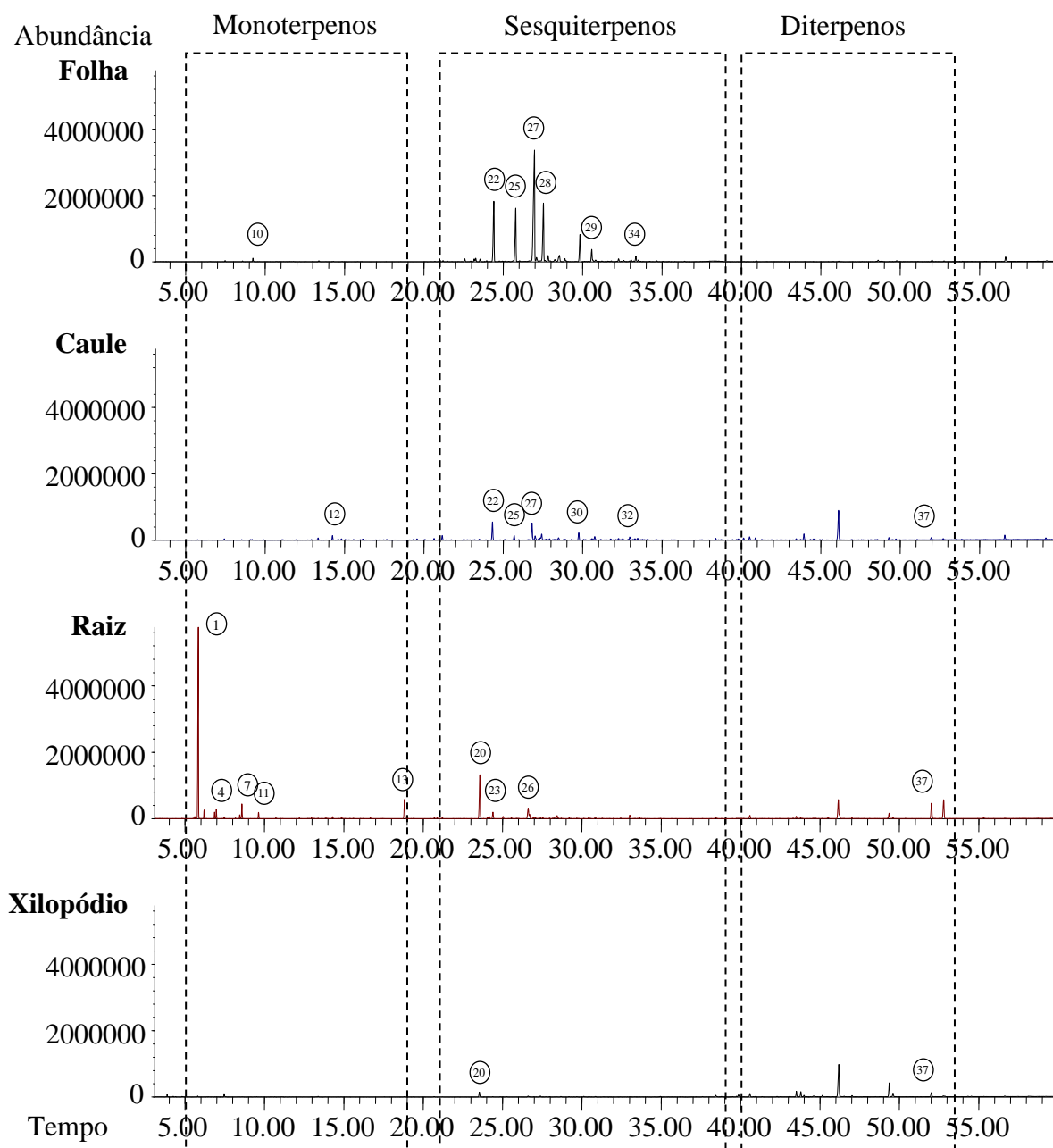


Figura 11 – Cromatogramas de *Aldama kunthiana* dos diferentes órgãos vegetativos. Números dos picos correspondem aos números da tabela 4, para os compostos identificados. Tempo de retenção em minutos

Tabela 4 - Composição química e área relativa (%) dos compostos dos OE's dos diferentes órgãos vegetativos de *Aldama tenuifolia* e *A. kunthiana*. Os compostos em negrito correspondem àqueles exclusivos de cada espécie encontrados em mais de um órgão. t_R = tempo de retenção, MM = massa molecular, IA_{cal} = índice aritmético calculado, IA_{lit} = índice aritmético da literatura, ni = não identificado, nc = não calculado, (-) = ausente

(continua)

Nº do Pico	Compostos	t_R (min)	MM (mg.mol ⁻¹)	IA_{cal}	IA_{lit}	<i>Aldama tenuifolia</i>				<i>Aldama kunthiana</i>			
						Folha	Caule	Xilopódio	Raiz	Folha	Caule	Xilopódio	Raiz
1	α -pineno	5,69	136	934	932	-	7,68	-	15,58	-	-	-	46,22
2	canfeno	6,08	136	945	946	-	1,39	-	-	-	-	-	1,48
3	sabineno	6,85	136	973	969	-	1,21	-	1,17	-	-	-	1,18
4	β -pineno	6,86	136	977	974	-	3,98	-	23,72	-	-	-	1,73
5	β -mirceno	7,33	136	990	988	-	12,09	-	-	-	-	-	-
6	δ -3-careno	7,98	136	1010	1008	-	-	-	7,02	-	-	-	-
7	limoneno	8,45	136	1028	1024	-	-	-	2,23	-	-	-	3,15
8	β-felandreno	8,60	136	1028	1025	1,01	16,45	-	-	-	-	-	-
9	β -cis-ocimeno	8,87	136	1036	1032	-	1,44	-	-	-	-	-	-
10	β -trans-ocimeno	9,23	136	1046	1044	1,71	5,94	-	-	-	-	-	-
11	γ -terpineno	9,63	136	1058	1054	-	-	-	-	-	-	-	1,39
12	4-terpineol	14,28	154	1178	1174	-	3,34	-	-	-	2,33	-	-
13	acetato de bornila	18,82	196	1286	1287	-	-	-	-	-	-	-	5,36
Monoterpenos						2,72	53,52	-	49,72	0,55	2,23	-	60,51
14	δ -elemeno	20,98	204	1338	1335	-	-	-	-	0,60	-	-	-
15	α -copaeno	22,58	204	1376	1374	-	-	-	-	0,66	-	-	-
16	β-patchouleno	22,74	204	1380	1379	-	-	1,64	2,29	-	-	-	-
17	α-isocomeno	23,05	204	1387	1387	1,35	-	4,57	6,17	-	-	-	-
18	β -cubebeno	23,18	204	1390	1387	-	-	-	-	0,60	-	-	-
19	β -elemeno	23,27	204	1392	1389	3,57	-	-	-	0,73	-	-	-
20	cipereno	23,54	204	1399	1398	-	-	-	-	0,56	-	5,05	13,74
21	longifoleno-(V4)	23,82	204	1406	1407	-	-	1,57	2,33	-	-	-	-

Tabela 4 - Composição química e área relativa (%) dos compostos dos OE's dos diferentes órgãos vegetativos de *Aldama tenuifolia* e *A. kunthiana*. Os compostos em negrito correspondem àqueles exclusivos de cada espécie encontrados em mais de um órgão. t_r = tempo de retenção, MM = massa molecular, IA_{cal} = índice aritmético calculado, IA_{lit} = índice aritmético da literatura, ni = não identificado, nc = não calculado, (-) = ausente. (conclusão)

Nº do Pico	Compostos	t_r (min)	MM (mg.mol ⁻¹)	IA_{cal}	IA_{lit}	<i>Aldama tenuifolia</i>				<i>Aldama kunthiana</i>			
						Folha	Caulo	Xilopódio	Raiz	Folha	Caulo	Xilopódio	Raiz
22	t-cariofileno	24,36	204	1419	1417	8,27	1,39	-	-	14,94	10,93	-	-
23	β -cedreno	24,39	204	1420	1419	-	-	-	-	-	-	-	1,93
24	guaiadino <6,9>	25,33	204	1443	1442	1,47	-	-	-	-	-	-	-
25	α -humuleno	25,73	204	1453	1452	4,85	-	-	-	12,86	2,70	-	-
26	β -chamigreno	26,62	204	1475	1476	-	-	-	-	-	-	-	2,73
27	germacreno D	26,86	204	1481	1484	34,65	5,59	-	5,20	36,85	10,68	-	-
28	biciclogermagreno	27,47	204	1496	1500	6,08	4,80	-	-	14,66	3,74	-	-
29	germacreno D-4-ol	30,58	222	1577	1574	1,60	-	-	-	2,88	-	-	-
30	óxido de cariofileno	30,81	220	1618	1582	-	-	-	-	-	2,74	-	-
31	viridiflorol	31,21	204	1593	1592	-	-	2,47	-	-	-	-	-
32	cadinol <epi- α >	33,01	222	1641	1640	-	-	-	-	-	2,45	-	-
33	α -murulol	33,06	222	1642	1644	1,39	-	-	-	-	-	-	-
34	α -eudesmol	33,35	222	1650	1652	-	-	-	-	1,19	-	-	-
35	α -cadinol	33,52	222	1655	1652	1,26	-	-	-	-	1,17	-	-
Sesquiterpenos						64,49	11,78	10,25	15,99	86,53	34,41	5,05	18,40
36	atisereno	51,48	272	nc	-	-	-	1,12	1,86	-	-	-	-
37	kauran-16-ol	52,02	290	nc	-	-	-	1,68	3,38	-	1,58	5,08	5,39
Diterpenos						-	-	2,80	5,24	-	1,58	5,08	5,39
Compostos Identificados						67,21	65,30	13,05	70,95	87,08	38,22	10,13	84,30
Sesquiterpenos não Identificados						4,28	6,45	6,24	2,05	8,37	9,80	1,96	-
Diterpenos não Identificados						8,95	2,22	67,41	26,92	-	22,53	67,43	15,70

Nas duas espécies, a composição química dos OE's é formada por monoterpenos, sesquiterpenos e diterpenos. Em *A. tenuifolia* os monoterpenos compõem a maior fração dos óleos essenciais dos caules aéreos e nas raízes, são encontrados nas folhas em menor proporção e ausentes nos xilopódios. Os sesquiterpenos estão presentes em todos os órgãos, com maior porcentagem relativa nas folhas. Já os diterpenos são encontrados nos órgão subterrâneos, porém apenas dois compostos foram identificados.

Nos OE's dos órgãos aéreos de *A. kunthiana* foram encontrados mono e sesquiterpenos, estes últimos em maior concentração. No sistema subterrâneo observa-se a presença de monoterpenos somente nas raízes, e sesqui e diterpenos em ambos os órgãos.

2.4 Discussão

A anatomia foliar das espécies da família Asteraceae é utilizada por alguns autores na caracterização de tribos e alguns gêneros (CARLQUIST; 1959a, 1959b; FELIPE; ALENCASTRO, 1966; ANDERSON; CREECH, 1975; BREITWIESER, 1993). O contorno das paredes das células epidérmicas em vista frontal, que são retas em *A. tenuifolia* e sinuosas em *A. kunthiana*, está entre as características que podem auxiliar na distinção de espécies brasileiras do gênero *Aldama* (BOMBO et al., 2012; OLIVEIRA; BOMBO; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, 2013). A sinuosidade das paredes epidérmicas está ligada à função mecânica que aumenta a rigidez das células devido à escassez de água (HABERLANDT, 1928), e ao grau de luminosidade ao qual a folha está submetida (PYYKKÖ, 1966).

Em *Aldama tenuifolia* e em *A. kunthiana* foi observada a presença de hidatódios no bordo foliar com características estruturais semelhantes àquelas descritas em outras espécies deste gênero (BOMBO et al., 2012; OLIVEIRA; BOMBO; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, 2013) e em outras Asteraceae (LERSTEN; CURTIS, 1985), ou seja, presença de poros d'água semelhantes a estômatos, epitema delimitado por bainha incompleta e traqueídes.

A ocorrência e a distribuição dos canais secretores na nervura central que variaram nas espécies estudadas também foram utilizadas como característica distintiva para outras espécies de *Aldama* (BOMBO et al., 2012; OLIVEIRA; BOMBO; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, 2013). A presença de canal secretor no floema primário do feixe maior na nervura central verificada apenas em *A. kunthiana* também foi relatado por Oliveira, Bombo e Appezzato-da-Glória (2013) para *Aldama arenaria* e *A. robusta*, e por Bombo et al. (2012) para *Aldama trichophylla*.

No caule em estrutura secundária das duas espécies a epiderme é persistente, assim como em algumas espécies da família Asteraceae (METCALFE; CHALK, 1950; LUQUE; MENEZES, 2003; BUDEL; DUARTE; SANTOS, 2003a, 2003b; BUDEL et al., 2004). O córtex é delimitado internamente pela endoderme com estrias de Caspary, além da presença de grãos de amido. A endoderme mostrando-se suberizada ou como bainha amilífera é característica das Asteraceae (METCALFE; CHALK, 1950). No cilindro vascular há canais secretores no floema primário e secundário apenas em *A. kunthiana*. Oliveira, Bombo e Appezzato-da-Glória (2013) observaram a presença de canais secretores no floema primário de *Aldama arenaria* e *A. robusta* e, na estrutura secundária, apenas de *A. arenaria*. Em *Aldama filifolia* e *A. trichophylla*, Bombo et al. (2012) encontrou essas estruturas apenas no floema primário e para *A. linearifolia* apenas no floema secundário.

O sistema subterrâneo formado pelo xilopódio associado à raízes adventícias tuberosas, como o verificado nas duas espécies estudadas, vem sendo descrito para outras Asteraceae ocorrentes no bioma Cerrado (APPEZZATO-DA-GLÓRIA et al., 2008a), sendo que a capacidade gemífera é uma das suas principais características (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CURY, 2011). Segundo Rachid-Edwards (1956), a formação de gemas nos vários tipos de sistemas subterrâneos, no Cerrado e em campos rupestres, está relacionada à estratégia adaptativa das plantas à ação dos fogos periódicos e aos períodos de seca como observado nas áreas de coleta de *A. tenuifolia* e *A. kunthiana*.

O revestimento dos órgãos subterrâneos se assemelha ao súber estratificado já descrito em *Viguiera linearifolia* (= *Aldama linearifolia*), *V. trichophylla* (= *Aldama trichophylla*), *V. filifolia* (= *Aldama filifolia*) (BOMBO, 2012) e em *Aldama arenaria* e *A. robusta* (OLIVEIRA; BOMBO; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, 2013).

As raízes adventícias são formadas por porções tuberizadas e não tuberizadas, característica do gênero no Brasil (MAGENTA, 2006). A associação micorrízica verificada na estrutura primária das duas espécies também foi observada por Bombo (2012) nas raízes de menor diâmetro de *Viguiera filifolia* (= *Aldama filifolia*). Estudos com fungos endofíticos encontrados em *Viguiera arenaria* (= *Aldama arenaria*) mostraram que estes apresentam atividade antimicrobiana e antitumoral (GUIMARÃES et al., 2008).

Tanto na região de estrutura secundária não tuberizada quanto na tuberizada, observou-se a presença de canais secretores no floema secundário *Aldama tenuifolia*, estando presente em *A. kunthiana* apenas na estrutura tuberizada. Canais secretores no floema também foram encontrados nas raízes com estrutura secundária de *A. arenaria* e *A. robusta* (OLIVEIRA; BOMBO; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, 2013).

O processo de tuberização verificado nas raízes adventícias das duas espécies se deve principalmente a proliferação das células do parênquima medular como já verificado em outras espécies de *Aldama* (BOMBO, 2012; OLIVEIRA; BOMBO; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, 2013). Porém, em *A. tenuifolia* foi verificada a contribuição expressiva do câmbio vascular no processo de tuberização da raiz a qual ainda não havia sido relatada para o gênero, sendo que, em outras espécies de Asteraceae, a tuberização pode resultar da proliferação do periciclo (VILHALVA; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, 2006b; HAYASHI; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, 2007), de divisões das células do córtex interno (MACHADO et al., 2004).

Apenas nas raízes tuberosas foi observado grande acúmulo de frutanos, que é considerado um composto de reserva (TERTULIANO; FIGUEIREDO-RIBEIRO, 1993), característico de espécies de Asteraceae (SOLEREDER, 1908) e já relatado para outras espécies do gênero *Viguiera* Kunth (= *Aldama* La Llave) (ISEJIMA; FIGUEIREDO-RIBEIRO; ZAIDAN, 1991; TERTULIANO; FIGUEIREDO-RIBEIRO, 1993; ITAYA; FIGUEIREDO-RIBEIRO; BUCKERIDGE, 1999; VAN DEN ENDE et al., 2005).

A ocorrência dos canais secretores variou nas folhas e caules das espécies estudadas o que confirma a observação de CASTRO; LEITÃO-FILHO; MONTEIRO (1997) de que as estruturas secretoras em Asteraceae podem auxiliar no reconhecimento de espécies consideradas semelhantes. Os órgãos subterrâneos analisados apresentaram espaços internos secretores de substâncias lipofílicas similares aos descritos em outras Asteraceae (APPEZZATO-DA-GLÓRIA et al., 2008b; CURY; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, 2009).

Os OE's dos diferentes órgãos de *Aldama tenuifolia* e *A. kunthiana* apresentaram baixo rendimento para os órgãos aéreos em relação aos subterrâneos como já verificado por Oliveira (2011) em *Viguiera arenaria* (= *Aldama arenaria*) e *V. robusta* (= *A. robusta*). Sabe-se que o rendimento dos OE's pode ser afetado por fatores ambientais como solo, temperatura, umidade relativa, duração total de exposição ao sol e regime de ventos (ANDRADE, 2000), assim como a época de colheita, método e tempo de destilação, além da diversidade genética da espécie (SILVA et al., 2006) e da presença ou frequência de estruturas secretoras (FAHN, 1979).

Os diferentes órgãos de uma mesma planta podem apresentar OE's com composição química, caracteres físico-químicos e odores bem distintos (PRICE; PRICE, 1999; SIMÕES; SPITZER, 2000). De fato, nos órgãos aéreos de ambas as espécies a composição química dos OE's é constituída principalmente por mono (C10) e sesquiterpenos (C15), tendo o caule de *A. kunthiana* uma pequena porcentagem de diterpenos (C20). Por outro lado, os diterpenos, cujas massas moleculares são maiores que os mono e

sesquiterpenos, foram observados principalmente nos órgãos subterrâneos de ambas as espécies. Porém, a maioria dos diterpenos não foi identificada devido ao fato de não existir bibliotecas com espectros de massas para esses compostos. Tal fato talvez possa explicar o motivo pelo qual em trabalhos realizados com óleos essenciais na família Asteraceae (AGOSTINI et al., 2005; CANALES et al., 2008; OLIVEIRA, 2011; BOMBO et al., 2012; BOULANOUAR et al., 2013), geralmente apenas a presença de monoterpenos e sesquiterpenos é apresentada, não havendo relatos sobre a ocorrência de diterpenos.

Nos OE's das folhas de *A. tenuifolia* e *A. kunthiana* foram observadas baixas porcentagens de monoterpenos. Entre os sesquiterpenos observou-se grande semelhança entre os compostos majoritários para as duas espécies destacando para *A. tenuifolia* o germacreno-D (34,65%), t-cariofileno (8,27%), biciclogermacreno (6,08%) e o α -humuleno (4,85%) e para *A. kunthiana* o germacreno-D (36,85%), t-cariofileno (14,94%), biciclogermacreno (14,66%) e o α -humuleno (12,86%). Oliveira (2011) observou a presença do germacreno-D (11,98%) como composto majoritário para o OE das folhas de *Viguiera robusta* (= *Aldama robusta*), enquanto Bombo et al. (2012) encontraram os monoterpenos mirceno (86%) para *Aldama filifolia* e o α -pineno para *A. linearifolia* (26,2%) e *A. trichophylla* (39,97%).

Para os OE's dos caules foram observadas diferenças entre as duas espécies, sendo que o OE da *A. tenuifolia* apresenta maiores porcentagens de monoterpenos (53,52%) e em *A. kunthiana* são os sesquiterpenos (34,41%). Dentre os principais monoterpenos de *A. tenuifolia* estão o β -felandreno (16,45%), β -mirceno (12,09%), α -pineno (7,68%) e o β -t-ocimeno (5,94%). Já para *A. kunthiana*, os sesquiterpenos majoritários foram o t-cariofileno (10,93%) e o germacreno-D (10,68%). Estes resultados diferem dos encontrados por Oliveira (2011) em que o limoneno foi o composto encontrado em maior porcentagem para *Viguiera robusta* (15,84%) e para *V. arenaria* (15,30%). Bombo et al. (2012) também relataram a presença de diferentes compostos majoritários nos OE's dos caules de *Aldama filifolia* (mirceno – 73,1%), *A. linearifolia* (α -pineno – 38,5%) e *A. trichophylla* (biciclogermacreno – 30,14%).

Já para os órgãos subterrâneos, os monoterpenos estão presentes apenas nas raízes de ambas as espécies, com destaque em *Aldama tenuifolia* para β -pineno (23,72%), α -pineno (15,58%) e δ -3-careno (7,02%), e para *A. kunthiana* apenas o α -pineno (46,22%) e o acetato de bornila (5,36%). Com relação aos sesquiterpenos, em *A. tenuifolia* o composto em destaque foi o α -isocomeno tanto para xilopódio (4,57%) quanto para a raiz (6,17%), e em *A. kunthiana* o cipereno também para o xilopódio (5,05%) e a raiz (13,74%). Oliveira (2011) observou no sistema subterrâneo a presença do cipereno, com maiores porcentagens nas raízes

de *Viguiera robusta* (11,66%) e *V. arenaria* (9,50%). Bombo (2012) também encontrou esse composto no OE das raízes de *Viguiera filifolia*, porém em baixa porcentagem (5,17%). Dada a dificuldade na identificação dos diterpenos devido às limitações técnicas, foi possível identificar apenas o diterpeno Kauran-16-ol, para ambas as espécies estando presente em maior porcentagem no xilopódio (5,08%) e na raiz (5,39%) de *A. kunthiana* e o atisereno no xilopódio (1,12%) e na raiz (1,86%) apenas de *A. tenuifolia*.

Os estudos quimiotaxonômicos consistem na investigação dos compostos químicos que ocorrem nas plantas, tendo como objetivo evidenciar ou não a relação entre elas, levando em consideração os compostos predominantes da espécie (HASLAM, 1966; ALMEIDA; FIGUEIREDO-RIBEIRO, 1986; COSTA, 2008). Assim, o estudo da composição química dos OE's de *A. tenuifolia* e *A. kunthiana*, que são consideradas morfológicamente idênticas, poderiam auxiliar na diferenciação dessas espécies. Porém, observou-se que os compostos majoritários identificados nos OE's das folhas, xilopódios e raízes são os mesmos, com diferenças apenas nas porcentagens relativas encontradas.

Alguns dos compostos encontrados nos OE's foram observados exclusivamente para uma das espécies e em alguns órgãos. Em *A. tenuifolia* o β -felandreno foi encontrado apenas na folha (1,01%) e no caule aéreo (16,45%), o β -patchouleno no xilopódio (1,64%) e na raiz (2,29%), e o α -isocomeno na folha (1,35%), no xilopódio (4,57%) e na raiz (6,17%) e o longifoleno-(V4) no xilopódio (1,57%) e na raiz (2,33%). Em *A. kunthiana* o cipereno está presente na folha (0,56%), no xilopódio (5,05%) e na raiz (13,74%) e é o único composto presente com exclusividade para a espécie. Alguns destes compostos possuem atividades farmacológicas já descritas para a família, como o β -felandreno e o cipereno com atividade antibacteriana (BALDOVINO et al., 2009), e α -isocomeno com atividade antimicrobiana (CAMPOS et al., 2011). Entres estes compostos, apenas o cipereno é relatado em outras espécies do gênero *Aldama*, encontrado nos órgãos subterrâneos (BOMBO 2012; OLIVEIRA, 2011).

Entre os compostos encontrados nos OE's de *Aldama tenuifolia* e *A. kunthiana*, alguns deles, como o α e β -pineno, limoneno, acetato de bornila, germacreno D e biciclogermacreno já foram relatados para outras espécies da família Asteraceae por apresentarem potencial atividade antimicrobiana (CONSTANTIN et al., 2001; CYSNE et al., 2005; CANALES et al., 2005; 2008; LEITE et al., 2007; SILVA et al., 2007), assim como em outras famílias como β -mirceno com atividade analgésica (LORENZETTI et al., 1991), o α -humuleno e o t-cariofileno com atividade antiinflamatória (FERNANDES et al., 2007;

PASSOS et al., 2007), entre outras, sugerindo que os OE's das espécies estudadas poderão apresentar potencial atividade biológica.

|

3 CONCLUSÕES

As análises realizadas neste estudo permitiram verificar que há diferenças anatômicas e na composição química dos OE's que permitem separar as espécies *Aldama tenuifolia* e *A. kunthiana*

A principal característica estrutural distintiva foi a ocorrência e a localização dos canais secretores nos diferentes órgãos, enquanto os compostos β -felandreno, β -patchouleno, α -isocomeno, longifoleno-(V4) foram considerados exclusivos para *Aldama tenuifolia* e o cipereno para *A. kunthiana*.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R.P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry**. Illinois: Allured Publishing Corporation. 2007. 804 p.
- AGOSTINI, F.; SANTOS, A.C.A.; ROSSATO, M.; PANSERA, M.R.; ZATTERA, F.; WASUM, R.; SERFINI, L.A. Estudo do óleo essencial de algumas espécies do gênero *Baccharis* (Asteraceae) do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 15, n. 3, p. 215-220, 2005.
- ALMEIDA, A.M.; FONSECA, C.R.; PRADO, P.I.; NETO, M.A.; DINIZ, S.; KUBOTA, U.; BRAUN, M.R.; RAIMUNDO, R.L.G.; ANJOS, L.A.; MENDONÇA, T.G.; FUTADA, S.M.; LEWINSOHN, T. Diversidade e ocorrência de Asteraceae em cerrados de São Paulo. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 5, p. 1-17, 2005.
- ALMEIDA, V.P.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R.C.L. Análise enzimática e quimiotaxonomia de duas variedades de *Ocimum nucicaule* Benth. (Labiatae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 75, 1986.
- AMBROSIO, S.R.; SCHOOR, K.; COSTA, F.B. da. Terpenoids of *Viguiera arenaria* (Asteraceae). **Biochemical Systematics and Ecology**, Elmsford, v. 32, p. 221-224, 2004.
- ANDERSON, L.C.; CREECH, J.B. Comparative leaf anatomy of *Solidago* and related Asteraceae. **American Journal of Botany**, Saint-Louis, v. 62, n. 5, p. 486-93, 1975.
- ANDRADE, A.M. Influência de alguns fatores não genéticos sobre o teor de óleo essencial em folhas de *Eucalyptus citriodora* Hook. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 182-183, 2000.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CURY, G. Morpho-anatomical features of underground systems in six Asteraceae species from the Brazilian Cerrado. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 83, p. 981-991, 2011.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CURY, G.; SOARES, M.K.M.; ROCHA, R.; HAYASHI, A.H. Underground systems of Asteraceae species from the Brazilian Cerrado. **Journal of the Torrey Society**, London, v. 135, p. 103-113, 2008a.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; HAYASHI, A.H.; CURY, G.; SOARES, M.K.M.; ROCHA, R. Occurrence of secretory structures in underground systems of seven Asteraceae species. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 157, p. 789–796, 2008b.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; COSTA, F.B. da; SILVA, V.C.; GOBBO-NETO, L.; REHDER, V.L.G.; HAYASHI, A.H. Glandular trichomes on aerial and underground organs in *Chrysolea* species (Vernonieae – Asteraceae): structure, ultrastructure and chemical composition. **Flora**, Jena, v. 207, n. 12, p. 878–887, 2012.
- ARIAS, R.L. **Estudo morfoanatômico em espécies de *Lynchnophora* Mart. (Asteraceae) dos campos rupestres do Brasil**. 1995. 89 p. Tese (Doutorado em Botânica) – Instituto de Botânica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

BALDOVINO, S.; ROJAS, J.; ROJAS, LB.; LUCENA, M.; BUITRAGO, A.; MORALES, A. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Monticalia andicola* (Asteraceae) collected in Venezuela. **Natural Product Communications**, Westerville, v. 4, n. 11, p. 1601-1604, 2009.

BARBOSA, H.N.; MONGE, M.; MOURA, T.M.; IGLESIAS, J.O.V.; PARREIRA, I.A.R.; SOUZA, V.C. Asteraceae Bercht. & J. Presl no Parque Estadual Serra de Caldas Novas, Goiás, Brasil. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., 2008, Anápolis. **Anais...** Anápolis: Universidade Estadual de Goiás, 2008. p. 1-7.

BARROSO, G.M. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1991. v. 3, 326 p.

BATALHA, M.A.; MANTOVANI, W. Floristic composition of the cerrado in the Pé-de-Gigante reserve (Santa Rita do Passa Quatro, Southeastern Brazil). **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 15, p. 289-302, 2001.

BLAKE, S.F. A revision of the genus *Viguiera*. **Contributions of the Gray Herbarium of Harvard University**, Cambridge, v. 54, p. 1–205, 1918.

BOMBO, A.B. **Anatomia, análise do óleo essencial e germinação de sementes de três espécies de *Viguiera Kunth* (Heliantheae – Asteraceae)**. 2012. 87 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

BOMBO, A.B.; OLIVEIRA, T.S.; OLIVEIRA, A.S.S.; REHDER, V.L.G.; MAGENTA, M.A.G.; APPEZZATO-DA-GLORIA, B. Anatomy and essential oils from aerial organs in three species of *Aldama* (Asteraceae - Heliantheae) that have a difficult delimitation. **Australian Journal of Botany**, Collingwood, v. 60, p. 632-642, 2012.

BORSATO, A.V.; DONI-FILHO, L.; CÔCCO, L.C.; PAGLIA, E.C. Rendimento e composição química do óleo essencial da camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] submetida à secagem à 70° C. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 4, p. 635-644, 2007.

BOULANOUAR, B.; ABDELAZIZ, G.; AAZZA, S.; GAGO, C.; MIGUEL, M.G. Antioxidant activities of eight Algerian plant extracts and two essential oils. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 46, p. 85–96, 2013.

BREITWIESER, I. Comparative leaf anatomy of New Zealand and Tasmanian Inuleae (Compositae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 111, p. 183-209, 1993.

BREMER, K. **Asteraceae: cladistics & classification**. Portland: Timber Press, 1994. 752 p.

_____. Major clades and grades of the Asteraceae. In: INTERNATIONAL ASTERACEAE CONFERENCE, 1., 1996, London. **Asteraceae: systematics; proceedings...** London: Kew Royal Botanic Gardens, 1996. p. 1-7

BUDEL, J.M.; FARAGO, P.V. Morfoanatomia foliar e caulinar de *Baccharis dracunculifolia* DC., Asteraceae. **Acta Farmaceutica Bonaerense**, Buenos Aires, v. 23, p. 477-483, 2004.

BUDEL, J.M.; DUARTE, M.R.; SANTOS, C.A.M. Caracteres morfo-anatômicos de *Baccharis gaudichaudiana* DC., Asteraceae. **Acta Farmaceutica Bonaerense**, Buenos Aires, v. 22, n. 4, p. 313-320, 2003a.

_____. Stem morpho-anatomy of *Baccharis cylindrica* (Less.) DC., Asteraceae. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 40, p. 93-99, 2003b.

BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 145 p.

CAMPOS, B.M.G.; CIRIO, A.T.; GALINDO, V.M.R.; ARANDA, R.S.; TORRES, N.W.; PÉREZ-LÓPEZ, L.A. Activity against *Streptococcus pneumoniae* of the essential oil and 5-(3-buten-1-ynyl)-2,2',bithienyl isolated from *Chrysactinia mexicana* roots. **Natural Product Communications**, Westerville, v. 6, n. 7, p. 1035-1043, 2011.

CANALES, M.; HERNANDEZ, T.; CABALLERO, J.; ROMO DE VIVAR, A.; AVILA, G.; DURAN, A.; LIRA, R. Informant consensus factor and antibacterial activity of the medicinal plants used by the people of San Rafael Coxcatlan, Puebla, Mexico. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 97, p. 429-439, 2005.

CANALES, M.; RODRÍGUEZ-MONROY, M.A.; JIMÉNEZ-ESTRADA, M.; FLORES, C.M.; HERNÁNDEZ, L.B.; GIJÓN, I.C.; QUIROZ, S.; GARCÍA, A.M.; ÁVILA, G. Antimicrobial activity of the extracts and essential oil of *Viguiera dentata*. **Pharmaceutical Biology**, Lisse, v. 46, p. 719-723, 2008.

CARLQUIST, S. Anatomy and systematic position of *Centaurodendron* and *Yunquea* (Compositae). **Brittonia**, New York, v. 10, n. 2, p. 78-93, 1958.

_____. Glandular structure of *Holocarpa* and their ontogeny. **American Journal of Botany**, Saint-Louis, v. 46, p. 300-308, 1959a.

_____. The leaf of *Calycadenia* and its glandular appendages. **American Journal of Botany**, Saint-Louis, v. 46, p. 70-80, 1959b.

CASTRO, D.P.; CARDOSO, M.G.; MORAES, J.C.; SANTOS, N.M.; BALIZA, D.P. Não-preferência de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) por óleos essenciais de *Achillea millefolium* L. e *Thymus vulgaris* L. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n. 4, p. 27-32, 2006.

CASTRO, M.M.; LEITÃO-FILHO, H.F.; MONTEIRO, W.R. Utilização de estruturas secretoras na identificação dos gêneros de Asteraceae de uma vegetação de Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 20, p. 163-174, 1997.

CICCARELLI, D.; GARBARI, F.; PAGNI, A.M. Glandular hairs of the ovary: a helpful character for Asteroideae (Asteraceae) taxonomy? **Annales Botanici Fennici**, Helsinki, v. 44, p. 1-7, 2007.

CONSTANTIN, M.B.; SARTORELLI, P.; LIMBERGER, R.; HENRIQUES, A.T.; STEPPE, M.; FERREIRA, M.J.P.; OHARA, M.T.; EMERENCIANO, V.P.; KATO, M.J. Essential oils from *Piper cernuum* and *Piper regnellii*: antimicrobial activities and analysis by CG/MS and C-NMR. **Planta Medica**, Stuttgart, v. 63, p. 771-773, 2001.

- CORRÊA, R.M.; BERTOLUCCI, S.K.V.; PINTO, J.E.B.P.; REIS, E.S.; ALVES, T.L. Rendimento de óleo essencial e caracterização organoléptica de folhas de assa-peixe submetidas a diferentes métodos de secagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 339-344, 2004.
- COSTA, F.B. da. **Asteraceae**: química e potencial farmacológico. 2008. 237 p. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.
- COSTA, F.B. da; VICHNEWSKI, W.; HERZI, W. Constituents of *Viguiera aspillioides* and *V. robusta*. **Biochemical Systematics and Ecology**, Elmsford, v. 24, n. 6, p. 585-587, 1996.
- COSTA, F.B. da; ITO, Y.I.; ANDRE, R.F.G.; VICHNEWSKI, W.; HERZ, W. Constituents of *Viguiera* species with antibacterial activity. **Fitoterapia**, Milano, v. 69, p. 86-87, 1998.
- COSTA, F.B. da; SHORR, K.; ARAKAWA, N.S.; SHILLING, E.E.; SPRING, O. Intraspecific variation in the chemistry of glandular trichomes of two Brazilian *Viguiera* species (Heliantheae; Asteraceae). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 403-407, 2001.
- CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press, 1981. 1262 p.
- CURY, G.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. Internal secretory spaces in thickened underground systems of Asteraceae species. **Australian Journal of Botany**, Collingwood, v. 57, p. 229-239, 2009.
- CYSNE, J.B.; CANUTO, K.M.; PESSOA, O.D.L.; NUNES, E.P.; SILVEIRA, E.R. Leaf essential oils of four *Piper* species from the State of Ceará - Northeast of Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 16, n. 6B, p. 1378-1381, 2005.
- DAVID, R.; CARDE, J.P. Coloration différentielle des inclusions lipidique et terpeniques des pseudophylles du Pin maritime au moyen du reactif Nadi. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, Série D, Paris, v. 258, p. 1338-1340, 1964.
- DOP, P.; GAUTIÉ, A. **Manuel de technique botanique**. Paris: Lamarre, 1928. 594 p.
- FAHN, A. **Secretory tissues in plants**. London: Academic Press, 1979. 302 p.
- FELIPPE, G.M.; ALENCASTRO, F.M.M.R. Contribuição ao estudo da nervação foliar das Compositae dos Cerrados: I - Tribos Helenieae, Heliantheae, Inuleae, Mutisieae e Senecioneae. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 38, p. 125-156, 1966.
- FERNANDES, E.S.; PASSOS, G.F.; MEDEIROS, R.; CUNHA, F.M.; FERREIRA, J.; CAMPOS, M.M.; PIANOWSKI, L.F.; CALIXTO, J.B. Anti-inflammatory effects of compounds alpha-humulene and (-)-trans-caryophyllene isolated from the essential oil of *Cordia verbenacea*. **European Journal of Pharmacology**, Amsterdam, v. 569, n. 3, p. 228-236, 2007.

FERRONATTO, R.; MARCHESAN, E.D.; PEZENTI, E.; BEDNARSKI, F.; ONOFRE, S.B. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais produzidos por *Baccharis dracunculifolia* D.C. e *Baccharis uncinella* D.C. (Asteraceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 17, n. 2, p. 224-230, 2007.

FONSECA, M.C.M.; MEIRA, R.M.S.A.; CASALI, V.W.D. Anatomia dos órgãos vegetativos e histolocalização de compostos fenólicos e lipídicos em *Porophyllum ruderale* (Asteraceae). **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 24, p. 707-713, 2006.

GREGIO, S.J.D.; MOSCHETA, I.S. Anatomia de raiz, caule e folha e identificação de estruturas secretoras de *Achillea millefolium* L. (Asteraceae). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 28, p. 327-334, 2006.

GUIMARÃES, D.O.; BORGES, W.S.; KAWANO, C.Y.; RIBEIRO, P.H.; GOLDMAN, G.H.; NOMIZO, A.; THIEMANN, O.H.; OLIVA, G.; LOPES, N.P.; PUPO, M.T. Biological activities from extracts of endophytic fungi isolated from *Viguiera arenaria* and *Tithonia diversifolia*. **FEMS Immunology and Medical Microbiology**, Amsterdam, v. 52, p. 134-144, 2008.

HABERLANDT, G. **Physiological plant anatomy**. London: Macmillan, 1928. 777 p.

HASLAM, E. **Chemistry of vegetable tannins**. London: Academic Press. 1966. 170p.

HAYASHI, A.H.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. The origin and anatomy of rhizophores in *Vernonia herbacea* and *V. platensis* (Asteraceae) from the Brazilian Cerrado. **Australian Journal of Botany**, Collingwood, v. 53, p. 273-279, 2005.

_____. Anatomy of the underground system in *Vernonia grandiflora* Less. and *V. brevifolia* Less. (Asteraceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 50, n. 6, p. 979-988, 2007.

HORRIDGE, G.A.; TAMM, S.L. Critical point drying for scanning electron microscopy study of ciliary motion. **Science**, Washington, v. 163, p. 817-818, 1969.

ISEJIMA, E.M.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R.C.L. Dynamics of fructans in tuberous roots of *Viguiera discolor* Baker (Asteraceae) as influenced by phenology. **Plant Cell Physiology**, Tokyo, v. 34, p. 723-727, 1993.

ISEJIMA, E.M.; ZAIDAN, L.B.P. Fructan composition in adventitious tuberous roots of *Viguiera discolor* Baker (Asteraceae) as influenced by day length. **New Phytologist**, London, v. 119, p. 149-154, 1991.

ITAYA, N.M.; BUCKERIDGE, M.S.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R.C.L. Biosynthesis in vitro of high-molecular-mass fructan by cell-free extracts from tuberous roots of *Viguiera discolor* (Asteraceae). **New Phytologist**, London, v. 136, p. 53-60, 1997.

ITAYA, N.M.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R.C.L.; BUCKERIDGE, M.S. Synthesis of fructans by fructosyltransferase from the tuberous roots of *Viguiera discolor* (Asteraceae). **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 32, p. 435-442, 1999.

- JENSEN, W.A. **Botanical histochemistry**: principle and practice. San Francisco: W. H. Freeman, 1962. 408 p.
- JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw- Hill, 1940. 523 p.
- JUDD, W.S.; CAMPBELL, C.S.; KELLOGG, E.A.; STEVENS, P.F. **Plant systematic**: a phylogenetic approach. Sunderland: Sinauer Associates, 1999. 464 p.
- KARIS, P.O. The Heliantheae *sensu latu* (Asteraceae), clades and classification. **Plant Systematics and Evolution**, Vienna, v. 186, p. 139-195, 1993.
- KARIS, P.O.; RYDING, O. Tribe Heliantheae. In: BREMER, K. **Asteraceae**: cladistics and classification. Portland: Timber Press, 1994. p. 559-624
- KARNOVSKY, M.J. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology**, New York, v. 27, n. 1, p. 137-138, 1965.
- KRAUS, J.E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: Editora da Universidade Rural do Rio de Janeiro, 1997. 198 p.
- LEITE, A.M.; LIMA, E.O.; SOUZA, E.L.; DINIZ, M.F.F.M.; TRAJANO, V.N.; MEDEIROS, I.A. Inhibitory effect of β -pinene, α -pinene and eugenol on the growth of potential infectious endocarditis causing Gram-positive bacteria. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 43, n. 1, p. 121-126, 2007.
- LERSTEN, N.R.; CURTIS, J.D. Distribution and anatomy of hidathodes in Asteraceae. **Botanical Gazette**, Chicago, v. 146, n. 1, p. 106-114, 1985.
- LINDMAN, C.A.M. **A vegetação do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Livraria Universal, 1906. 356 p.
- LORENZETTI, B.B.; SOUZA, G.E.; SARTI, S.J.; SANTOS FILHO, D.; FERREIRA, S.H. Myrcene mimics the peripheral analgesic activity of lemongrass tea. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 34, p. 43-48, 1991.
- LUQUE, R.; MENEZES, N.L. Estructura primaria del tallo de *Lychnophora* Mart. (Vernonieae: Asteraceae). **Plantula**, Mérida, v. 3, p. 117-128, 2003.
- LUQUE, R.; MENEZES, N.L.; SEMIR, J. Anatomia foliar de *Lychnophora* Mart. (Vernonieae: Asteraceae). **Plantula**, Mérida, v. 2, n. 3, p. 141-152, 1999.
- MACHADO, S.R.; OLIVEIRA, D.M.T.; DIP, M.R.; MENEZES, N.L. Morfoanatomia do sistema subterrâneo de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson (Asteraceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, p. 115-123, 2004.
- MAGENTA, M.A.G. **Viguiera Kunth (Asteraceae, Heliantheae) na América do Sul e sistemática das espécies do Brasil**. 2006. 353 p. Tese (Doutorado em Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

MAIA, A.I.V.; TORRES, M.C.M.; PESSOA, O.D.L.; MENEZES, J.E.S.A.; COSTA, S. M.O.; NOGUEIRA, V.L.R.; MELO, V.M.M.; SOUZA, E.B.; CAVALCANTE, M.G.B.; ALBUQUERQUE, M.R.J.R. Óleos essenciais das folhas de *Vernonia remotiflora* e *Vernonia brasiliensis*: composição química e atividade biológica. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 584-586, 2010.

MARQUINA, S.; MALDONADO, N.; GARDUÑO-RAMÍREZ, M.L.; ARANDA, E.; VILLARREAL, M.L.; NAVARRO, V.; BYE, R.; DELGADO, G.; ALVAREZ, L. Bioactive oleanolic acid saponins and other constituents from the roots of *Viguiera decurrens*. **Phytochemistry**, Oxford, v. 56, p. 93-97, 2001.

METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons**: leaves, stem, and woods in relation to taxonomy with notes on economic uses Oxford: Clarendon Press. 1950. v. 2, 1500 p.

MONTEIRO, W.R.; CASTRO, M.M.; FAHN, A.; CALDEIRA, W. Observations on development of the foliar secretory cavities of *Porophyllum lanceolatum* (Asteraceae). **Nordic Journal of Botany**, Copenhagen, v. 15, n. 1, p. 69-76, 1995.

OLIVERIA, T.S. **Anatomia, germinação de sementes e análise do óleo essencial de *Viguiera arenaria* Baker e *Viguiera robusta* Gardner (Asteraceae – Heliantheae)**. 2011. 95 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

OLIVERIA, T.S.; BOMBO, A.B.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. Anatomy of vegetative organs with an emphasis on the secretory structures of two species of *Aldama* (Asteraceae – Heliantheae). **Botany**, Ottawa, v. 91, p. 335–342, 2013.

PASSOS, G.F.; FERNANDES, E.S.; CUNHA, F.M. da; FERREIRA, J.; PIANOWSKI, L.F.; CAMPOS, M.M.; CALIXTO, J.B. Anti-inflammatory and anti-allergic properties of the essential oil and active compounds from *Cordia verbenacea*. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 110, n. 2, p. 323–333, 2007.

POLI, F.; GIANNI, S.; BRUNI, A. Distribution of internal secretory structures in *Tagetes patula* (Asteraceae). **Nordic Journal of Botany**, Copenhagen, v. 15, p. 197-205, 1995.

PRICE, S.; PRICE, L. **Aromatherapy for health professionals**. 2nd ed. New York: Churchill Livingstone. 1999. 391 p.

PYYKKÖ, M. The leaf anatomy of East Patagonian xeromorphic plants. **Annales Botanici Fennici**, Helsinki, v. 3, p. 453-622, 1966.

RACHID-EDWARDS, M. Alguns dispositivos para proteção de plantas contra a seca e o fogo. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 209, p. 35-68, 1956. (Botânica, 13).

RATTER, J.A.; RIBEIRO, J.F.; BRIDGWATER, S. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, Oxford, v. 80, p. 223-230, 1997.

ROBINSON, H. A revision of the tribal and subtribal limits of the Heliantheae (Asteraceae). **Smithsonian Contributions to Botany**, Washington, v. 51, p. 1-102, 1981.

SAJO, M.G.; MENEZES, N.L. Anatomia do rizóforo de espécies de *Vernonia* Scrieb. (Compositae) da Serra do Cipó, MG. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 46, p. 189-196, 1986a.

_____. Origem e crescimento do rizóforo em espécies de *Vernonia* Scrieb. (Compositae), da Serra do Cipó, MG. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 46, p. 197-202, 1986b.

SAKAI, W.S. Simple method for differential staining of paraffin embedded plant material using toluidine blue. **Stain Technology**, Baltimore, v. 48, p. 247-248, 1973.

SCHILLING, E.E.; PANERO, J.L. Phylogenetic Reticulation in Subtribe Helianthinae. **American Journal of Botany**, New York, v. 83, n. 7, p. 939-948, 1996.

_____. A revised classification of subtribe Helianthinae (Asteraceae: Heliantheae). I. Basal lineages. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 40, p. 65-76, 2002.

_____. A revised classification of subtribe Helianthinae (Asteraceae: Heliantheae). II. Derived lineages. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 167, p. 311-331, 2011.

SCHORR, K.; GARCIA-PIÑERES, A.J.; SIEDLE, B.; MERFOT, I.; DA COSTA, F.B. Guaianolides from *Viguiera gardneri* inhibit the transcription factor NF-κB. **Phytochemistry**, Oxford, v. 60, p. 733-740, 2002.

SILVA, L.; ONIKI, G.H.; AGRIPINO, D.G.; MORENO, P.R.H.; YOUNG, M.C.M.; MAYWORM, M.A.S.; LADEIRA, A.M. Bicyclogermacreno, resveratrol e atividade antifúngica em extratos de folhas de *Cissus verticillata* (L.) Nicolson & Jarvis (Vitaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 17, n. 3, p. 361-367, 2007.

SILVA, N.A.; OLIVEIRA, F.F.; COSTA, L.C.B.; BIZZO, H.R.; OLIVEIRA, R.A. Caracterização química do óleo essencial da erva cidreira (*Lippia alba* (Mill. N.E.BR.)) cultivada em Ilhéus na Bahia. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n. 3, p. 52-55, 2006.

SIMÕES, C.M.O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade UFRGS; Florianópolis: Ed. UFSC. 2000. p. 387-416.

SOLEREDER, H. **Systematic anatomy of the dicotyledons: a handbook for laboratories of pure and applied botany**. Oxford: Clarendon Press, 1908. v. 1, 1182 p.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III**. 3. ed. Nova Odessa. Instituto Plantarum. 2012. 689 p.

SPRING, O.; REEB, S.; VOGLER, B.; COSTA, F.B. da. Sesquiterpene lactones and a myoinositol from the glandular trichomes of *Viguiera quinquereimis* (Heliantheae; Asteraceae). **Phytochemistry**, Oxford, v. 57, p. 267-272, 2001.

SPRING, O.; ZIPPER, R.; CONRAD VOGLER, B.; KLAIBER, I.; COSTA, F.B. da. Sesquiterpene lactones from glandular trichomes of *Viguiera radula* (Heliantheae; Asteraceae). **Phytochemistry**, Oxford, v. 62, p. 1185-1189, 2003.

STRASBURGER, E. **Handbook of practical botany**: for the botanical laboratory and private student. Tradução de W. Hillhouse. 7th ed. London: George Allen, 1913. 519 p.

TERTULIANO, M.F.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R.C.L. Distribution of fructose polymers in herbaceous species of Asteraceae from the Cerrado. **New Phytologist**, London, v. 123, p. 741-749, 1993.

VAN DEN ENDE, W.; LAERE, A.V.; ROY, K.; VERGAUWEN, R.; BOOGAERTS, D.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R.C.L.; CARVALHO, M.A.M. Molecular cloning and characterization of a high DP fructan: fructan 1-fructosyl transferase from *Viguiera discolor* (Asteraceae) and its heterologous expression in *Pichia pastoris*. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v. 125, n. 4, p. 419-429, 2005.

VILHALVA, D.A.A.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. Morfoanatomia da raiz tuberosa de *Vernonia oxylepis* Sch. Bip. in Mart ex Baker – Asteraceae. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 20, p. 591-598, 2006a.

_____. Morfo-anatomia do sistema subterrâneo de *Calea verticillata* (Klatt) Pruski e *Isostigma megapotamicum* (Spreng.) Sherff – Asteraceae. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 29, p. 39-47, 2006b.

WAGNER, H.; BLADT, S. **Plant drug analysis**: a thin layer chromatography atlas. 2nd ed. Berlin; New York; Heidelberg: Springer Verlag, 1996. 384 p.