



Universidade Federal de Goiás
Instituto de Química
Programa Multiinstitucional de Doutorado em Química
UFG/UFMS/UFU

Julierme Gonçalves da Silva

Análise Químico-Morfológica de *Hyptis* Jacq. e *Hypenia* (Mart. ex Benth.) R. Harley (Lamiaceae)

Goiânia

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE QUÍMICA

Análise Químico-Morfológica de *Hyptis* Jacq. e *Hypenia* (Mart. ex Benth.)
R. Harley (Lamiaceae)

Julierme Gonçalves da Silva

Tese apresentada ao Programa Multiinstitucional de
Doutorado em Química UFG/UFMS/UFU, Instituto de
Química (IQ), Universidade Federal de Goiás (UFG),
como requisito necessário à obtenção do título de
Doutor em Química, área de concentração: Química
do Cerrado e do Pantanal.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique Ferri

Goiânia
Goiás – Brasil
2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
GPT/BC/UFG/mr

S586a Silva, Julierme Gonçalves da.
Análise Químico-Morfológica de *Hyptis* Jacq. e *Hypenia*
(Mart. ex Benth.) R. Harley (Lamiaceae) [manuscrito] / Julierme
Gonçalves da Silva. - 2012.
90 f. : figs, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique Ferri.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás,
Instituto de Química, 2012.
Bibliografia.

1. *Hyptis* e *Hypenia* – Cerrado. 2. Cerrado –
Vegetação – Planta nativa. 3. Óleo essencial. I. Título.

CDU:582.929.4(213.54)

Aos meus pais, Antônio Miguel e Marlene, com
toda a minha gratidão.

AGRADECIMENTOS

“O discípulo não está acima do seu mestre; todo aquele, porém, que for bem instruído será como o seu mestre.” Lucas 6:40. Muito obrigado, Prof. Pedro Henrique Ferri. Tomarei-te eternamente como exemplo de profissionalismo e humanidade.

“Mulher virtuosa, quem a pode achar? Pois o seu valor muito excede ao de jóias preciosas. O coração do seu marido confia nela, e não lhe haverá falta de lucro. Ela lhe faz bem, e não mal, todos os dias da sua vida.” Provérbios 31:10-12. À minha amada esposa Carmem, pela compreensão, auxílio e dedicação.

“Filho meu, ouve a instrução de teu pai, e não deixes o ensino de tua mãe.” Provérbios 1:8. Aos meus pais, Antônio Miguel e Marlene, que me presentearam com a vida e me brindaram com todo o amor que um ser humano pode receber.

À minha querida irmã Juliana, pelo constante incentivo nos momentos de dificuldade e pela alegria de desfrutar de sua companhia.

Ao meu querido Tio Cristiano, pela inspiração, pelo incentivo e por compartilhar comigo os momentos mais importantes de minha formação.

Aos colegas Deomar, Alessandra, Geralda, Eliane e Rafael, pelos momentos que dividimos juntos durante a nossa escalada acadêmica.

Aos professores, Antônio Carlos Severo Menezes, Sueli Martins de Freita Alves, Heleno Dias Ferreira, Maria Tereza Faria, Anselmo Elcana de Oliveira, Maria Helena Rezende, Suzana da Costa Santos e José C. Seraphin, pela contribuição decisiva para o desenvolvimento deste trabalho.

À colega e aluna de iniciação científica, Érica Resende de Oliveira, por seu empenho e dedicação nos trabalhos de laboratório.

Ao Programa de Doutorado em Química Multiinstitucional UFG/UFMS/UFU, pela oportunidade do ingresso e pelo suporte dado durante minha formação.

Ao secretário do programa de pós-graduação do Instituto de Química/UFG, Hélio Stival, pela disposição para o auxílio, paciência e compreensão durante esses anos de curso.

Ao Instituto de Química da UFG, por disponibilizar toda sua estrutura técnico-acadêmica, essencial ao desenvolvimento deste trabalho.

À Universidade Federal de Goiás, pela oportunidade de estudar em uma das mais respeitadas instituições acadêmicas do Brasil.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

À Secretaria de Estado da Saúde de Goiás, através dos colegas Roney e Fernanda, que me proporcionaram as condições necessárias para cursar o doutorado ao flexibilizar meu horário de trabalho.

“Bendize, ó minha alma, ao Senhor, e não te esqueças de nenhum dos seus benefícios.” Salmos 103:2. A Deus, por me proporcionar saúde e todos os meios necessários para alcançar mais esta conquista.

***"Visita Interiorem Terrae, Rectificandoque,
Invenies Occultum Lapidem"***

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT	vi
1 INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1 SISTEMÁTICA VEGETAL E QUIMIOTAXONOMIA	2
1.2 A FAMÍLIA LAMIACEAE E OS GÊNEROS <i>HYPTIS</i> E <i>HYPENIA</i>	3
1.3 ANÁLISE MULTIVARIADA APLICADA À QUÍMICA DE PRODUTOS NATURAIS.....	5
1.4 EXPERIÊNCIAS ANTERIORES DO NOSSO GRUPO DE PESQUISA.....	6
1.5 JUSTIFICATIVA PARA OS ESTUDOS	7
2 OBJETIVOS	8
2.1 OBJETIVO GERAL	8
REFERÊNCIAS.....	9
CAPÍTULO 1 – ANÁLISE MULTIVARIADA DE CARACTERES DA MORFOLOGIA VEGETATIVA E REPRODUTIVA DE <i>HYPTIS</i> JACQ. (LAMIACEAE).....	12
1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 COLETA, IDENTIFICAÇÃO E CATALOGAÇÃO DO MATERIAL BOTÂNICO.....	16
3.2 ANÁLISES MORFOLÓGICAS.....	16
3.3 ANÁLISE MULTIVARIADA APLICADA AOS DADOS MORFOLÓGICOS	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5 CONCLUSÕES.....	28
REFERÊNCIAS.....	29
APÊNDICES	31
CAPÍTULO 2 – QUIMIOTAXONOMIA DOS CONSTITUINTES VOLÁTEIS EM <i>HYPENIA</i> (MART. EX BENTH.) R. HARLEY (LAMIACEAE)	42
1 INTRODUÇÃO	43
2 OBJETIVOS	44

3 MATERIAL E MÉTODOS.....	45
3.1 MATERIAL VEGETAL.....	45
3.2 ANÁLISE MORFOLÓGICA E ANATÔMICA	46
3.3 ANÁLISES QUÍMICAS.....	47
3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
5 CONCLUSÕES	60
REFERÊNCIAS.....	61
APÊNDICES.....	64

LISTA DE FIGURAS

	Pg.
<p>Figura 1.1 Gráfico de dispersão da ACM de 88 espécies de <i>Hyptis</i> e <i>E. crassipes</i> como grupo externo (A) pertencentes às classes I (□), II (●) and III (■), com base na distribuição das características morfológicas (○). (B) Os caracteres/estados dos caracteres discriminantes (▲) estão codificados de acordo com a Tabela 1.3 (Apêndice C). As cruzes representam os centros das classes e os valores entre parênteses se referem à inércia explicada em cada eixo fatorial.....</p>	21
<p>Figura 1.2 Dendograma de similaridades entre os taxa de <i>Hyptis</i> e <i>E. crassipes</i> (grupo externo) baseado nos caracteres morfológicos vegetativos e reprodutivos pertencentes às classes: I, II e III.....</p>	22
<p>Figura 2.1 Esqueletos carbônicos dos constituintes dos óleos essenciais de <i>Hyptenia</i>.....</p>	75
<p>Figura 2.2 “Biplot” da ACP dos óleos essenciais de <i>Hyptenia</i> que foram agrupados em duas classes: I (□); II (●). ^aEixos referentes aos escores das amostras. ^bEixos referentes aos pesos dos constituintes dos óleos essenciais (Tabela 2.4 – Apêndice D) representados como triângulos negritados, com as variáveis discriminantes representadas como vetores a partir da origem. As cruzes representam os centróides das classes e os valores entre parênteses referem-se à variância explicada em cada componente principal (CP).....</p>	52
<p>Figura 2.3 “Biplot” originado pela ACP de <i>Hyptenia</i> com base no esqueleto carbônico dos constituintes químicos dos óleos essenciais agrupados de acordo com as classes: I (□); II (●). ^aEixos referentes aos escores das amostras. ^bEixos referentes aos pesos dos esqueletos carbônicos dos constituintes, representados como triângulos negritados, com as variáveis discriminantes representadas como vetores a partir da origem.....</p>	54

Figura 2.4 Dendrograma representando as relações de similaridade entre *Hypenia* com base no esqueleto carbônico dos constituintes dos óleos essenciais agrupados em duas classes: I e II..... 55

Figura 2.5 “Biplot” originado pela análise de correspondência múltipla de *Hypenia* com base nos caracteres morfológicos da anatomia foliar e de acordo com as classes: I (□); II (●). ^aEixos referentes aos escores das amostras. ^bEixos referentes aos pesos dos caracteres morfológicos (Tabela 2.2 – Apêndice B) representados como losangos negritados, com as variáveis discriminantes plotadas como vetores a partir da origem. As cruzes representam os centróides das classes e os valores entre parênteses referem-se à variância explicada em cada componente principal..... 56

Figura 2.6 Dendrograma representando as relações de similaridade entre *Hypenia* spp. com base nos (A) constituintes dos óleos essenciais ou (B) caracteres morfológicos das folhas agrupados como se segue: Classe I e Classe II..... 58

LISTA DE TABELAS

	Pg.
Tabela 1.1 Lista das espécies de <i>Hyptis</i> estudadas e suas delimitações seccionais.....	31
Tabela 1.2 Caracteres morfológicos vegetativos, estados dos caracteres e seus códigos para a análise numérica de <i>Hyptis</i>	34
Tabela 1.3 Caracteres morfológicos reprodutivos, estados dos caracteres e seus códigos para a análise numérica de <i>Hyptis</i>	36
Tabela 2.1 Taxa de <i>Hypenia</i> com suas localidades de origem/altitude, coordenadas geográficas, data da coleta e exsicatas (UFG).....	64
Tabela 2.2 Caracteres Morfológicos das folhas de <i>Hypenia</i> coletadas no Cerrado de Goiás.....	65
Tabela 2.3 Porcentagem dos constituintes dos óleos essenciais de <i>Hypenia</i> de acordo com seus esqueletos carbônicos.....	66
Tabela 2.4 Porcentagem dos constituintes dos óleos essenciais de <i>Hypenia</i> coletadas no Cerrado de Goiás.....	67
Tabela 2.5: Resultado da análise do solo ^a dos locais de coleta de <i>Hypenia</i>	70
Tabela 2.6 Porcentagens ^a dos constituintes dos óleos essenciais de <i>Hypenia</i> agrupados de acordo com a HCA.....	71
Tabela 2.7 Porcentagem ^a dos constituintes dos óleos essenciais das espécies de <i>Hypenia</i> agrupadas de acordo com os esqueletos carbônicos.....	74

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ACM – Análise de Correspondência Múltipla

ACP – Análise de Componentes Principais

ADC – Análise de Discriminante Canônico

ANOVA – Análise de variância

CANOCO – Canonical Community Ordination

CG-EM – Cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas

CLA – Porcentagem de taxa com o estado do carácter dentro da classe

CP – Componente Principal

eV – elétron Volts

GLA – Porcentagem de taxa com o estado do carácter no conjunto global

HCA – Análise de Agrupamento Hierárquico

IE – Ionização por impacto eletrônico

IR – Índice de Retenção

MOD – Porcentagem de taxa na classe com o estado do carácter

p – Probabilidade

SAS - Statistical Analysis System

SPAD - Système Portable d'Analyse des Données

RESUMO

Silva, J. G. Análise Químico-Morfológica de *Hyptis* Jacq. e *Hypenia* (Mart. ex Benth.) R. Harley (Lamiaceae). 2012. 90f. Tese (Doutorado) – Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, Goiânia – GO.

O Cerrado é a segunda maior formação vegetal brasileira, ocupando 24% do território nacional. No entanto, restam apenas 61% de áreas preservadas de Cerrado. Desta forma, estudos para caracterização e preservação desta riqueza natural são necessários. Com este intuito, reavaliou-se a relação sistemática entre 88 espécies de *Hyptis* Jacq. com base em caracteres morfológicos e reprodutivos (capítulo 1). A análise estatística multivariada foi aplicada para determinar o padrão de distribuição dos taxa com o objetivo de se realizar uma análise fenética. As relações entre os taxa estudados foram expressas pelo agrupamento hierárquico de Ward utilizando a análise de correspondência múltipla com base em 50 caracteres distribuídos em 168 estados dos caracteres. O mapa perceptual mostrou a subdivisão de *Hyptis* em duas grandes classes. A classe I foi formada por 41 taxa pertencentes às seções *Cyanocephalus*, *Cyrta*, *Gymneia*, *Mesosphaeria*, *Polydesmia* e *Tricosphaeria*, as quais demonstraram brácteas lineares alongadas e elípticas, curvatura do tubo do cálice acima do limbo, orifício do tubo do cálice oblíquo, bem como núculas suaves. A classe II contou com 47 taxa das seções *Apodotes*, *Eriosphaeria*, *Hyptis*, *Induratae*, *Pachyphyllae*, *Pusilae* e *Xylodontes*. Suas principais características morfológicas incluíram cimas hemisféricas ou subglobosas, presença de um estilópódio, núculas levemente rugosas e núculas truncadas no ápice. A análise de agrupamento focada em 6 dos caracteres morfológicos, previamente distinguidos pela análise de correspondência discriminante, revelou a mesma similaridade entre os taxa, sugerindo a divisão de *Hyptis* em 2 subgêneros. Procedeu-se também à análise multivariada da composição química dos óleos essenciais de 13 espécies de *Hypenia* (capítulo 2). Os resultados indicaram a presença de 2 grupos de óleos em relação às seções botânicas das amostras. O primeiro grupo (classe I) incluiu as 3 espécies da seção *Densiflorae* em adição a *H. subrosea* Harley e *H. aristulata* (Epl.) R. Harley, o qual foi caracterizado pelo maior percentual de α -muurolol ($5,85 \pm 3,08\%$). Na classe II, com 8 espécies da seção *Laxiflorae*, os principais constituintes discriminantes foram o (E)-cariofileno ($7,09 \pm 4,88\%$), germacreno D ($18,1 \pm 11,4\%$) e o biciclogermacreno ($6,65 \pm 1,19\%$). Todos os óleos essenciais apresentaram predominantemente sesquiterpenos, tais como espatulenol ($4,5-31,6\%$), óxido de cariofileno ($2,2-14,4\%$) e selin-11-en-4 α -ol ($0-34,8\%$). Os agrupamentos foram idênticos quando utilizada a análise multivariada baseada nos esqueletos carbônicos dos constituintes químicos ou utilizando 18 caracteres morfológicos das folhas das espécies.

Palavras-chave: *Hyptis*, *Hypenia*, Lamiaceae, óleo essencial, variabilidade química, quimiotaxonomia, análise multivariada.

ABSTRACT

Silva, J. G. Chemomorphological analysis of *Hyptis* Jacq. and *Hypernia* (Mart. ex Benth.) R. Harley (Lamiaceae). 2012. 90f. Thesis (PhD) – Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, Goiânia – GO.

Cerrado is the second largest Brazilian biome, occupying about 24% of the country. However, there are only 61% of preserved Cerrado areas. Therefore, studies are needed in order to preserve these natural resources. For this purpose the reassessment of systematic relationships between 88 taxa of *Hyptis* Jacq. were based on the vegetative and reproductive morphological characters (chapter 1). In order to perform a phenetic study, multivariate statistical analysis were used for determination of taxa distribution patterns. The relationships between the examined taxa have been expressed as Ward hierarchical clustering using multiple correspondence analysis of 50 characters distributed into 168 character states. The perceptual map shows a subdivision of *Hyptis* into two major clusters. Cluster I contained 41 taxa belonging to sections *Cyanocephalus*, *Cyrta*, *Gymneia*, *Mesosphaeria*, *Polydesmia* and *Tricosphaeria* which mainly showed elongated, elliptic, linear bracts, curvature of the calyx's tube upper limb, oblique calyx tube orifice, as well as smooth nutlets. Cluster II contained 47 taxa from sections *Apodotes*, *Eriosphaeria*, *Hyptis*, *Induratae*, *Pachyphyllae*, *Pusilae* and *Xylodontes*. Their main morphological characteristics included hemispheric or subglobose cymes, the presence of a stylopodium, slightly rough nutlets and nutlets truncate at apex. Cluster analysis focused on 6 of the morphological characters which were distinguished by discriminant correspondence analysis, revealed similar traits. Multivariate analyses were also applied in the essential oil chemovariations of 13 *Hypernia* species (chapter 2). The results revealed the presence of two taxonomic clusters. Cluster I included 3 species belonging to section *Densiflorae* in addition to *H. subrosea* Harley and *H. aristulata* (Epl.) R. Harley, and showed the highest percentages of α -muurolol ($5.85 \pm 3.08\%$). In Cluster II, which contained 8 species belonging to section *Laxiflorae*, the major discriminant constituents were (E)-caryophyllene ($7.09 \pm 4.88\%$), germacrene D ($18.1 \pm 11.4\%$) and bicyclogermacrene ($6.65 \pm 1.19\%$). All essential oils showed a predominance of sesquiterpenes, such as spathulenol (4.5-31.6%), caryophyllene oxide (2.2-14.4%) and selin-11-en-4 α -ol (0-34.8%). Furthermore, identical clusters were revealed by multivariate analysis of chemical constituents based on carbon skeletons, as well as on 18 morphological leaf characters of the species studied.

Keywords: *Hyptis*, *Hypernia*, Lamiaceae, essential oil, chemical variability, chemotaxonomy, multivariate analysis.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o país com maior diversidade genética vegetal do mundo, contando com mais de 55.000 espécies catalogadas de um total estimado entre 350.000 a 550.000 (Dias, 1996; Giullietti *et al.*, 2005). Uma importante fonte dessa diversidade é o Bioma Cerrado que se localiza principalmente no Planalto Central do Brasil e ocupa 24% do território nacional (pouco mais de dois milhões de quilômetros quadrados). É a segunda maior formação vegetal brasileira e a savana tropical mais rica do mundo em biodiversidade. Além disso, o Bioma Cerrado é favorecido pela presença de diferentes paisagens e de três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul. Concentra nada menos que um terço da biodiversidade nacional e 5% da flora e da fauna mundiais (Ribeiro e Walter, 1998; Embrapa, 2011).

Entretanto, o ritmo atual de extinção de plantas é cerca de 50 a 100 vezes maior que as taxas médias observadas no passado mais próximo (Soulé, 1991; Machado, 2006). Segundo estudos atuais, restam apenas 61,2% de áreas preservadas do Cerrado, distribuídas no Planalto Central e no Nordeste, estando a maior parte na região meio-norte, nos estados do Maranhão e do Piauí (Embrapa, 2011). As principais causas da perda da diversidade genética têm sido associadas à destruição e à fragmentação dos ecossistemas e aos estresses ambientais como a poluição e as mudanças climáticas globais (Baur e Schmid, 1996; Brasil, 2010). Esse quadro demonstra que é necessário estabelecer estratégias para caracterizar e conservar a diversidade genética vegetal (Guerra e Nodari, 2004). Levando-se em consideração que uma das principais características da biodiversidade é a distribuição relativamente desigual dos seus componentes no espaço geográfico (Guerra e Nodari, 2004), os estudos regionais de caracterização e identificação de espécies nativas se tornam vitais para entender e preservar essa riqueza.

1.1 Sistemática vegetal e quimiotaonomia

A utilização da morfologia na sistemática vegetal ocorre há cerca de 150 anos e é útil tanto para a identificação prática quanto para as relações filogenéticas. A morfologia pode fornecer subsídios valiosos para o estudo de uma determinada espécie. A pesquisa fitoquímica de óleos essenciais, baseadas nas informações etnofarmacológicas, é importante para a busca e descoberta de novos agentes anti-infecciosos a partir de compostos especiais, sintetizados pelas plantas superiores (Kloucek *et al.*, 2005).

Embora trabalhos de taxonomia molecular, utilizando sequenciamento de DNA em cloroplasto, estejam se tornando cada vez mais numerosos (Olmstead *et al.*, 1992; Blaxter, 2004), os produtos do metabolismo especial continuam sendo utilizados em estudos visando o estabelecimento de relações filogenéticas. A presença de certos metabólitos indica claramente que as espécies que os sintetizam possuem uma rota biossintética específica e gene, ou conjunto de genes específicos controlando essa rota, estando os produtos presentes em alta ou baixa concentração (Ferreira *et al.*, 1998; Wink, 2003).

Óleos essenciais são misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas. A produção de óleos essenciais está relacionada com as características evolutivas e demonstra as tendências biossintéticas de várias famílias de plantas. A composição química do óleo volátil de um vegetal é determinada geneticamente, sendo geralmente específica para um determinado órgão e característica para o seu estágio de desenvolvimento (Simões e Spitzer, 2004).

Durante a evolução das espécies pode ocorrer que grupos não relacionados apresentem similaridades morfológicas. Isso é chamado de “convergência” ou “paralelismo”. Por outro lado, pode ocorrer “divergência”, onde plantas intimamente

relacionada dão origem a descendentes diferenciados (Gottlieb *et al.*, 1996). Esses fenômenos muitas vezes causam dificuldades em estudos taxonômicos. Nesses casos, o conhecimento fitoquímico desses grupos pode ser de grande importância.

Segundo Swain (1963), a existência de um padrão comum no metabolismo especial pode promover evidências mais corretas de parentesco quando comparada às similaridades morfológicas, que podem ser devidas a ancestrais comuns ou a evolução convergente.

A classificação vegetal associada à variabilidade química dos indivíduos é o objeto de estudo da quimiotaxonomia. A ocorrência de quimiotipos, ou raças químicas, é frequente em plantas ricas em óleos voláteis; seriam aqueles vegetais botanicamente idênticos, mas que se diferem quimicamente. Outros fatores responsáveis pela variabilidade química encontrada nos óleos essenciais são relacionados aos fatores bióticos (presença de microorganismos, ataque por insetos, etc.) e abióticos (intensidade luminosa, altitude, solo, clima), como o meio ambiente no qual o vegetal se desenvolve (Simões e Spitzer, 2004).

1.2 A família Lamiaceae e os gêneros *Hyptis* e *Hypenia*

A família Lamiaceae inclui aproximadamente 258 gêneros e 7.193 espécies, com 40% delas possuindo propriedades aromáticas. Com ampla distribuição, tem representação cosmopolita como *Salvia* e *Scutellaria*, sendo especialmente abundante na região do Mar Mediterrâneo (Harley, 1988; Hedge, 1992; Malendo *et al.*, 2003). Suas espécies crescem em diferentes ambientes, compreendendo da região Ártica ao Himalaia, da região sudeste da Ásia ao Havaí, Austrália e África (Heywood, 1978). Os seus representantes constituem uma família típica do Cerrado brasileiro, habitando áreas quentes em todo o mundo (Harley, 1988).

Mais da metade das espécies dessa família está restrita a somente 8 gêneros: *Salvia* (500), *Hyptis* (350), *Scutellaria*, *Coleus*, *Plectranthus* e *Stachys* (200 espécies cada), além de *Nepeta* (150) e *Teucrium* (100). No Brasil, as informações florísticas e taxonômicas relativas à Lamiaceae são bastante amplas, registrando-se grande parte das novas espécies (Almeida e Albuquerque, 2002).

Espécies de *Hyptis* Jacq. são encontradas desde o sul dos Estados Unidos, passando pela América Central e Caribe, até o sul da Argentina (Epling, 1949). Esse gênero é um membro da subtribo Hyptidinae, tribo Ocimeae, que é composta por 8 gêneros com um pequeno número de espécies: *Eriope* (30), *Eriopidium* (1), *Marsypianthes* (6), *Peltodon* (5), *Raphiodon* (1), com a maioria possuindo seu centro de diversidade nos Cerrados da região Centro-Oeste. Harley (1988) propôs 2 novos gêneros baseando-se em critérios como o número de cromossomos, morfologia do pólen e ramos, além de caracteres tradicionais: *Hypenia* (24) e *Hyptidendron* (16), ambos com espécies até então formalmente incluídas em *Hyptis*.

Vários representantes de *Hyptis* têm uso na medicina tradicional e apresentam importantes atividades biológicas (Harley e Reynolds, 1992). Seus constituintes voláteis contêm um grande número de terpenóides, que apenas recentemente começaram a ser descritos, apesar de serem potencialmente exploráveis, devido a suas propriedades carminativa, analéptica, sedativa e narcótica, antifúngica, antireumática, citotóxica, além de inibir gastrites e úlceras, entre outras (Septímio, 1994).

Por outro lado, o gênero *Hypenia*, que possui seu centro de diversidade no Cerrado de Goiás (Faria, 2008), tem sido estudado apenas sob o ponto de vista taxonômico (Harley, 1988), sendo que estudos relacionados à anatomia e fitoquímica do gênero não são encontrados na literatura especializada (Faria, 2008).

1.3 Análise multivariada aplicada à química de produtos naturais

A própria natureza é de característica multifatorial. Numerosos processos bióticos e abióticos interagem entre si, contribuindo para a formação de padrões estruturais, espaciais e temporais nas comunidades biológicas. Detectar e descrever esses padrões, bem como formular hipóteses sobre as possíveis causas que os regem, constitui os principais objetivos das técnicas de análises multivariadas aplicadas à ecologia química. Essas técnicas estatísticas têm por objetivo a análise de grandes tabelas de dados, visando descrever sua estrutura e a quantificação do grau de associação entre variáveis e objetos. Além disso, permitem evidenciar e hierarquizar os fatores responsáveis pela variabilidade dos dados e da estrutura do sistema estudado (Valentin, 2000).

As chaves de identificação botânica geralmente são feitas de maneira cladística. Elas não permitem a avaliação global dos dados, o que seria útil para uma comparação mais adequada entre as espécies. Neste trabalho, os dados morfológicos utilizados na caracterização de 88 espécies de *Hyptis* e do grupo externo *Eriope crassipes* Benth. (Lamiaceae), foram avaliados por métodos estatísticos multivariados, no intuito de contribuir para um melhor ordenamento das espécies estudadas. Também foram avaliadas a composição e variabilidade química dos óleos essenciais de 13 espécies de *Hyptenia*, bem como o estudo das correlações entre os esqueletos carbônicos dos constituintes químicos voláteis e de 18 caracteres morfológicos das folhas, visando contribuir para a ecologia química dos gêneros de Lamiaceae.

A composição e os teores dos constituintes químicos dos óleos essenciais e os caracteres morfológicos foram submetidos às análises de Componentes Principais (ACP) e de Correspondência Múltipla (ACM), além da Análise de Agrupamento Hierárquico (HCA), objetivando-se a identificação de classes naturais das espécies e a

identificação dos constituintes químicos e caracteres morfológicos discriminantes para cada grupo de indivíduos, contribuindo assim para a taxonomia numérica e quimiotaxonomia dos gêneros, até o momento não avaliadas.

1.4 Experiências anteriores do nosso grupo de pesquisa

Resultados obtidos em projetos integrados evidenciaram a variabilidade química e a potencialidade biológica de espécies nativas do Cerrado, seja na avaliação da ação antimicrobiana frente a bactérias e fungos sistêmicos humanos, entre outras atividades biológicas potenciais (Santos *et al.*, 2007), seja no uso de variáveis edafoclimáticas como indicadoras da plasticidade química fenotípica infraespecífica (Curado *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2007; Lyra *et al.*, 2008).

Resultados preliminares de nosso grupo (Azevedo *et al.*, 2001; 2002; Oliveira *et al.*, 2005) demonstraram que os óleos essenciais de *Hypernia* apresentaram uma composição química similar a de espécies do gênero *Hyptis*, previamente investigadas. Seus constituintes apresentaram um conteúdo normalmente elevado de sesquiterpenos, apesar de diferirem substancialmente no conteúdo de monoterpenos. Tais variações podem resultar de mecanismos genéticos (e epigenéticos) ou de respostas a pressões ambientais (Langenheim, 1994) de forma a melhorar a adaptação dos diferentes indivíduos.

Este trabalho, além de contribuir para o entendimento taxonômico numérico dos gêneros *Hyptis* (Capítulo 1) e *Hypernia* (Capítulo 2), dá prosseguimento à avaliação do polimorfismo químico dos óleos essenciais de *Hypernia* (Capítulo 2), contribuindo para a utilização de plantas do Cerrado como fonte alternativa de compostos bioativos e evidenciando critérios para a taxonomia desses gêneros.

1.5 Justificativa para os estudos

Recentemente, 59 espécies de *Hyptis* foram classificadas em função de 31 caracteres taxonômicos dicotômicos (62 estados dos caracteres), em adição a um carácter multicotômico (3 estados do carácter) e um carácter quantitativo, por meio de 5 técnicas multivariadas de classificação, incluindo métodos divisivos e aglomerativos (El-Gazzar e Rabei, 2008). Tal estudo demonstrou robustez nos métodos numéricos de ordenamento e uma grande heterogeneidade morfológica das espécies, o que justifica a necessidade de uma melhor compreensão da taxonomia do gênero *Hyptis*. Este trabalho (Capítulo 1) propõe um estudo multivariado mais amplo, tanto em número de espécies (89) quanto em quantidade de características morfológicas (50) e estados dos caracteres (168), no intuito de contribuir para uma melhor compreensão taxonômica do gênero *Hyptis*.

A estratégia de utilização de terpenos como marcadores quimiotaxonômicos, embora já descrita (Kaplan *et al.*, 1991; Salgueiro *et al.*, 2000), é baseada, frequentemente, apenas na análise química e carece da aplicação de técnicas de análise estatística multivariada. Este estudo (Capítulo 2) utiliza a estratégia de caracterização dos óleos essenciais e morfologia das folhas, associada à análise multivariada, com o objetivo de dar suporte à compreensão da taxonomia do gênero *Hypenia*.

A caracterização químico-morfológica de espécies nativas permite avaliar as variações inter e intraespecíficas, contribuindo na definição de áreas e populações para conservação *in situ* e *ex situ* (banco de germoplasma). Essa estratégia pode resultar em um aumento substancial na informação agregada e, assim, na utilização mais adequada de coleções de espécies nativas medicinais aromáticas do Cerrado.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Promover a formação de pesquisadores em nível de Doutorado — e com características interdisciplinares — através do desenvolvimento de projetos na área de quimiometria e quimiotaxonomia, envolvendo a análise da composição química e da variabilidade químico-morfológica de espécies de *Hyptis* e *Hypernia* nativas do Cerrado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. F. C. B. R.; ALBUQUERQUE, U. P., 2002. Check-list of the family Lamiaceae in Pernambuco, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. Curitiba, v.45, n.3, p.343-353, setembro.

AZEVEDO, N. R.; CAMPOS, I. F. P.; FERREIRA, H. D.; PORTES, T. A.; SANTOS, S. C.; SERAPHIN, J. C.; PAULA, J. R.; FERRI, P. H., 2001. Chemical variability in the essential oil of *Hyptis suaveolens*. *Phytochemistry*. Inglaterra, v. 57, n. 5, p.733-736, julho.

AZEVEDO, N. R.; CAMPOS, I. F. P.; FERREIRA, H. D.; PORTES, T. A.; SANTOS, S. C.; SERAPHIN, J. C.; PAULA, J. R.; FERRI, P. H., 2002. Essential oil chemotypes in *Hyptis suaveolens* from Brazilian Cerrado. *Biochemical Systematics and Ecology*. Inglaterra, v. 30, n. 3, p.205-216, março.

BAUR, B.; SCHMID, B., 1996. Spatial and temporal patterns of genetic diversity within species. In: Gaston, K. J. *Biodiversity, a Biology of Numbers and Differences*. Oxford: Blackwell Science, p.169-201.

BLAXTER, M. L. 2004. The Promise of a DNA Taxonomy. *Philosophical Transaction of The Royal Society B: Biological Science*. Inglaterra, v. 359, n.1444, p.669–679.

BRASIL, 2010. Ministério do Meio Ambiente. Diretoria do Programa Nacional de Conservação da Biodiversidade - DCBio. *Quarto Relatório Nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.

CURADO, M. A.; OLIVEIRA, C. B. A.; JESUS, J. G.; SANTOS, S. C.; SERAPHIN, J. C.; FERRI, P. H., 2006. Environmental factors influence on chemical polymorphism of the essential oils of *Lychnophora ericoides*. *Phytochemistry*, Inglaterra, v. 67, n. 21, p.2363-2369, nov.

DIAS, B. F. S. 1996. *A Implementação da Convenção sobre Diversidade Biológica no Brasil: Desafios e Oportunidades*. Campinas: André Tosello, 10p.

EL-GAZZAR, A.; RABEI, S., 2008. Taxonomic Assessment of five numerical methods and its implications on the classification of *Hyptis* s.l. (Labiatae). *International Journal of Botany*, v. 4, n.1, p.85-92.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2011. Agência de Informação Embrapa Bioma Cerrado: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/Abertura.html>, acessado em setembro.

EPLING, C. C., 1949. Revisión del género *Hyptis* (Labiatae). *Revista del Museo de La Plata Sección Botánica*. Argentina, v. 7, p.1-497.

FARIA, M. T., 2008. Morfologia, Anatomia, Histoquímica, e Fitoquímica de espécies do gênero *Hyptis* (Mart. ex Benth.) R. Harley – Lamiaceae ocorrentes no Estado de

Goiás. 205f. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia/GO.

FERREIRA, S. H.; BARATA, L. E. S.; SALLES, S. L. M., 1998. Medicamentos a partir de Plantas Medicinais no Brasil. *Academia Brasileira de Ciências*, 132p.

GIULIETTI, A. N.; HARLEY, R. M.; DE QUEIROZ, L. P.; WANDERLEY, M. G. L.; VAN DER BERG, C.; 2005. Biodiversidade e Conservação das Plantas no Brasil. *Megadiversidade*, v.1, n.1, p.52-61, julho.

GOTTLIEB, O.R.; KAPLAN, M. A. C.; BORIN, M. D. E & M. B., 1996. *Biodiversidade, um Enfoque Químico-Biológico*. Rio de Janeiro: UFRJ.

GUERRA, M. P.; NODARI, R. O., 2004. Biodiversidade: aspectos biológicos, geográficos, legais e éticos. In: Simões, C. M. O et al. (org.). *Farmacognosia da Planta ao Medicamento*. 5.ed. Porto Alegre / Florianópolis. Ed. UFRGS/Ed. UFSC, p.13-28.

HARLEY, R. M., 1988. Revision of generic limits in *Hyptis* Jacq. and its allies. *Botanical Journal of the Linnean Society*. Inglaterra, v. 98, n. 2, p.87-95, outubro.

HARLEY, R. M.; REYNOLDS, T., 1992. *Advances in Labiatae Science*. Kew: The Royal Botanic Gardens, UK.

HEDGE, I. C., 1992. A global survey of the biogeography of the Labiatae. In: Harley, R. M.; Reynolds, T. (eds). *Advances in Labiatae Science*. Kew: The Royal Botanic Gardens, UK, p.7-17.

HEYWOOD, V. H., 1978. *Flowering Plants of the World*. London: Oxford University Press.

KAPLAN, M. A. C.; RIBEIRO, J.; GOTTLIEB, O. R., 1991. Chemogeographical evolution of terpenoids in Icacinaceae. *Phytochemistry*. Inglaterra, v. 30, n. 8, p.2671-2676.

KLOUCEK, P.; POLESNY, Z.; SVODOBOVA, B.; VILKOVA, E.; KOKOSKA, L., 2005. Antibacterial screening of some Peruvian medicinal plants used in Callería District. *Journal of Ethnopharmacology*, v.99, p.309-312.

LANGENHEIM, J. H., 1994. Higher-plant terpenoids, a phytocentric overview of their ecological roles. *Journal of Chemical Ecology*. Nova York, v. 20, n. 6, p.1223-1280, junho.

LYRA, C. C. V. G.; VIEIRA, R. F.; OLIVEIRA, C. B. A.; SANTOS, S. C.; SERAPHIN, J. C.; FERRI, P. H., 2008. Intraspecific Variability in the Essential Oil Composition of *Lychnophora ericoides*. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. Brasil, v. 19, n. 5, p.842-848, julho.

MACHADO, M. 2006. Extinções em massa e a crise atual da Biodiversidade: Lições do tempo profundo. *Diálogo*. Canoas, n.9, p.37-68, julho-dezembro.

MELENDO, M.; GIMENEZ, E.; CANO, E.; GOMEZ-MERCADO, F.; VALLE, F. 2003. The endemic flora in the South of the Iberian Peninsula: Taxonomic composition, biological spectrum, pollination, reproductive mode and dispersal. *Flora Morphology Distribution Functional Ecology Plants*, v.198, n.4, p.260-276.

OLIVEIRA, M. J.; CAMPOS, I. F. P.; OLIVEIRA, C. B. A.; SANTOS, M. R.; SOUZA, P. S.; SANTOS, S. C.; SERAPHIN, J. C.; FERRI, P. H., 2005. Influence of growth phase on the essential oil composition of *Hyptis suaveolens*. *Biochemical Systematics and Ecology*. Inglaterra, v. 33, n. 3, p.275-285, março.

OLMESTEAD, R. G.; SCOTT, K. M.; PALMER, J. D., 1992. A chloroplast DNA phylogeny for the Asteridae: implication for the Labiales. In: Harley, R. M. & Reynolds, T. (Ed.). *Labiatae, Science*. Kent. Whitestable Litho Ltd, Withestable. p.19-25.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T., 1998. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P. (eds.). *Cerrado, Ambiente e Flora*. Planaltina – DF: Embrapa Cerrados, p.87-166.

SALGUEIRO, L. R.; VILA, R.; TOMÀS, X.; CAÑIGUERAL, S.; PAIVA, J.; CUNHA, A. P.; ADZET, T., 2000. Chemotaxonomic study on *Thymus villosus* from Portugal. *Biochemical Systematics and Ecology*. Inglaterra, v. 28, n. 5, p.471-482.

SANTOS, G.; FERRI, P. H.; SANTOS, S. C.; BAO, S. N.; SOARES, C. M. A.; PEREIRA, M., 2007. Oenothien B Inhibits the Expression of PbFKS1 Transcript and Induces Morphological Changes in *Paracoccidioides brasiliensis*. *Medical Mycology*. Inglaterra, v. 45, n. 7, p.609-618, novembro.

SEPTÍMIO, L. R., 1994. *A Fitoterapia Baseada em Ervas Medicinais do Cerrado*. Brasília: SIPE, Ministério da Cultura.

SILVA, F. G.; OLIVEIRA, C. B. A.; PINTO, J. E. B. P.; NASCIMENTO, V. E.; SANTOS, S. C.; SERAPHIN, J. C.; FERRI, P. H., 2007. Seasonal Variability in the Essential Oils of Wild and Cultivated *Baccharis trimera*. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. Brasil, v. 18, n. 5, p.990-997, agosto.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V., 2004. Óleos Voláteis. In: Simões, C. M. O et al. (org.). *Farmacognosia da Planta ao Medicamento*. 5.ed. Porto Alegre / Florianópolis. Ed. UFRGS / Ed. UFSC, p.467-495.

SOULÉ, M. E., 1991. Conservation: tactics for a constant crisis. *Science*. USA, n.253, p.744-750.

SWAIN, T., 1963. *Chemical Plant Taxonomy*. London: Academic.

VALENTIN, J. L., 2000. *Ecologia Numérica – Uma Introdução à Análise Multivariada de Dados Ecológicos*. Rio de Janeiro: Interciência, 116p.

WINK, M., 2003. Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. *Phytochemistry*. Inglaterra, v. 64, n.1, p. 3–19, setembro.

Capítulo 1

Capítulo 1 – Análise multivariada de caracteres da morfologia vegetativa e reprodutiva de *Hyptis* Jacq. (Lamiaceae)

Publicado como: **Julierme G. Silva, Heleno D. Ferreira, Maria T. Faria, Marcos A. Schlieve, Maria H. Rezende, Suzana C. Santos, Jose C. Seraphin, Pedro H. Ferri, 2011.** Multivariate analysis of vegetative and reproductive morphological characters in *Hyptis* Jacq. *International Journal of Botany*, vol. 7, n. 1, pp. 42–52.

1 INTRODUÇÃO

A família Lamiaceae conta com aproximadamente 258 gêneros e 7.193 espécies, das quais 40% possuem propriedades aromáticas. Gêneros como *Salvia* (500 espécies), *Hyptis* (350), *Scutellaria*, *Coleus*, *Plectranthus* e *Stachys* (200 espécies cada), *Nepeta* (150) e *Teucrium* (100) têm uma distribuição ampla e cosmopolita, embora lamiaceas sejam especialmente abundantes na região mediterrânea (Malendo *et al.*, 2003; APG II, 2003).

No Brasil, e em outras áreas de Cerrado do leste da América do Sul, a família Lamiaceae - representada principalmente pela subtribo neotropical Hyptidinae (tribo Ocimeae) - apresenta alta taxa de variação florística e taxonômica, registrando um grande número de novas espécies (Almeida e Albuquerque, 2002). Além disso, Lamiaceae são caracterizadas pela ocorrência de flores esternotribicas, cujos estames estão mantidos no lábio inferior da corola, a qual é fortemente comprimida para formar um mecanismo explosivo de polinização (Paton *et al.*, 2004).

Oito gêneros da subtribo Hyptidinae são atualmente reconhecidos: *Hyptis*, *Raphiodon*, *Peltodon*, *Marsypianthes*, *Eriope*, *Hyptidendrum*, *Eriopidion* e *Hypenia*. Os gêneros *Hypenia* (Mart. ex Benth.) R. Harley e *Hyptidendrum* R. Harley foram separados de *Hyptis* Jacq. com base, principalmente, no número de cromossomos e características morfológicas. *Hyptis* é um grupo parafilético e está intimamente relacionado à *Eriope* (Harley *et al.*, 2004).

O gênero *Hyptis* conta com 27 seções e 37 subseções (Epling e Játiva, 1968). Na região do Cerrado brasileiro, exibe notável diversidade morfológica, sendo geralmente encontrado em solos oligotróficos arenosos com alto teor de alumínio. Diversas espécies aromáticas descritas nessas áreas apresentam propriedades

medicinais e relevantes atividades farmacológicas (Arrigoni-Blank *et al.*, 2008; Coutinho *et al.*, 2009).

Recentemente, o uso de técnicas de classificação para taxonomia numérica, incluindo algoritmos aglomerativos e divisivos, sugeriu uma subdivisão de quatro gêneros de Hyptidinae em dois grandes grupos (El Gazzar e Rabei, 2008). Tal proposta foi baseada principalmente na natureza dicotômica da morfologia vegetativa e floral, bem como na anatomia do caule das espécies estudadas. Contudo, a distribuição dos estados dos caracteres entre os grupos não foi descrita. Este trabalho sugere investigar a subdivisão de *Hyptis* em dois subgêneros através de um estudo utilizando um grande número de espécies e uma maior diversidade de características morfológicas.

Neste estudo, foram analisadas as variações nas características morfológicas de 12 seções de *Hyptis* coletadas na região do Cerrado goiano com o objetivo de contribuir para a taxonomia do gênero, bem como para confirmar a hipótese proposta por El Gazzar e Rabei (2008), da subdivisão de *Hyptis (lato sensu)* em dois subgêneros. Assim, um total de 50 características da morfologia floral e vegetativa, contendo 168 estados dos caracteres, foi comparativamente registrado para 88 espécies de *Hyptis*. *Eriope crassipes* Benth. foi utilizada como grupo externo (espécie referência) em todas as análises. No conjunto de espécies estudadas, encontram-se algumas com caracteres não descritos ou espécies consideradas raras no Brasil (Harley e França, 2009; Scarano e Martinelli, 2010).

2 OBJETIVOS

- Aplicar as técnicas de análise estatística multivariada (análises de correspondência múltipla, de discriminante e de agrupamento hierárquico) no intuito de determinar padrões de distribuição de 88 espécies de *Hyptis* e 1 espécie de *Eriope* com base em 50 caracteres da morfologia reprodutiva e vegetativa distribuídos em 168 estados dos caracteres.
- Avaliar o potencial de ordenação e classificação dos métodos estatísticos comparando os resultados de similaridade obtidos aos métodos clássicos, baseados em chaves botânicas.
- Evidenciar classes (agrupamentos) naturais nas espécies de *Hyptis* com base nos caracteres e estados dos caracteres morfológicos avaliados.
- Identificar os caracteres morfológicos responsáveis pela formação de grupos naturais entre as espécies estudadas.
- Comparar os resultados obtidos neste estudo aos de El-Gazzar e Rabei (2008) no intuito de avaliar a hipótese de uma possível divisão do gênero *Hyptis* (*stricto sensu*) em dois subgêneros, até o momento não descrita.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coleta, identificação e catalogação do material botânico

As partes aéreas de três a sete indivíduos de cada espécie, apresentando aproximadamente a mesma idade e no estágio florido, foram coletadas em regiões preservadas de Cerrado e identificadas pelo Prof. Dr. Heleno Dias Ferreira e pela Profa. M.Sc. Maria Tereza Faria do Departamento de Biologia Geral do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás entre os anos de 2006 a 2009 (Ferreira, 2009). A delimitação seccional (Apêndice A - Tabela 1.1) foi feita de acordo com Epling e Játiva (1968). As exsiccatas dos taxa foram depositadas no Herbário da Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, GO.

3.2 Análises Morfológicas

As variações foliares foram avaliadas utilizando um estéreomicroscópio de luz modelo Olympus SZ40. Foram avaliados 50 caracteres vegetativos e reprodutivos, incluindo 22 caracteres dicotômicos e 28 caracteres multicotômicos, totalizando 168 estados dos caracteres (Ferreira, 2009). As características morfológicas, com seus estados dos caracteres, vegetativas e reprodutivas se encontram nas Tabelas 1.2 (Apêndice B) e 1.3 (Apêndice C), respectivamente.

3.3 Análise multivariada aplicada aos dados morfológicos

A análise de correspondência múltipla (ACM) foi aplicada para examinar as inter-relações entre taxa e caracteres taxonômicos, tais como a verificação de presença/ausência ou caracteres multicotômicos (89 taxa × 50 caracteres / 168 estados

dos caracteres). Os critérios morfológicos categorizados (Apêndice D) foram submetidos à análise multivariada usando o pacote estatístico *Système Portable d'Analyse des Données* (SPAD, versão 5.5, 2002) do Centre International de Statistique et d'Informatique Appliquées-CISIA, Saint Mandé/França (Lebart *et al.*, 2002).

Ajustes nos autovalores e porcentagens de inércia devido à inflação artificial nos dados originais foram feitos de acordo com a técnica descrita por Le Roux e Rouanet (2004). Com relação à seleção de variáveis, os estados dos caracteres com frequências acima da média ($100/168 = 0,6\%$), nos três primeiros autovalores, foram retidos no conjunto de dados. Os estados dos caracteres com contribuição inferior à média foram efetivamente eliminados do conjunto de dados.

A análise de agrupamento hierárquico também foi aplicada para o estudo da similaridade entre os taxa com base na distribuição dos caracteres taxonômicos. O agrupamento hierárquico foi efetuado de acordo com o método da minimização do valor do χ^2 . Este critério de agrupamento é equivalente ao método da minimização da variância (inércia) descrito por Ward (1963), onde cada agrupamento (classe) é ponderado pela massa total de seus componentes (Greenacre, 2007).

A análise dos dados foi focada na determinação dos estados dos caracteres, levando-se em conta os seguintes valores de média: (1) porcentagem de taxa com o estado do carácter no conjunto de dados global (GLA); (2) porcentagem de taxa com o estado do carácter dentro da classe ou agrupamento (CLA) e (3) porcentagem de taxa na classe (agrupados) que possuem o estado de carácter (MOD). Valores de $p < 0,05$ foram considerados significativos.

A análise de discriminante foi aplicada para diferenciar taxa e classes com base nas características taxonômicas, as quais foram avaliadas através do SPAD.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A família Lamiaceae está entre as 10 famílias de plantas com o mais alto número de espécies ameaçadas de extinção ou pobremente descritas, ocupando as 7ª e 8ª posições, respectivamente, na lista oficial de espécies susceptíveis da flora brasileira (Scarano e Martinelli, 2010). Entre os gêneros de Lamiaceae, *Hyptis* incorporou 62% das espécies ameaçadas, das quais 42,3% estão incluídas na Tabela 1.1 (Apêndice A). Adicionalmente, a Tabela 1.1 (Apêndice A) ainda apresenta 14 espécies (taxa) que foram listadas entre as *Hyptis* consideradas raras no Brasil (Giulietti *et al.*, 2009). Assim como as quatro espécies da seção Pachyphyllae, encontradas nas áreas mais altas da Chapada dos Veadeiros (Harley, 1986; Harley e França, 2009), muitos dos taxa foram endêmicos na região central do Cerrado brasileiro.

As espécies foram caracterizadas quanto ao conjunto de dados morfológicos vegetativos (Tabela 1.2 – Apêndice B) e reprodutivos (Tabela 1.3 – Apêndice C), de acordo com a presença/ausência dos estados dos caracteres. Desta caracterização, foi possível verificar que somente *H. plantanifolia* apresenta base foliar atenuado-truncada; *H. peduncularis*, folhas elíptico-alongadas lineares; *H. angustifolia*, folhas elíptico-obovadas oblanceoladas; *H. caprariifolia* demonstra disposição fasciculada das folhas nos ramos, enquanto que em *H. frondosa* a disposição é deflexa; *H. rugosa* é o único táxon com base foliar atenuada-afilada aguda; *H. interrupta* apresenta brácteas elíptico-cilíndricas setácea; *H. pachyphylla* exhibe dentes do cálice achatado ovado-triangular deltoide, enquanto que *H. duplicato-dentata* é o único táxon que apresenta lingueta no seio entre os dentes do cálice.

Algumas espécies foram caracterizadas por não possuírem estados dos caracteres que estão presentes nas outras. Por exemplo, o cálice dentado está ausente

apenas em indivíduos de *H. rotunda*, enquanto que pedicelo fruticoso não deflexo só não está presente em *H. suaveolens*.

Além disso, alguns estados dos caracteres estão presentes em apenas uma das espécies de *Hyptis* e no grupo externo *E. crassipes*, por exemplo, a forma das cimas reduzida a uma flor (*H. plectranthoides*) e pedicelo fruticoso deflexo (*H. suaveolens*). Outros estados dos caracteres estão presentes apenas no grupo externo, tais como brácteas (dibracteadas) na base do cálice, tubo do cálice campanulado, face interna do cálice levemente hirsuta, corola constricto-campanulada e núcula levemente alado-achatada.

A matriz (Apêndice D) de dados morfológicos vegetativos e reprodutivos (89 espécies × 168 estados dos caracteres) foi submetida à análise de correspondência múltipla (ACM). Essa técnica descreve basicamente as relações entre categorias (estados dos caracteres) e variáveis discretas (caracteres). Assim, revela a estrutura de uma matriz ordinal complexa sem excluir qualquer informação essencial. Além disso, assume poucas suposições e restrições (Clausen, 1998). A vantagem do uso da ACM está no fato de os resultados serem visualmente representados como um mapa perceptual; adicionalmente, associações entre variáveis podem ser calculadas pela análise da proximidade em um espaço bidimensional (Abdi e Valentin, 2007). O melhor conjunto de dimensões é determinado pelos autovalores no intervalo [0, 1] e representam a quantidade de variação explicada (inércia). A soma dos autovalores é equivalente à inércia total (variância total) no conjunto de dados (Maraun *et al.*, 2005). Assim, cada dimensão possui um autovalor e as duas dimensões com os maiores autovalores são escolhidas com o objetivo de explicar a máxima quantidade de inércia (variância).

A análise por ACM gerou uma solução bidimensional explicando 43,5% da inércia na primeira dimensão e 32,7% na segunda. O mapa perceptual (Figura 1.1)

apresenta três classes representando a subdivisão de *Hyptis* mais o grupo externo (*E. crassipes*). Com relação à primeira subdivisão de *Hyptis*, a qual variou de 0,0 até -2,4 na primeira dimensão e -2,48 a 0,72 na segunda, os taxa foram identificados como pertencentes às seções *Cyanocephalus*, *Cyrta*, *Gymneia*, *Mesosphaeria*, *Polydesmia* e *Tricosphaeria*. Na segunda classe de *Hyptis*, os caracteres variaram de 0,0 a 1,50 e de -0,76 a 0,36 na primeira e segunda dimensão, respectivamente, e foram relacionados às seções *Apodotes*, *Eriosphaeria*, *Hyptis*, *Induratae*, *Pachyphylae*, *Pusilae* e *Xylodontes*. *E. crassipes* foi diferenciada por seus escores negativos elevados. O dendograma de similaridade entre as espécies com base na minimização da inércia (Ward, 1963) pode ser observado na Figura 1.2.

O mapa perceptual sugere uma possível divisão do gênero *Hyptis* em dois grupos (subgêneros), dando suporte à proposta de El Gazzar e Rabei (2008). Nesse estudo, os autores verificaram que espécies pertencentes a quatro gêneros da subtribo Hyptidinae, incluindo 59 espécies de *Hyptis*, foram distribuídos em dois grupos, com base, principalmente, em caracteres dicotômicos da morfologia vegetativa e floral, bem como da anatomia do caule, embora nenhum carácter ou estado dos caracteres tenha sido descrito como discriminante entre os taxa agrupados. Comparando os resultados obtidos por El Gazaar e Rabei (2008) aos obtidos neste trabalho, a divisão de *Hyptis* em dois subgêneros revela uma similaridade de 62%, quando comparadas as espécies comuns às duas pesquisas. De fato, aqueles autores afirmaram que é altamente provável o surgimento de dois subgêneros, independentemente das técnicas de agrupamento utilizadas na análise.

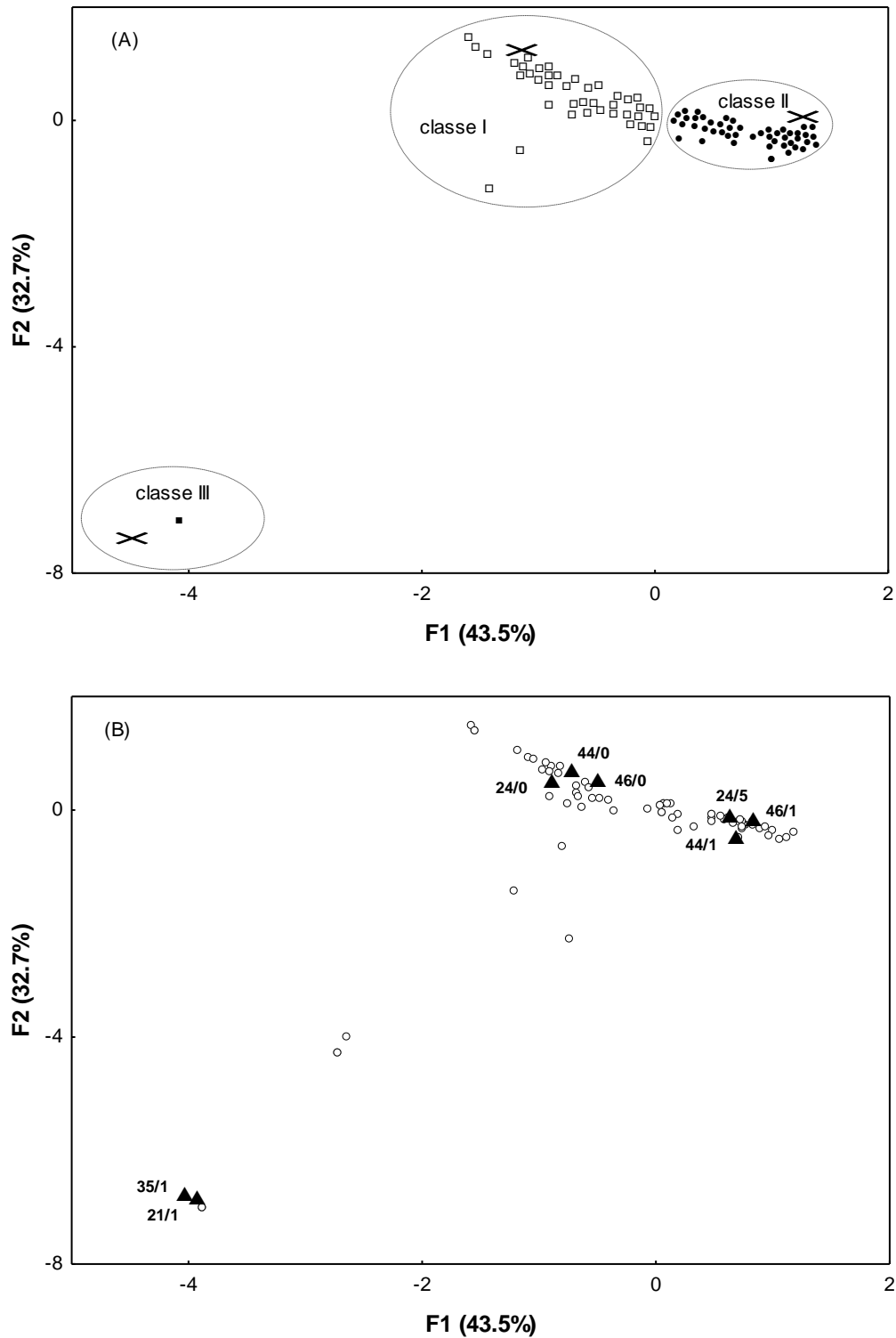


Figura 1.1 Gráfico de dispersão da ACM de 88 espécies de *Hyptis* e *E. crassipes* como grupo externo (A) pertencentes às classes I (□), II (●) and III (■), com base na distribuição das características morfológicas (○). (B) Os caracteres/estados dos caracteres discriminantes (▲) estão codificados de acordo com a Tabela 1.3 (Apêndice C). As cruces representam os centros das classes e os valores entre parênteses se referem à inércia explicada em cada eixo fatorial.

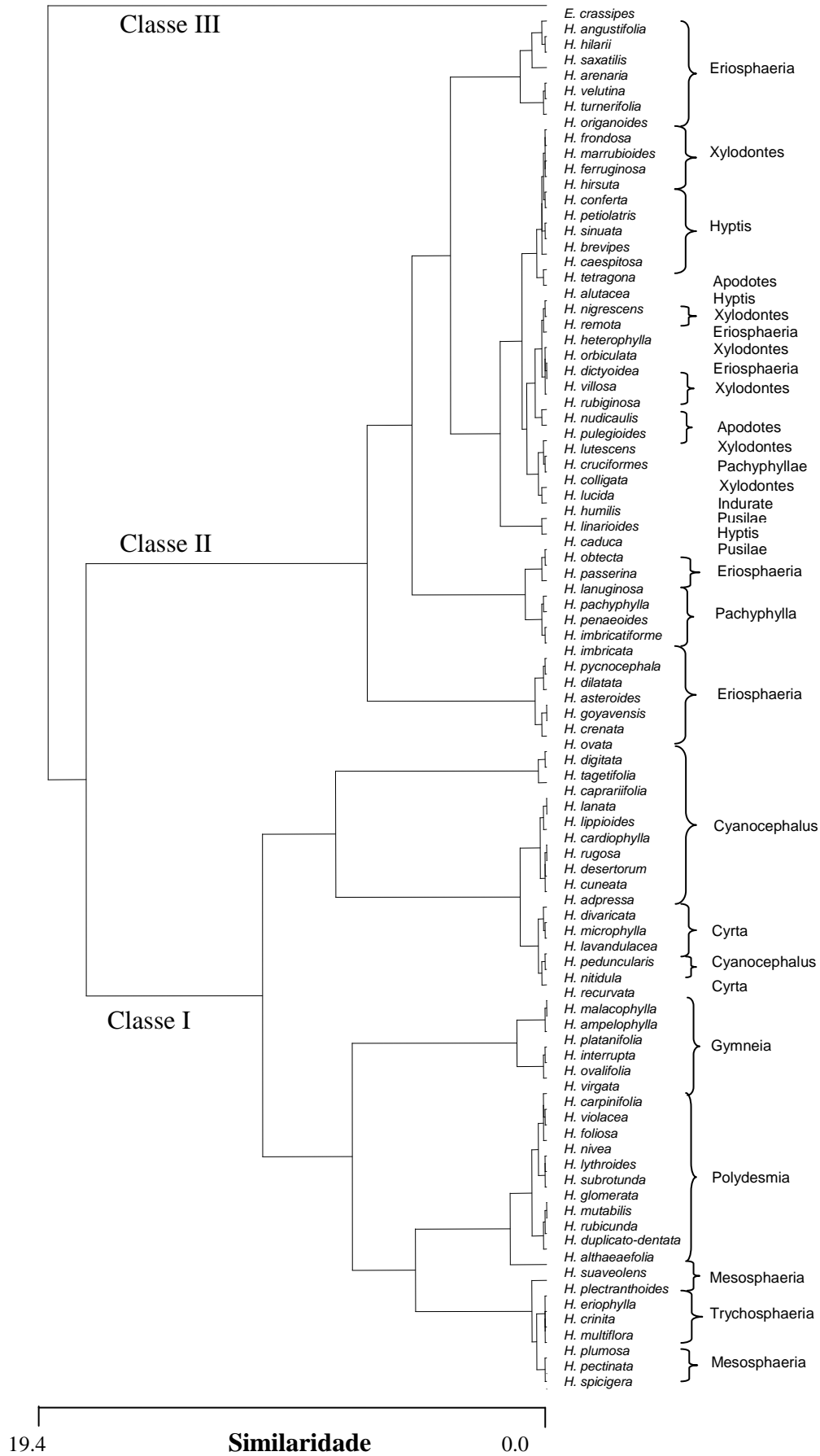


Figura 1.2 Dendrograma de similaridades entre os taxa de *Hyptis* e *E. crassipes* (grupo externo) baseado nos caracteres morfológicos vegetativos e reprodutivos pertencentes às classes: I, II e III.

Verifica-se que a seção Gymneia (classe I) difere significativamente ($p < 0,0001$) das seções Polydesmia e Mesosphaeria/Trycosphaeria (Figura 1.2) devido à presença de vários estados dos caracteres, principalmente ($\chi^2 = 55,4$, CLA = 10%, GLA = 4,44%, MOD = 66,7%) a forma setácea das brácteas elíptico-cilíndricas (Tabela 1.2 – Apêndice B). A seção Polydesmia foi significativamente ($p < 0,0001$; MOD = 100%) caracterizada pela presença de flores paucifloros ($\chi^2 = 62,5$, GLA = 15,6%, CLA 85,7%) e cimas verticiladas ($\chi^2 = 48,0$, GLA = 20,0%, CLA 66,7%), enquanto que as seções Mesosphaeria/Trychosphaeria foram agrupadas ($p < 0,0001$; CLA = 100%) principalmente como resultado da forma subglobosa ou globosa das núculas ($\chi^2 = 49,5$, GLA = 5,56%, MOD 62,5%) e das formas medusóide (GLA = 4,44%, MOD = 50,0%) ou de espiga (GLA = 3,33%, MOD = 37,5%) das cimas (Tabela 1.3 – Apêndice C).

A seção Cyanocephalus foi dividida em 3 subgrupos. A subseção Lobatae foi diferenciada das outras subseções ($p < 0,0001$) devido a seus estados dos caracteres únicos ($\chi^2 = 87,0$), tais como folhas partidas, margem da lâmina foliar lobada e internós abaixo da inflorescência não ceroso-inflado (GLA = 3,33%, CLA e MOD = 100%). As subseções Cordifoliae/Rugosae foram agrupadas ($p < 0,0001$; MOD = 100%) por apresentarem ápice dilatado ($\chi^2 = 56,0$, GLA = 11,1%, CLA = 70,0%) e orifício do tubo do cálice oblíquo ($\chi^2 = 20,4$, GLA = 25,6%, CLA = 30,4%). Por outro lado, a subseção Longifoliae apresentou características altamente similares à seção Cyrta. Isto se dá principalmente pelo fato da presença da forma campanulada ($p < 0,008$) do tubo do cálice fruticoso ($\chi^2 = 10,4$, GLA = 14,4%, CLA = 30,8%, MOD = 57,1%) nessa última seção (Tabela 1.2 – Apêndice B).

A classe II revelou que a seção Eriosphaeria (subseção Gnidiifoliae/Sessilifoliae) foi significativamente diferente ($p < 0,0001$) das outras seções devido à forma linear-subulada das brácteas elíptico-cilíndricas ($\chi^2 = 56,7$, GLA = 6,67%, CLA = 83,3%,

MOD = 83,3%), às cimas glomérulo-subcorimbosas ($\chi^2 = 54,0$, GLA = 10,0%, CLA = 66,7%, MOD = 100,0%), bem como à presença ($\chi^2 = 35,5$, GLA = 14,4%, CLA = 46,2%, MOD = 100,0%) de margens crenadas nas folhas. Muitos taxa das seções Pachyphyllae e *H. imbricata* foram agrupados com as subseções Passerina/Obtectae (Eriosphaeria). Tal grupo pode ser diferenciado principalmente pela presença de bordo revoluto quanto à curvatura ($\chi^2 = 68,0$ %, GLA = 5,56%, CLA = 80,0%) e pela margem inteira da lâmina foliar ($\chi^2 = 23,7$ %, GLA = 14,4%, CLA = 30,8%) (Tabela 1.2 – Apêndice B). Por outro lado, as subseções Passerina/Obtectae foram caracterizadas pela disposição das folhas nos ramos aplicada ao longo do caule ($\chi^2 = 42,0$, GLA = 6,67%, CLA = 50,0%, MOD = 100,0%) e por apresentarem dentes do cálice achatado ovado-triangular ($\chi^2 = 21,4$, GLA = 5,56%, CLA = 40,0%, MOD = 66,7%). Embora seja descrita a possibilidade de hibridização entre *H. cruciformes* e outros taxa de Pachyphyllae (Harley e França, 2009), tal espécie não foi agrupada com Pachyphyllae (Figura 1.2).

As subseções Velutina/Graciles (seção Eriosphaeria) foram agrupadas e caracterizaram-se ($p < 0,003$) principalmente devido ao ápice truncado das núculas ($\chi^2 = 21,6$, GLA = 24,4%, CLA = 31,8%, MOD = 100%), superfície levemente rugosa das núculas ($\chi^2 = 13,1$, GLA = 26,7%, CLA = 25,0%, MOD = 85,7%) e brácteas elíptico-ovadas linear-lanceoladas ($\chi^2 = 24,4$, GLA = 5,56%, CLA = 60,0%, MOD = 42,9%). O dendograma mostra que a seção Pusillae foi significativamente diferente ($p < 0,002$) devido às folhas elíptico-alongadas lineares ($\chi^2 = 37,4$, GLA = 3,33%, CLA = 66,7%, MOD = 66,7%) e à margem da lâmina foliar inteira ($\chi^2 = 17,8$, GLA = 14,4%, CLA = 23,1%, MOD = 100%). As seções Hyptis, Induratae, Apodotes, Eriosphaeria (subseção Heterophyllaea) e Xylodontes apresentaram muitas semelhanças. A seção Xylodontes

demonstrou a mais intensa fragmentação e foi agrupada com *H. cruciformes* (seção *Pachyphyllae*; Figura 1.2).

Estes resultados mostram que a delimitação de algumas espécies no dendrograma não está de acordo com a delimitação subseccional, especialmente com relação aos taxa da classe II. O dendrograma indicou maior heterogeneidade entre algumas seções (tais como *Eriosphaeria*, *Xylodontes* e *Cyanocephalus*) do que entre aquelas descritas por Epling e Játiva (1968). Contudo, outras seções de Epling (tais como *Apodotes*, *Polydesmia*, *Mesosphaeria* e *Trychosphaeria*) foram mais heterogêneas do que aquelas observadas no dendrograma de similaridade, revelando a complexa taxonomia das espécies de *Hyptis*.

Com o objetivo de identificar os estados dos caracteres discriminantes entre os grupos, o conjunto de dados foi submetido à análise de correspondência discriminante (ACD), a qual resume variações entre classes predefinidas para a classificação de variáveis. A primeira ACD indicou que a subdivisão de *Hyptis* poderia ser diferenciada ($p < 0,0001$) com base em três caracteres morfológicos: (1) forma das cimas, verticilastros ou hemisféricas ou subglobosas ($\chi^2 = 118$); (2) superfície das núculas, lisas ou levemente rugosas ($\chi^2 = 61,2$) e (3) estilopódio, presente ou ausente ($\chi^2 = 55,6$). Adicionalmente, a segunda ACD revelou diferenças significativas ($\chi^2 = 89,0$, $p < 0,0001$) no grupo externo (*E. crassipes*) devido ao aspecto turbinado do tubo do cálice fruticoso e também pela presença de brácteas dibracteadas na base do cálice (Tabela 1.3 – Apêndice C).

Desta forma, dois grupos principais de *Hyptis* foram identificados de acordo com as seções originais dos taxa: classe I (41 taxa) incluiu espécies das seções *Cyanocephalus*, *Cyrta*, *Gymneia*, *Mesosphaeria*, *Polydesmia* e *Trychosphaeria* (Figura 1.2). Essa classe foi principalmente caracterizada ($p < 0,0001$, $\chi^2 = 27,4$) por: (1) brácteas elíptico-alongadas lineares (GLA = 32,6%, CLA = 93,1%, MOD = 64,3%); (2)

curvatura do tubo do cálice na metade superior (GLA = 24,7%, CLA = 100%, MOD = 50,0%); (3) Orifício oblíquo no tubo do cálice (GLA = 25,8%, CLA = 91,3%, MOD = 50%); (4) núculas lisas (GLA = 55,1%, CLA = 83,7%, MOD = 97,6%); e (5) ausência de estilopódio (GLA = 56,2%, CLA = 82,0%, MOD = 97,6%). Por outro lado, a classe II (47 taxa) incluiu todas as espécies de *Hyptis* das seções Apodotes, Eriosphaeria, Hyptis, Induratae, Pachyphyllae, Pusilae e Xylodontes, que apresentaram: (1) cimas hemisféricas-subglobosas (GLA = 51,7%, CLA = 95,7%, MOD = 95,7%); (2) presença de estilopódio (GLA = 43,8%, 94,9%, MOD = 80,4%); (3) núculas levemente rugosas (GLA = 27,0%, CLA = 100%, MOD = 52,2%) e, finalmente, (4) núculas truncadas no ápice (GLA = 24,7%, CLA = 95,5%, MOD = 45,7%) como os principais ($p < 0,0001$, $\chi^2 = 35,6$) caracteres morfológicos (Tabela 1.3 – Apêndice C).

Neste trabalho, os resultados da análise fenética sugerem que os caracteres e seus estados morfológicos para a discriminação entre seções (e subseções) são mais eficazes quando combinados com um método multivariado de análise numérica. Por exemplo, no dendrograma, a seção Gymneia parece estar dividida em duas subseções ainda não reconhecidas (Figura 1.1). Contudo, algumas seções (tais como Polydesmia e Mesosphaeria) mostraram alta homogeneidade no dendrograma, com uma fraca tendência para a formação de subseções. Em contraste, estas mesmas seções demonstraram alta heterogeneidade, com cada uma aparecendo em diferentes locais nas chaves botânicas de Epling e Játiva (1968).

Essas variações podem ser devido a características florais limitadas usadas pelas chaves botânicas, enquanto que este estudo considerou as características morfológicas da planta inteira. Adicionalmente, as chaves botânicas foram baseadas em pequenas amostragens taxonômicas. Por exemplo, *H. tagetifolia* foi coletada em somente três viagens de campo, enquanto *H. caduca*, *H. dictyoidea* e *H. humilis* foram reconhecidas apenas pela espécie-tipo (Harley e França, 2009).

Por outro lado, as relações entre espécies de *Hyptis* do Cerrado, baseadas em características morfológicas reprodutivas e vegetativas, estão de acordo com a delimitação em dois subgêneros proposta por El-Gazzar e Rabei (2008).

5 CONCLUSÕES

- A aplicação dos métodos de ordenação utilizando estatística multivariada (ACM, HCA e ACD) foi eficiente para o estudo taxonômico numérico baseado em características da morfologia vegetativa e reprodutiva de espécies do gênero *Hyptis*.
- O método apresentado por este trabalho para análise de variações morfológicas possui limitações para o uso na proposta de correlações evolucionárias. O algoritmo aglomerativo de Ward pode apresentar limitações para a construção de padrões de ramificação que refletem estes aspectos. Contudo, o método aqui apresentado é superior para avaliar maiores níveis de variação, visto que o algoritmo cladístico não é bem adequado para o estudo nestes níveis (Scotland *et al.*, 1995).
- A técnica de Análise Discriminante utilizada (ACD) foi eficiente para a determinação dos caracteres e estados dos caracteres responsáveis pela separação dos taxa em duas classes (*Hyptis*), em adição ao grupo externo (*E. crassipes*).
- Os estudos deste trabalho revelaram uma subdivisão natural das espécies de *Hyptis* em dois grupos, o que apoia uma possível subdivisão taxonômica em dois subgêneros ainda não reconhecidos.
- Os resultados deste trabalho estão de acordo com aqueles obtidos por El Gazzar e Rabei (2008) e dão suporte à hipótese da subdivisão de *Hyptis* em dois subgêneros.

REFERÊNCIAS

- ABDI H.; VALENTIN, D. 2007.** Multiple Correspondence Analysis. In: Encyclopedia of Measurement and Statistics, Salkind, N. J. (Ed.). Sage, Thousand Oaks, California, p. 651-657.
- ALMEIDA, C. F. C. B. R.; ALBUQUERQUE, U. P. 2002.** Check-list of the family Lamiaceae in Pernambuco, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. Curitiba, v. 45 n. 3, p.343-353.
- APG II, 2003.** An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society*. Londres, v.141, p.339-436.
- ARRIGONI-BLANK, M. F.; ANTONIOLLI, A. R.; CAETANO L. C.; CAMPOS, D. A.; BLANK, A. F.; ALVES, P. B. 2008.** Antinociceptive activity of the volatile oils of *Hyptis pectinata* L. Poit (Lamiaceae) genotypes. *Phytomedicine*. Elsevier, v.15, p.334-339.
- CLAUSEN, S. E. 1998.** Applied Correspondence Analysis: An Introduction. Sage Publication Inc., Oaks, CA.
- COUTINHO, H. D. M.; COSTA, J. G. M.; LIMA, E. O.; SIQUEIRA-JÚNIOR, J. P.; 2009.** In Vitro phototoxic activity of *Eugenia jambolana* L. and *Hyptis martiusii* Bent. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. Elsevier, v.96, p.63-65.
- EL-GAZAAR, A.; RABEI, S. 2008.** Taxonomic Assessment of five numerical methods and its implications on the classification of *Hyptis* s.l. (Labiatae). *International Journal of Botany*, v. 4, n.1, p.85-92.
- EPLING C.; JÁTIVA, C. 1968.** Supplementary Notes on American Labiatae. *Brittonia*, v.20, p.295-313.
- FERREIRA, H. D. 2009.** Morfologia, Taxonomia, Filogenia, Anatomia Foliar e Fitoquímica de Espécies do Gênero *Hyptis* Jacq. (Labiatae) Ocorrentes em Goiás e Tocantis. 446f. Tese (Doutorado) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO.
- GIULIETTI, A. M.; RAPINI, A.; ANDRADE, M. J. G.; QUEIROZ, L. P.; SILVA, J. M. C. 2009.** Rare Plants of Brazil. International Conservation/State University of Feira de Santana, Belo Horizonte, ISBN: 9788598830124.
- GREENACRE, M. J. 2007.** Correspondence Analysis in Practice. 2nd Edn., Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, Flórida, ISBN-13: 9781584886167.
- HARLEY, R. M. 1986.** *Hyptis* sect. Pachyphyllae in Brazil: Notes on new world Labiatae: IX. *Knew Bull.*, 41: 995-1005.
- HARLEY, R. M.; ATKINS, S.; BUDANTSEV, A. L.; CANTINO, P. D. COM B. J., et al., 2004.** Labiatae. In: The families and genera of Vascular Plants, Kubitzki, K. e Kadereit, J. W. (Eds.). V.7. Springer-Verlag, Berlin, ISBN-13: 978-3540405931, p.167-275.

- HARLEY, R. M. FRANÇA, F. 2009.** Lamiaceae. In: Rare Plants of Brazil. Giulietti, A. M.; Rapini, A.; Andrade, M. J. G.; Queiroz, L. P.; Silva, J. M. C. (Eds.). International Conservation/State University of Feira de Santana, Belo Horizonte, ISBN: 9788598830124, p.192-200.
- LE ROUX, B.; ROUANET, H. 2004.** *Geometric Data Analysis; From Correspondence Analysis to Structured Analysis*. Dordrecht: Kluwer, p.475.
- LEBART, L.; MORINEAU, A.; LAMBERT, T.; PLEUVRET, P. 2002.** SPAD. Versión 5.5, *Système Portable d'Analyse des Données*. Saint Mandé: Centre International de Statistique et d'Informatique Appliquées, France.
- MARAUN, M.D.; SLANEY, K.; JALAVA, J. 2005.** Dual scaling for the analysis of categorical data. *Journal of Personality Assessment*, v.85, p.209-217.
- MELENDO, M.; GIMENEZ, E.; CANO, E.; GOMEZ-MERCADO, F.; VALLE, F. 2003.** The endemic flora in the South of the Iberian Peninsula: Taxonomic composition, biological spectrum, pollination, reproductive mode and dispersal. *Flora Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, v.198, p.260-276.
- PATON, A. J.; SPRINGATE, D.; SUDDEE, S.; OTIENO, D.; GRAYER R. J. et al. 2004.** Phylogeny and evolution of basil and allies (Ocimeae, Labiatae) based on three plastid DNA regions. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, v.31, p.277-299.
- SCARANO, F. R.; MARTINELLI, G. 2010.** Brazilian list of threatened plant species: Reconciling scientific uncertainty and political decision-making. *Brazilian Journal of Nature Conservation*, v.8, p.13-18.
- SCOTLAND, R. W.; SIEBERT, D. J.; WILLIAMS, D. M. 1995.** Models in Phylogeny Construction. Oxford University Press, Oxford, ISBN-13: 978-0198548249.
- WARD, J. H. 1963.** Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, v.58, p.236-244.

APÊNDICES

Apêndice A - Tabela 1.1 Lista das espécies de *Hyptis* estudadas e suas delimitações seccionais.

No.	Taxa	Seção	Subseção
1	<i>H. adpressa</i> A. St. Hil.	Cyanocephalus Pohl ex Benth.	Cordifoliae Benth.
2	<i>H. althaeaefolia</i> Pohl ex Benth.	Polydesmia Benth.	Malvastra Epling
3	<i>H. alutacea</i> Pohl ex Benth.	Hyptis R. Harley	Eriodontes Benth.
4	<i>H. ampelophylla</i> Epling	Gymneia Benth.	
5 ^{a,c}	<i>H. angustifolia</i> Pohl ex Benth.	Eriosphaeria Benth.	Velutinae Benth.
6 ^{b,c}	<i>H. arenaria</i> Benth.	Eriosphaeria Benth.	Graciles Epling
7 ^c	<i>H. asteroides</i> A. St. Hil. ex Benth.	Eriosphaeria Benth.	Sessilifoliae Benth.
8	<i>H. brevipes</i> Poit.	Hyptis R. Harley	Marrubiastrae Benth.
9 ^c	<i>H. caduca</i> Epling	Pusilae Epling	
10	<i>H. caespitosa</i> A. St. Hil. ex Benth.	Hyptis R. Harley	Eriodontes Benth.
11 ^a	<i>H. caprariifolia</i> Pohl ex Benth.	Cyanocephalus Pohl ex Benth.	Lobatae Briq.
12	<i>H. cardiophylla</i> Pohl ex Benth.	Cyanocephalus Pohl ex Benth.	Cordifoliae Benth.
13	<i>H. carpinifolia</i> Benth.	Polydesmia Benth.	Rigidae Benth.
14 ^a	<i>H. colligata</i> Epling & Jávita	Xylodontes Benth.	Axilares Benth.
15	<i>H. conferta</i> Pohl ex Benth.	Hyptis R. Harley	Hyptis
16	<i>H. cuneata</i> Pohl ex Benth.	Cyanocephalus Pohl ex Benth.	Cordifoliae Benth.
17	<i>H. crenata</i> Pohl ex Benth.	Eriosphaeria Benth.	Sessilifoliae Benth.
18	<i>H. crinita</i> Benth.	Trichosphaeria Benth.	Crinitae Epling
19 ^{a,c}	<i>H. cruciformes</i> Epling	Pachyphylla R. Harley	
20	<i>H. desertorum</i> Pohl ex Benth.	Cyanocephalus Pohl ex Benth.	Rugosae Epling
21 ^c	<i>H. dictioidea</i> Pohl ex Benth.	Eriosphaeria Benth.	Heterophyllae Epling
22 ^{a,c}	<i>H. digitata</i> R. M. Harley	Cyanocephalus Pohl ex Benth.	Lobatae Briq.
23	<i>H. dilatata</i> Benth.	Eriosphaeria Benth.	Sessilifoliae Benth.
24	<i>H. divaricata</i> Pohl ex Benth.	Cyrta Benth.	Lavandulaceae Epling
25	<i>H. duplicato-dentata</i> Benth.	Polydesmia Benth.	Malvastra Epling
26	<i>H. eriophylla</i> Pohl ex Benth.	Trichosphaeria Benth.	Crinitae Epling
27	<i>H. ferruginosa</i> Pohl ex Benth.	Xylodontes Benth.	Paniculatae Epling
28	<i>H. foliosa</i> A. St. Hil. ex Benth.	Polydesmia Benth.	Glomeratae Benth.
29 ^{b,c}	<i>H. frondosa</i> S. Moore	Xylodontes Benth.	Paniculatae Epling
30	<i>H. goyavensis</i> A. St. Hil. ex Benth.	Eriosphaeria Benth.	Sessilifoliae Benth.
31	<i>H. glomerata</i> Mart. ex Schrank	Polydesmia Benth.	Glomeratae Benth.
32 ^c	<i>H. heterophylla</i> Benth.	Eriosphaeria Benth.	Heterophyllae Epling
33	<i>H. hilarii</i> Benth.	Eriosphaeria Benth.	Velutinae Benth.
34	<i>H. hirsuta</i> Kunth.	Xylodontes Benth.	Axilares Benth.
35 ^c	<i>H. humilis</i> Benth.	Pusilae Epling	
36	<i>H. imbricata</i> Pohl ex Benth.	Eriosphaeria Benth.	Gnideaefoliae Benth.

No.	Taxa	Seção	Subseção
37 ^{b,c}	<i>H. imbricatiformis</i> R. Harley	Pachyphyllae R. Harley	
38	<i>H. interrupta</i> Pohl ex Benth.	Gymneia Benth.	
39	<i>H. lanata</i> Pohl ex Benth.	Cyanocephalus Pohl ex Benth.	Cordifoliae Benth.
40	<i>H. lanuginosa</i> Glaziou	Eriosphaeria Benth.	Passerinae Benth.
41	<i>H. lavandulacea</i> Pohl ex Benth.	Cyrta Benth.	Lavandulaceae Epling
42	<i>H. linarioides</i> Pohl ex Benth.	Hyptis R. Harley	Eriodontes Benth.
43	<i>H. lippoides</i> Pohl ex Benth.	Cyanocephalus Pohl ex Benth.	Cordifoliae Benth.
44	<i>H. lucida</i> Pohl ex Benth.	Induratae Epling	
45	<i>H. lutescens</i> Pohl ex Benth.	Xylodontes Benth.	Paniculatae Epling
46	<i>H. lythroides</i> Pohl ex Benth.	Polydesmia Benth.	Glomeratae Benth.
47	<i>H. malacophylla</i> Benth.	Gymneia Benth.	
48	<i>H. marruboides</i> Epling	Xylodontes Benth.	Axilares Benth.
49	<i>H. microphylla</i> Pohl ex Benth.	Cyrta Benth.	Paludosae Epling
50	<i>H. multiflora</i> Pohl ex Benth.	Trichosphaeria Benth.	Crinitae Epling
51	<i>H. mutabilis</i> (Rich) Briq.	Polydesmia Benth.	Vulgares Benth.
52	<i>H. nigrescens</i> Pohl ex Benth.	Xylodontes Benth.	Paniculatae Epling
53	<i>H. nitidula</i> Benth.	Cyanocephalus	Longifoliae Epling
54 ^c	<i>H. nivea</i> Epling	Polydesmia Benth.	Glomeratae Benth.
55	<i>H. nudicaulis</i> Benth.	Apodotes Benth.	
56	<i>H. obtecta</i> Benth.	Eriosphaeria Benth.	Obtectae Epling
57	<i>H. ovalifolia</i> Benth.	Gymneia Benth.	
58	<i>H. ovata</i> Pohl ex Benth.	Eriosphaeria Benth.	Sessilifoliae Benth.
59	<i>H. orbicular</i> Pohl ex Benth.	Xylodontes Benth.	Paniculatae Epling
60	<i>H. origanoides</i> Pohl ex Benth.	Eriosphaeria Benth.	Velutinae Benth.
61 ^{b,c}	<i>H. pachyphylla</i> Epling	Pachyphyllae R. Harley	
62	<i>H. passerina</i> Mart. ex Benth.	Eriosphaeria Benth.	Passerinae Benth.
63	<i>H. pectinata</i> (L.) Poit.	Mesosphaeria Benth.	Pectinaria Benth.
64	<i>H. peduncularis</i> Benth.	Cyanocephalus Pohl ex Benth.	Longifoliae Epling
65 ^{b,c}	<i>H. penaeoides</i> Taub.	Pachyphyllae R. Harley	
66	<i>H. petiolaris</i> Pohl ex Benth.	Hyptis R. Harley	Hyptis
67	<i>H. platanifolia</i> Mart. ex Benth.	Gymneia Benth.	
68	<i>H. plectranthoides</i> Benth.	Mesosphaeria Benth.	Plectranthodon Epling
69	<i>H. plumosa</i> Benth.	Trichosphaeria Benth.	Plumosae Epling
70	<i>H. pulegioides</i> Pohl ex Benth.	Apodotes Benth.	
71	<i>H. pycnocephala</i> Benth.	Eriosphaeria Benth.	Sessilifoliae Benth.
72	<i>H. recurvata</i> Poit.	Cyrta Benth.	Tetragonae Benth.
73	<i>H. remota</i> Pohl ex Benth.	Xylodontes Benth.	Paniculatae
74	<i>H. rubicunda</i> Pohl ex Benth.	Polydesmia Benth.	Vulgares Benth.
75	<i>H. rubiginosa</i> Benth.	Xylodontes Benth.	Paniculatae Epling
76	<i>H. rugosa</i> Benth.	Cyanocephalus Pohl ex Benth.	Rugosae Epling

No.	Taxa	Seção	Subseção
77	<i>H. saxatilis</i> A. St. Hil.	Eriosphaeria Benth.	Velutinae Benth.
78	<i>H. sinuata</i> Pohl ex Benth.	Hyptis R. Harley	Marrubiastrae Benth.
79	<i>H. spicigera</i> Lam.	Mesosphaeria Benth.	Spicaria Benth.
80	<i>H. suaveolens</i> (L.) Poit.	Mesosphaeria Benth.	Pectinaria Benth.
81	<i>H. subrotunda</i> Pohl ex Benth.	Polydesmia Benth.	Glomeratae Benth.
82 ^{b,c}	<i>H. tagetifolia</i> R. M. Harley	Cyanocephalus Pohl ex Benth.	Lobatae Briq.
83	<i>H. tetragona</i> Pohl ex Benth.	Apodotes Benth.	
84	<i>H. turnerifolia</i> Mart. ex Benth.	Eriosphaeria Benth.	Sessilifoliae Benth.
85	<i>H. velutina</i> Pohl ex Benth.	Eriosphaeria Benth.	Velutinae Benth.
86	<i>H. villosa</i> Pohl ex Benth.	Xylodontes Benth.	Paniculatae Epling
87	<i>H. violacea</i> Benth.	Polydesmia Benth.	Rigidae Benth.
88	<i>H. virgata</i> Benth.	Gymneia Benth.	
89	<i>E. crassipes</i> Benth.		

H.: *Hyptis*. *E.*: *Eriope*. ^aTaxa com deficiência de dados (Scarano e Martinelli, 2010). ^bTaxa listados como ameaçados de extinção (Scarano e Martinelli, 2010). ^cTaxa listados como raros no Brasil (Giulietti *et al.*, 2009).

Apêndice B – Tabela 1.2 Caracteres morfológicos vegetativos, estados dos caracteres e seus códigos para a análise numérica de *Hyptis*.

Nº	Carácter	Estado do carácter	Código
1	Hábito	arbusto	0
		arbusto e subarbusto	1
		subarbusto	2
		subarbusto e erva	3
		erva perene	4
		erva perene prostrada	5
		erva anual	6
2	Tipo de folha	simples	0
		partida	1
3	Margem da lâmina foliar	crenada	0
		crenado-serrada	1
		serrada	2
		inteira	3
		dentada	4
		lobada	5
4	Folha quanto ao pecíolo	peciolada	0
		subséssil	1
		Séssil e subséssil	2
		séssil	3
5	Borda quanto a curvatura	não revoluta	0
		revoluta	1
6	Disposição das folhas nos ramos	laxa	0
		aplicada ao longo do caule	1
		imbricada	2
		basal ou próxima a base	3
		deflexas	4
7	Forma das folhas elíptico-ovadas	fasciculadas	5
		ausente	0
		elíptica	1
		ovada	2
		ovado-lanceolada	3
8	Forma das folhas elíptico-alongadas	ausente	0
		oblonga	1
		linear-elíptica	2
		linear	3
9	Forma das folhas elíptico-arredondadas	ausente	0
		arredondada	1
10	Forma das folhas elíptico-triangulares	ausente	0
		deltóide	1

Nº	Carácter	Estado do carácter	Código
11	Forma das folhas elíptico-romboides	ausente	0
		romboide	1
12	Forma das folhas elíptico-obovadas	ausente	0
		obovada	1
		oblanceolada	2
13	Ápice foliar	obtusos ou arredondados	0
		obtusos e agudos	1
		agudos	2
		agudos e acuminados	3
		acuminados	4
14	Base foliar atenuado-arredondada	ausente	0
		arredondada	1
		cordiforme	2
		auriculada	3
15	Base foliar atenuado-afilada	ausente	0
		aguda	1
		cuneada	2
16	Base foliar atenuado-truncada	ausente	0
		truncado	1
17	Tricomas	simples	0
		ramificado	1
18	Brácteas elíptico-ovadas	ausente	0
		elíptico	1
		ovada	2
		ovado-lanceolada	3
		lanceolada	4
19	Brácteas elíptico-alongadas	linear-lanceolada	5
		ausente	0
		oblonga	1
		oblonga lanceolada	2
20	Brácteas elíptico-cilíndricas	linear	3
		ausente	0
		subulada	1
		linear-subulada	2
21	Presença de brácteas	setácea	3
		multibracteadas na base dos glomérulos	0
		dibracteada na base do cálice	1
22	Consistência das Brácteas	unibracteada na base do cálice	2
		firmes	0
		membranáceas	1

Apêndice C – Tabela 1.3 Caracteres morfológicos reprodutivos, estados dos caracteres e seus códigos para a análise numérica de *Hyptis*.

Nº	Carácter	Estado do carácter	Código
23	Disposição das cimas	ausente	0
		racemo	1
		panícula	2
		espiga	3
		glomérulo sub-corimboso	4
24	Forma das cimas	verticilastros	0
		reduzida a uma flor	1
		espiciformes	2
		capitada	3
		globosa-medusoide	4
25	Número de flores nas cimas	hemisférica ou subglobosa	5
		paucifloros	0
26	Inter-nós abaixo da inflorescência	multifloros	1
		ceroso-inflado	0
27	Pedúnculos	não ceroso inflado	1
		presentes	0
28	Disposição do cálice no pedicelo fruticoso	subséssil	1
		séssil	2
29	Pedicelo na flor	não deflexo	0
		deflexo	1
30	Dentes do cálice	presença	0
		subséssil ou séssil	1
31	Dentes do cálice achatado ovado-triangular	ausente	0
		presente	1
		ausente	0
		ovado	1
32	Dentes do cálice achatado oval-alongado	deltoide-lanceolado	2
		deltoide	3
		ausente	0
		lanceolado	1
33	Dentes do cálice achatado oval-cilíndrico	linear	2
		ausente	0
		subulado	1
		aristado	2
		setáceo	3
		filiforme	4

Nº	Carácter	Estado do carácter	Código
		obsoleto	5
		acicular	6
34	Curvatura do tubo do cálice	reto	0
		recurvado próximo ao ápice	1
		recurvado na metade superior	2
		sigmoide	3
35	Forma do tubo do cálice fruticoso	campanulado	0
		turbinado	1
		cilíndrico	2
36	Pilosidade da fauce do cálice	ausente ou inconspícuo	0
		conspícuo	1
37	Face interna do cálice	glabra	0
		levemente hirsuto	1
		hirsuto-anelada	2
38	Lingueta do seio entre os dentes do cálice	ausente	0
		presente	1
39	Dilatação do ápice dos dentes	ausente	0
		presente	1
40	Orifício do cálice	reto	0
		oblíquo	1
41	Parede do tubo do cálice	inteira	0
		fendida entre o seio anterior até próximo ao meio do tubo do cálice	1
42	Forma da Corola	constrito-campanulado	0
		cilíndrica	1
		infundibuliforme	2
43	Cor da corola	violeta ou lilás	0
		vermelha	1
		creme	2
		branca	3
44	Estilopódio	ausente	0
		presente	1
45	Forma das núculas	alado-achatadas	0
		levemente alado achatadas	1
		achatadas	2
		ovada	3
		ovóide ou oblonga	4
		subglobosa	5
		globosa	6

Nº	Carácter	Estado do carácter	Código
46	Superfície das núculas	lisas	0
		levemente rugosas	1
		punctadas ou alveoladas	2
47	Pilosidade no ápice das núculas	glabra	0
		hirsuto	1
48	Ápice das núculas	truncada	0
		obtusa ou arredondada	1
		aguda	2
		acuminada	3
		apiculada	4
49	Tamanho das núculas	maior ou igual 2mm	0
		menor que 2 mm	1
50	Xilopódio	ausente	0
		presente	1

Apêndice D – Matriz de dados morfológicos vegetativos e reprodutivos das espécies de *Hyptis* e *Eriope crassipes* (89 espécies × 168 estados dos caracteres) codificados de acordo com as Tabelas 1.2 e 1.3 para a análise de correspondência múltipla (ACM).

<i>Hyptis</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
H_lophanta	6	0	2	0	0	0	1	3	1	1	1	2	2	4	1	1	0	2	2	1	0	2	5	2	3	0	0	0	1	0	3	1	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0
H_spicigera	6	0	2	0	0	0	1	3	1	1	1	2	2	4	1	1	0	2	2	1	0	2	5	2	3	0	0	0	1	0	3	1	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0
H_plectanthoides	4	0	2	1	0	0	1	3	1	1	1	2	0	4	1	1	0	0	1	0	0	0	5	2	3	0	0	0	1	0	3	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	1	1	0
H_suaveolens	6	0	2	0	0	0	1	3	1	1	1	2	3	2	2	1	0	1	0	0	0	0	5	2	3	0	0	1	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0
H_pectinata	6	0	1	0	0	0	1	3	1	1	1	2	3	2	2	1	1	2	2	1	0	1	5	2	3	0	0	0	1	0	3	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0
H_plumosa	1	0	2	3	0	0	1	3	1	1	1	2	2	2	2	1	0	0	4	1	0	0	5	2	3	0	0	0	1	0	3	2	3	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	4	1	2	0	0	1	0	0
H_eriopphylla	2	0	0	0	0	0	1	3	1	1	1	2	0	1	2	1	0	1	4	1	0	0	5	2	3	0	0	0	1	0	3	2	3	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	3	1	2	0	0	1	0	0
H_multiflora	1	0	2	0	0	0	1	3	1	1	1	2	0	2	2	1	0	1	4	1	0	0	5	2	3	0	0	0	1	0	3	2	3	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	1	0	0
H_crinita	2	0	2	0	0	0	0	3	1	1	1	2	0	0	2	1	0	1	4	1	0	0	5	2	3	0	0	0	1	0	3	2	3	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	1	0	0
H_lythroides	3	0	1	1	0	0	1	3	1	1	1	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	1	3	3	3	0	1	0	1	0	3	0	6	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	4	0	0
H_subrotunda	1	0	2	1	0	0	1	3	1	1	1	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	3	3	3	0	1	0	1	1	3	2	4	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	4	0	0
H_nivea	2	0	3	3	0	0	1	3	1	1	1	2	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	1	0	1	0	3	0	6	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	4	0	1
H_foliola	0	0	1	2	0	0	1	3	1	1	1	2	0	2	2	1	0	0	0	0	0	1	3	3	3	0	1	0	1	0	3	0	6	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	4	0	0
H_glomerata	6	0	1	0	0	0	1	3	1	1	1	2	2	1	2	1	0	1	0	0	0	0	2	3	3	0	1	0	1	0	0	0	6	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	2	1	0
H_carpinifolia	0	0	2	2	0	0	3	0	1	1	1	2	0	1	2	1	0	2	0	0	0	2	1	3	3	0	1	0	1	0	3	2	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	4	1	0
H_violacea	0	0	2	2	0	0	1	3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	2	0	0	0	2	1	3	3	0	1	0	1	0	3	2	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	2	1	0
H_dupl-dentetata	2	0	4	0	0	0	1	3	1	1	1	2	1	2	2	1	1	2	0	0	0	2	5	1	3	0	0	0	1	0	3	2	0	0	2	1	0	1	0	0	0	1	3	1	1	0	0	4	0	0	
H_akthaeifolia	0	0	4	0	0	0	1	3	1	1	1	2	1	2	2	1	0	2	0	0	0	2	5	1	3	0	0	0	1	0	3	2	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	2	1	0
H_rubicunda	4	0	1	0	0	0	1	3	1	1	1	2	3	1	2	1	0	2	0	0	0	1	0	3	3	0	1	0	1	0	3	2	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	2	1	0
H_mutabilis	6	0	1	0	0	0	1	3	1	1	1	2	4	1	2	1	0	2	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	1	0	3	2	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	2	1	0
H_lavandulacea	6	0	2	1	0	0	3	3	1	1	1	2	0	0	2	1	0	0	5	1	0	0	5	2	3	0	0	0	1	0	3	1	6	2	0	1	0	0	0	0	0	0	2	3	1	1	0	0	1	1	0
H_divaricata	6	0	2	1	0	0	3	0	1	1	1	2	0	0	2	1	0	0	5	1	0	0	5	2	3	0	0	0	1	0	3	1	6	2	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	1	1	0
H_microphylla	6	0	2	2	0	0	3	3	1	1	1	0	0	4	1	1	0	0	3	1	0	0	5	2	3	0	0	0	1	0	3	1	6	2	0	1	0	0	0	0	0	0	2	3	1	1	0	0	1	1	0
H_recurvata	6	0	1	0	0	0	1	3	1	1	1	2	2	1	2	1	0	0	3	1	0	0	5	2	3	0	0	0	1	0	3	2	2	2	0	1	0	0	0	1	0	2	3	1	1	0	0	1	1	0	
H_peduncularis	4	0	2	2	0	0	3	1	1	1	1	2	2	0	2	1	0	0	3	1	0	0	5	2	3	0	0	0	1	0	3	1	6	2	2	1	0	0	0	1	0	1	3	1	1	0	0	2	0	0	
H_nitidula	1	0	2	1	0	0	1	3	1	1	1	2	2	1	2	1	0	0	3	1	0	0	5	2	3	0	0	0	1	0	3	1	6	2	2	1	0	0	0	1	0	1	3	1	1	0	0	2	0	2	
H_capraiiifolia	4	1	5	2	0	5	3	3	1	1	1	0	0	4	1	1	0	0	3	1	1	0	5	2	3	0	0	0	1	0	3	1	6	2	2	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
H_digitata	2	1	5	0	0	0	0	3	1	1	1	2	2	4	1	1	0	0	3	1	1	0	5	2	3	0	0	0	1	0	3	1	6	2	2	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	
H_tagetifolia	2	1	5	0	0	0	0	3	1	1	1	2	2	0	2	1	0	0	3	1	1	0	5	2	3	0	0	0	1	0	3	1	6	2	2	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	
H_rugosa	2	0	2	0	0	0	0	3	1	1	1	2	1	4	0	1	0	0	3	1	0	0	5	2	3	0	0	0	1	0	3	1	6	2	2	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	
H_desertorum	2	0	2	0	0	0	0	3	1	1	1	2	0	1	2	1	0	0	3	1	0	0	5	2	3	0	0	0	1	0	3	1	6	2	2	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	
H_lippioides	3	0	2	2	0	0	1	3	1	1	1	2	0	1	2	1	0	0	3	1	0	0	5	2	3	0	0	0	1	0	3	1	6	2	2	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
H_lanata	3	0	1	2	0	2	1	3	1	1	1	2	2	2	2	1	0	0	3	1	0	0	5	2	3	0	0	0	1	0	3	1	6	2	2	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	

<i>Hyptis</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50		
<i>H_cardiophylla</i>	3	0	2	1	0	1	1	3	1	1	1	2	4	2	2	1	0	0	3	1	0	0	5	2	3	0	0	0	1	0	3	1	6	2	2	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1		
<i>H_adpressa</i>	2	0	2	3	0	2	1	3	1	1	1	0	2	1	2	1	0	0	3	1	0	0	5	2	3	0	0	0	1	0	3	1	6	2	2	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1		
<i>H_cuneata</i>	2	0	2	1	0	0	3	3	1	1	1	2	0	4	2	1	0	0	3	1	0	0	5	2	3	0	0	0	1	0	3	1	6	2	2	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1		
<i>H_virgata</i>	4	0	1	0	0	3	1	3	1	1	1	2	0	0	2	1	0	2	0	1	0	2	5	2	0	0	0	0	1	0	3	2	2	2	2	1	0	0	0	1	0	1	2	1	1	0	0	1	1	1		
<i>H_ovalifolia</i>	4	0	4	0	0	3	1	3	1	1	1	2	1	1	2	1	0	2	0	1	0	2	5	2	3	0	0	0	1	0	3	2	2	2	2	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1		
<i>H_interrupta</i>	4	0	4	0	0	3	2	3	1	1	1	2	0	1	2	1	0	2	0	1	0	2	5	3	2	0	0	0	1	0	3	2	2	2	2	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1		
<i>H_platanifolia</i>	4	0	4	0	0	0	2	3	1	1	1	2	0	4	2	0	0	2	0	1	0	2	5	3	1	0	0	0	1	0	3	2	2	2	2	1	0	0	0	1	0	1	2	1	1	0	0	1	1	1		
<i>H_malacophylla</i>	4	0	4	0	0	0	2	3	1	1	1	2	0	2	2	1	0	2	0	1	0	2	5	3	1	0	0	0	1	0	3	2	2	2	2	1	0	0	0	1	0	1	2	1	1	0	0	1	1	1		
<i>H_ampelphylla</i>	4	0	4	0	0	0	2	3	1	1	1	2	0	2	2	1	0	2	0	1	0	2	5	3	1	0	0	0	1	0	3	2	2	2	2	1	0	0	0	1	0	1	2	1	1	0	0	1	1	1		
<i>H_pycnocephala</i>	6	0	0	3	0	0	3	0	1	1	1	2	1	1	2	1	0	3	5	1	0	0	4	3	3	0	0	0	1	0	3	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0		
<i>H_asteroides</i>	4	0	0	3	0	0	3	0	1	1	1	2	2	2	2	1	0	3	5	1	0	0	5	2	0	0	0	0	1	0	3	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	1	2		
<i>H_ovata</i>	3	0	0	3	0	1	2	3	1	1	1	2	0	1	2	1	0	3	5	1	0	0	5	3	0	0	0	0	1	0	3	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	1	2		
<i>H_crenata</i>	3	0	0	3	0	0	2	3	1	1	1	2	2	1	2	1	0	3	5	1	0	0	5	3	0	0	0	0	1	0	3	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	1	0		
<i>H_goyavensis</i>	3	0	0	3	0	0	2	3	1	1	1	2	0	2	2	1	0	3	5	1	0	0	5	3	0	0	0	0	1	0	3	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	1	0		
<i>H_dilatata</i>	4	0	0	3	0	0	3	0	1	1	1	2	0	2	2	1	0	3	5	1	0	0	5	3	0	0	0	0	1	0	3	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	1	0		
<i>H_origanoides</i>	5	0	0	1	0	0	3	3	1	1	1	2	0	0	2	1	0	0	5	1	0	0	3	3	3	0	0	0	1	0	0	2	6	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	1	0		
<i>H_velutina</i>	3	0	0	2	0	0	3	3	1	1	1	2	0	0	2	1	0	0	5	1	0	0	4	3	3	0	0	0	1	0	3	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	2	3	0	1	1	0	0	1	0		
<i>H_turneraefolia</i>	3	0	0	3	0	0	3	0	1	1	1	2	1	2	2	1	0	4	5	1	0	0	4	3	3	0	0	0	1	0	3	2	6	0	2	1	0	0	0	0	0	2	3	0	1	2	0	0	1	0		
<i>H_hilarii</i>	2	0	0	2	0	0	3	3	1	1	1	0	0	0	2	1	0	0	5	1	0	0	3	3	3	0	0	0	1	0	3	0	6	0	2	1	0	0	0	2	0	3	3	0	1	1	0	0	0	0		
<i>H_saxatilis</i>	3	0	2	2	0	0	0	3	1	1	1	2	2	0	2	1	0	0	5	1	0	0	3	3	3	0	0	0	1	0	3	0	6	0	2	1	0	0	0	2	0	3	3	0	1	1	0	0	0	0		
<i>H_angustifolia</i>	3	0	2	2	0	0	3	3	1	1	1	1	0	2	1	0	0	5	1	0	0	4	3	3	0	0	0	1	0	2	2	6	0	2	1	0	0	0	2	0	3	3	0	1	1	0	0	0	0			
<i>H_arenaria</i>	4	0	2	3	0	0	3	2	1	1	1	2	2	0	2	1	0	0	5	1	0	0	1	3	3	0	0	0	1	0	3	0	6	0	2	1	0	0	0	2	0	3	0	0	1	1	0	0	1	2		
<i>H_lanuginosa</i>	3	0	3	3	0	1	2	3	1	1	1	2	2	0	2	1	0	0	5	1	0	2	3	3	3	0	0	0	1	0	3	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0	1	3	0	1	1	0	0	0	0		
<i>H_passerina</i>	3	0	3	3	0	1	2	3	1	1	1	2	2	0	2	1	0	0	5	1	0	0	5	0	3	0	0	0	1	0	0	2	6	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1	1	0	0	0	1	
<i>H_obtecta</i>	3	0	2	3	1	1	2	3	1	1	1	2	2	2	2	1	0	0	5	1	0	2	0	3	3	0	0	0	1	0	0	2	6	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1	1	0	0	0	0	
<i>H_pachyphylla</i>	0	0	3	3	1	1	2	3	1	1	1	2	0	2	2	1	0	0	5	1	0	2	2	3	3	0	0	0	1	0	1	2	6	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1	1	0	0	0	0	
<i>H_penaeoides</i>	0	0	3	3	1	2	2	3	1	1	1	2	2	2	2	1	0	0	5	1	0	2	0	3	3	0	0	0	1	0	3	0	6	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1	1	0	0	0	0	
<i>H_cruciformes</i>	4	0	3	3	0	2	2	3	1	1	1	2	0	1	2	1	0	0	5	1	0	0	4	3	3	0	0	0	1	0	3	0	6	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	4	0	0	
<i>H_imbricata</i>	6	0	3	3	1	2	3	3	1	0	1	2	4	3	2	1	0	0	5	1	0	0	1	3	3	0	0	0	1	0	3	2	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1	1	0	1	1	0	
<i>H_imbricatiformis</i>	6	0	3	3	1	2	3	3	1	0	1	2	4	3	2	1	0	0	5	1	0	0	3	3	3	0	0	0	1	0	3	2	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	
<i>H_dictioidea</i>	1	0	2	1	0	0	2	3	1	1	1	2	1	1	2	1	0	1	5	1	0	0	3	3	3	0	0	0	1	0	3	0	6	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1	1	0	1	0	0	
<i>H_heterophylla</i>	1	0	2	0	0	0	1	3	1	1	1	2	1	0	2	1	0	1	5	1	0	0	3	3	3	0	0	0	1	0	0	2	6	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1	1	0	1	1	2
<i>H_nigrescens</i>	2	0	1	1	0	0	1	3	1	1	1	2	1	1	2	1	0	1	5	1	0	0	2	3	3	0	0	0	1	0	2	2	6	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1	2	2	1	0	1	
<i>H_rubiginosa</i>	2	0	1	0	0	0	3	3	1	1	1	0	0	0	2	1	0	1	5	1	0	0	1	3	3	0	0	0	1	0	3	0	6	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1	2	1	1	0	1	
<i>H_lutescens</i>	2	0	1	1	0	0	3	0	1	1	1	2	0	4	1	1	0	1	5	1	0	0	2	3	3	0	0	0	1	0	3	0	6	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1	2	1	0	1	1	
<i>H_remota</i>	4	0	1	1	0	0	1	3	1	1	1	2	1	2	2	1	0	0	5	1	0	0	2	3	3	0	0	0	1	0	3	2	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1	2	1	1	0	1	
<i>H_ferruginosa</i>	2	0	1	2	0	0	1	3	1	1	1	2	0	2	2	1	0	0	5	1	0	0	5	3	3	0	0	0	1	0	3	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1	2	1	1	1	0	

<i>Hyptis</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
<i>H_villosa</i>	2	0	1	3	0	0	1	3	1	1	1	2	1	2	2	1	0	0	5	1	0	0	3	3	3	0	0	0	1	0	3	0	6	0	2	1	0	0	0	0	0	1	3	0	1	2	1	1	1	1
<i>H_froncosa</i>	4	0	1	3	0	4	3	3	0	1	1	2	1	2	2	1	0	0	5	1	0	0	1	3	3	0	0	0	1	0	3	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0	1	3	0	1	2	1	1	1	1
<i>H_orbicula</i>	3	0	1	1	0	0	3	3	0	1	1	2	0	2	2	1	0	2	5	1	0	2	3	3	3	0	0	0	1	0	3	2	5	0	2	1	0	0	0	0	0	1	3	0	1	2	1	1	1	1
<i>H_marrubioides</i>	4	0	1	1	0	0	0	3	1	1	1	2	1	4	1	1	0	0	5	1	0	1	1	3	3	0	0	0	1	0	3	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0	1	3	0	1	2	1	1	1	1
<i>H_hirsuta</i>	4	0	1	1	0	0	2	3	1	1	1	2	1	4	1	1	0	0	5	1	0	2	2	3	3	0	0	0	1	0	3	2	5	0	2	1	0	0	0	0	0	1	3	0	1	2	1	1	1	1
<i>H_colligata</i>	2	0	1	3	0	0	1	3	1	1	1	2	1	2	2	1	0	0	5	1	0	0	2	3	3	0	0	0	1	0	3	0	6	0	2	1	0	0	0	0	0	1	3	0	1	0	0	0	1	1
<i>H_lucida</i>	0	0	3	0	0	0	0	3	1	1	1	2	0	1	2	1	0	0	5	1	0	0	5	3	3	0	0	0	1	0	3	0	6	0	2	1	0	0	0	0	0	1	4	0	1	0	0	1	0	0
<i>H_pulegioides</i>	4	0	1	0	0	0	2	3	1	1	1	2	1	0	2	1	0	0	3	1	0	0	5	2	3	0	0	0	1	0	3	0	6	1	2	1	0	0	0	1	1	2	3	0	1	2	0	1	1	1
<i>H_tetragona</i>	4	0	1	1	0	0	3	0	1	1	1	2	0	0	2	1	0	3	5	1	0	0	5	3	3	0	0	0	1	0	3	0	6	1	2	1	0	0	0	1	1	2	3	0	1	2	0	1	1	1
<i>H_nudicaulis</i>	4	0	0	1	0	3	0	3	1	1	1	2	1	0	2	1	0	2	5	1	0	2	5	3	3	0	0	0	1	0	2	2	6	1	2	1	0	0	0	1	1	2	0	0	1	2	1	1	1	1
<i>H_linarioides</i>	6	0	3	3	0	0	3	2	1	1	1	2	2	0	2	1	0	0	5	1	0	0	3	3	3	0	0	0	1	0	3	0	6	0	2	1	0	0	0	0	0	2	3	1	1	0	0	1	0	1
<i>H_caespitosa</i>	4	0	3	3	0	0	0	3	1	1	1	2	1	1	2	1	0	3	5	1	0	0	3	3	3	0	0	0	1	0	3	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0	2	3	1	1	0	0	1	1	1
<i>H_alutacea</i>	4	0	0	1	0	0	3	3	1	1	1	0	0	0	2	1	0	3	5	1	0	0	3	3	3	0	0	0	1	0	3	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0	2	3	1	1	0	0	1	0	1
<i>H_brevipes</i>	6	0	2	0	0	0	3	3	1	1	0	2	2	0	1	1	0	0	3	1	0	0	3	3	3	0	0	0	1	0	3	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0	2	3	1	1	1	0	1	1	0
<i>H_sinuata</i>	6	0	2	0	0	0	3	3	1	1	0	2	2	4	2	1	0	0	3	1	0	0	3	3	3	0	0	0	1	0	3	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0	2	3	1	1	1	0	1	1	0
<i>H_conferta</i>	2	0	2	1	0	0	0	3	1	1	1	2	1	0	2	1	0	0	5	1	0	0	2	3	3	0	0	0	1	0	3	2	1	0	2	1	2	0	0	0	0	2	3	1	1	0	0	2	1	0
<i>H_petiolaris</i>	4	0	2	0	0	0	2	3	1	1	1	2	0	0	2	1	0	0	5	1	0	0	2	3	3	0	0	0	1	0	3	2	5	0	2	1	2	0	0	0	0	2	3	1	1	0	0	2	1	0
<i>H_humilis</i>	5	0	3	1	0	0	0	3	1	1	1	2	2	4	0	1	0	0	5	1	0	1	3	3	3	0	0	0	1	0	3	1	6	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2	0	2	1	0
<i>H_caduca</i>	6	0	3	3	0	0	3	2	1	1	1	2	2	0	2	1	0	0	5	1	0	1	2	3	3	0	0	0	1	0	3	2	3	0	2	0	0	0	0	0	0	1	4	1	1	2	0	2	1	2
<i>E_crassipes</i>	4	0	2	0	0	0	0	3	1	1	1	2	2	0	2	1	0	0	1	0	0	0	5	2	3	1	0	1	0	0	2	2	6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

Capítulo 2

Capítulo 2 – Quimiotaxonomia dos constituintes voláteis em *Hypenia* (Mart. ex Benth.) R. Harley (Lamiaceae)

Publicado como: **Julierme G. Silva, Maria T. Faria, Érica R. Oliveira, Maria H. Rezende, Dalva G. Ribeiro, Heleno D. Ferreira, Suzana C. Santos, José C. Seraphin, Pedro H. Ferri, 2011.** Chemotaxonomic significance of volatile constituents in *Hypenia* (Mart. ex Benth.) R. Harley (Lamiaceae). *Journal of the Brazilian Chemical Society*, vol. 22, n. 5, pp. 955–960.

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Hypenia* possui 27 espécies reconhecidas com base na natureza indistinta ou densa da inflorescência, incluindo as seções *Densiflorae* Benth. e *Laxiflorae* Benth. (Epling, 1949; Harley, 1988; Harley e Reynolds, 1992; Harley *et al.*, 2004). Suas espécies são geralmente encontradas em solos oligotróficos e arenosos com altos níveis de alumínio e estão distribuídas em regiões da Venezuela, Bolívia, Paraguai e Brasil. No Brasil, são mais comuns nas regiões do Cerrado, onde apresentam a sua maior diversidade e endemismo. As espécies de *Hypenia* são aromáticas e frequentemente descritas pelo seu uso etnobotânico nas regiões do Cerrado brasileiro, como, por exemplo, a infusão e decocção de folhas para o tratamento de gripes, resfriado comum e outras doenças respiratórias (Agra *et al.*, 2007). Também foi relatada uma moderada atividade sequestrante de radicais e antioxidante do extrato metanólico de folhas e caules de *H. salzmannii* (Benth.) R. Harley (David *et al.*, 2007).

A chave botânica de Epling (1949) mostra que os caracteres utilizados para a distinção de 2 subseções de *Hypenia* derivam quase que exclusivamente de uma quantidade limitada de características florais. Essa dificuldade pode ser parcialmente atribuída ao pequeno número de espécimes depositados nos herbários. Por exemplo, *H. paradisi* foi coletada em apenas duas viagens de campo e *H. concinna* Benth. é conhecida apenas a partir da espécie-tipo (Harley *et al.*, 2004). Uma vez que certas espécies de *Hypenia* são morfologicamente e anatomicamente semelhantes, é importante encontrar métodos alternativos de caracterização química específica a fim de complementar as análises de características florais.

2 OBJETIVOS

- Investigar os constituintes químicos dos óleos essenciais de 13 espécies de *Hypenia*, com a intenção de colaborar para a taxonomia do gênero e estudar espécies do Cerrado brasileiro cujas informações ainda são limitadas, incluindo espécies consideradas raras.
- Estudar a variabilidade dos constituintes químicos e dos dados morfológicos através de análise multivariada para detectar padrões de distribuição dos taxa.
- Identificar, através de técnicas de análise multivariada discriminante, quais os constituintes químicos que poderiam distinguir grupos de espécies.
- Comparar os resultados químicos aos de anatomia das folhas para extrair evidências de uma possível quimiotaxonomia.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material Vegetal

As amostras de *Hypenia* foram coletadas no estágio florido entre maio de 2006 e novembro de 2007 no estado de Goiás. Os espécimes foram identificados pela Profa. M.SC. Maria Tereza Faria e as exsiccatas foram depositadas no herbário do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Goiás (UFG). A lista dos taxa pesquisados, suas origens e exsiccatas estão apresentadas na Tabela 2.1 (Apêndice A).

Para estudar a composição química dos óleos, 5 a 10 indivíduos de cada espécie originários de 2 a 3 populações foram reunidos e secados à temperatura de 30°C, por um período de 7 dias, até peso constante. Após serem reduzidos a pó, a massa vegetal (5-30 g) de cada espécie foi submetida à hidrodestilação (2 h) usando um aparelho do tipo Clevenger modificado. Ao final de cada destilação, os óleos foram coletados e secados com sulfato de sódio anidro (Na_2SO_4), transferidos para frascos de vidro e conservados à temperatura de -18°C. O rendimento dos óleos foi calculado com base no peso seco das amostras vegetais.

As amostras de solo foram coletadas a uma profundidade de 0-20 cm em todos os locais de amostragem e em torno de cada população, sendo ao final reunidas para formarem uma amostra única para cada sítio e encaminhadas para análise na Faculdade de Agronomia da UFG. As amostras de solo foram secadas ao ar e tamisadas (2 mm). A porção com granulação inferior a 2 mm foi mantida para as análises físico-químicas. O pH foi determinado em uma proporção de 1:1 de solo/água. Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Alumínio (Al) foram extraídos com cloreto de potássio (KCl) a 1 mol.L⁻¹, enquanto que fósforo (P), potássio (K), zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn) foram extraídos com solução de Mehlich. Matéria orgânica,

capacidade de troca catiônica (CTC), potencial de acidez (H+Al) e a textura do solo foram determinados pelos métodos usuais (Silva, 1999).

3.2 Análise Morfológica e anatômica

As análises morfológicas e anatômicas foram realizadas pelos colaboradores do Instituto de Ciências Biológicas da UFG. As variações foliares entre as 13 espécies foram registradas usando um microscópio de luz Zeiss-Axioshop e um microscópio eletrônico Jeol-JSM 840A operado a 10 kV. Uma lista de caracteres qualitativos de duplo estado está apresentada na Tabela 2.2 (Apêndice B). Foram escolhidas folhas adultas com aproximadamente o mesmo tamanho para o estudo anatômico seccional. As folhas foram cortadas em segmentos e fixadas por 12 h em solução de glutaraldeído-paraformaldeído 2% com 0,05 mol L⁻¹ de tampão de cocadilato de sódio (pH 7,2). Os cortes foram posteriormente fixados com OsO₄-K₃[Fe(CN)₆] e desidratados com uma série de soluções de água-acetona. Todos os cortes foram montados em grades revestidas com uma camada de ouro (40 nm) e observados ao microscópio eletrônico. Secções mais espessas do mesmo material também foram cortadas, secas, coradas com fucsina básica 0,1% e azul de astra 0,3% (1:3) por 3 minutos, enxaguadas e secas novamente, sendo montadas sob lamínulas de forma permanente para finalmente serem observadas em microscopia de luz.

Folhas também foram preparadas para a observação da paraderme. As folhas frescas foram fervidas em etanol (80% v/v) até a extração da clorofila. Posteriormente, o material foi tratado com solução aquosa de NaOH até ficar clarificado. O material clarificado foi lavado com água destilada e corado com solução de safranina 1%. O tecido foliar corado foi acondicionado em lâmina com água, coberto com lamínula de vidro e examinado sob microscópio de luz.

3.3 Análises químicas

As análises das amostras de óleos foram realizadas em um instrumento do tipo CG-EM Shimadzu QP5050A nas seguintes condições: coluna capilar de sílica fundida CBP-5 (Shimadzu) conectada a um detector quadrupolo no modo IE a 70 eV com taxa de varredura de massa de 40-400 m/z na proporção de 1.0 varredura por segundo; fase móvel gasosa: He (1 mL min⁻¹); temperatura do injetor e da interface de 220°C e 240°C respectivamente, com taxa de “split” de 1:20. O volume de injeção foi de 0,4 µL (20% de hexano), sendo que a temperatura do sistema foi gradualmente elevada de 60°C até 246°C, com aumento de 3°C min⁻¹, e depois 10°C min⁻¹ até a temperatura de 270°C, mantendo a temperatura final por um período de 5 min.

Os componentes foram identificados pela comparação de seus índices de retenção linear, os quais foram determinados pela co-injeção de uma série de n-alcenos C₈-C₃₂ (Van Den Dool e Kratz, 1963); com a co-injeção de padrões de óleos essenciais de cravo (*Syzygium aromaticum* (L.) Merrill & Perry, Myrtaceae), ylang-ylang (*Cananga odorata* (Lam.) Hook. F. & Thoms., Annonaceae) e sálvia (*Salvia sclarea* L., Lamiaceae) e pela comparação com padrões (NIST, 1998; Kubeczka e Formáček, 2002; Adams, 2007).

3.4 Análises estatísticas

Foram aplicadas as técnicas de Análise de Componentes Principais (ACP) e Análise de Correspondência Múltipla (ACM) para investigar as inter-relações quantitativas entre taxa e seus constituintes químicos, ou as relações entre taxa e suas características taxonômicas foliares codificadas como ausência/presença,

respectivamente, usando o programa *Système Portable d'Analyse des Données-SPAD*, versão 5.5, do Centre International de Statistique et d'Informatique Appliquées, France (SPAD, 2002). A análise de agrupamentos também foi aplicada para o estudo de similaridade entre espécies com base na composição dos óleos essenciais ou na distribuição dos caracteres taxonômicos. A técnica de ligação completa ao vizinho mais próximo pelo algoritmo de Benzécri foi adotada como índice de similaridade (Benzécri, 1980) e o agrupamento hierárquico foi feito de acordo com o método de minimização da variância de Ward (Ward, 1963). Os constituintes dos óleos com quantidades atribuídas $\geq 0,5\%$ para o perfil químico (valores de média) foram inicialmente mantidos na matriz original. Para a seleção de variáveis o limite de autovalores residuais ($\leq 0,70$) na matriz de dados foi utilizado para estabelecer o número máximo de variáveis que poderiam ser removidas. As duas variáveis que foram efetivamente removidas revelaram os mais altos valores de pesos nos menores autovalores residuais. Anteriormente à análise multivariada, a matriz original (13 amostras \times 27 variáveis = 351 dados) foi centrada na média e auto-escalada. Os constituintes dos óleos essenciais também foram agrupados de acordo com sua classe biossintética (Figura 2.1 – Apêndice H). A matriz de dados normalizados (13 amostras \times 21 variáveis = 273 dados) sem seleção de variáveis foi submetida à análise multivariada (Tabela 2.3 – Apêndice C).

A análise de discriminante canônica (ADC), utilizando o sistema SAS CANDISC (SAS, 1996), foi aplicada para diferenciação entre taxa e grupos com base na composição dos óleos essenciais. A capacidade preditiva das funções discriminantes foi avaliada por validação cruzada e Jackknife implementadas no SAS.

A análise de redundância canônica (ARC) foi aplicada para descrever os padrões da variação explicada pelas inter-relações entre a composição dos óleos essenciais como uma função dos parâmetros de solo, tratados como variáveis

ambientais. Um teste de permutação de Monte Carlo não restritivo (1000 permutações) foi utilizado para testar a significância dos autovalores dos três primeiros eixos canônicos (Ter Braak e Van Tongeren, 2002; Lepš e Šmilauer, 2007). A ARC foi realizada no software CANOCO (Ter Braak e Šmilauer, 2002).

As comparações entre médias foram feitas através de análise de variância (ANOVA) univariada, utilizando SAS GLM (SAS, 1996). Todos os dados foram checados para a homocedasticidade com o teste de Hartley. Este teste revelou desvios significativos com relação ao esperado para alguns dos componentes dos óleos essenciais, os quais foram transformados (ordem dos mesmos ou “rank” e arco-seno). Sempre que uma diferença foi detectada, um teste *post-hoc* de Tukey foi aplicado. Os resultados estão apresentados pelos valores de médias e alguns deles estão representados pelos desvios-padrão das medidas independentes. Valores de $p < 0,05$ foram considerados significativos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar da grande diversidade de espécies de *Hypenia* no Cerrado brasileiro, a composição de constituintes dos óleos essenciais é conhecida apenas para *H. salzmannii* (Evangelino *et al.*, 2007; Rocha *et al.*, 2007).

Neste estudo, a composição química dos óleos essenciais foi obtida de 13 espécies na fase de inflorescência, sendo 3 taxa da seção Densiflorae (*H. brachystachys*, *H. marifolia*, *H. paradise*) e 10 representando a seção Laxiflorae (*H. sphaerocephala*, *H. durifolia*, *H. crispata*, *H. reticulata*, *H. macrosiphon*, *H. macrantha*, *H. aristulata*, *H. subrosea*, *H. niquelandiense*). A origem e exsiccatas dos espécimes estão representadas na Tabela 2.1 (Apêndice A).

O teor de óleos essenciais de *Hypenia* variou de 0,01 a 0,13% com base no peso seco (Tabela 2.4 – Apêndice D). Esses baixos rendimentos estão de acordo com os publicados para *H. salzmannii* e sugerem que *Hypenia* pode ser um gênero “pobre” em óleos essenciais quando comparado ao correlato *Hyptis* (Harley e Reynolds, 1992; Harley, 1988; Harley *et al.*, 2004; Evangelino *et al.*, 2007; Rocha *et al.*, 2007). No total, 85 constituintes foram identificados, contabilizando de 88% a 100% dos constituintes dos óleos essenciais. Um total de 29 compostos apresentou um teor médio $\geq 0,5\%$, representando de 77% a 100% dos constituintes identificados. Os óleos essenciais mostraram predominância de sesquiterpenos (41,7-97,5%), com teores altos de sesquiterpenos oxigenados na maioria das espécies. Hidrocarbonetos sesquiterpênicos foram majoritários (44,1-54,0%) para alguns taxa da seção Laxiflorae.

Com exceção de *H. brachystachys* e *H. marifolia*, que apresentaram níveis significativos de ésteres (“outros” constituintes na Tabela 2.4 – Apêndice D; 15,44 e 15,00%, respectivamente), todas as outras espécies mostraram um menor nível desses constituintes ($\leq 4,17\%$).

Todas as *Hypenia* apresentaram (E)-cariofileno, δ -cadineno, espatulenol e óxido de cariofileno. Os constituintes mais abundantes foram: espatulenol (11,27-31,55%), que apresentou valores médios altos, com exceção para *H. marifolia* e *H. niquelandiense* (média de 4,86% \pm 0,52%); óxido de cariofileno (6,10-14,38%), com exceção de *H. niquelandiense* (2,17%); e selin-11-en-4 α -ol (4,39-34,80%), exceto em *H. niquelandiense* (2,12%) e *H. marifolia* (ausente). Germacreno D e biciclogermacreno foram os principais constituintes nas espécies da seção Laxiflorae. Esses resultados estão de acordo com os previamente descritos para o óleo essencial de *H. salzmannii* (Laxiflorae), o qual demonstrou grandes quantidades de (E)-cariofileno, germacreno D e biciclogermacreno (Evangelino *et al.*, 2007; Rocha *et al.*, 2007). Contudo, os óleos essenciais de *Hypenia* apresentaram uma ampla variedade de constituintes minoritários.

Apesar do fato da análise de solo ter apresentado uma ligeira diferença quanto à textura e composição química (Tabela 2.5 – Apêndice E), a análise de redundância canônica não evidenciou qualquer relação significativa entre fatores edáficos e a quimiovariação dos óleos essenciais. Tal resultado pode sugerir que a composição e teor dos óleos de *Hypenia* são influenciados mais por fatores genéticos do que pelo meio ambiente. Desta forma, variações quanto aos constituintes químicos podem contribuir para as relações quimiotaxonômicas e filogenéticas dentro do gênero. De fato, o polimorfismo nos óleos essenciais contribuiu para determinar as relações taxonômicas de diversos gêneros de Lamiaceae, incluindo as relações intraespecíficas pelo tratamento de mais de uma população por taxa (Skaltsa, Mavrommati e Constantinidis, 2001; Oliveira *et al.*, 2005; Bezic *et al.*, 2009).

Para avaliar o quanto a composição dos óleos essenciais pode ser útil para refletir as relações taxonômicas, as análises multivariadas utilizando ACP e de agrupamento de acordo com a técnica de Ward (Ward, 1963) foram aplicadas aos constituintes dos óleos essenciais que apresentaram concentrações maiores ou iguais

a 0,5% (13 amostras \times 27 variáveis = 351 dados). A Figura 2.2 mostra a posição relativa dos taxa no sistema axial gerado pela ACP. A primeira componente principal (CP) contribuiu com 26% da variância total e separou, com mais de 97% de confiança, as espécies *H. aristulata*, *H. paradise* e *H. subrosea* de *H. niquelandienseis*, todas originárias da Chapada dos Veadeiros e com os mais altos teores de α -muurolol.

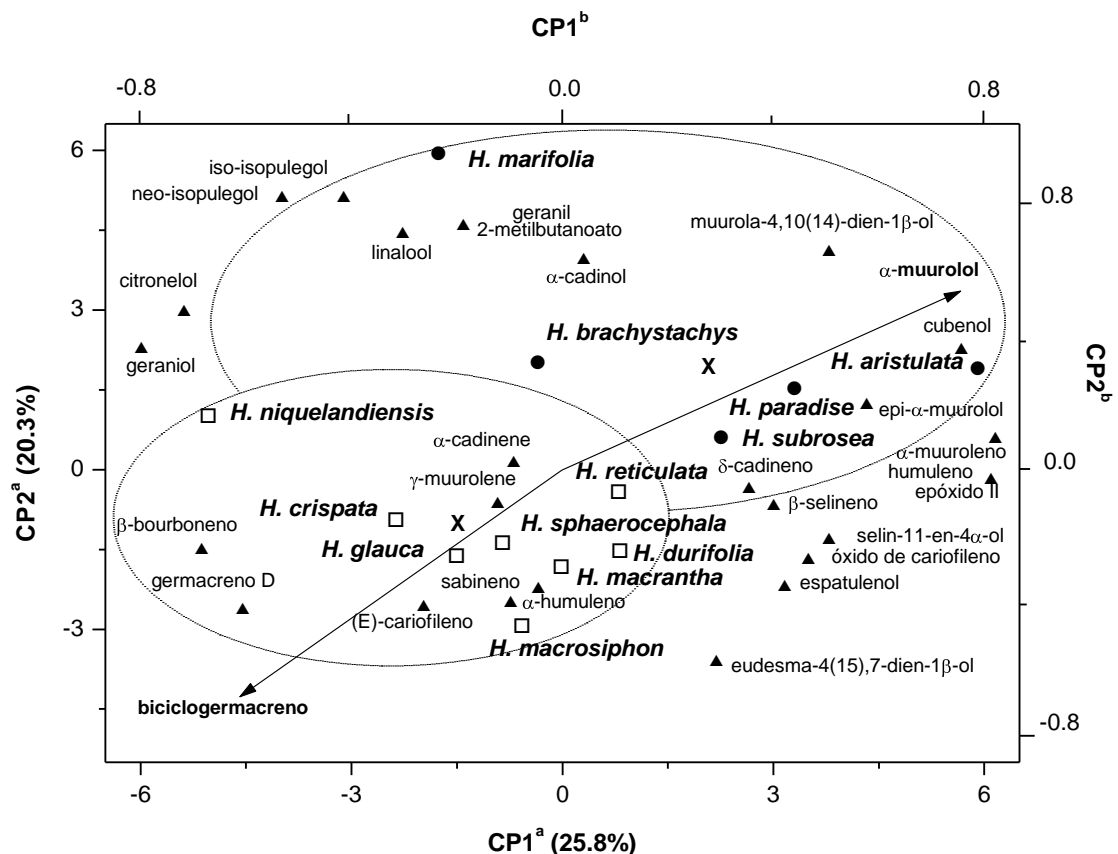


Figura 2.2 “Biplot” da ACP dos óleos essenciais de *Hypenia* que foram agrupados em duas classes: I (□); II (●). ^aEixos referentes aos escores das amostras. ^bEixos referentes aos pesos dos constituintes dos óleos essenciais (Tabela 2.4 – Apêndice D) representados como triângulos negritos, com as variáveis discriminantes representadas como vetores a partir da origem. As cruces representam os centróides das classes e os valores entre parênteses referem-se à variância explicada em cada componente principal (CP).

A segunda CP separou ($p < 0,005$) sete espécies da seção Laxiflorae, principalmente pelos teores elevados de biciclogermacreno, germacreno D e (E)-cariofileno, de *H. marifolia* e *H. brachystachys* (seção Densiflorae), essas últimas mais ricas em monoterpenos. *H. niquelandiense* distingue-se pelos seus mais altos teores de citronelol e geraniol quando comparada às demais espécies da seção Laxiflorae.

Assim, dois tipos de óleos essenciais foram identificados. A classe I agrupou as três espécies da seção Densiflorae (adicionadas à *H. subrosea* e *H. aristulata*), caracterizadas ($p < 0,008$) pelas mais altas porcentagens de α -muurolol ($5,85 \pm 3,08\%$), enquanto que a classe II agrupou oito espécies da seção Laxiflorae contendo germacreno D ($18,1 \pm 11,4\%$), (E)-cariofileno ($7,09 \pm 4,88\%$) e biciclogermacreno ($6,65 \pm 1,19\%$) como os principais constituintes ($p < 0,03$). As porcentagens de todos os constituintes dos óleos essenciais agrupados estão apresentadas na Tabela 2.6 – Apêndice F.

Os constituintes químicos foram ainda agrupados em relação ao seu esqueleto carbônico (Figura 2.1 – Apêndice H) com a finalidade de assimilar a tendência geral dos óleos essenciais das folhas e diminuir os fatores não controláveis que afetam as suas variações quantitativas (Tabela 2.7 – Apêndice G).

Assim, a ACP/HCA aplicada aos dados dos esqueletos carbônicos dos constituintes dos óleos essenciais resultou em uma distinção similar entre os taxa (Figuras 2.3 e 2.4). A classe I resultou em uma significativa ($p < 0,005$) presença de cadinano ($23,1 \pm 10,4\%$), copaano ($1,9 \pm 4,3\%$), bem como à presença de isolongifolano, bisabolano e farnesano. A classe II mostrou teores significativos ($p < 0,006$) de germacrano ($19,6 \pm 11,5\%$), biciclogermacrano ($7,0 \pm 1,2\%$) e bourbonano ($2,0 \pm 1,9\%$) como as classes biossintéticas principais, bem como para a

presença de derivados de triciclano, pinano, cedrano e silfiperfolano (Tabela 2.7 – Apêndice G).

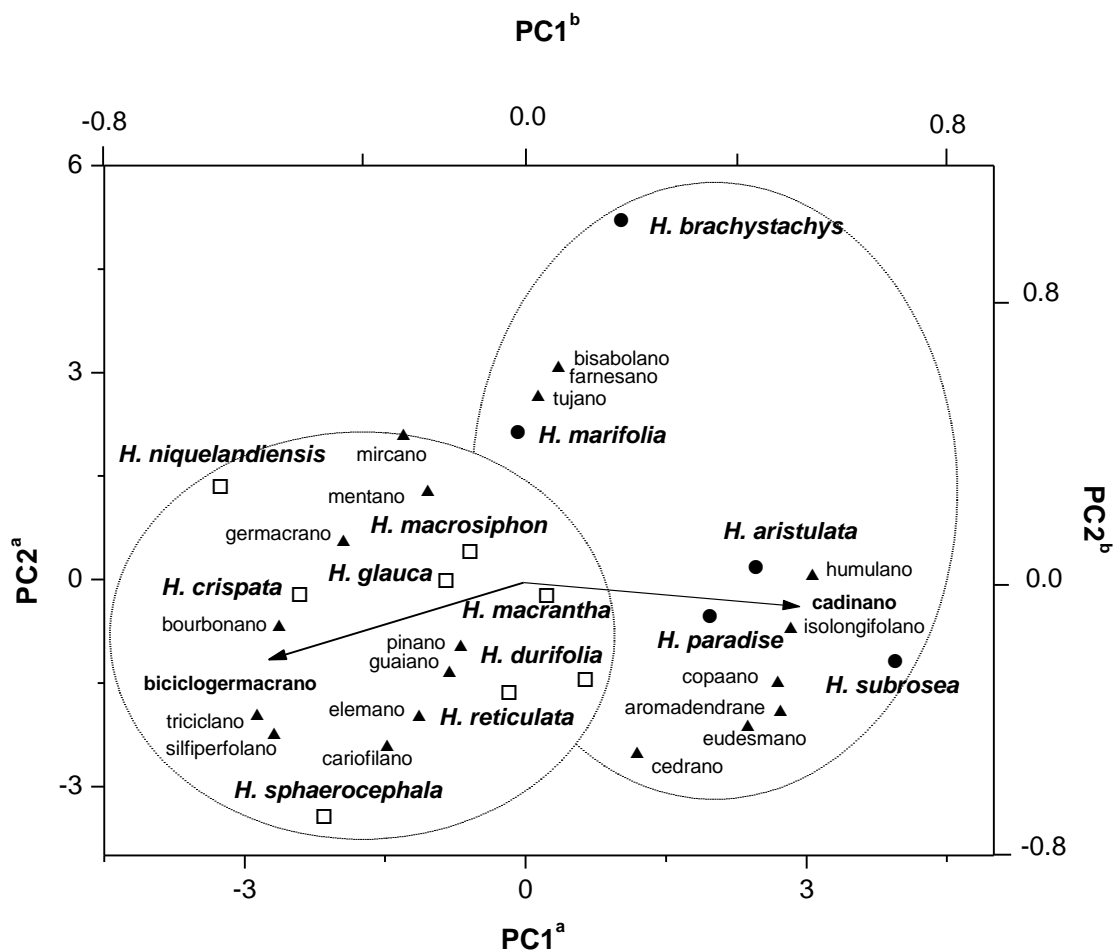


Figura 2.3 “Biplot” originado pela ACP de *Hypenia* com base no esqueleto carbônico dos constituintes químicos dos óleos essenciais agrupados de acordo com as classes: I (□); II (●). ^aEixos referentes aos escores das amostras. ^bEixos referentes aos pesos dos esqueletos carbônicos dos constituintes, representados como triângulos negritos, com as variáveis discriminantes representadas como vetores a partir da origem.

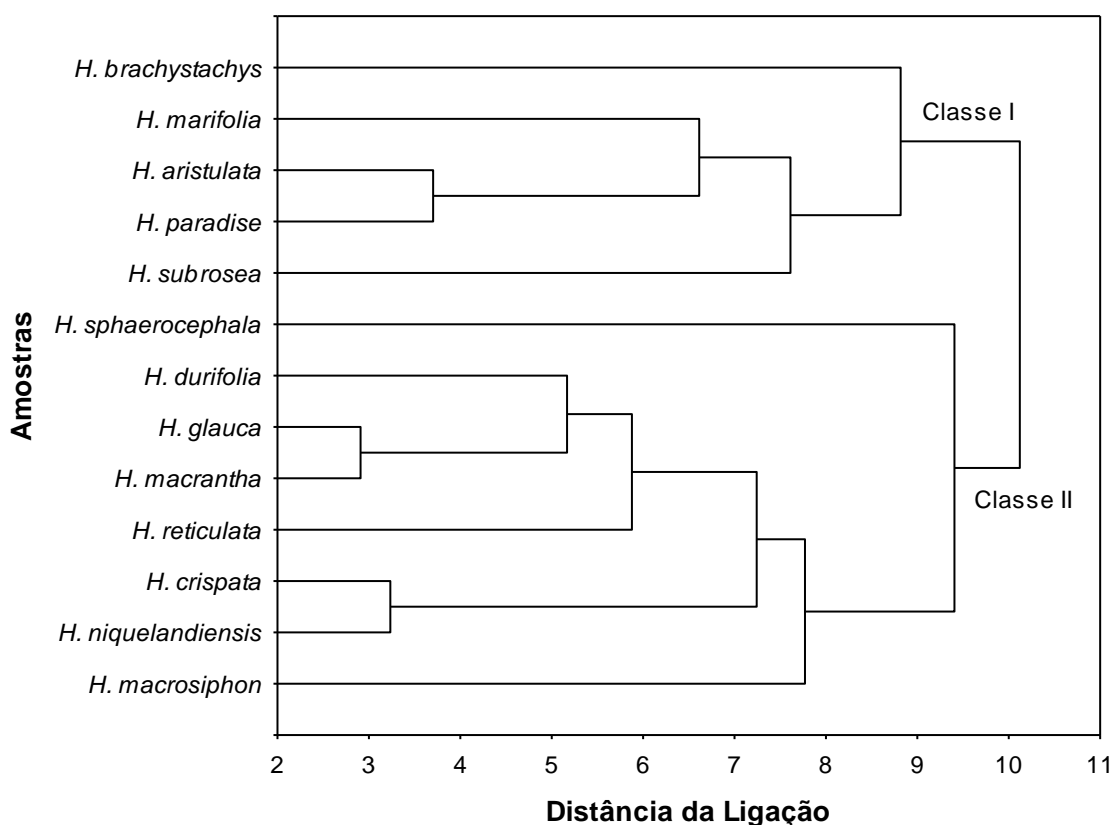


Figura 2.4 Dendrograma representando as relações de similaridade entre *Hypernia* com base no esqueleto carbônico dos constituintes dos óleos essenciais agrupados em duas classes: I e II.

A despeito das similaridades morfológicas entre *Hypernia*, diferenças foram observadas em sua morfologia foliar. De acordo com Boeger *et al.* (1997) a folha é um dos órgãos mais exposto da planta, sujeita diretamente às mudanças ambientais, sendo um importante elemento para a análise de uma espécie ou estudo ecológico de comunidades de plantas. Assim, 18 caracteres morfológicos da anatomia foliar foram analisados em todos os taxa e codificados como caracteres independentes (presença e ausência), de acordo com o recomendado por Sneath e Sokal (1963), e encontram-se descritos na Tabela 2.2.

A análise de correspondência múltipla sobre esses caracteres distinguiu ($\chi^2 = 8,0, 5,0$; graus de liberdade, GL = 1, 1; $p < 0,025$) os grupos I e II com base na

presença ou ausência de cristais entre os vasos de menor calibre, grãos de amido na epiderme adaxial e cutícula com estrias paralelas (Figura 2.5).

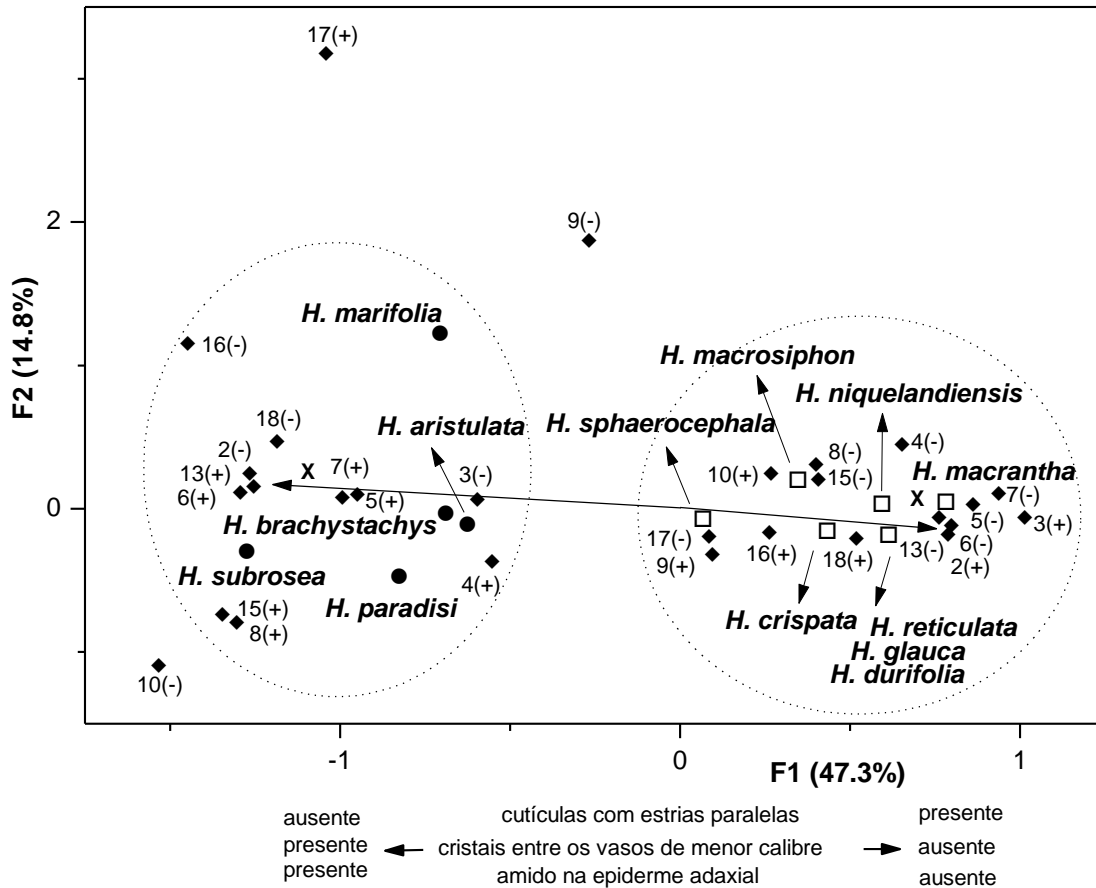


Figura 2.5 “Biplot” originado pela análise de correspondência múltipla de *Hypenia* com base nos caracteres morfológicos da anatomia foliar e de acordo com as classes: I (□); II (●). ^aEixos referentes aos escores das amostras. ^bEixos referentes aos pesos dos caracteres morfológicos (Tabela 2.2 – Apêndice B) representados como losangos negritados, com as variáveis discriminantes plotadas como vetores a partir da origem. As cruces representam os centróides das classes e os valores entre parênteses referem-se à variância explicada em cada componente principal.

A ocorrência de cristais de oxalato de cálcio tem sido explicada como um mecanismo de suporte e de ação protetora contra a herbivoria (Franceschi e Horner, 1980; Metcalfe e Chalk, 1983). Por outro lado, cutículas ornamentais têm sido associadas à impermeabilização foliar e reflexão da luz solar, duas importantes características adaptativas nas regiões de Cerrado (Esau, 1977; Juniper e Jeffree, 1983).

De fato, a análise discriminante canônica (ADC) nos dados químicos confirmou *a priori* os dois grupos. A representação axial dos resultados da ADC discriminou, com um nível de confiança acima de 99,9%, os dois grupos com base apenas no teor de α -muurolol e biciclogermacreno (variáveis preditoras). A análise da função discriminante explicou toda a variabilidade ($F = 43,198$; graus de liberdade, $GL = 2$ e 10 ; $p < 0,0001$), sendo possível prever com precisão a classificação correta nos grupamentos originais através da aplicação de validação cruzada ou Jackknife (Quenouille, 1956). Estas técnicas consideram um número ligeiramente reduzido de amostras a partir do conjunto original de dados, estimam parâmetros a partir desse conjunto de dados modificados e, depois, calculam a precisão das previsões para as amostras previamente removidas através dos modelos resultantes (Wold e Eriksson, 1995).

Todas as similaridades entre os constituintes químicos das amostras de óleo essenciais e caracteres morfológicos estão apresentadas nos dendogramas da Figura 2.6.

Esses resultados indicam a presença de duas seções de *Hypenia* devido às diferenças marcantes nos caracteres morfológicos e na composição dos óleos essenciais. Adicionalmente, é possível concluir que a delimitação seccional de *H. subrosea* e *H. aristulata* na seção Laxiflorae deve ser revisada.

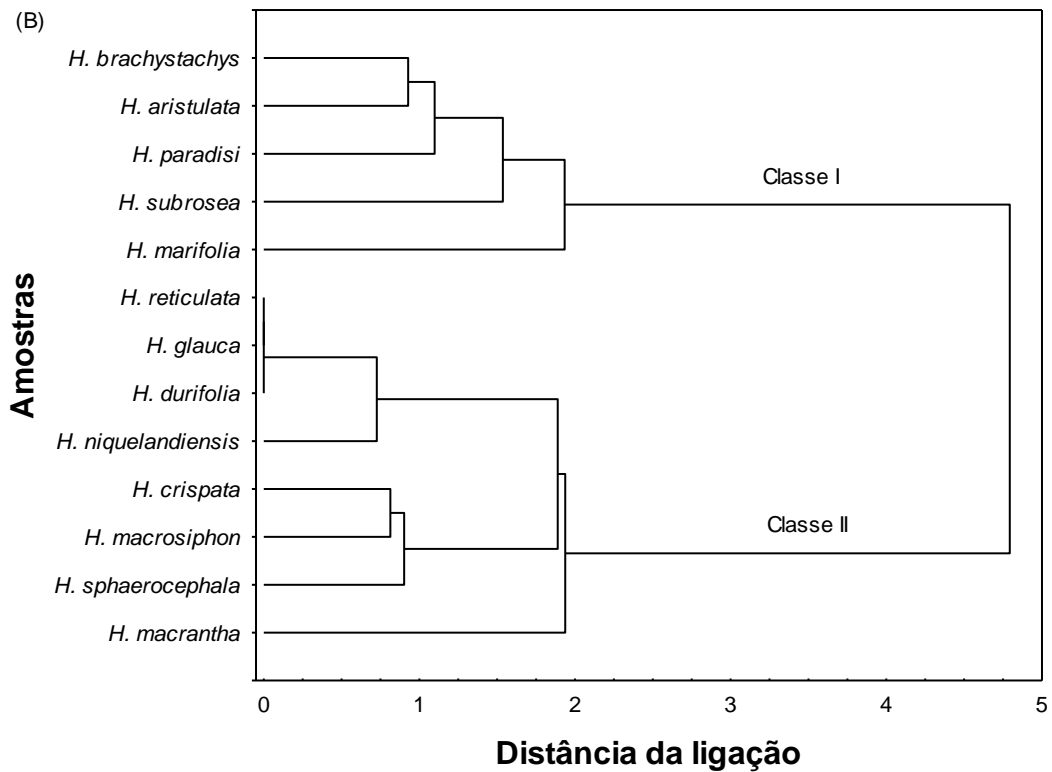
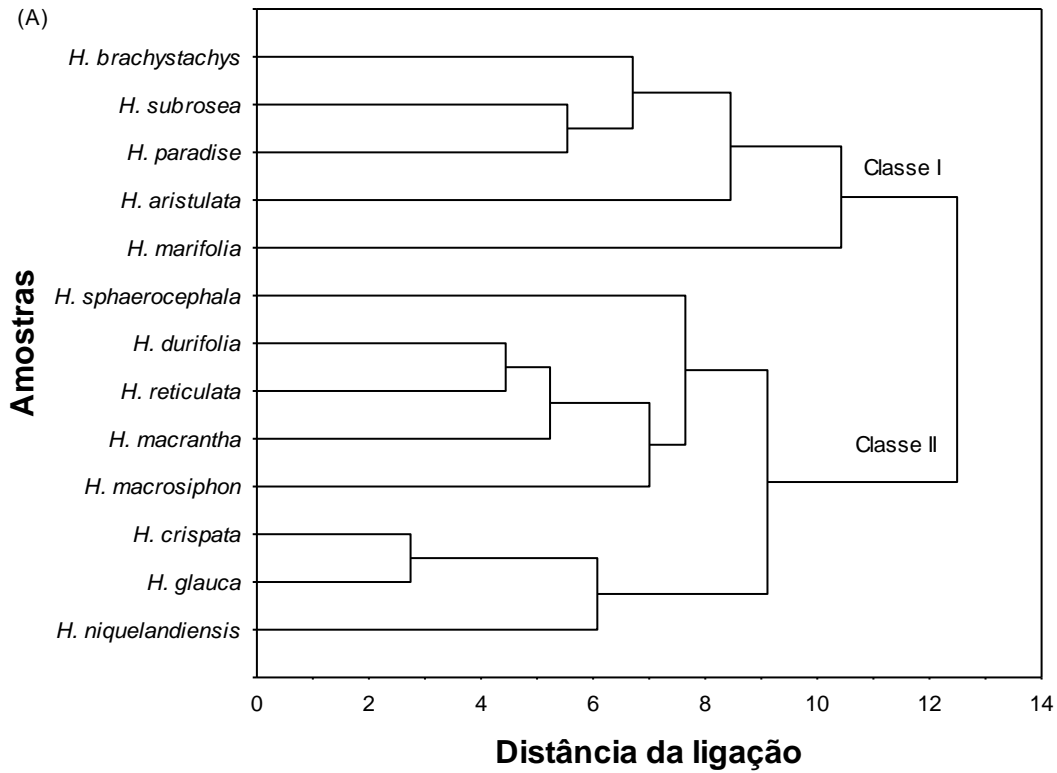


Figura 2.6 Dendrograma representando as relações de similaridade entre *Hypernia* spp. com base nos (A) constituintes dos óleos essenciais ou (B) caracteres morfológicos das folhas agrupados como se segue: Classe I e Classe II.

O resultado mais relevante dos estudos é a concordância das três avaliações realizadas (baseadas em análises químicas e morfológicas) utilizadas para dividir *Hypenia* em dois grandes grupos com idêntica composição de espécies.

As diferenças dos constituintes químicos entre espécies de *Hypenia* podem ser úteis para entender relações filogenéticas, especialmente por considerar que tais espécies não são facilmente identificadas.

5 CONCLUSÕES

- Análises dos óleos essenciais e das características foliares morfológicas e anatômicas de 13 espécies de *Hypenia* nativas das áreas do Cerrado de Goiás apresentaram um alto polimorfismo químico.
- A análise de redundância canônica não evidenciou qualquer relação significativa entre fatores edáficos e a quimiovariação dos óleos essenciais. Tal resultado sugere que a composição química dos óleos essenciais de *Hypenia* é mais influenciada por fatores genéticos do que pelo meio ambiente.
- Os estudos da variabilidade química dos óleos essenciais e dos caracteres de morfologia foliar apresentaram resultado idêntico quanto à distribuição dos taxa em dois grupos, o que justifica a separação das espécies em duas seções taxonômicas.
- A análise discriminante canônica permitiu identificar os constituintes dos óleos essenciais e dos caracteres morfológicos que discriminaram as duas classes de *Hypenia*.
- A delimitação seccional das espécies *H. subrosea* e *H. aristulata* deve ser revisada.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P., 2007;** *Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry*, 4ª ed., Allured: Illinois;
- AGRA, M. F.; BARACHO, G. S.; NURIT, K.; BASÍLIO, I. J. L. D.; COELHO, V. P. M., 2007;** Medicinal and poisonous diversity of the flora of "Cariri Paraibano", Brasil. *Journal of Ethnopharmacology*, v.111, p.383-395.
- BENZÉCRI, J. P., 1980;** *L'Analyse des Données: la Taxinomie*, Tome 1, Dunod: Paris.
- BEZIC, N.; SAMANIC, I.; DUNKIC, V.; BESENDORFER, V.; PUIZINA, J., 2009;** Essential Oil Composition and Internal Transcribed Spacer (ITS) Sequence Variability of Four South-Croatian *Satureja* Species (Lamiaceae). *Molecules*, v. 14, n.3, p.925-938.
- BOEGER, M. R. T.; ALVES DE BRITO, C. J. F.; NEGRELLE, R. R. B., 1997;** Relação entre características morfo-anatômicas foliares e esclerofilia em oito espécies arbóreas de um trecho de Floresta Pluvial Atlântica. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, v.40, n.3, p.493-503.
- DAVID, J. P.; MEIRA, M.; DAVID, J. M.; BRANDÃO, H. N.; BRANCO, A.; AGRA, M. F.; BARBOSA, M. R. V.; QUEIROZ, L. P.; GIULIETTI, A. M., 2007;** Radical scavenging, antioxidant and cytotoxic activity of Brazilian Caatinga plants. *Fitoterapia*, v.78, p.215-218.
- EPLING, C., 1949;** Revisión del Género *Hyptis* (Labiatae). *Revista del Museo de La Plata, Sección Botânica*, v.30, p.153-497.
- ESAU, K., 1977;** *Anatomia das Plantas com Sementes*. São Paulo: Edgard Blucher.
- EVANGELINO, T. S.; RIBEIRO, A. S.; NOGUEIRA, P. C. L.; MORAES, V. R. S.; MACHADO, S. M. F; ALVES, P. B., 2007;** Composição química dos constituintes voláteis das folhas e flores de *Hyptenia salzmanni* (Benth.) Harley. Resumos da 30ª *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, Águas de Lindóia, PN-271.
- FRANCESCHI, V. R.; HORNER JR., H. T., 1980;** Calcium oxalate crystals in plants. *Botanic Reviews*, v.46, n. 4, p.361-427.
- HARLEY, R. M., 1988;** Revision of generic limits in *Hyptis* Jacq. (Labiatae) and its allies. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v.98, p.87-95.
- HARLEY, R. M.; ATKINS, S.; BUDANTSEV, A. L.; CANTINO, P. D.; CONN, B. J.; GRAYER, R.; HARLEY, M. M.; DE KOK, R.; KRESTOVSKAJA, T.; MORALES, R.; PATON, A. J.; RYDING, O.; UPSON, T, 2004.** In: *The Families and Genera of Vascular Plants*, vol. 7; Kubitzki, K.; Kadereit, J. W., eds., Springer-Verlag: Berlim, capítulo 11;
- HARLEY, R. M.; FRANÇA, F., 2009;** In *Plantas Raras do Brasil*; Giulietti, A. M.; Rapini, A.; Andrade, M. J. G.; Queiroz, L. P.; Silva, J. M. C., eds. Belo Horizonte: Conservação Internacional/Universidade Estadual de Feira de Santana.

HARLEY, R. M.; REYNOLDS, T. ,1992; *Advances in Labiatae Science*, vol. 98, Kiew: The Royal Botanic Gardens.

JUNIPER, B. E.; JEFFREE, C. E., 1983; *Plant Surfaces*. London: Wards Arnold.

KUBECZKA, K. -H.; FORMÁČEK, V., 2002; *Essential Oils Analysis by Capillary Gas Chromatography and Carbon-13 NMR Spectroscopy*, 2^a ed., John Wiley & Sons: Nova Iorque.

LEPŠ, J.; ŠMILAUER, P. , 2007; *Multivariate Analysis of Ecological Data Using CANOCO*, Cambridge University Press: Cambridge.

METCALFE, C. R.; CHALK, L., 1983; *Anatomy of the Dicotyledons*, vol. 11. Oxford: Clarendon Press.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE), 2008. *Instrução Normativa, Nº. 6 (Anexo II)*, p.24.

NIST (NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY), 1998; *PC version of the NIST/EPA/NIH Mass Spectral Database*, U.S. Department of Commerce: Gaithersburg.

OLIVEIRA, M. J.; CAMPOS, I. F. P.; OLIVEIRA, C. B. A.; SANTOS, M. R.; SOUZA, P. S.; SANTOS, S. C., SERAPHIN, J. C.; FERRI, P. H., 2005; Influence of growth phase on the essential oil composition of *Hyptis suaveolens*. *Biochemical Systematics Ecology*, v.33, n.3, p.275-285.

QUENOUILLE, M. H., 1956; Notes on Bias in Estimation. *Biometrika*, v.43, n.3-4. p.353-360.

ROCHA, S. A. S.; PESSOA, O. D. L.; MENDES, K. G.; CHAGAS, P. F.; DINIZ, J. C.; VIANA, F. A., 2007; Constituintes químicos do óleo essencial de *Hyptis salzmanii*. Resumos da 30^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, PN-294.

SILVA, S. C., 1999; *Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes*, 1^a ed.; Embrapa: Brasília.

SKAL TSA, H. D.; MAVROMMATI, A.; CONSTANTINIDIS, T., 2001; A chemotaxonomic investigation of volatile constituents in Stachys subsect. Swainsonianae (Labiatae). *Phytochemistry*, v.57, n.2, p.235-244.

SNEATH, P. H.; SOKAL, R. R., 1963; *Principles of Numerical Taxonomy, A series of Books in Biology*, W.H. Freeman: São Francisco.

TER BRAAK, C. J. F.; VAN TONGEREN, O. F. R., 2002; *Data Analysis in Community and Landscape Ecology*, Cambridge University Press: Cambridge.

TER BRAAK, C. J. F.; ŠMILAUER, P., 2002; Manual de referência do CANOCO e CanoDraw para Windows - Guia do usuário: Software para "Canonical Community Ordination" (versão 4.5), Microcomputer Power, Nova Iorque.

VAN DEN DOOL, H.; KRATZ, P. D., 1963; A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas—liquid partition chromatography. *Journal of Chromatography A*, v.11, p.463-471.

WARD, J. H., 1963; Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, v.58, p.236-244.

WOLD, A.; ERIKSSON, L., 1995; In: *Chemometric Methods in Molecular Design*, v.2; Waterbeemd, H., ed.; VCH: Weinheim, capítulo 5.

APÊNDICES

Apêndice A - Tabela 2.1 Taxa de *Hypenia* com suas localidades de origem/altitude, coordenadas geográficas, data da coleta e exsicatas (UFG).

<i>Hypenia</i>	Localidade de origem / altitude	Coordenadas geográficas	Data da Coleta	Exsicata
<i>H. aristulata</i> (Epl.) R. Harley ^a	Chapada dos Veadeiros, Alto Paraíso, 1196 m	S 14°12'33.4", W 47°29'18.8"	Abril, 2007	30829
<i>H. brachystachys</i> (Pohl ex Benth.) R. Harley	Serra dos Pireneus, Pirenópolis, 1070 m	S 15°50'22.2", W 48°46'15.8"	Abril, 2007	30815
<i>H. crispata</i> (Pohl ex Benth.) R. Harley ^a	Serra Dourada, Mossâmedes, 1021 m	S 16°4'25.8", W 50°11'12.8"	Maio, 2006	30815
<i>H. durifolia</i> (Epl.) R. Harley	São João d'Aliança, 1166 m	S 15°33'32.1", W 47°33'17.2"	Novembro, 2007	30809
<i>H. glauca</i> (St.-Hil. ex Benth.) R. Harley	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Silvânia, 938m	S 16°38'37", W 48°39'7"	Maio, 2007	30668
<i>H. macrantha</i> (St.-Hil. ex Benth.) R. Harley	Luziânia, 958 m	S 16°15'48", W 47°56'15"	Abril, 2007	30821
<i>H. macrosiphon</i> (Briq.) R. Harley	Serra Dourada, Mossâmedes, 1021 m	S 16°4'25.8", W 50°11'12.8"	Maio, 2006	30814
<i>H. marifolia</i> (Benth.) R. Harley	Serra dos Pireneus, Pirenópolis, 1324 m	S 15°47'31.6", W 48°50'8.2"	Agosto, 2006	30816
<i>H. niquelandiense</i> (R. Atkinson) R. Harley	Chapada dos Veadeiros, Alto Paraíso, 1066 m	S 14°10'11", W 47°49'34"	Maio, 2007	30413
<i>H. paradisi</i> Harley ^a	Chapada dos Veadeiros, Alto Paraíso, 1394 m	S 14°5'17", W 47°31'17"	Abril, 2007	30839
<i>H. reticulata</i> (Mart. ex Benth.) R. Harley	Vianópolis, 927 m	S 16°34'56", W 48°20'37.3"	Outubro, 2007	30847
<i>H. sphaerocephala</i> (R. Atkinson) R. Harley	Serra dos Topázios, Cristalina, 1204 m	S 16°46'49.8", W 47°39'19.1"	Setembro, 2007	30669
<i>H. subrosea</i> Harley ^a	Chapada dos Veadeiros, Alto Paraíso, 1394 m	S 14°5'17", W 47°31'17"	Abril, 2007	30833

^a Espécies raras (MMA, 2008; Harley e França, 2010; Scarano e Martinelli, 2010).

Anexo B - Tabela 2.2 Caracteres Morfológicos das folhas de *Hypenia* coletadas no Cerrado de Goiás.

Códigos dos Caracteres	<i>Hypenia</i>													
	<i>brachystachys</i>	<i>aristulata</i>	<i>marifolia</i>	<i>paradisi</i>	<i>subrosea</i>	<i>crispata</i>	<i>durifolia</i>	<i>glauca</i>	<i>macrantha</i>	<i>macrosiphon</i>	<i>niquelandiensis</i>	<i>reticulata</i>	<i>sphaerocephala</i>	
1	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	
2	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	
3	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+	-	
4	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	+	
5	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	
6	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	
8	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	
10	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	
11	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	
12	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	
13	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	
14	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-	
15	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	
16	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	
17	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
18	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	

+ Presente. – Ausente.

Apêndice C - Tabela 2.3 Porcentagem dos constituintes dos óleos essenciais de *Hypenia* de acordo com seus esqueletos carbônicos.

Esqueleto carbônico	<i>Hypenia</i>												
	<i>brachystachys</i>	<i>aristulata</i>	<i>marifolia</i>	<i>paradise</i>	<i>subrosea</i>	<i>crispata</i>	<i>durifolia</i>	<i>glauca</i>	<i>macrantha</i>	<i>macrosiphon</i>	<i>niquelandiensis</i>	<i>reticulata</i>	<i>sphaerocephala</i>
Triciclano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3
Pinano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,8	-	0,6
Tujano	8,1	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6	-	1,0
Mentano	2,6	-	19,4	3,1	1,0	3,2	-	-	-	-	2,0	7,0	0,3
Mircano	29,5	0,8	30,8	1,3	-	11,9	-	7,9	3,3	1,0	33,3	7,1	3,2
Bourbonano	0,8	-	-	-	-	3,4	-	1,0	-	-	1,8	4,6	0,8
Elemano	-	-	-	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	3,7
Cedrano	-	-	-	-	-	-	1,3	-	-	-	-	-	0,9
Cariofilano	11,3	13,9	14,2	17,3	15,4	12,9	18,8	13,5	11,8	20,4	7,0	23,5	37,1
Humulano	2,0	4,0	-	5,0	2,1	-	2,7	-	0,6	7,6	-	-	-
Guaiano	-	-	-	1,8	-	1,9	1,3	-	-	-	-	-	-
Cadinano	9,5	38,0	25,5	23,7	19,0	6,3	9,0	3,5	5,1	6,4	2,4	16,0	14,3
Germacrano	-	-	3,9	1,9	1,8	33,7	17,6	32,8	17,2	19,3	27,0	9,3	-
Eudesmano	14,0	29,6	-	15,5	12,6	6,6	10,4	8,2	39,3	9,3	2,2	17,6	13,0
Biciclogermacrano	1,6	-	-	1,5	2,1	8,4	6,1	6,3	6,2	7,0	9,1	7,3	5,5
Silfiperfolano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9
Aromadendrano	18,6	12,9	6,2	28,2	35,2	11,9	32,9	26,9	16,5	15,8	7,4	13,4	15,6
Copaano	-	-	-	-	9,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Isolongifolano	-	-	-	-	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-
Bisabolano	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Farnesano	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

(-) não detectado.

Apêndice D - Tabela 2.4 Porcentagem dos constituintes dos óleos essenciais de *Hypenia* coletadas no Cerrado de Goiás.

Constituintes	IR ^a	<i>Hypenia</i>												
		<i>brachystachys</i>	<i>aristulata</i>	<i>marifolia</i>	<i>paradise</i>	<i>subrosea</i>	<i>crispata</i>	<i>durifolia</i>	<i>glauca</i>	<i>macrantha</i>	<i>macrosiphon</i>	<i>niquelandienseis</i>	<i>reticulata</i>	<i>sphaerocephala</i>
Triciclono	927	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,32
α-Pineno	934	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,90	-	-	-
Sabineno ^b	974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,15	-	-	0,93
1-Octen-3-ol	977	-	-	4,22	-	-	-	-	0,68	-	-	-	-	-
β-Pineno	978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-	-	-
o-Cimeno	1024	-	-	-	0,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β-felandreno	1029	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,82	-	-	1,66
Acetofenona	1065	-	-	4,77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Linalool ^b	1100	-	-	5,52	1,24	-	1,40	-	0,61	-	0,96	0,72	1,29	-
1,3,8-ρ-Mentatrieno	1111	-	-	0,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>trans</i> -Tujona	1117	-	0,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>neo</i> -Isopulegol ^b	1145	1,30	-	9,32	-	-	1,68	-	-	-	-	3,87	-	1,23
Isopulegol	1147	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30	-
<i>iso</i> -Isopulegol ^b	1157	-	-	5,20	-	-	0,70	-	-	-	-	1,18	-	-
Mentol	1171	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>cis</i> -Pinocamfona	1174	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,57
α-Terpineol	1185	-	-	-	-	0,90	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>trans</i> -ρ-Menta-1(7),8-dien-2-ol	1188	-	-	1,40	-	-	0,62	-	-	-	-	1,72	-	0,53
Citronelol ^b	1229	14,19	-	9,52	-	-	5,58	-	3,61	2,48	-	20,49	2,55	2,44
Geraniol ^b	1255	2,92	-	4,72	-	-	4,36	-	3,29	0,82	-	10,05	2,47	0,51
Formato de nerila	1280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,93	-	-
β-Bourboneno ^b	1387	0,72	-	-	-	-	3,25	-	0,92	-	1,71	4,45	0,75	3,97
β-Elemeno	1392	-	-	-	0,77	-	-	-	-	-	-	-	2,79	-
Geosmina	1404	-	-	-	-	-	-	0,63	-	-	-	-	-	-
Dodecanal	1407	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,89	-
α-Cedreno	1410	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,82	-
(E)-Cariofileno ^b	1420	1,93	2,42	3,56	2,83	2,89	6,19	2,72	5,36	4,80	7,92	4,64	6,52	18,57
α- <i>trans</i> -Bergamoteno	1439	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,70	-	-	-
α-Humuleno ^b	1456	1,15	-	-	-	-	-	0,86	-	0,60	4,48	-	-	-
<i>trans</i> -Prenil limoneno	1457	-	-	-	2,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9- <i>epi</i> -(E)-Cariofileno	1465	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,04	-	-	-
γ-Gurjuneno	1478	-	-	-	1,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-
γ-Muuroleno ^b	1479	-	-	1,63	1,03	-	0,81	1,01	-	-	-	-	1,09	5,42
Germacreno D ^b	1484	-	-	3,25	0,87	1,57	31,48	17,20	31,20	17,22	17,18	25,25	5,02	-

Constituintes	IR ^a	<i>Hyponia</i>													
		<i>brachystachys</i>	<i>aristulata</i>	<i>marifolia</i>	<i>paradise</i>	<i>subrosea</i>	<i>crispata</i>	<i>durifolia</i>	<i>glauca</i>	<i>macrantha</i>	<i>macrosiphon</i>	<i>niquelandiensis</i>	<i>reticulata</i>	<i>sphaerocephala</i>	
β-Selineno ^b	1489	-	-	-	3,63	-	-	0,61	-	1,95	-	-	1,70	-	
α-Selineno	1498	-	-	-	3,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Biciclogermacreno ^b	1500	1,39	-	-	1,36	1,87	8,03	5,93	6,00	6,24	6,55	8,79	6,53	5.14	
α-Muurolo ^b	1501	0,72	2,60	-	1,67	-	-	0,62	-	-	-	-	1,95	-	
Germacreno A	1506	-	-	-	0,85	-	-	-	-	-	-	-	3,21	-	
α-Cadineno ^b	1516	-	-	2,59	1,10	-	0,73	1,55	-	2,56	2,12	-	2,35	0.48	
7- <i>epi</i> -α-Selineno	1518	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.97	
δ-Cadineno ^b	1524	0,56	4,20	3,98	3,58	2,81	3,56	3,61	3,35	1,82	3,86	1,02	5,58	2.99	
α-Calacoreno	1546	-	3,36	-	0,73	-	-	-	-	-	-	-	1,03	-	
Elemol	1552	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,46	0.53	
Silfiperfol-5-en-3-ol A	1554	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.86	
Germacreno B	1560	-	-	-	-	-	0,60	-	-	-	-	0,86	-	-	
Butanoato de geranila	1566	-	0,78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Palustrol	1572	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,71	-	-	
Álcool cariofilenílico	1572	1,01	3,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Espatuleno ^b	1578	13,97	11,27	5,23	26,18	30,25	11,29	31,55	25,57	16,50	14,66	4,49	11,94	12.59	
Hidrato de <i>trans</i> -sesquisabineno ^b	1583	7,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Óxido de Cariofileno ^b	1583	7,14	7,42	8,33	12,25	10,67	6,10	14,39	7,49	6,99	10,02	2,17	14,38	13.36	
β-Copaen-4α-ol ^b	1586	-	-	-	-	8,39	-	-	-	-	-	-	-	-	
Globulol	1593	2,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.84	
Rosifoliol	1595	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,50	-	-	-	
Guaiol	1596	-	-	-	-	-	1,78	1,29	-	-	-	-	-	-	
2-Metilbutanoato Geranila ^b	1596	8,09	-	6,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ledol	1604	-	1,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Epóxido de humuleno II ^b	1613	0,65	3,91	-	4,64	1,82	-	1,75	-	-	2,55	-	-	-	
<i>trans</i> -Isolongifolanona	1628	-	-	-	-	1,26	-	-	-	-	-	-	-	-	
Muurolo-4,10(14)-dien-1β-ol ^b	1631	0,66	5,88	5,51	2,34	5,11	0,88	-	-	-	-	-	1,08	2.85	
Selina-1,3,7(11)-trien-8-ona	1634	4,07	-	-	0,63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cariofila-4(12),8(13)-dien-5α-ol	1639	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.68	
Cariofila-4(12),8(13)-dien-5β-ol	1639	-	-	-	0,99	-	-	-	-	-	-	-	-	1.45	
Epóxido de <i>allo</i> -Aromadendreno	1640	-	-	-	-	0,73	-	0,54	-	-	-	-	-	1.24	
<i>epi</i> -α-Muurolo ^b	1644	0,73	6,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.93	
α-Muurolo ^b	1645	2,40	10,54	4,45	4,93	6,95	-	-	-	0,71	-	-	0,77	0.75	

Constituintes	IR ^a	<i>Hypenia</i>												
		<i>brachystachys</i>	<i>aristulata</i>	<i>marifolia</i>	<i>paradise</i>	<i>subrosea</i>	<i>crispata</i>	<i>durifolia</i>	<i>glauca</i>	<i>macrantha</i>	<i>macrosiphon</i>	<i>niquelandienseis</i>	<i>reticulata</i>	<i>sphaerocephala</i>
Cubenol ^b	1649	1,80	3,77	-	1,17	1,18	-	-	-	-	-	-	0,36	-
β-Eudesmol	1654	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,73	1.17
α-Eudesmol	1655	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.99
α-Cadinol ^b	1656	0,66	-	3,19	4,23	-	-	1,98	-	-	-	1,28	-	-
Selin-11-en-4α-ol ^b	1659	8,41	25,20	-	5,17	11,06	4,39	6,90	5,33	34,80	5,81	2,12	12,20	5.47
<i>ar</i> -Turmerona	1665	0,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14-Hidróxi-9- <i>epi</i> -(E)-cariofileno	1667	-	-	-	-	-	-	1,18	-	-	-	-	-	0.75
n-Tetradecanol	1670	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,28	-
5- <i>iso</i> -Cedranol	1671	-	-	-	-	-	-	1,23	-	-	-	-	-	-
Cadalene	1676	0,92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Khusinol	1676	-	-	-	1,24	0,68	-	-	-	-	-	-	-	-
Germacra-4(15),10(14)-trien-1α-ol	1688	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,77	-	-	-
Eudesma-4(15),7-dien-1β-ol ^b	1689	-	3,80	-	-	-	1,88	2,58	2,52	2,50	2,30	-	1,04	2.59
Eudesm-7(11)-en-4-ol	1695	-	-	-	1,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β-Davanona-2-ol	1720	1,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Hexil-(E)-cinamaldeído	1747	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzoato de benzila	1763	4,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isobutirato de (Z)-Nerolidila	1779	1,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Monoterpeno hidrocarboneto		-	-	0,34	0,52	-	-	-	-	-	9,87	-	-	2,91
Monoterpeno oxigenado		19,41	0,79	35,68	1,24	0,90	14,34	-	7,51	3,30	0,96	38,03	6,61	5,28
Sesquiterpeno hidrocarboneto		6,47	9,22	15,01	25,41	9,14	54,05	34,11	46,83	35,19	45,56	44,15	38,31	37,54
Sesquiterpeno oxigenado		54,19	87,20	26,71	65,66	78,10	26,92	63,39	40,91	61,50	36,61	13,63	43,99	48,05
Outros		15,44	0,78	15,00	-	-	-	0,63	0,68	-	-	0,93	4,17	-
Rendimento do óleo (%)		0,032	0,012	0,092	0,010	0,105	0,129	0,088	0,098	0,103	0,118	0,019	0,078	0,043
Identificados (%)		95,51	97,99	92,74	92,83	88,14	95,31	98,13	95,93	99,99	93,00	96,74	93,08	93,78

^a Índice de Retenção. ^b Constituintes selecionados para ACP. (-) não detectado.

Apêndice E - Tabela 2.5: Resultado da análise do solo^a dos locais de coleta de *Hyphenia*.

<i>Hyphenia</i>	argila	silte	areia	MO	Cu	Fe	Mn	Zn	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	pH
<i>H. brachyatachys</i>	17.0	14.0	69.0	1.4	0.8	121.0	13.5	0.4	1.4	33.0	1.3	0.3	3.5	1.5	5.2	4.0
<i>H. marifolia</i>	32.0	13.0	55.0	4.9	0.1	138.6	2.5	0.4	2.0	69.0	1.4	0.4	10.0	4.2	12.0	3.9
<i>H. sphaerocephala</i>	23.0	8.0	69.0	2.0	0.1	67.6	2.1	0.4	2.6	52.0	1.3	0.2	4.3	1.5	5.9	4.0
<i>H. durifolia</i>	52.0	22.0	26.0	2.9	0.1	40.5	3.9	0.4	1.1	33.0	1.4	0.3	5.9	0.6	7.7	4.2
<i>H. crispata</i>	44.0	9.0	47.0	2.8	0.1	65.5	4.9	0.4	1.7	33.0	1.3	0.3	5.9	1.0	7.6	4.2
<i>H. glauca</i>	19.0	1.0	80.0	1.4	0.1	69.3	4.5	0.4	2.0	29.0	1.6	0.4	4.3	1.0	6.4	4.3
<i>H. reticulata</i>	60.0	29.0	11.0	1.4	0.3	36.6	31.3	0.4	1.4	32.0	4.1	5.1	5.9	1.7	15.2	4.5
<i>H. macrosiphon</i>	23.0	4.0	73.0	3.9	0.3	27.2	27.5	0.4	2.9	78.0	2.3	0.5	9.0	1.4	12.0	4.3
<i>H. niquelandienseis</i>	14.0	6.0	80.0	3.3	0.1	38.8	2.9	0.4	6.9	45.0	1.4	0.2	6.6	2.3	8.3	3.9
<i>H. macrantha</i>	14.0	6.0	80.0	3.3	0.1	33.6	2.6	0.4	1.4	35.0	1.4	0.2	5.9	2.2	7.6	4.0
<i>H. aristulata</i>	24.0	11.0	65.0	4.1	0.3	64.4	5.1	0.4	2.6	53.0	1.4	0.3	7.3	2.2	9.1	3.9
<i>H. subrosea</i>	16.0	4.0	80.0	2.1	0.1	22.7	1.7	0.4	1.4	30.0	1.3	0.2	8.1	1.4	9.7	4.0
<i>H. paradisi</i>	16.0	4.0	80.0	4.8	0.1	41.4	3.1	0.4	1.7	58.0	1.8	0.3	5.3	2.5	7.5	4.0

^a Unidades de medida das variáveis: Argila, silte, areia e matéria orgânica (MO): porcentagem. Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Fósforo (P) e Potássio (K): mg/dm³. Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potencial de acidez (H + Al), Alumínio (Al) e Capacidade de troca catiônica (CTC): cmolc/dm³.

Apêndice F - Tabela 2.6 Porcentagens^a dos constituintes dos óleos essenciais de *Hypernia* agrupados de acordo com a HCA.

Constituintes	IR ^b	IR ^c	Classe I	Classe II
Triciclano	927	921	-	0,04 ± 0,11
α-Pineno	934	932	-	0,11 ± 0,32
Sabineno	974	969	-	0,89 ± 2,15
1-Octen-3-ol ^d	977	974	0,84 ± 1,89 a	0,09 ± 0,24 a
β-Pineno	978	974	-	0,13 ± 0,35
o-Cimeno	1024	1022	0,10 ± 0,23	-
β-Felandreno	1029	1025	-	0,44 ± 0,81
Acetofenona	1065	1065	0,95 ± 2,13	-
Linalool ^e	1100	1095	1,35 ± 2,39 a	0,62 ± 0,58 a
1,3,8-ρ-Mentatrieno	1111	1108	0,07 ± 0,15	-
<i>trans</i> -Tujona	1117	1112	0,16 ± 0,35	-
<i>neo</i> -Isopulegol ^e	1145	1144	2,12 ± 4,06 a	0,85 ± 1,39 a
Isopulegol	1147	1145	-	0,04 ± 0,11
<i>iso</i> -Isopulegol ^e	1157	1155	1,04 ± 2,33 a	0,24 ± 0,45 a
Mentol	1171	1167	0,20 ± 0,45	-
<i>cis</i> -Pinocamfona	1174	1172	-	0,07 ± 0,20
α-Terpineol	1185	1186	0,18 ± 0,40	-
<i>trans</i> -ρ-Menta-1(7),8-dien-2-ol	1188	1187	0,28 ± 0,63 a	0,36 ± 0,61 a
Citronelol	1229	1223	4,74 ± 6,70 a	4,64 ± 6,66 a
Geraniol	1255	1249	1,53 ± 2,19 a	2,69 ± 3,38 a
Formato de nerila	1280	1280	-	0,12 ± 0,33
β-Bourboneno ^e	1387	1387	0,14 ± 0,32 b	1,88 ± 1,78 a
β-Elemeno ^e	1392	1389	0,15 ± 0,34 a	0,35 ± 0,99 a
Geosmina	1404	1399	-	0,08 ± 0,22
Dodecanal	1407	1408	-	0,11 ± 0,31
α-Cedreno	1410	1410	-	0,10 ± 0,29
(E)-Cariofileno ^d	1420	1417	2,73 ± 0,60 b	7,09 ± 4,88 a
α- <i>trans</i> -Bergamoteno	1439	1432	-	0,09 ± 0,25
α-Humuleno ^e	1456	1452	0,23 ± 0,51 a	0,74 ± 1,55 a
<i>trans</i> -Prenil limoneno	1457	1457	0,47 ± 1,05	-
9- <i>epi</i> -(E)-Cariofileno	1465	1464	-	0,13 ± 0,37

Constituintes	IR ^b	IR ^c	Classe I	Classe II
γ -Gurjuneno	1478	1475	0,32 \pm 0,72	-
γ -Muuroleno	1479	1478	0,53 \pm 0,76 a	1,04 \pm 1,83 a
Germacreno D ^e	1484	1484	1,14 \pm 1,35 b	18,1 \pm 11,4 a
β -Selineno	1489	1489	0,73 \pm 1,62 a	0,53 \pm 0,83 a
α -Selineno	1498	1498	0,75 \pm 1,68	-
Biciclogermacreno	1500	1500	0,92 \pm 0,87 b	6,65 \pm 1,19 a
α -Muuroleno	1501	1500	1,00 \pm 1,13 a	0,32 \pm 0,69 a
Germacreno A ^e	1506	1508	0,17 \pm 0,38 a	0,40 \pm 1,13 a
α -Cadineno	1516	1513	0,74 \pm 1,14 a	1,22 \pm 1,05 a
7- <i>epi</i> - α -Selineno	1518	1520	-	0,12 \pm 0,34
δ -Cadineno	1524	1522	3,03 \pm 1,48 a	3,22 \pm 1,37 a
α -Calacoreno ^e	1546	1544	0,82 \pm 1,46 a	0,13 \pm 0,36 a
Elemol	1552	1548	-	0,12 \pm 0,23
Silfiperfol-5-en-3-ol A	1554	1557	-	0,11 \pm 0,30
Germacreno B	1560	1559	-	0,18 \pm 0,34
Butanoato de Geranila	1566	1562	0,16 \pm 0,35	-
Palustrol	1572	1567	-	0,34 \pm 0,96
Cariofilenil alcoól	1572	1570	0,96 \pm 1,65	-
Espatulenol	1578	1577	17,4 \pm 10,5 a	16,1 \pm 8,60 a
Hidrato de <i>trans</i> -sesquisabineno	1583	1577	1,44 \pm 3,22	-
Óxido de cariofileno	1583	1582	9,16 \pm 2,22 a	9,36 \pm 4,45 a
β -Copaen-4 α -ol	1586	1590	1,68 \pm 3,75	-
Globulol ^e	1593	1590	0,52 \pm 1,17 a	0,11 \pm 0,30 a
Rosifoliol	1595	1600	-	0,06 \pm 0,18
Guaiol	1596	1600	-	0,38 \pm 0,72
2-metilbutanoato de Geranila	1596	1601	2,82 \pm 3,93	-
Ledol	1604	1602	0,28 \pm 0,62	-
Epóxido de humuleno II	1613	1608	2,20 \pm 2,02 a	0,54 \pm 1,02 a
<i>trans</i> -Isolongifolanona	1628	1625	0,25 \pm 0,56	-
Muurola-4,10(14)-dien-1 β -ol	1631	1630	3,90 \pm 2,29 a	0,60 \pm 1,01 b
Selina-1,3,7(11)-trien-8-one	1634	1632	0,94 \pm 1,77	-
Cariofila-4(12),8(13)-dien-5 α -ol	1639	1639	-	0,09 \pm 0,24
Cariofila-4(12),8(13)-dien-5 β -ol	1639	1639	0,20 \pm 0,44 a	0,18 \pm 0,51 a
Epóxido de <i>allo</i> -Aromadendreno	1640	1639	0,15 \pm 0,33 a	0,22 \pm 0,45 a

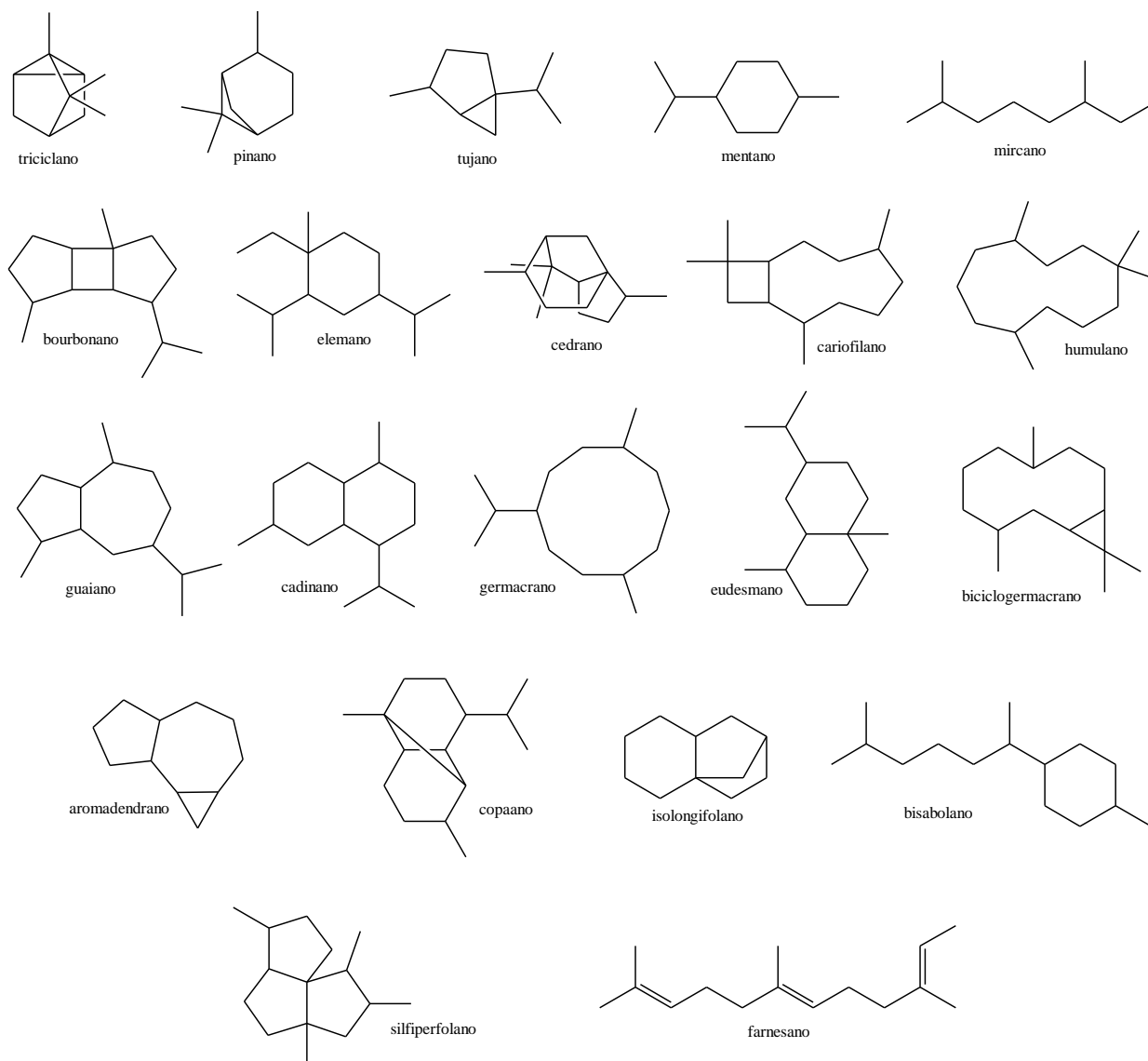
Constituintes	IR ^b	IR ^c	Classe I	Classe II
<i>epi</i> - α -Muurolo ^d	1644	1640	1,52 \pm 3,00 a	0,12 \pm 0,33 a
α -Muurolo ^e	1645	1644	5,85 \pm 3,08 a	0,28 \pm 0,39 b
Cubenol	1649	1645	1,58 \pm 1,38 a	0,05 \pm 0,13 b
β -Eudesmol	1654	1649	-	0,24 \pm 0,46
α -Eudesmol	1655	1652	-	0,25 \pm 0,70
α -Cadinol	1656	1652	1,62 \pm 1,97 a	0,41 \pm 0,78 a
Selin-11-en-4 α -ol	1659	1658	9,97 \pm 9,46 a	9,63 \pm 10,6 a
<i>ar</i> -Turmerona	1665	1668	0,14 \pm 0,30	-
14-hidroxi-9- <i>epi</i> -(E)-cariofileno	1667	1668	-	0,24 \pm 0,46
n-Tetradecanol	1670	1671	-	0,41 \pm 1,16
5- <i>iso</i> -Cedranol	1671	1672	-	0,15 \pm 0,43
Cadaleno	1676	1675	0,18 \pm 0,41	-
Khusinol ^d	1676	1679	0,38 \pm 0,56	-
Germacra-4(15),10(14)-trien-1 α -ol	1688	1685	-	0,10 \pm 0,27
Eudesma-4(15),7-dien-1 β -ol	1689	1687	0,76 \pm 1,70 a	1,93 \pm 0,94 a
Eudesm-7(11)-en-4-ol	1695	1700	0,23 \pm 0,52	-
β -Davanona-2-ol	1720	1718	0,25 \pm 0,57	-
2-Hexil-(E)-cinamaldeído	1747	1748	0,40 \pm 0,89	-
Benzoato de benzila	1763	1759	0,84 \pm 1,89	-
Isobutirato de (Z)-Nerolidila	1779	1783	0,23 \pm 0,51	-
Monoterpeno hidrocarboneto			0,17 \pm 0,24 a	1,60 \pm 3,49 a
Monoterpeno oxigenado			11,6 \pm 15,7 a	9,50 \pm 12,4 a
Sesquiterpeno hidrocarboneto			13,1 \pm 7,6 b	42,0 \pm 6,8 a
Sesquiterpeno oxigenado			62,4 \pm 23,5 a	41,9 \pm 16,7 a
Outros			6,24 \pm 8,20 a	0,80 \pm 1,41 a
Total identificado			93,4 \pm 3,7 a	95,8 \pm 2,5 a

^aMédia baseada nos dados originais. ^bÍndice de retenção calculado. ^cÍndice de retenção da literatura (Adams, 2007). ^dDados transformados por "rank" e ^earco-seno nas análises por ANOVA. - = não detectado. Porcentagens seguidas pela mesma letra nas linhas não foram significativamente diferentes a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Apêndice G - Tabela 2.7 Porcentagem^a dos constituintes dos óleos essenciais das espécies de *Hypenia* agrupadas de acordo com os esqueletos carbônicos.

Esqueleto carbônico	Classe I	Classe II
Triciclano	-	0 ± 0,1
Pinano	-	0,4 ± 1,0
Tujano	1,8 ± 3,5 a	1,0 ± 2,3 a
Mentano ^b	5,2 ± 8,0 a	2,0 ± 2,5 a
Mircano	12,5 ± 16,1 a	8,5 ± 10,8 a
Bourbonano ^b	0,2 ± 0,4 b	2,0 ± 1,9 a
Elemoano ^b	0,2 ± 0,4 a	0,5 ± 1,3 b
Cedrano	-	0,3 ± 0,5
Cariofilano ^c	14,4 ± 2,2 a	18,1 ± 9,3 a
Humulano	2,6 ± 1,9 a	1,4 ± 2,7 a
Guaiano	0,4 ± 0,8 a	0,4 ± 0,8 a
Cadinano ^b	23,1 ± 10,4 a	7,9 ± 4,9 b
Germacrano	1,5 ± 1,6 b	19,6 ± 11,5 a
Eudesmano	14,3 ± 10,5 a	13,3 ± 11,4 a
Biciclogermacrano	1,0 ± 1,0 b	7,0 ± 1,2 a
Silfiperfolano	-	0,1 ± 0,3
Aromadendrano	20,2 ± 11,6 a	17,5 ± 8,3 a
Copaano	1,9 ± 4,3	-
Isolongifolano	0,3 ± 0,6	-
Bisabolano	0,2 ± 0,3	-
Farnesano	0,3 ± 0,6	-

^aMédia baseada nos dados originais. Transformação dos dados por ^barco-seno e ^c“rank” para a análise por ANOVA. Valores de porcentagem seguidos pela mesma letra nas linhas não apresentaram diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. - = não detectado.



Apêndice H - Figura 2.1 Esqueletos carbônicos dos constituintes dos óleos essenciais de *Hyphenia*.